CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 23 número 138 abril - mayo 2014

Ejemplar en la Argentina $40

QUINUA
pasado, presente y futuro

Arqueología subacuática

La imitación en la naturaleza

Bioplásticos

ISSN: 0327-1218

Concurso Literario Juvenil

La CIENCIA en los CUENTOS 2014

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

Se seleccionarán los tres (3) mejores cuentos. El premio consistirá en la publicación en forma de libro de estos trabajos, junto a los cuentos de otros siete (7) participantes, quienes recibirán menciones especiales. Se entregará además una suscripción anual gratuita a la revista CIENCIA HOY a cada uno de los autores de los tres (3) cuentos ganadores.

El jurado está compuesto por los siguientes expertos:

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

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

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

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

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

30 de SEPTIEMBRE de 2014

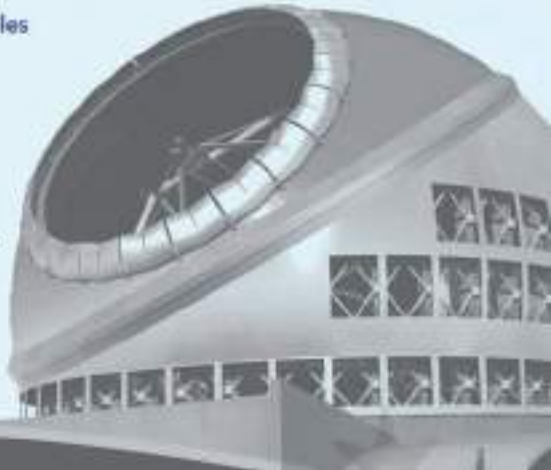
Serán coordinadores del concurso
Viviana Bianchi y Alejandro Gangui

Bases del concurso en:
http://cms.iafe.uba.ar/gangui/difusion/concurso/14/

Informes o consultas:

CONICET
Dirección de Relaciones Institucionales
Tel: +5411 5983-1341
Contacto: eventos@conicet.gov.ar
www.conicet.gov.ar

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



CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Pablo Enrique Penchaszadeh

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

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

Editores responsables

Federico Coluccio Leskow
Instituto de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA-Conicet

Omar Coso
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet

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

María Luz Endere
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Conicet

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

Aníbal Gattone
UNSAM

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

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

José Antonio Pérez Gollán
Museo Etnográfico Juan B Ambrosetti, UBA-Conicet

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

Susana Villavicencio
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA

Lo expresado por autores, corresponsales y avisadores no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.

Consejo científico

Coordinadora: Olga Dragún (Departamento de Física, CNEA)

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEYN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Eduardo Míguez (IEHS, UNCPBA), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Jacques Parraud (UVT, INTA), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP), Eduardo H Rapoport (Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, UNLP)

Secretaría del comité editorial: Paula Blanco

Administración: Adelina Blanco

Representante en Bariloche
Edgardo Ángel Bisogni (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

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

Corresponsal en Río de Janeiro
Revista Ciência Hoje
Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27,
CEP 22290-140, Río de Janeiro - RJ - Brasil
Teléfono: (55) 21-295-4846
Fax: (55) 21-541-5342
Correo electrónico: cienciahoje@cienciahoje.org.br

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $ 260
EXTRANJERO: 6 números, US$ 40 + envío

Artículos digitalizados: $15

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 33
RESTO DE AMÉRICA: US$ 54
RESTO DEL MUNDO: US$ 60
(American Express - Visa)

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

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

ISSN 0327-1218
N° de Registro DNDA: 5104209

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, E.P. (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4372-0117
Correo electrónico: estudiomassolo@fibertel.com.ar

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
Latingráfica SRL
Rocamora 4161
(C1184ABC) CABA

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

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

COMISIÓN DIRECTIVA

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

MECENAZGO CULTURAL
Buenos Aires Ciudad

Ciencia Hoy agradece los apoyos financieros recibidos —en especial el del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva— para la publicación de la revista. Esta se produce merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe —ni ha recibido en toda nuestra historia— remuneración económica. Fundada en 1988.

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Abril-mayo 2014
Volumen 23 - Número 138

EDITORIAL

4 **Comercio ilícito de bienes culturales**

6 CARTAS DE LECTORES

7 GRAGEAS

ARTÍCULOS

17 **La quinua, un cultivo andino**

Hernán Pablo Burrieza, María Susana Avella Grillia y Sara Maldonado

Una planta nativa de la región andina, domesticada por los pueblos indígenas hace unos cinco mil años y desplazada en el siglo XVI por cultivos europeos traídos a América por los españoles, despertó en las últimas décadas el interés de los mercados internacionales de productos agrícolas por sus características alimentarias y como materia prima industrial.

24 **La quinua en las sociedades prehispánicas del noroeste argentino**

María del Pilar Babot y Salomón Hocsman

La domesticación y el cultivo de la quinua contribuyeron desde hace milenios a la subsistencia de poblaciones indígenas en el altiplano andino y los valles cercanos de la Argentina, Bolivia, Chile y Perú, dada la capacidad de la planta de adaptarse a distintas condiciones ambientales, aun a las limitaciones de la extrema altitud.

35 **Arqueología subacuática**

Dolores Elkin

Después de la Segunda Guerra Mundial, con la perfección y difusión de equipos que permiten el buceo autónomo o sin tubos a la superficie, nació una nueva rama de la arqueología. Ella adquirió identidad científica con las investigaciones del arqueólogo estadounidense George Bass en la década de 1960, y se instaló en la Argentina a partir el hallazgo en 1982 de los restos de la nave *HMS Swift*, una corbeta de guerra inglesa del siglo XVIII hundida cerca de Puerto Deseado.

54 **La imitación en la naturaleza**

María Guadalupe del Río y Analía A Lanteri

Entre las características de los seres vivos que les permiten adaptarse al medio natural, sobrevivir en él y reproducirse se cuentan tres modalidades de imitación que se conocen por los nombres de mimetismo, camuflaje y aposematismo. Ellas se observan en diversas especies, particularmente en insectos, pero también en plantas, reptiles y hasta peces. Fueron el resultado de la evolución y, en la mayoría de los casos, producto de complejas interacciones entre distintas especies.

CIENCIA Y SOCIEDAD

11 **Horas variables, días de la semana y astronomía**

Alejandro Gangui

La división del tiempo en horas, días y semanas nos resulta tan natural que nos cuesta imaginarnos que se pudiese proceder a un parcelamiento distinto, por ejemplo, que en distintos momentos del año no fuesen iguales las duraciones de las horas, como acontecía en la antigüedad clásica. Y quizá no sepamos que detrás de los nombres y del orden de los días de la semana hay una historia que enlaza la astronomía griega con ancestrales tradiciones astrológicas.

PASADO EN IMÁGENES

41 **El país decimonónico**

¿Qué aspecto tenía la Argentina hacia fines del siglo XIX, el país al que arribó en masa la inmigración europea? Hoy viven en ese mismo país —que cambió enormemente— los descendientes de esos inmigrantes, en su mayoría pertenecientes a la segunda, la tercera y la cuarta generación, pocos de los cuales los conocieron o recuerdan los relatos de tiempos de su llegada. La fotografía de época permite apreciar cómo eran las ciudades y los pueblos en que se instalaron.

CIENCIA EN EL AULA

50 **Bioplásticos**

María Antonia Muñoz de Malajovich

Los plásticos tradicionales se sintetizan a partir de petróleo y su uso se ha multiplicado exponencialmente en las últimas décadas. Pero las mismas características que los hacen durables, resistentes y versátiles, son las que también los transforman en un dolor de cabeza a la hora de desecharlos. Su descomposición es tan lenta que se acumulan en vertederos, cuerpos de agua y otros sitios. Sustituir esos materiales por otros biodegradables, y que a la vez se produjeran a partir de vegetales, ayudaría a mitigar un problema ambiental complejo. Los bioplásticos de almidón ofrecen una promisoria alternativa tecnológica y una actividad pedagógica interesante.

ÍNDICE

61 **Índice del volumen 23**

ESPACIO INSTITUCIONAL

30 **CONICET dialoga**

Comercio ilícito de bienes culturales

El comercio ilegal de bienes culturales es una actividad que ha crecido de manera pronunciada en los últimos años, en forma paralela a una formidable expansión del mercado internacional de arte y otros bienes similares. Es una actividad delictiva y socialmente perjudicial que se puede ver como la contracara de otra legal y beneficiosa. Esa relación impone tener cuidado en cómo se actúa con relación a ambas, porque la búsqueda de efectos favorables en una de ellas puede ocasionar consecuencias negativas no buscadas en la otra.

El comercio ilegal va unido a otras actividades delictivas que pueden llegar a ser muy graves, como el saqueo de sitios arqueológicos, el hurto o robo de piezas de colecciones públicas o privadas, la falsificación, la estafa y el contrabando, entre otras. Todo ello no solo tiene un efecto devastador en los lugares de origen de los materiales, sino también en el legado histórico y cultural de los pueblos que los produjeron. Por esta razón se afirma que constituye una importante causa de empobrecimiento del patrimonio cultural y material de muchas sociedades, ya que los bienes artísticos y culturales poseen tanto un valor económico como una importancia simbólica vinculada con la propia identidad de los pueblos.

Si bien este tráfico ilícito existió desde antiguo, en las últimas décadas se profesionalizó y tomó la forma de redes criminales especializadas que operan internacionalmente a la par de otras igualmente delictivas dedicadas a traficar con armas, droga, fauna y hasta flora. Aunque nadie ha estado a salvo de estas desgracias –recuérdese lo acaecido en Alemania y muchos países de Europa durante la barbarie nazi–, los países más perjudicados casi siempre han sido los de menor desarrollo relativo, que suelen tener su patrimonio más desprotegido. Así, se han saqueado sitios arqueológicos completos, y en casos de crisis como guerras han terminado devastados importantes museos, como sucedió en Irak (véase Laura Malosetti Costa, 'Irak: el saqueo del pasado', y José A Pérez Gollán, 'Los usos del patrimonio', Ciencia Hoy, 75: 10-17, junio-julio de 2003). A ello se suman hoy la facilidad de efectuar transacciones por internet y el mejoramiento de las comunicaciones y de los medios de transporte. Noticias alarmantes proceden en estos días de países tan distantes como Siria, Libia o Mali, pero el saqueo sistemático es también una realidad en Latinoamérica. El trastorno excede la escala nacional y regional, por lo que se requiere de la cooperación internacional para combatirlo.

Hasta 1970 no existía un instrumento jurídico internacional que condenara el tráfico ilícito de bienes culturales en tiempos de paz. Una convención de la Unesco aprobada ese año cambió la situación: estableció que es delito importar, exportar o transferir bienes culturales en infracción de las disposiciones internas de los Estados. La convención no es retroactiva y solo es aplicable entre países que la hayan ratificado. Su vigencia depende, por ello, de que el país que procura proteger su patrimonio haya procedido a esa ratificación y cuente con legislación adecuada. También es necesario que los bienes a proteger hayan sido inventariados. Los tres requisitos no son fáciles de cumplir en muchos países. Hasta la fecha, 125 han ratificado la convención, incluida la mayoría de los latinoamericanos y algunos de los que poseen importantes mercados de obras de arte, como los Estados Unidos, China y miembros de la Unión Europea.

El instrumento comentado solo atiende reclamos entre Estados y no protege bienes culturales que sean objeto de transacciones de derecho privado. A ello apunta otro convenio, que data de 1995, sobre los Bienes Robados o Exportados Ilegalmente. Fue celebrado en el marco del Instituto de las Naciones Unidas para la Unificación del Derecho Privado Internacional (UNIDROIT) a petición de la Unesco, para que sirviera de complemento de la convención de 1970. Se aplica a colecciones privadas, públicas o de comunidades indígenas y tribales, y protege a bienes inventariados y no inventariados. También define las condiciones en que un poseedor de buena fe de bienes culturales robados puede alegar esa condición. No ha recibido aún un número significativo de ratificaciones.

El comercio de arte se ha incrementado estimativamente en un 50% en los últimos diez años y alcanzado el volumen anual de unos 60.000 millones de dólares, que incluyen transacciones legales e ilegales. Combatir las segundas no es labor sencilla, no solo por su envergadura sino además por su complejidad. Los expertos advierten que se debe proceder en múltiples frentes. Por ejemplo, en el caso de sitios arqueológicos, hay que empezar por los huaqueros, que suelen ser lugareños y obtienen muy poco dinero por el producto de su vandalismo. Su acción destruye el contexto arqueológico y elimina información científica fundamental para el estudio de las poblaciones que produjeron los bienes. Son diferentes de los ladrones ocasionales y estos, a su vez, de los ladrones profesionales de obras de arte. Luego vienen los acopiadores y otros intermediarios, los vendedores finales y los compradores últimos, coleccionistas ocasionales o consuetudinarios. Para disuadir y castigar, la Unesco recomienda que los países impongan sanciones

penales, administrativas o civiles compatibles con la situación socioeconómica nacional o local.

Diferentes organizaciones intergubernamentales participan en la lucha contra el tráfico ilícito internacional, entre ellas Interpol, la Organización Mundial de Aduanas y la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Crimen. El Consejo Internacional de Museos (ICOM) promueve la adopción de un código de ética para museos y elabora una la Lista Roja de bienes culturales en peligro. También confeccionó unos estándares, llamados Object ID (véase *http://archives.icom.museum/objectid/index_span.html*), para inventariar los bienes culturales y facilitar la rápida circulación de la información en caso de delito.

La Argentina ratificó la convención de 1970 de la Unesco por la ley 19.943 de 1972, y el convenio del UNIDROIT de 1995 por la ley 25.257 de 2000. Para el caso particular del patrimonio arqueológico y paleontológico sancionó en 2003 la ley 25.743. Además puso en funcionamiento un comité de lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales, estableció la obligación de tramitar un certificado de exportación para sacar del país bienes protegidos y creó una base de datos de objetos robados (accesible en *www.interpol.gov.ar*). La acción policial y de otros entes administrativos permitió, por ejemplo, recuperar en 2008, con la cooperación de organismos de los Estados Unidos, unas cuatro toneladas de fósiles procedentes del país a la venta en una feria de Arizona; devolver al Paraguay en 2008 una pintura del siglo XVI robada del Museo Nacional de Bellas Artes de ese país, y traer de regreso desde París en 2005 pinturas de Cézanne, Gauguin y Renoir robadas del Museo Nacional de Bellas Artes de Buenos Aires en 1980.

Estas alentadoras noticias no deben, sin embargo, ocultar la gravedad del problema que subsiste, ni la magnitud de la tarea por realizar. Para advertirla, basta con repasar mentalmente las enormes extensiones de territorio ocupadas por sitios arqueológicos y paleontológicos, algunos ni siquiera descubiertos por los investigadores; las escasas medidas de seguridad de museos, iglesias y monumentos que poseen bienes muebles valiosos, y la enorme frontera argentina por donde circulan bienes culturales de distintos países del Cono Sur.

En los últimos años se han realizado cursillos y talleres de capacitación para personal de museos e integrantes de fuerzas de seguridad y del poder judicial, con el apoyo de Interpol en los temas relevantes. Otra tarea fundamental en la que se ha avanzado pero sin duda no lo suficiente es sensibilizar a la población y a turistas sobre el significado y la importancia de proteger los bienes culturales, algo que va más allá de las acciones delictivas y abarca cuidados elementales y de conservación preventiva de bienes muebles y del patrimonio inmueble.

En 2013 la oficina regional de la Unesco, con sede en Montevideo, lanzó una campaña titulada 'Stop tráfico ilícito', que incluyó un afiche cuyo diseño, como modo de multiplicar su difusión, fue objeto de un concurso para estudiantes y jóvenes graduados de diseño gráfico. El isotipo resultante encabeza este editorial.

Los esfuerzos por proteger el patrimonio cultural encuadran en cuestiones más generales, sobre las que no podemos detenernos aquí, como a quién pertenecen las piezas –piénsese, por ejemplo, en la polémica en torno a los mármoles del Partenón exhibidos en el Museo Británico, a los que no alcanza la convención de 1970–. Comprenden también la producción contemporánea, lo que plantea la necesidad de ponerlos en un contexto más amplio que el de las obras históricas. Ese contexto, por un lado, incluye las cuestiones de propiedad intelectual y de derechos de autor, complejas y controvertidas de por sí, y por otro abarca el funcionamiento de mercados internacionales que movilizan enormes sumas de dinero, por las que pujan autores intelectuales, críticos, productores materiales, intermediarios de todo tipo y compradores finales, individuales o institucionales. A veces, normas legales y medidas administrativas que parecen eficientes para combatir la delincuencia con piezas históricas y facilitar su conservación pueden menoscabar derechos de actores contemporáneos, entre ellos la libre circulación internacional de las obras o la retribución económica de los creadores.

Dedicar este editorial al comercio ilícito de bienes culturales tiene por objetivo sumarnos a la tarea de concientización. Invitamos a nuestros lectores a reflexionar sobre la cuestión. Cabe preguntarse cuántas comunidades son despojadas de porciones de su patrimonio cultural. Cuántos conocimientos científicos se perdieron y se siguen perdiendo con el saqueo de sitios arqueológicos y paleontológicos. Cuántos ciudadanos vieron y ven frustrados sus derechos a acceder a libros (o parte de ellos) que fueron robados de bibliotecas públicas, o a documentos y fotografías sustraídos de archivos. Cuántas personas han sido privadas de apreciar objetos históricos y artísticos que formaron parte de colecciones de museos. Las generaciones futuras se verán afectadas por los despojos que nuestra generación no sea capaz de evitar. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AA.VV., 2009, *Return of Cultural Objects: The Athens Conference*, N° 241-242 de Museum International, Unesco, París.

CUNO J, 2008, *Who Owns Antiquity? Museums and the Battle over Our Ancient Heritage*, Princeton University Press.

MESSENGER PM (ed.), 1989, *The Ethics of Collecting Cultural Property: Whose Culture? Whose Property?*, University of New Mexico Press, Albuquerque.

ROBSON E, TREADWELL L & GOSDEN C (eds.), 2006, *Who Owns Objects: the Ethics and Politics of Collecting Cultural Artefacts*, Oxbow Books, Oxford.

ROTHFIELD L, 2009, *The Rape of Mesopotamia: Behind the Looting of the Iraq Museum*, University of Chicago Press.

UNESCO, 2006, *Medidas jurídicas y prácticas contra el tráfico ilícito de bienes culturales*, Manual de la Unesco, París.

VITELLI K & COLWELL-CHANTHAPHONH J (eds.), 2006, *Archaeological Ethics*, Altamira Press.

Cartas de lectores

Diversidad genética

He leído con muchísimo interés el artículo titulado 'De huevos, pollos, gallos y gallinas', publicado en el número 133 de Ciencia Hoy (junio-julio de 2013). El texto se centra en los riesgos de pérdida de variabilidad genética en el marco de los actuales sistemas de producción intensiva de pollos parrilleros y gallinas ponedoras. Con una argumentación impecable, el artículo sugiere que el proceso de domesticación, ocurrido a partir de un único linaje y seguido por una fuerte expansión poblacional, *podría poner en riesgo el futuro de la especie y hasta comprometer la salud de la humanidad*, fundamentalmente debido a las posibles consecuencias de jugar todas las fichas a un genoma uniforme.

Es interesante comprobar que, si bien el artículo está centrado en la gallina, la situación descripta se extiende a todas las especies de interés pecuario. Los números de integrantes de esas poblaciones hoy son enormes y, sin embargo, en cada especie todos ellos provienen de una única domesticación o, a lo sumo, de unas pocas (esta es una cuestión sobre la que hay debate). Además, esa domesticación ocurrió hace muy poco, si se considera el tiempo de la evolución. En el vacuno lechero, por ejemplo, una única raza (Holstein o frisona, llamada holando-argentina entre nosotros) domina ampliamente las poblaciones, con millones de vacas en producción, en las cuales la diversidad genética es extremadamente reducida.

Aunque el argumento de que la pérdida de esa diversidad conlleva grandes riesgos es atractivo, no está claro, en realidad, cuál es su alcance efectivo. Uno de los principios fundamentales de la mejora genética animal establece una relación directa entre la variabilidad genética y la respuesta a la presión de selección. Si efectivamente hubiera un problema significativo de pérdida de diversidad genética en animales domésticos, no se explicaría por qué las poblaciones siguen respondiendo positivamente a la selección artificial.

Por ejemplo, la producción de leche por vaca sigue aumentando por mejora genética y no se detiene, como lo demuestran cifras publicadas por el Programa de Mejora Genética Animal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*www.aipl.arsusda.gov*). Si se argumentara que han transcurrido pocas generaciones desde el inicio de dicho programa, se puede señalar que existen trabajos experimentales de selección a largo plazo en otras especies cuyos resultados apuntan en el mismo sentido. El ejemplo más ilustrativo es, quizá, un experimento de selección en maíz llevado a cabo en la Universidad de Illinois (Stephen P Moose, John W Dudley & Torbert R Rocheford, 2004, 'Maize selection passes the century mark: A unique resource for 21st century genomics', *Trends in Plant Science*, 9, 7: 358-364). En definitiva, aunque parezca obvio que si se uniformiza el genoma se pierde variabilidad, creo que necesitamos entender mejor los mecanismos en juego a la luz de lo que los animales domésticos aportan a la humanidad.

Sebastián Munilla
Cátedra de Mejoramiento Genético Animal
Facultad de Agronomía, UBA

Diversidad y dominancia

En las últimas décadas el mundo ha avanzado en apreciar la diversidad de especies en la naturaleza. Sin embargo, la mayoría de la gente interpreta que el valor de la diversidad está dado solo por el número de especies de un ambiente e ignora un costado adicional: la proporción relativa de individuos de las diferentes especies. Así, si dos ecosistemas tienen la misma cantidad de especies, el que tiene una composición más equitativa de ellas es más diverso. Por ejemplo, un ecosistema con cien especies de las que cada una tiene el mismo número de individuos es más diverso que otro con el mismo número de especies pero en el cual el 90% de los individuos pertenece a una de ellas. La distribución equitativa de los individuos entre especies y su opuesto, la *dominancia*, son relevantes porque el funcionamiento de un ecosistema con alta dominancia de unas pocas especies podría ser más frágil.

En escala mundial, la región amazónica alberga uno de los ensambles de árboles con más especies. Pero, ¿cómo se distribuye esa diversidad? ¿Las especies de esos árboles están equitativamente representadas o unas pocas dominan el ecosistema? En él vegetan unos 400.000 millones de árboles pertenecientes a unas 16.000 especies. Esa gran diversidad, sin embargo, se distribuye de manera poco equitativa, ya que la mitad de los árboles corresponden a 227 especies, el 1,4% del total de ellas. Esto tiene dos consecuencias. En primer lugar, significa que la mayor parte del flujo de energía y del ciclo de nutrientes de ese vasto ecosistema de relevancia global depende de unas pocas especies. En segundo lugar, indica que la gran mayoría de las especies de árboles de la región está en peligro de extinción, dada su escasa abundancia. No está claro cuáles son las razones por las que esas 227 especies llegaron al mencionado nivel de dominancia. Se especula que deben tener marcada habilidad competitiva basada en una especial resistencia a enemigos como enfermedades e insectos. Pero dado que muchas de esas especies tienen gran valor para el aprovechamiento humano (caucho, cacao, palmeras, entre otras) su dominancia también podría deberse a que fueron especialmente promovidas mediante plantación y cuidado por pobladores precolombinos.

Más información en H Ter Steege *et al.*, 2013, 'Hyperdominance in the Amazonian tree flora', *Science*, 342, 6156 y *doi:10.1126/science.1243092*.

Martín Oesterheld
oesterhe@agro.uba.ar

Vista aérea del río Solimões, tributario del curso superior del Amazonas. Foto *twitter.com/cryforthearth*

Ficción y realidad

Roland Barthes (1915-1980), pensador francés que hizo aportes a la lingüística y a la teoría literaria, proponía clasificar la literatura en textos 'legibles' y textos 'escribibles'. En los primeros, el lector está limitado a aceptar o rechazar lo que lee. Los segundos, en cambio, disparan múltiples perspectivas, promueven la escritura, requieren una participación más activa del lector y lo interpelan como productor de sentido.

Asimilando esta categorización, dos psicólogos neoyorquinos realizaron experimentos sobre los efectos que puede tener la literatura en la capacidad para identificar y comprender los estados subjetivos de nuestros semejantes. Los investigadores examinaron grupos de lectores de ficción literaria –cuyos textos consideraron de la clase 'escribibles'– y grupos de lectores de ficción popular –que entraría en la clasificación de textos 'legibles'–. Y compararon ambos grupos en cuanto a la capacidad de sus integrantes para generar empatía.

Los participantes del grupo de ficción literaria leyeron historias breves de autores que publican en revistas literarias (entre ellos, Alice Munro, último premio Nobel de literatura): narraciones enfocadas en retratar en profundidad lo que sienten y piensan los personajes. Los participantes del grupo de 'ficción popular', en cambio, leyeron cuentos de Stephen King, Julio Verne, Isaac Asimov y Edgar Allan Poe, entre otros.

En opinión de los investigadores, los lectores de ficción literaria deben recurrir a recursos interpretativos más flexibles para inferir los sentimientos y los pensamientos de los personajes. La ficción popular, en cambio, es menos exigente, porque tiende a representar el mundo y los personajes de una manera más consistente y predecible. Por lo tanto, esta característica podría satisfacer las expectativas del lector, pero al mismo tiempo no estimular sus habilidades para inferir estados emocionales a partir de unos pocos rasgos.

Los mundos de la ficción presentan menos riesgos que el mundo real, y ofrecen la oportunidad de evaluar la experiencia de otros en un banco de pruebas, sin consecuencias ni compromisos. Así, mucha de nuestra experiencia podría estar basada en la literatura que consumimos. O en su ausencia.

Más información en DC Kidd & E Castano, 2013, 'Reading Literary Fiction Improves Theory of Mind', *Science*, 342, 6156: 377-380 y en *doi:10.1126/science.1239918.*

Voces de muerte

Voces de muerte sonaron / cerca del Guadalquivir. Así comienza un poema de Federico García Lorca (1898-1936) que narra el ataque que sufre el gitano Antoñito el Camborio a orillas del río. Lejos del Guadalquivir, los elefantes del Parque Nacional Amboseli, en Kenia, también son capaces de identificar 'voces-de-muerte'.

Como resultado de un reciente estudio, biólogos ingleses sugirieron que los elefantes son capaces de escuchar expresiones humanas y hacer uso de lo que oyen. Un video realizado como parte de la investigación muestra una manada de elefantes pastando mansamente, sin humanos a la vista, que responde de manera inmediata al oír una voz hablando en idioma nativo. *Mira, mira por allá: un grupo de elefantes se acerca*, es la frase que se escucha en el video y que provoca una huida urgente de la manada. Lo que se oye es la grabación de una voz masculina hablando en idioma masai, un grupo étnico que periódicamente mata elefantes que compiten con las tribus por agua y espacios de pastoreo. Sin embargo, la misma frase grabada por un hombre kamba, etnia que rara vez ataca a los elefantes, no provoca el mismo efecto. Tampoco la voz de una mujer o un niño masai: la manada huye solo al oír la voz de un varón masai adulto.

La investigación reveló que los elefantes son capaces de reconocer diferencias sutiles a partir de unas pocas palabras. La aptitud para distinguir el sonido producido por un predador puede ser la diferencia entre la vida y la muerte.

Más información en K McComb *et al.*, 'Elephants can determine ethnicity, gender, and age from acoustic cues in human voices', *Proceedings of the National Academy of Science, www.pnas.org/lookup/suppl/doi:0.1073/ pnas.1321543111/-/DCSupplemental.*

Julio Gervasoni
jgervasoni@dc.uba.ar

Biología sintética: aprender haciendo

Cromosomas artificiales

La enseñanza de las ciencias y el avance de la frontera del conocimiento están íntimamente ligados. Los investigadores científicos dirigen a estudiantes de grado y posgrado y de este trabajo conjunto surgen los descubrimientos que se difunden en tesis y publicaciones especializadas. Aportan al conocimiento al tiempo que dan lugar a la formación de recursos humanos altamente capacitados.

Un ejemplo de esto, que a principios de este año se anunció en los medios de comunicación, fue la obtención de una levadura con un cromosoma completamente artificial. Para introducir el tema debemos mencionar que en mayo de 2010 se anunció la obtención del primer organismo sintético. Se trató de una micobacteria, uno de los seres vivos mas simples que se conoce. La bacteria sintética contenía toda su información genética en un cromosoma diseñado y ensamblado en un laboratorio.

La reciente noticia se refiere a la síntesis de un cromosoma completamente artificial de *Saccharomyces cerevisiae*, la levadura que usamos para hacer pan y cerveza, que tiene 16 cromosomas y 12 veces más información genética que una micobacteria. Esta levadura es un hongo unicelular que comparte muchas características con nuestras células y es frecuentemente utilizada como modelo para estudios de genética y procesos metabólicos y celulares básicos. Es así que este fue el primer organismo *eucariota* (es decir, con células que poseen un núcleo como las nuestras) cuyo genoma fue secuenciado, y ahora es el primero en contar con un cromosoma completamente artificial.

Este emprendimiento se llevó a cabo de una manera muy particular. Como parte de las actividades de un curso de biología molecular para estudiantes de grado de la Universidad Johns Hopkins llamado 'Construye un genoma', los alumnos fueron convocados a sintetizar por completo el cromosoma 3 de *S. cerevisiae*. Inicialmente cada alumno tenía como meta sintetizar, en un semestre, moléculas de ADN de hasta 1500 bases, pero con la sucesión de las camadas los estudiantes llegaron a producir moléculas sintéticas de hasta 30.000 bases. Con el trabajo de 49 estudiantes de grado se sintetizaron las 272.871 bases de una versión artificial del cromosoma 3, más corto que el original y con algunas particularidades que lo hacen atractivo como herramienta para estudios futuros. Esto es solo el comienzo, ya que se han lanzado cursos de este tipo en varios países del mundo con la idea de que, con la ayuda del trabajo de los estudiantes, se logre una levadura con la totalidad de sus cromosomas sintéticos. Esto demuestra el poder de la estrategia de aprender haciendo tanto para la formación de los estudiantes como para el avance de la ciencia.

Más información en E Pennisi, 2014, 'Building the Ultimate Yeast Genome', *Science*, 343, 6178: 1426-1429.

Federico Coluccio Leskow
federico@cienciahoy.org.ar

Made in Argentina

Como biólogos sintéticos, según creemos, bastan unos meses para convertir a un estudiante de grado en un generador de biotecnología. En 2011 decidimos poner a prueba esta idea confiados en las capacidades de los jóvenes. Con la excusa de la competencia International Genetically Engineered Machine (iGEM) sobre biología sintética, que tiene lugar anualmente desde 2003, logramos reclutar a alumnos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA en equipos de trabajo que abordaran problemas reales. Así es como en 2012 coordinamos un equipo compuesto por estudiantes de biología, física, química y computación, el cual, en el transcurso de ocho meses, identificó un problema, propuso una solución y la implementó en el laboratorio; mostró cómo crear comunidades artificiales de levaduras y obtuvo una medalla de bronce en la competencia. La experiencia se repitió en 2013 con un nuevo grupo que generó un detector de arsénico en agua, obtuvo una medalla de oro y el primer premio para un equipo latinoamericano en la final de iGEM. Premios aparte, el resultado más importante fue el entusiasmo de los jóvenes y su formación. Valió la pena abrir el camino. Invitamos a otros a que lo transiten y descubran rutas que nosotros hoy no imaginamos.

Más información en *http://www.igem.qb.fcen.uba.ar y en http://en.wikipedia.org/wiki/International_Genetically_Engineered_Machine.*

Ignacio E Sánchez
isanchez@qb.fcen.uba.ar

Alejandro D Nadra
anadra@qi.fcen.uba.ar

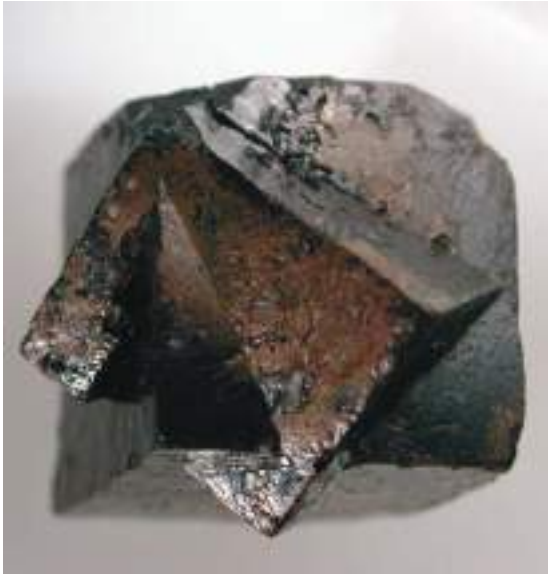
Voltios de sol

Las células solares o fotovoltaicas se usan para convertir rayos de sol en electricidad. Están hechas de silicio cristalino, un cristal entramado producto de la unión de los átomos de silicio. Este entramado es un material semiconductor que, como su nombre lo indica, en ciertas condiciones se comporta como aislante eléctrico y, en otras, como conductor de la electricidad.

A pesar de que la energía solar promete ser la solución a los problemas energéticos del mundo, tiene en su contra los elevados costos de producción e instalación de los paneles de células solares. Durante décadas, muchos investigadores intentaron crear materiales alternativos eficientes y de bajo costo. Probaron miles de semiconductores, pero solo unos pocos mostraron aceptable eficacia en convertir luz en electricidad.

Físicos de la Universidad de Oxford han mostrado que la perovskita, un material semiconductor con una gran capacidad de absorción de luz, puede producir un 50% más voltaje que las células de silicio. Pero para que este material destrone a su antecesor, los investigadores todavía deben confirmar dos cosas: que no tenga elementos tóxicos que puedan difundirse durante su uso y que sea tan estable como el silicio, con una durabilidad comprobada de décadas.

Seguramente nunca habría imaginado el conde Lew Alexeievich Perovski (1792-1856), mineralogista y ministro de la corte de Nicolás I de Rusia, que el mineral que inmortalizó su nombre podría convertirse en sinónimo de energía limpia, barata y renovable para el siglo XXI.

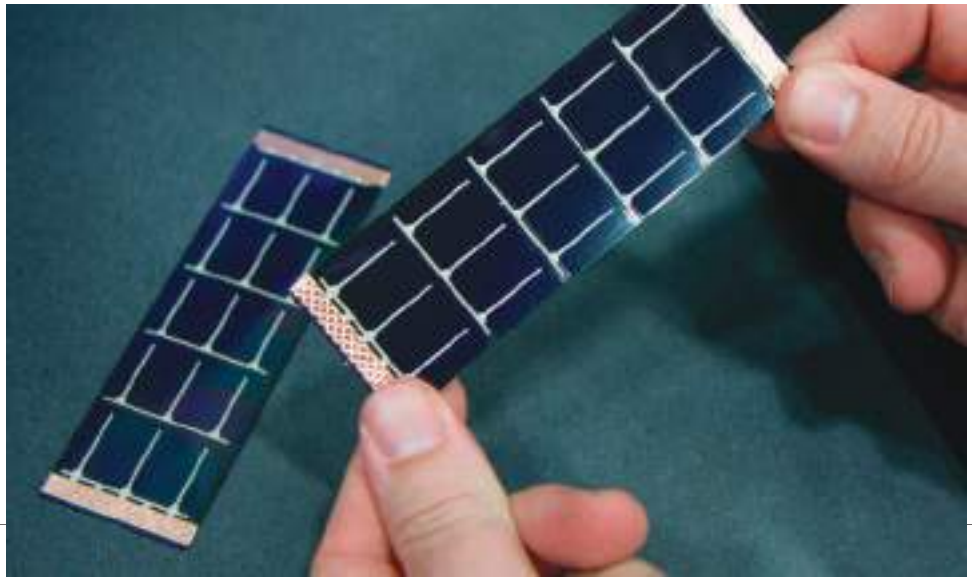


Perovskita. Foto Kelly Nash, Wikimedia Commons.

Más información en MD McGehee, 2013, 'Materials science. Fast-track solar cells', *Nature*, 501, 7467: 323-325 y en *doi:10.1038/nature12557*.

Julio Gervasoni
jgervasoni@dc.uba.ar

Pequeñas células fotovoltaicas posiblemente usadas para alimentar instrumentos de tamaño reducido.



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

Horas variables, días de la semana y astronomía

El parcelamiento del tiempo

Estamos acostumbrados desde la infancia a la división del tiempo en horas, días y semanas, lo mismo que a los nombres de los días de la semana. Todo eso nos resulta tan natural y obvio que lo tomamos sin pensarlo, como un atributo del universo, y seguramente nunca nos hemos preguntado si hay otras formas de dividir el tiempo. Sin duda, los días, con su sucesión de períodos de luz y oscuridad, nos vienen dictados por la naturaleza, ya que los origina la rotación de la Tierra sobre su eje. Lo mismo sucede con la secuencia de las estaciones y los años, que se deben a la traslación terrestre en torno al Sol combinada con la orientación en el espacio del eje de rotación de la Tierra. Pero no sucede lo mismo con las horas y las semanas, cuyas referencias a la realidad astronómica son, a lo sumo, tenues y se comprenden mejor como productos culturales.

Examinaremos en lo que sigue dos cuestiones relacionadas con lo anterior. La primera es la poco conocida circunstancia de que en la antigüedad clásica y buena parte de la Edad Media la duración de una hora no era casi siempre la misma de día que de noche, ni en diferentes lugares, ni en un mismo lugar en distintos momentos del año. La segunda es la procedencia de los nombres que damos hoy en Occidente a los días de la semana y el origen del orden en que están esos nombres. ¿Por qué el día llamado miércoles sigue al martes y no lo precede?

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los días, los años y la sucesión de estaciones nos vienen dados por la naturaleza; las horas y las semanas son construcciones culturales. En la antigüedad greco-romana, la duración de las horas variaba con las estaciones, lo que desapareció hoy, pero hemos conservado los nombres dados por esa cultura a muchos días de la semana, los que hacen referencia a su astronomía y su mitología. ¿Por qué están los días en el orden que conocemos?

Figura 1. Los siete planetas de la antigüedad clásica puestos en el orden de sus distancias a la Tierra, en torno a la cual hipotéticamente se trasladaban. Es el esquema que defendía, entre otros, Filolao de Crotona o Tarento (siglo V a.C.). Los símbolos corresponden a la Tierra (en el extremo izquierdo) y al cielo estrellado (en el derecho) y, entre ambos, de izquierda a derecha, a la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno.

Horas diurnas y nocturnas

Como es bien conocido, las duraciones del día y de la noche dependen de la latitud geográfica y de la época del año. En todo lugar de la Tierra, excepto en el ecuador, cada día el recorrido que hace el Sol de su arco en el cielo demora un tiempo distinto. De ahí que, desde épocas antiguas, el sentido del transcurrir del tiempo que tuvo la gente no era el mismo en sitios geográficamente alejados, o en un mismo lugar en diferentes momentos del año. El tiempo era, pues, un fenómeno local y cada ciudad de la antigüedad y de gran parte de la Edad Media lo calculaba como más le convenía.

En muchas regiones del Mediterráneo, el día y la noche se dividían siempre, cada uno, en 12 partes iguales u horas. Aparentemente el uso de 12 como divisor, en lugar de otro número, como 10, se originó en el antiguo Egipto, donde se solía contar por docenas y no por decenas como se cuenta hoy. La división de la hora en 60 minutos y del minuto en 60 segundos, en cambio, parece haber provenido de la Mesopotamia. La jornada completa tenía entonces 24 horas en el antiguo Mediterráneo, pero sucedía que (casi) siempre la duración de cada hora diurna resultaba diferente de cada hora nocturna. Además de cambiar de un día para el otro, la duración de las horas lo hacía con la latitud geográfica. Todo esto nos resulta hoy sumamente extraño y difícil de imaginar.

Para los habitantes de aquellas épocas, en primavera y verano, por ejemplo, en que los días duran más que las noches, una hora diurna era más larga que una nocturna. Además, esas horas veraniegas eran tanto más prolongadas cuanto más lejos estaba alguien del ecuador, hasta el extremo de que, el día del solsticio de verano boreal –aproximadamente el 21 de junio–, en todo lugar ubicado al norte del círculo polar ártico, las horas diurnas se alargaban hasta hacer desaparecer completamente a las nocturnas.

Exactamente lo opuesto acontecía en otoño e invierno, cuando las horas diurnas eran más cortas que las nocturnas. Estas, su vez, resultaban tanto más extensas cuanto más lejos del ecuador se encontrara alguien, hasta el extremo de que, en la llamada noche polar ártica (lo mismo que antártica, pero de esta nada se sabía por no haber habitantes en esa región del planeta), desaparecían por completo las horas diurnas, pues por uno o varios días el Sol no llega a elevarse por encima del horizonte.

En contraste con esto, en todo sitio ubicado exactamente en el círculo ecuatorial de la Tierra la situación es singular pues, dejando de lado cuestiones relacionadas con la refracción de la atmósfera, el día siempre dura lo mismo que la noche: en tal caso para los antiguos resultaban iguales las 12 horas de cada uno, de la misma manera que para la forma actual de medir el tiempo, con horas de duración fija, los días y las noches siempre duran 12 horas en el ecuador.

Como se aprecia entonces, para las antiguas poblaciones que se regían por este sistema, existían horas largas y horas cortas. Por ejemplo, en El Cairo, cuya latitud es 30°3'N, el 21 de junio (el solsticio de verano en el hemisferio norte) la hora diurna se extendía por 1 hora y 10 minutos de nuestro reloj pues, en ese sitio, ese día del año el Sol permanece sobre el horizonte unas 14 horas de las nuestras. En consecuencia, la correspondiente hora nocturna solo tenía 50 minutos en El Cairo. Por la simetría del movimiento de los cielos y de las estaciones del año, el 21 de diciembre la situación resultaba exactamente la opuesta, con horas nocturnas unos 20 minutos más largas que las diurnas.

Por supuesto, el fluir de lo que podríamos llamar el *tiempo objetivo* era el mismo en toda la Tierra, pero el *tiempo social* y la forma de parcelarlo y medirlo variaban: diferían, por ejemplo, en el norte de Italia y en Alejandría, y más diferían cuanto mayor era la disparidad de latitud. En las regiones polares, en fechas cercanas al solsticio de verano, donde se producía el fenómeno del sol de medianoche, la hora diurna duraba dos de las nuestras y las nocturnas quedaban reducidas a cero.

Así como el ecuador es un caso singular, también lo son, en el tiempo, los momentos que corresponden al inicio de la primavera o del otoño. Si advertimos que fuera del ecuador en épocas estivales el día dura más que la noche, y lo inverso se da en épocas invernales, y que esas duraciones van cambiando gradualmente, llegaremos a la conclusión de que deben existir momentos del año en que día y noche duran igual. Esos son los equinoccios, cuyo nombre expresa esa igualdad. Así, dejando de lado complicaciones creadas por la refracción atmosférica y por accidentes geográficos, con la forma histórica de de-

finir la duración de una hora, durante esos días en todo sitio de la Tierra una hora diurna duraba igual que una nocturna, y lo mismo que una hora de nuestro reloj.

Este sistema de horas variables era la manera popular de parcelar y medir el tiempo, aunque los antiguos astrónomos habían concebido utilizar horas de extensión fija para facilitar sus cálculos. Así, en el siglo II antes de nuestra era, en el período helenístico, Hiparco de Nicea propuso dividir el día en 24 horas iguales, las que se conocieron como *horas equinocciales*, porque su duración era igual a la que tenían las 12 horas diurnas y nocturnas en los días de equinoccio. Astronómicamente, también se hubiese podido llamarlas *horas ecuatoriales*, pues sobre el ecuador el día y la noche son siempre iguales, pero los pueblos del Mediterráneo tenían experiencia directa de los equinoccios y ninguna del ecuador. Solo con el invento de relojes mecánicos en Europa, en el siglo XIV, el sistema de horas fijas, que usamos ahora y coinciden con las horas equinocciales de Hiparco, fue gradualmente reemplazando al de las horas variables.

Los días de la semana

La semana de siete días no solo tiene raíces judías en el relato de la creación del mundo del Génesis; también era parte de antiguas religiones mesopotámicas. Por otro lado, se puede señalar su relación con la astronomía en el hecho de que, antes de la invención del telescopio, se podían identificar a simple vista siete cuerpos celestes que se diferencian claramente de los millares de estrellas visibles en el cielo. A estas se las llamaba *estrellas fijas*, pues parecen estar pegadas a la bóveda celeste, la cual, con el correr de las horas nocturnas, gira de manera suave de oriente a occidente con todas ellas adheridas. A aquellos siete se los llamaba *planetas* en el mundo greco-romano, pues exhiben unos lentos aunque perfectamente perceptibles movimientos errantes con relación al fondo de estrellas. Su nombre provino, precisamente, del término griego que significa errante.

En dicho mundo greco-romano, cada uno de esos astros vagabundos recibió un apodo que invocaba a los dioses de la mitología. La observación del aspecto y del movimiento de cada planeta llevó también a estimar su alejamiento de la Tierra, es decir el radio de su supuesta órbita circular alrededor de esta, la cual casi siempre se consideraba entonces –y se continuó considerando hasta el siglo XVI– ubicada en el centro del cosmos. Saturno –se constató– era el planeta que se movía más lentamente: tardaba casi treinta años en ser visto dos veces seguidas por la misma región del cielo estrellado, más que todos sus congéneres. El astro errante que se desplazaba más velozmente era la Luna, lo que llevó a concluir, con toda lógica, que su órbita debía ser la más pequeña y próxima a la Tierra. Adviértase que, en la geometría mental por la que la Tierra era el centro de las órbitas circulares de los planetas, la Luna debía considerarse semejante a los demás astros errantes, lo mismo que el Sol. Así, en orden descendente de distancias, la lista de esos planetas identificados por los antiguos era Saturno, Júpiter, Marte, Sol, Venus, Mercurio y Luna, como lo ilustra la figura 1.

El movimiento de los planetas, que era constante y parecía eterno, quedó asociado con la división más obvia y natural del tiempo: el día. La antigüedad clásica asignó un día diferente a cada uno de los planetas y los agrupó en la semana de siete días. Disipada la hegemonía romana, las distintas culturas europeas combinaron esas denominaciones clásicas de los días de la semana con otras derivadas de la mitología germánica, más la tradición religiosa del séptimo día de descanso del relato bíblico.

La situación se resume en la tabla, en la que se aprecia que, por ejemplo, en castellano, sábado viene de *shabbat*, la palabra hebrea para el día de descanso, concepto que se traspuso al domingo, el *dies Dominica* o día del Señor, mientras que lunes, martes, miércoles, jueves y viernes conservan la referencia latina. Lo mismo sucede en fran-

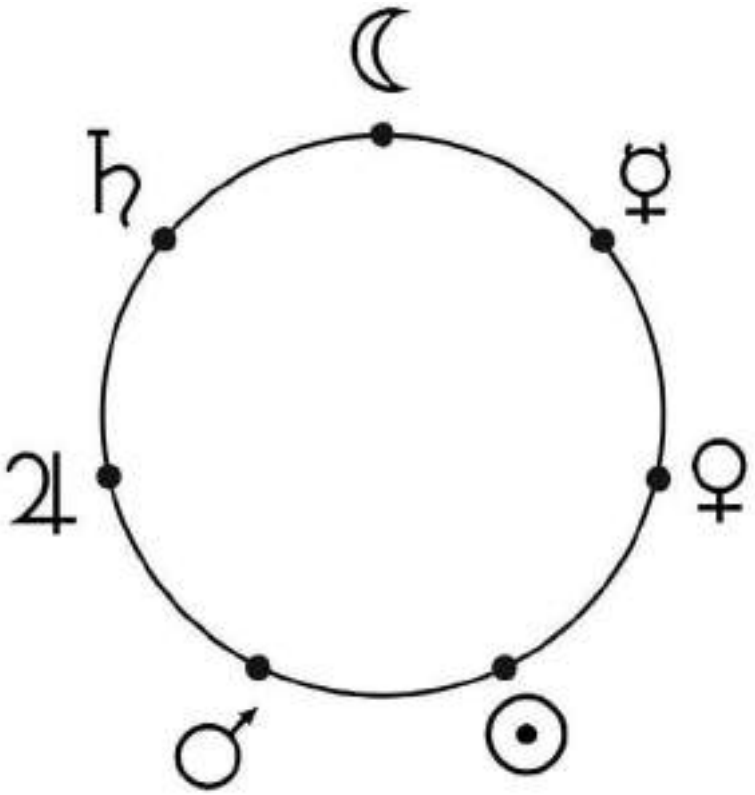


Figura 2. Los siete planetas de la antigüedad puestos en el orden de la figura anterior a lo largo de una circunferencia, indicativa del carácter cíclico de los días asignados a ellos. De la Luna, colocada arriba, hacia la derecha aparecen Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, después del cual se llega nuevamente a la Luna y recomienza el ciclo semanal.

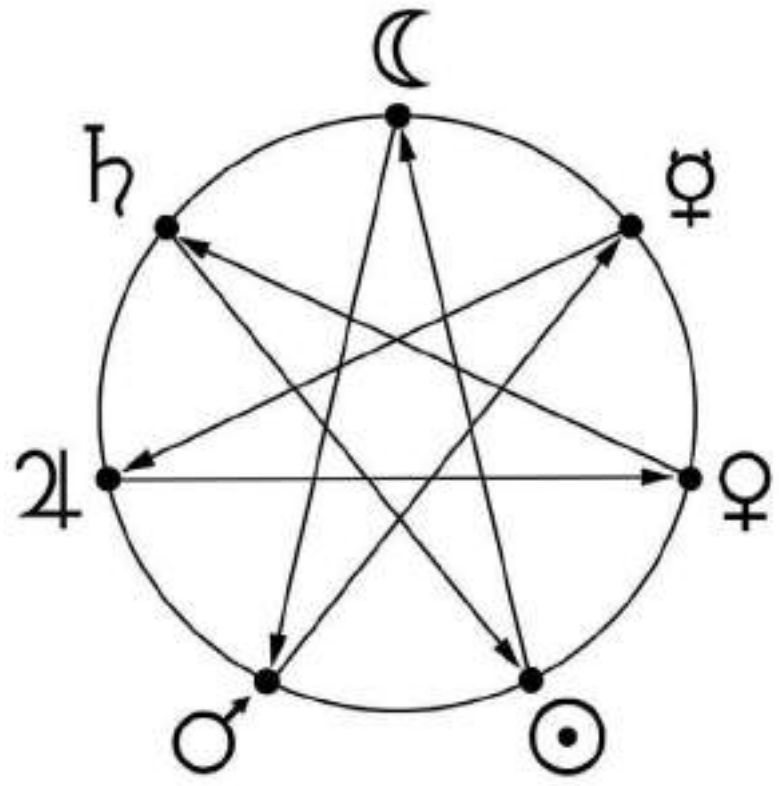


Figura 3. La tradición astrológica dedicaba la primera hora de cada día a uno de los planetas de la antigüedad, el que daba nombre al día en cuestión, dividido en 24 horas. La existencia para los antiguos de solo siete astros errantes o planetas accesibles a simple vista llevó a confeccionar un diagrama como el que muestra la figura, explicativo del ordenamiento actual de los siete días de la semana. Las flechas que parten de cada astro se dirigen en sentido contrario a las agujas del reloj al siguiente salteando dos: partiendo, por ejemplo, de Saturno (sábado), el heptagrama conduce al Sol (domingo), luego a la Luna (lunes) y así siguiendo hasta volver a Saturno una semana más tarde.

cés e italiano. En inglés, en cambio, igual que en alemán, aparece la mitología germánica, con Tiw o Tyr para Marte (*Tiw's day*), Woden o Wotan para Mercurio (*Woden's day*), Thonar (el trueno) o Thor en vez de Júpiter, y la diosa de la fertilidad Fria o Freya en lugar de Venus.

Sin embargo, el orden de los días que conocemos hoy, que indica la tabla, no condice con el de los planetas, indicado antes, en el que la Luna era el astro más cercano y Saturno aparecía en último lugar. Si coincidiese, al lunes (Luna) seguiría el miércoles (Mercurio), a este el viernes (Venus) y así sucesivamente (figura 2). Ese orden, establecido sobre la base de las distancias que separan a los planetas de la Tierra, fue propuesto por Filolao de Crotona (o de Tarento), un filósofo presocrático y pitagórico del siglo V antes de nuestra era. Fue el orden dominante entre los griegos, aceptado por el mencionado Hiparco de Nicea y consagrado por más de mil años de observaciones.

¿Qué explica, entonces, que los días de la semana no sigan hoy ese orden? Por ejemplo, ¿por qué el viernes (día de Venus) sigue al jueves (día de Júpiter)? ¿Será porque, según la mitología, Venus era hija de Júpiter? Esto es dudoso. De acuerdo con la *Teogonía* de Hesíodo, Afrodita –equivalente griega de Venus– surgió de un movimiento brusco de Cronos, padre de Zeus, que a su vez es el equivalente griego de Júpiter. Es poco probable, pues, que Venus haya sido generalmente considerada hija de Júpiter, aunque existe una versión por la cual Afrodita era efectivamente hija de Zeus.

Evidentemente, hay algo de la historia de la astronomía y de sus repercusiones culturales que estamos dejando de lado y que permitiría responder a estas preguntas. Es la tradición astrológica que subsiste aún: el viernes viene después del jueves porque esos eran los días astrológicamente dedicados a esos planetas.

DÍAS DE LA SEMANA

Astro	Castellano	Italiano	Inglés	Alemán	Latín	Comentario
Sol	Domingo	Domenica	Sunday	Sonntag	Dies Solis	Día del Sol o del Señor
Luna	Lunes	Lunedi	Monday	Montag	Dies Lunae	Día de la Luna
Marte	Martes	Martedi	Tuesday	Dienstag	Dies Martis	Día de Marte o de Tyr
Mercurio	Miércoles	Mercoledi	Wednesday	Mittwoch	Dies Mercurii	Día de Mercurio o de Wotan
Júpiter	Jueves	Giovedi	Thursday	Donnerstag	Dies Iovis	Día de Júpiter o de Thor
Venus	Viernes	Venerdi	Friday	Freitag	Dies Veneris	Día de Venus o de Freya
Saturno	Sábado	Sabato	Saturday	Samstag	Dies Saturni	Día de Saturno o *shabbat*

Según dicha tradición astrológica, gestada en tiempos en que los seres humanos sentían una fuerte relación con el cielo, la primera de las 24 horas de cada día siempre estaba dedicada a determinado planeta y recibía el influjo protector de ese astro. Ese planeta, entonces, gobernaba y daba su nombre al día en cuestión: por ejemplo, en el *dies Saturni* o día de Saturno, sábado, la primera hora del día estaba dedicada a Saturno. Las siguientes horas del día estaban gobernadas, en esa concepción astrológica, por los sucesivos planetas enumerados en orden descendente: después de Saturno venía Júpiter, que gobernaba la segunda hora del sábado, y así siguiendo hasta que, agotados los siete de la lista de la antigüedad clásica, se recomenzaba con el primero. El sábado Saturno gobernaba, además de la primera hora, la octava, la décimoquinta y la vigésimosegunda. Por lo tanto, Júpiter gobernaba la hora 23, Marte la 24, y la primera hora del día siguiente era gobernada por el Sol. Siendo este el protector de esa primera hora del nuevo día, el día en cuestión debía ser un día del Sol, o *dies Solis*, es decir, domingo.

En este ordenamiento se explica que el viernes siga al jueves, pues Venus sigue a Júpiter. El gráfico de la figura 3, que no deja de ser una disposición arbitraria, ilustra bien lo explicado.

Ciencia y sociedad

Las historias relatadas ilustran históricamente la compleja relación entre la ciencia y las otras facetas de la cultura de las sociedades. La ciencia incorpora prácticas o tradiciones arraigadas en la cultura y construye porciones de su edificio a partir de ellas, como el uso de dividir el día en 24 horas mantenido hasta hoy a pesar de la difusión en ámbitos científicos del sistema decimal. O de dividir por 60 para fraccionar la hora en minutos y segundos, lo mismo que el círculo en grados, minutos y segundos.

Apuntemos, de pasada, que fueron astrónomos y matemáticos griegos –como Aristarco de Samos, en el siglo III a.C.– quienes incorporaron a la tradición científica occidental la mencionada práctica de dividir dos veces por 60 la hora o la circunferencia. Las traducciones latinas de las obras científicas griegas, por ejemplo, del *Almagesto* de Ptolomeo, del siglo II de nuestra era, se referían a las fracciones resultantes de esas divisiones respectivamente por *partes minutae primae* y *partes minutae secundae*, es decir *primeras pequeñas partes* y *segundas pequeñas partes*, de donde provienen las actuales denominaciones de minutos y segundos.

Pero al mismo tiempo que la ciencia construyó conocimiento sobre la base de prácticas ancestrales muy frecuentemente de origen religioso, en algunos casos estas prácticas terminaron siendo modificadas sobre bases científicas y tecnológicas, como sucedió con el pasaje de las horas variables a las horas fijas para medir el tiempo, producto tanto del progreso de la astronomía, que fue gradualmente permitiendo entender la geometría y el movimiento de los cuerpos celestes, como de la capacidad de construir relojes cada vez más precisos. Eso, sin embargo, sucedió en algunos casos, pero no en todos, como lo muestra el repetido fracaso de los esfuerzos por pasar al sistema métrico decimal y abandonar ciertas unidades tradicionales de pesas y medidas, o el hecho de continuar empleando combinaciones de formas decimales, duodecimales y sexagesimales para ciertas mediciones. CH

LECTURAS SUGERIDAS

DOHRN-VAN ROSSUM G, 1992, *Die Geschichte der Stunde. Uhren und moderne Zeitordnungen*, Carl Hansen Verlag, Munich [traducción inglesa: *History of the Hour: Clocks and Modern Temporal Orders*, University of Chicago Press, 1996].

LEVINAS M (ed.), 2008, *La naturaleza del tiempo*, Biblos, Buenos Aires.

LOMBARDI MA, 2007, 'Why is a minute divided into 60 seconds, an hour into 60 minutes, yet there are only 24 hours in a day?', *Scientific American*, 296, 3, marzo.

Alejandro Gangui

Doctor en astrofísica, Escuela Internacional de Estudios Avanzados, Trieste.
Investigador independiente del Conicet.
Profesor adjunto, FCEYN, UBA.
Miembro del Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEYN, UBA.
gangui@df.uba.ar
cms.iafe.uba.ar/gangui

Cultivo de quinua en Bolivia.
Foto *organicmattersblog.com*

Hernán Pablo Burrieza, María Susana Avella Grillia y Sara Maldonado

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

La quinua, un cultivo andino

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta nativa de la región andina de Sudamérica. Exhibe notable adaptación a condiciones ambientales adversas, como gran altura sobre el nivel del mar, salinidad del suelo, sequías y temperaturas extremas. Su grano carece de gluten y tiene excelente valor nutritivo debido a la calidad de sus proteínas y lípidos, y al amplio rango de minerales y vitaminas que posee. Estos factores hicieron de la quinua un cultivo crucial para la alimentación de las comunidades andinas, además de convertirla en candidata sumamente atractiva para diversificar sistemas agrícolas presentes y futuros.

Entre el pasado y el futuro

En diciembre de 2011, la asamblea general de las Naciones Unidas aprobó, con el voto favorable de la Argentina, la propuesta de Bolivia de designar a 2013 Año Internacional de la Quinua. En el tratamiento del tema se discutió la potencial contribución del cultivo a la lucha contra el hambre y la desnutrición, y se reconoció el papel desempeñado por los pueblos andinos en la domesticación de la planta y su cultivo a lo largo de los siglos.

La domesticación posiblemente se inició hace unos cinco mil años en la zona del lago Titicaca, desde donde se diseminó por las migraciones y el comercio a una amplia zona del oeste de América del Sur. En esos cinco milenios de historia, el cultivo enfrentó diversas condiciones agroclimáticas y fue objeto de diferentes prácticas agrícolas, lo que dio como resultado variedades adaptadas a diferentes tipos de ambientes.

Los incas se referían a la quinua como 'grano madre'. En quichua se la conoce como *quinua*, el término usual en castellano, o como *ayara*; en aymara su nombre es *hupa*; en chibcha es *suba*; y en mapuche, *daue*.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La investigación botánica y agronómica había prestado poca atención a la quinua, que tampoco era parte de la alimentación humana fuera de las sociedades rurales andinas. Ahora ambas cosas están cambiando.

Rama de una planta de quinua con flores a punto de abrirse. Foto CePro-Exactas

Quinua próxima a florecer. Foto Wikipedia Commons

Con la llegada de los españoles, en muchas zonas de los Andes la quinua fue desplazada por cereales traídos de Europa, como trigo, centeno o avena, pero en regiones aisladas del altiplano del Perú, el Alto Perú (hoy Bolivia) y la Argentina las poblaciones indígenas continuaron con sus prácticas agrícolas y hábitos de alimentación tradicionales, y con la selección y conservación de las variedades del cultivo que persisten hasta hoy.

El libro *Comentarios reales de los incas* de Inca Garcilaso de la Vega, aparecido en 1609 en Lisboa, contribuyó a dar a conocer el cultivo en el Viejo Mundo, donde en esos tiempos la vida cotidiana se veía enriquecida por múltiples productos nuevos llegados de América. Garcilaso escribió: *La semilla de quinua, junto con el maíz y la papa, son las principales sustancias alimenticias empleadas por los antiguos peruanos*. La papa, el maíz y productos como el tomate, el chocolate o el tabaco, todos oriundos de América, conquistaron Europa, pero la quinua quedó relegada a una posición marginal, como cultivo exótico de tierras lejanas.

La quinua se redescubrió en la cultura urbana occidental en el siglo XX, al punto de que la NASA llegó a incluirla en la dieta de los astronautas. En las últimas décadas su consumo fue tomando difusión creciente: hoy existe una fuerte demanda internacional, satisfecha principalmente por Perú y Bolivia, los dos grandes productores y exportadores. Según datos de la FAO, en 2012 la producción mundial alcanzó unas 82.500 toneladas, más de tres veces las 25.800 toneladas registradas en 1980. Los precios del producto se triplicaron entre 2006 y el presente, cuando, según la variedad, se ubican entre los 3000 y los 8000 dólares por tonelada, muy elevados en comparación con los del trigo, que rondan los 350 dólares por igual peso.

Un grano excepcional

Los granos de quinua son de tamaño pequeño –en promedio unos 2 milímetros de diámetro aproximadamente– y de colores variados, comúnmente blanco y amarillo, pero en casos también rosa, rojo, marrón y negro. Como en los cereales –botánicamente la quinua no se cuenta entre los cereales sino que es un pseudocereal–, los granos acumulan reservas de proteínas, lípidos y almidón. El contenido de las primeras está en el rango del 12% al 23% en peso de la semilla seca, con importante presencia de aminoácidos esenciales, particularmente lisina y metionina,

BOTÁNICA DE LA QUINUA

La quinua es una planta herbácea anual con un ciclo vegetativo de entre tres y ocho meses. Es un pseudocereal porque produce granos como los cereales pero, a diferencia de estos, que son monocotiledóneos, la quinua es dicotiledónea.

En términos botánicos, un grano puede ser definido como un fruto seco e indehiscente (que no se abre en forma espontánea al llegar a la madurez) con una única semilla. Esa semilla se disemina siempre dentro del fruto.

Los granos de los cereales y pseudocereales contienen principalmente almidón, del que se obtiene la harina, el componente básico de la alimentación humana. Los granos también contienen proteínas, aceites, minerales y vitaminas. Grandes civilizaciones han tenido un cereal como base principal de su alimentación. Así, el arroz, el trigo y el maíz han sido los cultivos característicos de las civilizaciones oriental, europea y americana, respectivamente.

La planta de quinua alcanza una altura que cambia según la variedad y las condiciones ambientales, pero puede llegar hasta tres metros. Tiene una raíz principal y raíces laterales que a su vez se ramifican repetidas veces. Su tallo está constituido por un eje principal y ramas laterales que repiten el esquema de las raíces, pero hay variedades muy ramificadas y otras de tallo único.

Las hojas de quinua son anchas y retinervadas (del nervio principal, que sigue la línea central de la hoja, parten nervios menores hacia ambos lados), típicas de las dicotiledóneas. La inflorescencia (la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo) es un racimo complejo con aspecto de panoja (panícula o panoja es una inflorescencia compuesta de racimos que van decreciendo de tamaño hacia el ápice, lo que confiere la apariencia de un cono). Las flores están constituidas por cinco sépalos (las piezas que forman el cáliz) verdes, cinco estambres (estructuras masculinas que producen el polen) y un pistilo (órgano femenino de la flor) con un único óvulo del cual deriva la semilla. Una importante característica de la planta de quinua es que coexisten, en una misma inflorescencia, flores hermafroditas (con estambres y pistilos), y flores femeninas (sin estambres y con pistilo).

Los tejidos de la cubierta de la semilla acumulan saponinas, sustancias que al mezclarse con agua generan una espuma jabonosa y dan sabor amargo a los granos de muchas variedades del cultivo. Las saponinas y el sabor amargo se eliminan por lavado, es decir, dejando los granos en agua durante algunas horas antes de su cocción. El almidón se acumula en un cuerpo central voluminoso; el embrión rodea ese cuerpo central, no contiene almidón, pero es la estructura del grano donde se reservan las proteínas, los lípidos y los minerales.

Quinua en flor. Foto Wikipedia Commons

Quinua en flor.

de las cuales la mayoría de los cereales no tiene abundancia.

Los granos contienen un 8% de aceites, el doble que el maíz, y son ricos en ácidos grasos esenciales, como los ácidos linoleico y linolénico. Contienen también calcio, hierro, zinc y magnesio, y una importante dotación de vitaminas y antioxidantes. Su contenido de fibras alcanza en promedio el 4%, superior al del arroz, trigo y maíz. El almidón constituye hasta el 70% del peso de las semillas secas.

Las saponinas presentes en el exterior de la cáscara de los granos de muchas variedades de quinua dan a estos un sabor amargo y permiten su uso como jabón. Es necesario eliminar las saponinas para poder consumir el grano, lo que se puede hacer por lavado manual o industrial.

La quinua está bien adaptada a condiciones ambientales difíciles, como gran altura, escasez de agua, salinidad del suelo y temperaturas bajo cero. En el altiplano peruano-boliviano crece a más de 3500 metros sobre el nivel del mar, con menos de 250 milímetros anuales de lluvia y temperaturas que pueden oscilar en un solo día desde varios grados bajo cero hasta los 35ºC. En Chile vegeta en zonas que están en el nivel del mar con abundantes precipitaciones y temperaturas mínimas por encima de 5°C.

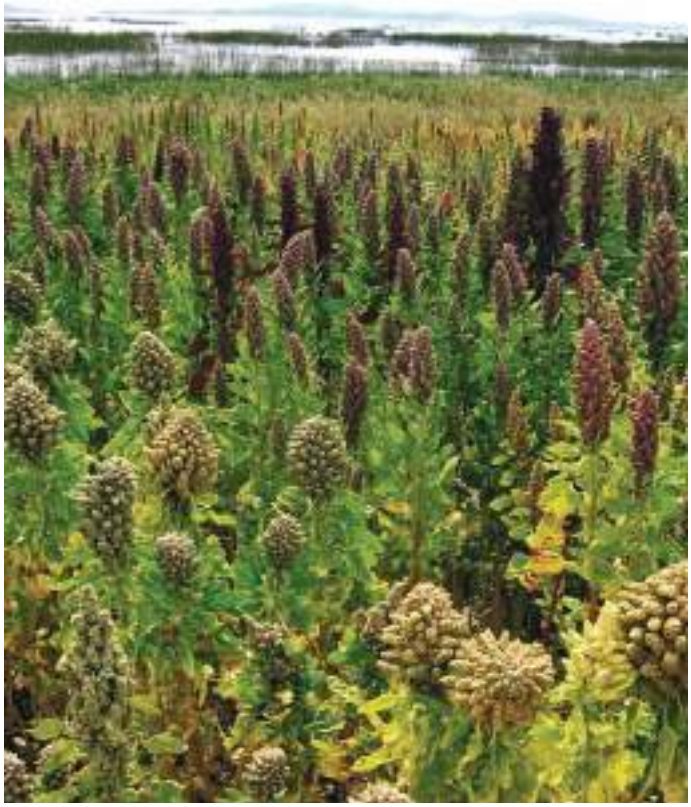
Cultivo de quinua en el departamento boliviano de Oruro. Foto Wikipedia Commons

Trilla manual de quinua en Ecuador.

Experimentos de campo indicaron que algunas variedades pueden crecer, alcanzar su madurez y producir granos con solo 50 milímetros de lluvia por temporada. Es capaz de crecer en suelos pobres, arenosos y con un amplio rango de acidez, desde ácidos (pH 6) hasta alcalinos (pH 8,5). Experiencias realizadas por el grupo de investigación de los autores demostraron que las plantas pueden crecer, completar su ciclo vital y aun dar semillas viables en medios de cultivo con concentraciones de cloruro de sodio similares o superiores a los del agua de mar. Esa tolerancia permite el cultivo en zonas salitrosas o la irrigación con agua salobre, y abre la posibilidad de sembrar quinua en suelos actualmente no explotados.

Múltiples usos

El destino más común de la quinua es usar sus granos, que pueden ser almacenados, para alimentación humana. Pero sus hojas, tiernas y ricas en calcio, hierro y fósforo, también son aptas para alimento. En el altiplano peruano-boliviano se preparan decenas de platos tanto con granos como con hojas. Tradicionalmente los granos se tuestan para producir hari-



Quinua cultivada en Cachilaya, a orillas del lago Titicaca, que se distingue al fondo. Foto Michael Hermann, Wikipedia Commons.

Granos de quinua. Foto Wikipedia Commons

Cultivo de quinua y lupino andino o tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Ecuador.

Un alimento industrial de quinua. Foto *ancientharvest.com*

Granos de quinua.

na, con la que se elabora panes de diversos tipos, y hasta bebidas fermentadas, como la chicha de quinua. En Perú y Bolivia se comercializa harina de quinua, que muchas veces sustituye a la harina de trigo en pastas o productos de panadería. Las hojas alimentan animales como llamas, alpacas, vacunos, ovejas y cabras, y los granos son consumidos también por aves de corral y cerdos.

Entre los usos no tradicionales de la quinua se cuentan jugos, galletitas, barras energéticas y golosinas producidos industrialmente. Como su harina carece de gluten, es apta para celíacos, lo que la ha vuelto importante en la industria harinera mundial. Las industrias química, cosmética y farmacéutica han dirigido su mirada a la quinua como fuente de aceite, almidón y saponina, sustancias cuyas características fisicoquímicas les dan valor económico. Por ser biodegradable, el almidón de quinua puede encontrar aplicación en cápsulas de liberación controlada empleadas en fármacos y alimentos. Ese uso es objeto de investigación por el grupo de trabajo al cual pertenecen los autores.

Las características descriptas de la quinua le confieren potencial como cultivo alternativo que favorezca la seguridad alimentaria y que reactive la economía de regiones postergadas, como el noroeste de la Argentina. En Bolivia, el crecimiento del mercado de la quinua en las comunidades andinas ha logrado convertir una de las zonas más erosionadas y marginales, el altiplano sur, en una región productiva, con flujos importantes de personas que retornan al campo en las épocas de siembra y cosecha. CH

Las fotos sin indicación de origen fueron tomadas por Hernán Burrieza.

Distribución actual del cultivo de quinua en Sudamérica. La intensidad del gris corresponde a la importancia del cultivo en la zona.

Hernán Pablo Burrieza

Licenciado en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.
Becario doctoral, FCEYN, UBA.
Auxiliar docente, FCEYN, UBA.
hernan@bg.fcen.uba.ar

María Susana Avella Grillia

Estudiante avanzada de ciencias biológicas, FCEYN, UBA.

Sara Maldonado

Doctora en ciencias biológicas, FCEFYN, UNC.
Investigadora principal del Conicet en el Laboratorio de Biología del Desarrollo de las Plantas, FCEYN, UBA.
Profesora asociada, FCEYN, UBA.
saram@bg.fcen.uba.ar

LECTURAS SUGERIDAS

SUN Y & JACOBSEN SE, 2013, 'Quinoa: a multipurpose crop with the ability to withstand extreme conditions in the field', *CAB Reviews*, 8, 30: 1-10.

VERENA ISABELLE A, JACOBSEN SE & SHABALA S, 2013, 'Salt tolerance mechanisms in quinoa', *Environmental and Experimental Botany*, 92: 43-54.

VEGA-GÁLVEZ A *et al.*, 2010, 'Nutrition facts and functional potential of quinoa, an ancient Andean grain: a review', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 2541-2547. doi: 10.1002/jsfa.4158.

María del Pilar Babot y Salomón Hocsman
Universidad Nacional de Tucumán

La quinua en las sociedades prehispánicas del noroeste argentino

¿Qué sabemos del cultivo ancestral de quinua?

Desde que Armando Hunziker (1919-2001) llevara a cabo entre 1940 y 1970 los primeros estudios sobre semillas encontradas en excavaciones arqueológicas se han hecho importantes avances en el conocimiento del cultivo y del uso prehispánicos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en el noroeste del actual territorio argentino. Si bien ese conocimiento es aún fragmentario, ya proporciona un panorama inteligible sobre este grano americano en una región tradicionalmente considerada marginal en la historia del desarrollo agrícola de los Andes, y pone de manifiesto una larga tradición local en el manejo y uso de la planta.

En la región a que nos referimos y, en general, en gran parte del oeste del país, desde Jujuy en la frontera con Bolivia hasta Mendoza, en puertas de la Patagonia, han tenido lugar numerosos hallazgos arqueológicos de semillas, fragmentos de inflorescencias y trozos de tallos de quinua, además de restos microscópicos de la planta adheridos a objetos diversos. Esos descubrimientos fueron resultado de aplicar técnicas arqueobotánicas de campo y laboratorio para recuperar restos vegetales del sedimento de sitios arqueológicos y de los utensilios empleados para manipular las plantas, por ejemplo, para moler los granos. La evidencia arqueológica de este tipo deja poco margen para la duda.

La información que comentamos procede de sitios arqueológicos correspondientes a sociedades que muchos siglos antes de la llegada de los europeos habitaron la puna,

¿DE QUÉ SE TRATA?

La domesticación y cultivo de la quinua contribuyeron desde hace milenios a la subsistencia de poblaciones indígenas en el altiplano andino y los valles cercanos de la Argentina, Bolivia, Chile y Perú, dada la capacidad de la planta de adaptarse a distintas condiciones ambientales, aun a las limitaciones de la extrema altitud.

Paisaje de la puna en la zona de Antofagasta de la Sierra, Catamarca. Mas allá de los matorrales secos en primer plano (que forman un cerco para evitar el acceso de animales) hay una plantación de quinua.

las sierras y los valles áridos o semiáridos, las yungas y los ambientes chaqueños. Crónicas históricas y relatos de viajeros dan testimonio del cultivo de la quinua también en tiempos coloniales y republicanos.

Las evidencias más antiguas de su consumo corresponden a grupos de cazadores-recolectores asentados en la puna en torno a Antofagasta de la Sierra, en la actual provincia de Catamarca, hace aproximadamente 4500 años. Esas sociedades habitaron extensiones por arriba de los 3600m sobre el nivel del mar, y para entonces se iniciaron en la cría de camélidos, antecesores de la llama actual. En ese tiempo ya habrían podido desarrollar en pequeña escala un cultivo de la quinua. Complementaban ambas prácticas con la caza, la recolección de vegetales y el intercambio de bienes procedentes de otras áreas. Así, las sociedades puneñas de aquella época manejaban un amplio espectro de plantas con fines alimentarios y para manufacturar distintos objetos, además de haber construido con ellas espacios de habitación y creado un mundo simbólico.

Si bien en los más antiguos sitios arqueológicos de esa zona no se han conservado muchos restos de plantas utilizadas en la alimentación, se han obtenido numerosas evidencias de ellas en residuos microscópicos adheridos a la superficie de diversos utensilios, en particular en las piedras con las que se molían los granos, llamadas por los arqueólogos *manos* de moler. Ellos dan testimonio de la molienda de diversos tubérculos y raíces, tunas, semillas de gramíneas silvestres, granos de maíz, de quinua y *cañigua* (*Chenopodium pallidicaule*, una planta del mismo género que la quinua). Tal vez, en las huertas del ambiente extremadamente árido de la puna meridional se cultivara una quinua ancestral con características locales, hipótesis basada en que las sociedades del altiplano estaban familiarizadas desde hace unos 8000 años con una especie silvestre de amaranto (*Amaranthus hybridus*), muy similar a la quinua.

Sabemos sobre bases ciertas que hace 3500 años se cultivaba activamente quinua en la puna catamarqueña, pues lo prueban los hallazgos arqueológicos de tallos de la planta. Como ocurre en la actualidad, los campos de cultivo estaban cerca de cursos permanentes de agua que permitieran irrigarlos. Los huertos y los espacios en que se realizaban las tareas posteriores a la siega de las panojas estaban muy próximos a cuevas y aleros donde residían las familias. En esos reparos rocosos se hallaron fragmentos de tallos morfológicamente afines a los de quinua y se recuperaron granos microscópicos de almidón dentro de residuos de harinas producto de la molienda de semillas. La proximidad de los campos de cultivo a los espacios re-

Detalle de las plantas de quinua de la fotografía anterior.

Granos de quinua de 1500 años encontrados en el sitio arqueológico Punta de la Peña 9, en la cercanía de Antofagasta de la Sierra. Los más grandes miden unos 2mm de diámetro.

Fragmentos de las panojas de quinua de 1500 años de Punta de la Peña 9. La pieza más larga mide unos 2cm de largo.

sidenciales fue una constante que perduró en Antofagasta de la Sierra hasta hace unos 600 años, como lo demuestran múltiples hallazgos de tallos y de panojas desecadas en sitios de diferentes períodos. Se puede hablar así de una tradición de cultivo de la quinua en el altiplano meridional argentino que tiene más de tres milenios.

Según las prácticas presentes del cultivo en Bolivia, el manejo apropiado de una huerta impone la eliminación de las plantas débiles o pequeñas, operación llamada raleo o *desahije* que facilita el crecimiento de las más aptas. Cuando los granos maduran, se siega la planta a cierta altura del suelo y se dejan la raíz y la base de los tallos en tierra, lo que evita la erosión.

El desahije proporciona hojas frescas para elaborar platos fríos o calientes, algo de lo que existen evidencias en la puna de Jujuy que datan de hace entre 3000 y 2600 años, proporcionadas por restos microscópicos de hojas cocinadas encontradas en vasijas procedentes de un alero rocoso.

Estudios microscópicos de restos de plantas, incluido polen, en suelos y sedimentos, iniciados en el país hace poco más de una década y media, han permitido identificar campos dedicados al cultivo de quinua hace unos 2000 años. Por esa vía se descubrió que en el valle alto llamado El Bolsón, en el departamento de Belén, en Catamarca, a una altitud de entre 2200 y 2900m –menor que la puna pero mayor que los valles bajos–, ese cultivo se habría alternado con el de papa. A partir del polen se constató igualmente cultivo de quinua en el monte chaqueño, próximo a las yungas orientales de Jujuy. También se obtuvieron registros de polen en las sierras de Córdoba, indicadores de cultivo de quinua y de una especie semejante, amaranto o *quihuicha* (*Amaranthus caudatus*), poco antes de la conquista europea, lo que quedó igualmente registrado en escritos del siglo XVII, en la época colonial.

Aún no se han identificado los instrumentos agrícolas usados en los momentos iniciales del cultivo de la quinua; sin embargo, se sabe que entre 1600 y 1200 años atrás, en la puna de Catamarca, las sociedades de pastores y horticultores usaron grandes cuchillos de piedra que servían para diferentes funciones a lo largo del ciclo agrícola, como el raleo de la planta verde, o la siega de las panojas maduras de varios pseudocereales. Esos cuchillos se han encontrado en las proximidades de espacios probablemente destinados al cultivo y en sus filos se han preservado residuos microscópicos de quinua, probablemente cañigua y amarantos como la quihuicha. Igualmente sabemos que los cultivos eran atacados por plagas, ya que entre los residuos se hallaron pequeñas escamas de polillas.

También se han hallado instrumentos del mismo tipo en espacios de depósito –denominados *escondrijos*–, cuidadosamente dispuestos en áreas residenciales, y de desgranado o trilla. Cuchillos líticos similares proceden de distintos yacimientos arqueológicos de los valles catamarqueños de La Ciénaga, El Bolsón, Hualfín, El Cajón y Santa María o Yocavil, en el primero de los cuales los estudios demuestran que sirvieron para los mismos propósitos que en la puna. Las evidencias de los cuchillos de los sitios de Catamarca, junto con los restos de plantas halladas en Antofagasta de la Sierra, permiten afirmar que la quinua se cosechaba cortando los tallos.

Las excavaciones en Antofagasta de la Sierra permiten reconstruir el proceso de preparación de los granos de quinua después de la cosecha, gracias a hallazgos realizados en cocinas de viviendas, basurales, pequeños depósitos de vegetales o vasijas. Por analogía con prácticas actuales, podríamos suponer que las panojas secas se desgranaban golpeándolas o frotándolas para separar el grano; luego se aventaban las semillas para quitarles los residuos finos. La ubicación de los desechos de estas labores en los sitios arqueológicos indica que las etapas de separación y limpieza se realizaban próximas a las áreas residenciales. Asimismo, se ha excavado por lo menos un recinto de trilla con un piso especialmente preparado de lajas y paredes de pirca

simple, similar a las denominadas *cayanas*, tanto arqueológicas como contemporáneas, del altiplano boliviano. Por el contrario, en el sur de Catamarca la información sobre la agricultura y los usos prehispánicos de la quinua todavía es escasa: hasta hoy el punto más austral de su presencia arqueológica es la localidad de Tinogasta.

Hacia el norte, en el altiplano de Salta y Jujuy, la quinua es también un cultivo antiguo, si bien su cronología es algo más tardía que en la puna catamarqueña. Si nos atenemos a los resultados de los análisis de microfósiles sobre manos de molienda, en el área de El Aguilar, en la puna jujeña, descascarillar y moler granos de quinua era actividad cotidiana en los asentamientos tempranos de agricultores y pastores, fechados entre 3000 y 2600 años antes del presente. Asimismo, contamos con evidencias de quinua en preparaciones culinarias cuyos restos proceden de recipientes de una alfarería muy antigua en el área. Otros registros del altiplano septentrional de semillas morfológicamente similares a quinua corresponden a granos hallados en asentamientos de los alrededores de los actuales San Antonio de los Cobres y La Poma, en Salta, cuyas ocupaciones se remontan a cinco siglos antes de la era cristiana.

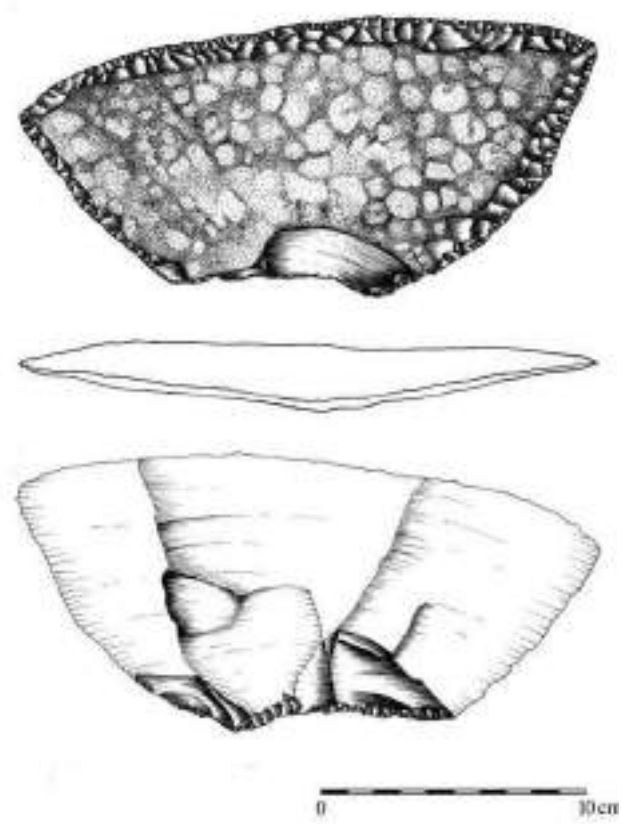
En los valles y las quebradas del noroeste, situados entre los 1000 y 3500 metros de altitud, los hallazgos de restos botánicos han sido menos frecuentes, aunque de algunos sitios caracterizados por condiciones especiales de conservación de materiales orgánicos se ha obtenido valiosa información sobre el cultivo prehispánico de quinua y plantas semejantes a lo largo de los dos últimos milenios.

De estos se destacan, por su antigüedad, pues datan de los primeros siglos de la era cristiana, las semillas procedentes de una aldea de agricultores del valle de El Cajón, en Catamarca, que aparecieron junto con restos de otras plantas autóctonas como maíz, papas y porotos. Por otra parte, en lugares funerarios de Pampa Grande, en las serranías de Las Pirguas, en Salta, se constató la presencia de este grano como parte de los ritos mortuorios: en una ofrenda de una inhumación del siglo VIII de nuestra era se halló una vasija que contenía quinua, otras quenopodiáceas, quihuicha y otros amarantos silvestres. Situada en las yungas salteñas, esa localidad de Las Pirguas es el sitio más oriental con presencia arqueológica de quinua en el noroeste, y fue el escenario de la primera investigación de arqueobotánica sobre la quinua en la Argentina por el citado Hunziker con Francisco de Aparicio (1892-1951).

Desde cerca de mil años atrás hasta la irrupción de los incas en el actual territorio de la Argentina en el siglo XV, poco antes de la llegada de los españoles, se intensificó la presencia de la quinua en los asentamientos arqueológicos de los valles templados del noroeste. Los ejemplos que se pueden dar son muchos y variados. En el valle prepuneño de El Bolsón, en Catamarca, se registró la presencia de semillas de quinua y quihuicha. Lo mismo en El Infiernillo, en Tucumán, próximo al límite con las yungas, donde se hallaron semillas de quinua, quihui-

Mano de molienda de hace 4500 años encontrada en la zona de Antofagasta de la Sierra, puna de Catamarca. Mide unos 12cm de alto.

Fragmento de molino de hace 3500 años encontrado en la zona de Antofagasta de la Sierra, puna de Catamarca. Mide unos 15cm de alto.



Anverso, reverso y canto de un cuchillo lítico de tamaño comparativamente grande asociado con el laboreo de la quinua hace entre 1600 y 1200 años en la zona de Antofagasta de la Sierra. Dibujo Jorge Funes

cha, quenopodiáceas y amarantos silvestres, como parte de un conjunto más amplio de plantas nativas.

Es notable la presencia de quinua en los grandes asentamientos aldeanos de aquella época del valle Calchaquí, en Salta, donde debió constituir un recurso agrícola de crucial importancia en la economía de las sociedades nativas. Más al norte aún, en plena puna, hacia donde corre el actual límite entre la Argentina y Bolivia, también se cultivaba la quinua, como lo demuestran las pruebas encontradas en la cuenca del río Grande de San Juan. Todo indica que durante el dominio en la región del Estado inca se mantuvieron la producción, la distribución y el consumo de la quinua en estos espacios geográficos.

Investigaciones recientes sugieren que los ambientes de transición entre las tierras altas y bajas, llamados por la ecología *ecotonos*, habrían sido lugares propicios para la diversificación vegetal. Allí las plantas silvestres, las domesticadas y las malezas compartían los mismos predios agrícolas, y los pobladores permitían su hibridación con diferentes propósitos. En ocasiones, la quinua formaba parte de esa dotación de plantas, como lo parecen indicar numerosos hallazgos de semillas de distintas variedades de quinua mezcladas con otras de quihuicha y con granos de plantas consideradas malezas. Es decir, durante las cosechas no parece haberse diferenciado entre diferentes plantas que producen granos comestibles.

En nuestro estado actual del conocimiento, que ha avanzado en cuanto a la cronología y a la distribución geográfica del cultivo prehispánico de la quinua, así como a su manejo y consumo, queda aún mucho por investigar, entre otras cosas, las distintas modalidades antiguas de su cultivo. Por ejemplo, si se cultivaba según criterios que divergen de los de su producción moderna junto con otros pseudocereales domesticados como cañigua, quihuicha y plantas que hoy se consideran malezas.

Otro asunto a investigar es el proceso de domesticación de la planta, vale decir, la selección y el desarrollo de variedades a partir de las plantas silvestres, y hasta qué punto fue realizado por los antiguos pobladores del noroeste argentino, cuándo y dónde. Ello sería posible con las técnicas de genética molecular, secuenciando el genoma de variedades cuyos restos o granos hayan llegado hasta nosotros. Asimismo, quedan por aclarar las relaciones que pudieron existir en el marco geográfico mayor, es decir, las regiones andinas de Bolivia, Perú y Chile, donde también la quinua fue intensivamente aprovechada y en algún sitio (o varios sitios), domesticada.

Usos antiguos de la quinua

Los usos de la quinua en el pasado prehispánico están en la raíz de prácticas que aún se mantienen activas en ciertos ámbitos del noroeste argentino. Sabemos que, junto con los primeros usos del grano, se establecieron las rutinas para eliminar la saponina que contiene la cascarilla de las semillas y confiere a estas un sabor amargo. Para el consumo humano del grano de quinua es necesario proceder a su descascarillado y lavado, hecho lo cual sirve para múltiples propósitos. Moliéndolo se obtiene una harina que puede ser amasada para elaborar galleta (denominada *quispiña*) y mezclándolo con agua se forma una sopa espesa. La existencia de ese tipo de harina de quinua o de cañihua se conoce por análisis de restos microscópicos hallados en molinos y morteros de viviendas en reparos rocosos en la puna de unos 4500 años de antigüedad.

Fragmento de vasija cerámica procedente del sitio Cueva de Cristóbal, en la zona de El Aguilar, en la puna de Jujuy. Tiene entre 2800 y 2600 años de antigüedad. En esa cerámica se hallaron residuos microscópicos de alimentos que contenían quinua.

Localidades próximas a los sitios arqueológicos citados en el texto.

También se constató la presencia de microrrestos de tales preparaciones en piedras de moler de los agricultores del valle de Tafí y de la quebrada de Amaicha, en Tucumán. Se presume que las semillas podían ser colocadas en el suelo, próximas al borde de fogones, donde el calor las hacía reventar y formar rosetas, también conocidas como *pipoca*. Rosetas de quinua de esa clase que datan de hace unos 1500 años fueron halladas en sitios de la localidad Punta de la Peña, en las cercanías de Antofagasta de la Sierra. Constituían alimento y, a la vez, ofrenda ritual a la tierra.

En la puna de Jujuy, las condiciones excepcionales de un conjunto de vasijas cerámicas fragmentadas proporcionaron evidencia de preparaciones con quinua de hace unos 2800 a 2600 años. Incluían granos de quinua como ingrediente único o con maíz y tubérculos, en guisados o sopas espesas. La preparación del grano en medios húmedos también se practicaba en la puna sur, según indican restos aglutinados de las semillas encontrados en antiguos basurales. Estas preparaciones culinarias con quinua se sumaron al consumo del pseudocereal tostado y molido, que es aun más antiguo en la región.

La producción y el consumo de *llipta* preparada a partir de la planta de quinua tuvo lugar, por lo menos, desde los primeros siglos de nuestra era. La llipta es una sustancia alcalina que se obtiene al reducir a cenizas una planta. Mezclada con hojas de coca forma el *acullico*, la bola que se mantiene en la boca en el coqueo tradicional. La preparación de llipta de quinua se puso en evidencia por la existencia de restos de almidón afectados por calor y mezclados con huesos calcinados en un pequeño molino del sitio Los Viscos, en el valle de El Bolsón. Restos microscópicos de llipta y coca también fueron encontrados en sarro dental de pobladores prehispánicos de Antofagasta de la Sierra. CH

Es norma de estilo de Ciencia Hoy transcribir las voces indígenas con las reglas de la gramática castellana. Por eso en este texto se escribe *cañigua*, *quihuicha*, *cayana* y *quispiña*, que en otras publicaciones aparecen como *kañiwa*, *kiwicha*, *kayana* y *kispiña*. Los autores agradecen a todos los investigadores que les suministraron información en forma desinteresada.

LECTURAS SUGERIDAS

BABOT MP *et al.*, 2012, 'Recetarios prehispánicos y tradiciones culinarias. Casos de la puna argentina', en BABOT MP, MARSCHOFF M y PAZZARELLI F (eds.), *Las manos en la masa. Arqueologías, antropologías e historias de la alimentación en Suramérica*, Museo de Antropología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 235-269.

ESCOLA PS, **HOCSMAN S y BABOT MP**, 2013, 'Entre las residencias y los campos de cultivo', *Relaciones. Revista de la Sociedad Argentina de Antropología*, 38, 1: 83-110.

KORSTANJE MA y CUENYA PM, 2008, 'Arqueología de la agricultura: suelos y microfósiles en campos de cultivo del valle de El Bolsón', en KORSTANJE MA y BABOT MP (eds.), *Matices interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles*, BAR International Series, Nº 1870, Oxford.

LÓPEZ ML, **CAPPARELLI A y NIELSEN A**, 2012, 'Procesamiento poscosecha de granos de quinua en el período prehispánico tardío en el norte de Lípez', *Darwiniana*, 50, 2: 187-206.

María del Pilar Babot

Doctora en arqueología, UNT.
Investigadora adjunta del Conicet en el Instituto Superior de Estudios Sociales, UNT-Conicet.
Auxiliar docente, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT.
pilarbabot@yahoo.com

Salomón Hocsman

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador adjunto del Conicet en el Instituto Superior de Estudios Sociales, UNT-Conicet.
Profesor adjunto, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT.
shocsman@hotmail.com

CONICET – UNR

El CONICET creará dos nuevos institutos de investigación

Se trata de un instituto que trabajará en Biología Estructural para el descubrimiento de nuevas drogas y otro para la investigación en Ciencias Agrarias.

El presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Roberto Salvarezza, junto al Rector de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), Darío Maiorana, firmaron las cartas de intención correspondientes para la creación de dos nuevos institutos de doble dependencia en Rosario.

"Estos institutos son centros temáticos creados con un enfoque multidisciplinario que permite abordar la solución de problemas complejos con miradas desde distintas disciplinas", destacó Salvarezza. En referencia a la relación entre el CONICET y la UNR, agregó que "crear institutos junto a las universidades es poder complementarlas y lograr una integración mayor. Pensar un CONICET separado de la universidad es inconcebible".

Por su parte, Maiorana sostuvo que "siempre es buena la asociación entre nuestra Universidad y el CONICET y, además, estas firmas son un reconocimiento a la capacidad técnica y formación de recursos humanos de la UNR".

El Instituto de Investigaciones para el Descubrimiento de Drogas de Rosario (I+DR) realizará trabajos multidisciplinarios en áreas tales como la Química Combinatoria, Química Computacional, Biología Estructural, Biofísica, Biología Molecular y Celular, y Modelos Animales Experimentales Transgénicos, entre otras.

El I+DR contará con tecnología de última generación como el espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear que actualmente es el de mayor potencial tecnológico del país. Este instituto también tendrá un sistema integrado de microscopia de fluorescencia de alta sensibilidad que permitirá adquirir imágenes confocales y de células vivas por largos períodos de tiempo.

Este equipamiento es el quinto en el mundo y el primero en Latinoamérica. Existen otros de estas características en Estados Unidos, Alemania, China y España. La producción de este centro brindará a la comunidad médica y científica una metodología innovadora en el campo de la Resonancia Magnética Nuclear.

Durante la firma por el I+DR participaron el Director del CONICET, Miguel Ángel Laborde, la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la UNR, Clara Eder López, y el investigador y director del Laboratorio e Instituto Max Planck de Biología y Biofísica Molecular de Rosario, Claudio Fernández.

En cuanto al Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR), integrará investigaciones en el desarrollo de la fisiología, genética, biotecnología, sociología, mercados y comercialización, y estará enfocado en la anticipación y solución de problemáticas críticas de nuestro país.

Durante la tarde, Salvarezza dio una charla abierta a todos los investigadores y alumnos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR y dialogó con los presentes sobre la creación del IICAR y la política de articulación del CONICET con las instituciones del Sistema Científico y Tecnológico. En esta oportunidad estuvo acompañado por el Rector de la UNR, el decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, Guillermo Montero y la vicedecana, Teresa Mónica Qüesta.

Roberto Salvarezza, junto al Rector de la Universidad Nacional de Rosario, Darío Maiorana. Foto: CONICET Fotografía.

Inversión en tecnología

El espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear es de 600MHz, digital, de alta resolución y sensibilidad, equipado con tecnología de criosonda. Por sus características y capacidades tecnológicas este equipamiento permitirá desarrollar trabajos de In-Cell NMR, área inexplorada y de absoluta vacancia en la región latinoamericana. Bajo la supervisión de personal científico especializado en la temática, esta nueva capacidad constituirá a nuestro sistema científico nacional en uno de los referentes mundiales en esta área de trabajo.

Equipamiento menor de última generación

El I+DR contará con un espectrofluorómetro, espectrofotómetros de absorción electrónica, un espectropolarímetro de dicroísmo circular, un equipo de dispersión dinámica de la luz, un equipo de calorimetría de titulación isotérmica (ITC), un dispositivo lector de fluorescencia en microplacas/cubetas con agitación y anisotropía (TR-FRET y Alpha Screen), sistemas de cromatografía líquida y de bajas presiones diseñados para la purificación de proteínas, un cromatógrafo líquido de alta eficiencia analítico con detección UV y ELSD, un cromatógrafo líquido de alta eficiencia preparativo con detección UV y ELSD, un cromatógrafo de contracorriente de alta eficiencia analítico y preparativo con detección UV y ELSD, múltiples campanas de extracción y estaciones de reacciones para síntesis en paralelo, así como la infraestructura necesaria para producción de proteína enriquecida isotópicamente, su electroporación a células inmortalizadas en cultivo y el manejo y mantenimiento de dichas células, entre otras capacidades.

IBYME

Nuevo avance argentino en la lucha contra el cáncer

Investigadores del CONICET describen un mecanismo que permite tratar tumores hasta ahora resistentes a las terapias convencionales.

El suministro de oxígeno y nutrientes a través de la sangre es fundamental para asegurar la viabilidad de cualquier tejido, pero es sumamente crítico para las células tumorales que, debido a su alta tasa de reproducción y metabolismo, requieren cantidades superiores a las normales. Por eso muchas terapias apuntan a reducir el suministro de sangre al tumor a través de drogas que inhiben la proliferación de vasos en la zona, junto con otras sustancias que lo ataquen.

Sin embargo, algunos tumores no responden a los tratamientos antiangiogénicos, es decir aquellos que buscan frenar la creación de nuevos vasos, y son por lo tanto más difíciles de tratar. Un nuevo estudio publicado por investigadores del CONICET en la portada de la prestigiosa revista *Cell* revela la naturaleza de uno de estos mecanismos de resistencia tumoral y logra revertirlo.

La clave reside en la relación entre dos proteínas: el Factor de Crecimiento Endotelial Vascular (VEGF, por su sigla en inglés) y la Galectina-1 (Gal-1). Ambas moléculas, cuando actúan sobre un receptor específico de VEGF (el VEGFR2), promueven la división de las células endoteliales de los vasos para crear nuevos. Justamente algunas drogas antiangiogénicas disponibles en el mercado son anticuerpos específicos que actúan 'secuestrando' el VEGF e impidiendo que se una a su receptor.

"En tumores sensibles a estos fármacos, el anticuerpo que captura al VEGF tiene efectos positivos. Pero en aquellos que son resistentes a estas drogas, al poco tiempo de administrarlos entra en escena un mecanismo compensador que dispara nuevamente la creación de vasos", comenta Gabriel Rabinovich, investigador principal del CONICET en el Instituto de Biología y Medicina Experimental (IBYME, CONICET-FIBYME) y director del grupo de trabajo que describió este mecanismo.

Rabinovich explica que a los 4-5 días de administrar la terapia anti-VEGF se detiene la creación de nuevos vasos y bajan los niveles de oxígeno. El grupo descubrió que en tumores refractarios la hipoxia activa una cascada de señales que lleva a que VEGFR2 se 'desnude' de su recubrimiento de ácido siálico. Este ácido, en células normales y tumores sensibles, actúa como un escudo que recubre los sitios a los que se puede unir Gal-1, que es además secretada en grandes cantidades por los tumores frente a una disminución de los niveles de oxígeno.

Gal-1 actúa sobre los azúcares (N-glicanos complejos) que expresa el VEGFR2 de las células endoteliales, a las que esta interacción estimula para que proliferen y se formen nuevos vasos. "En tumores sensibles al tratamiento el ácido siálico, que normalmente recubre estos receptores, permanece en su lugar. Entonces si Gal-1 quiere interactuar con los receptores, no puede. En cambio, en tumores refractarios, la hipoxia lleva a la pérdida de ácido siálico y además aumenta el número de sitios de unión para esa proteína", agrega Rabinovich.

El equipo de investigación trabajó entonces con un grupo de tumores refractarios y logró revertir su sensibilidad al administrar conjuntamente dos anticuerpos: uno que 'secuestra' a VEGF y otro a Gal-1.

"A los 7 días de comenzado el tratamiento mixto disminuye la angiogénesis", dice Diego Croci, investigador asistente del CONICET y primer autor del trabajo, "sin embargo al cuarto día observamos que la morfología de la vasculatura del tumor se modificaba".

Los vasos sanguíneos tumorales usualmente tienen una disposición caótica y heterogénea, pero con el tratamiento combinado se reconfiguran hasta asemejarse a los de un tejido normal. Esto tiene beneficios terapéuticos en dos aspectos: al tener una arquitectura más ordenada, llegan entre dos y tres veces más oxígeno y linfocitos. Entonces, al disminuir los niveles de hipoxia baja la producción de Gal-1 y aumenta el flujo de células del sistema inmune al tumor para combatirlo.

Sin embargo, los investigadores advierten que aunque los resultados en laboratorio y animales de experimentación son muy positivos, aún no está disponible como tratamiento. "Conocer este mecanismo permite volver sensibles tumores que hasta ahora eran refractarios", analiza Rabinovich, "pero todavía es necesario realizar más estudios antes de que llegue a los pacientes". ■

El equipo de trabajo. Foto: CONICET Fotografía.

Diálogo con un investigador

Ciclo de entrevistas CONICET

Cristalografía, una ciencia centenaria

El 2014 fue declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas el año internacional de la cristalografía y el acto oficial de apertura se celebró en la sede de la UNESCO en París.

Por Alejandro Cannizzaro

Diego Lamas es Presidente de la Asociación Argentina de Cristalografía e investigador del CONICET y participó en la ceremonia junto a Adriana Serquis, investigadora del CONICET en el Centro Atómico Bariloche y elegida como representante de Latinoamérica en una sesión de jóvenes cristalógrafos del mundo.

Los especialistas cuentan las diferentes aplicaciones de una ciencia multidisciplinaria que cumple 100 años.

¿Qué es la cristalografía?

Diego Lamas: Es una ciencia con importantes aplicaciones en campos tan diversos como Física, Química, Biología, Geología, Medicina, diversas ramas de la Ingeniería, entre otras, y que estudia fundamentalmente el ordenamiento de átomos o moléculas en los materiales y cómo se relacionan sus propiedades con ese ordenamiento. Por ejemplo, ¿por qué son tan diferentes las propiedades del diamante y del grafito si ambos solamente tienen átomos de carbono? La respuesta la provee la cristalografía: el orden que presentan los átomos de carbono es diferente.

Adriana Serquis: Además, las herramientas que nos provee la cristalografía nos permiten conocer el orden cristalino de un material, que es interno y esto a su vez está relacionado con lo que observamos en sus propiedades externas: eléctricas, magnéticas, mecánicas, ópticas, biológicas, etc.

¿Porqué se celebra el Año Internacional de la Cristalografía?

Diego Lamas: El Año Internacional de la Cristalografía fue propuesto por la Unión Internacional de Cristalografía (IUCr) teniendo en cuenta que se cumpliría el centenario de la difracción de rayos X en 2012, pero recién fue aprobado para el 2014, por lo que es una celebración que muchos esperábamos con ansias. También se celebran los 400 años de un famoso trabajo de Johannes Kepler sobre las simetrías y formas de cristales de hielo (realizado en 1611), que se considera el primer reporte escrito relacionado con el rol fundamental que juegan las simetrías en el estudio de la materia.

¿Qué es la difracción de rayos X y por qué es importante este descubrimiento?

Diego Lamas: La difracción de rayos X es un fenómeno similar a la difracción de luz por redes ópticas. Fue descubierta en 1912 por el físico alemán Max von Laue. Al observar un patrón de difracción, demostró simultáneamente que los rayos X son ondas electromagnéticas de longitud muy pequeña en comparación con la luz visible y que los cristales están formados por estructuras ordenadas en forma periódica. Hoy en día sabemos que son átomos o moléculas. Poco después, William Henry Bragg y William Lawrence Bragg (padre e hijo) repitieron el experimento y demostraron que es posible determinar el tipo de ordenamiento, las simetrías que presenta y la ubicación precisa de los átomos en el material, dando origen así a la cristalografía moderna.

El investigador del CONICET y Presidente de la Asociación Argentina de Cristalografía, Diego Lamas. Foto: CONICET Fotografía.

¿Con qué elementos de la vida cotidiana se puede formar un cristal?

Adriana Serquis: Los cristales se encuentran presentes en casi todos los objetos sólidos, aunque cuando son microscópicos o cuando son policristalinos (agregados de muchos cristales) no solemos reconocerlos. Por ejemplo, podemos verlos en la sal gruesa o los granitos de azúcar, en las joyas (aunque no todos las tenemos en nuestra vida cotidiana), pero también están en algunos polvos cosméticos, en pinturas, algunos componentes electrónicos o en el metal del marco de una ventana de aluminio.

¿En qué aspectos de todos los días se refleja el trabajo de un cristalógrafo?

Diego Lamas: La cristalografía está presente en casi todos los elementos que empleamos cada día. Se encuentra en la industria electrónica, en las propiedades mecánicas de los nuevos materiales utilizados en elementos deportivos, en los colores que presentan los pigmentos, en la respuesta de los medicamentos, en la eficiencia de los dispositivos de generación de energía, en los productos cosméticos. Hoy en día, a través de la cristalografía se puede estudiar cómo se pintó una obra de arte, cómo vencer enfermedades, cómo lograr alimentos más sabrosos, cómo preparar materiales de mejores propiedades, por ejemplo. Así, da respuesta a problemas complejos de la sociedad actual, empleando herramientas accesibles.

Desde la difracción de rayos X, 100 años atrás, ¿cuáles fueron los avances más destacables en la cristalografía?

Adriana Serquis: Hace cien años comenzaron los primeros experimentos y desarrollos matemáticos que permitieron determinar la estructura cristalina de los compuestos inorgánicos (el orden o arreglo periódico que conforman los cristales, como la sal de mesa, el cloruro de sodio en 1913). Entre los años 1920 y 1960 se desarrollaron métodos que permitieron resolver estructuras cada vez más complejas. Algunos de los logros más importantes que fueron posibles a partir del avance de la cristalografía incluyen: el reconocimiento de modelos tridimensionales de proteínas que dieron lugar a comprender muchos procesos biológicos como la regeneración de huesos (la estructura mioglobina fue uno de los primeras proteínas en ser resuelta por Perutz y Kendrew en 1958); la resolución de la estructura del ADN (Crick, J. Watson, M. Wilkins y R. Franklin); las estructuras de nuevos materiales como las nanoesferas de carbono y el grafeno; la estructura de los pigmentos, que permite entre otras cosas la restauración de obras de arte o la determinación de falsificaciones; la comprensión de los procesos de deformación de aceros y el desarrollo de materiales eficientes para baterías o energías no convencionales.

¿Por qué fue importante el encuentro en París en la Sede de las Naciones Unidas?

Adriana Serquis: En esta sesión inaugural con representantes de todo el mundo se destacaron muchos de los logros que fueron posibles gracias al desarrollo de la cristalografía. En particular, en la sesión de jóvenes se discutieron algunos de los desafíos que enfrentamos los investigadores y acciones necesarias que permitan impulsar las cooperaciones internacionales, la generación de escuelas de formación para estudiantes de posgrado y mayores oportunidades de acceso a revistas y equipamientos especializados. Al menos quedó planteada la intención de que esta ciencia, ya de por sí interdisciplinaria, se vuelva cada vez más inclusiva.

¿Qué actividades van a llevarse a cabo en nuestro país en el Año Internacional de la Cristalografía?

Diego Lamas: En Argentina tenemos un doble festejo porque este año la Asociación Argentina de Cristalografía está celebrando el décimo aniversario de su fundación. Siendo un año tan singular, hemos decidido realizar diversas actividades académicas, educativas y de divulgación: reuniones científicas, cursos, jornadas para docentes, concursos, exhibiciones o muestras en exposiciones de Ciencia y Tecnología, etc. Además vamos a presentar por primera vez un "*Concurso Nacional de Crecimiento de Cristales para Colegios Secundarios*" que esperamos que entusiasme a alumnos y docentes de todo el país. A su vez, la Unión Internacional de Cristalografía ha propuesto un concurso mundial de Crecimiento de Cristales para alumnos de nivel primario o secundario, en el cual estamos colaborando. Esperamos así poder llegar a toda la sociedad, para que descubra el fascinante mundo de la Cristalografía y las numerosas aplicaciones que tiene. ■

Diego Lamas es investigador independiente del CONICET en el Departamento de Mecánica Aplicada de la Universidad Nacional de Comahue. Se licenció en Física en 1992 y se doctoró en 1999 en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Es presidente de la Asociación Argentina de Cristalografía y vicepresidente provisional de la Asociación Latinoamerica de Cristalografía, fundada recientemente.

Adriana Serquis es investigadora independiente del CONICET en el Centro Atómico Bariloche y es representante regional de la Asociación Argentina de Cristalografía. Realizó su licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Buenos Aires (UBA); su doctorado en Física en el Instituto Balseiro – Universidad de Cuyo y su postdoctorado en Los Alamos National Laboratory, Estados Unidos.

Restos de un naufragio romano en el Egeo. Foto Dimitris Kourkoumelis, Woods Hole Oceanographic Institution.

Dolores Elkin
Instituto Nacional de Antropología y
Pensamiento Latinoamericano

Arqueología subacuática

Una nueva rama de la arqueología

A lo largo de las últimas décadas, la arqueología amplió su campo de interés, el que tradicionalmente se limitaba al estudio de los restos materiales de sociedades que existieron en el pasado remoto. Hoy los arqueólogos se ocupan tanto del conocimiento de pueblos desaparecidos como del patrimonio material de determinados sectores de la sociedad urbana contemporánea. Emplean enfoques multidisciplinarios, recurren a la física, la química y la biología molecular para analizar los materiales con que trabajan y se preocupan por el marco legal de su tarea en la sociedad presente. No caben dudas de que los progresos de la informática, las comunicaciones y la tecnología han sido –como en todas las ciencias– factores importantes en la transformación de la arqueología. En este contexto, se desarrolló la arqueología subacuática, que en la actualidad ha alcanzado reconocimiento en el ámbito de la investigación científica.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el perfeccionamiento y la difusión del equipo de buceo llamado *scuba* (aparato autónomo de respiración bajo el agua o *self contained underwater breathing apparatus*) permitió algo imposible hasta entonces: que una persona sumergida pudiera moverse libremente. Así, exploradores pioneros como el famoso Jacques-Yves Cousteau abrieron las puertas del mundo submarino para muchas actividades, entre ellas la arqueología.

Tras una etapa caracterizada por el mero coleccionismo de objetos antiguos provenientes del fondo de los océanos, a partir de la década de 1960 los arqueólogos comenzaron a bucear, y fueron definiendo un capítulo especializado de

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los restos de naufragios o pecios constituyen fuente de valiosa información histórica, que puede ser recuperada mediante técnicas arqueológicas. Los pecios que datan de más de cien años están protegidos por la ley como patrimonio cultural.

la investigación científica, con características, métodos y técnicas propios. En ese sentido, el estadounidense George Bass, profesor emérito de la Texas A & M University, merece especial reconocimiento por su defensa del principio de que bajo del agua se debe proceder con el mismo rigor que en tierra firme, y por demostrar cómo hacerlo en la excavación de un naufragio de la Edad del Bronce hundido frente a las costas mediterráneas de Turquía. Desde entonces quedó claro que la calidad de la investigación no debe decaer por la incomodidad física u otras dificultades propias del buceo.

¿Cómo se hace arqueología bajo el agua?

Algunas veces los descubrimientos se producen de manera fortuita, por ejemplo, cuando redes de pesca se enganchan en la estructura de un barco hundido. En otras ocasiones los hallazgos son el resultado de una búsqueda sistemática y programada de restos arqueológicos. Para ello se recurre a diversos métodos, que varían según el tamaño del área de trabajo y los medios disponibles. Si la zona de búsqueda es relativamente pequeña, los mismos buzos pueden recorrerla en forma sistemática y hacer una inspección visual. Para cubrir grandes áreas, en cambio, es más conveniente utilizar equipos de cierta complejidad, entre los cuales los más comunes son los sonares de barrido lateral, que emiten y reciben ondas de sonido, y los magnetómetros, que perciben anomalías magnéticas.

Una vez ubicado el yacimiento arqueológico se procede, igual que en tierra, a un registro básico que revela la extensión y las características generales del sitio, y es la base para planificar las tareas siguientes. En la etapa inicial son útiles las cámaras digitales de fotografía y video adaptadas al uso subacuático, es decir, encerradas en un estuche que impide el ingreso del agua. Asimismo, se trazan croquis esquemáticos de la distribución espacial de los restos arqueológicos sumergidos, para lo cual se utiliza bajo el agua una hoja de poliéster adherida a una plancha de acrílico que sirve de apoyo y se escribe con un lápiz común de mina de grafito.

Luego se procede a la documentación más detallada, que consiste en registrar las dimensiones de los restos, tanto objetos individuales como estructuras o cualquier otro tipo de material de interés para la investigación, y sobre todo determinar su ubicación precisa en el espacio, generalmente con el auxilio de una cuadrícula del sitio. Registrar la ubicación precisa de los restos es esencial en toda excavación arqueológica, pues establece el contexto en que se encontró cada elemento y las relaciones significativas que guardan todos entre ellos.

La calidad y el rendimiento de trabajos de este tipo se ven afectados por variables como la visibilidad o a las corrientes, por lo que siempre se intenta bucear cuando las condiciones son más favorables. Aun si el agua está calma y la temperatura es agradable, las actividades deben realizarse lo más rápido posible debido a la limitada autonomía de un tanque de aire. En el relevamiento subacuático se utilizan cintas métricas o metros rígidos plegables de materiales resistentes a la corrosión en el agua, en especial la marina. Siempre que resulta posible, se instala un mojón o referencia estable, a partir de la cual se registra las posiciones horizontal y vertical de cada objeto hallado.

Para la excavación propiamente dicha, vale decir la remoción del sedimento que recubre a los restos, se utilizan aspiradores, cuya boca debe mantenerse algo apartada del sedimento mismo para evitar la succión accidental de objetos pequeños, y se emplean herramientas como pinceles o las propias manos para excavar con el cuidado que se requiere. A medida que van apareciendo restos arqueológicos, se documentan y se acondicionan para sacarlos a la superficie. Los más chicos pueden guardarse en bolsas individuales con su código de identificación, y reunirse en un canasto en el que se transportan juntos. Durante este proceso es importante proteger las piezas de posibles daños o roturas y, una vez en superficie, mantenerlas húmedas y protegidas de la luz, ya que su adaptación a un nuevo ambiente debe realizarse de manera gradual y controlada, en condiciones de laboratorio.

El sonar de barrido lateral es uno de los elementos habitualmente utilizados en la búsqueda de restos arqueológicos subacuáticos. Suele operarse remolcado desde una embarcación, y permite localizar elementos que sobresalen del lecho marino. Foto C Murray

Los naufragios: una puerta al conocimiento

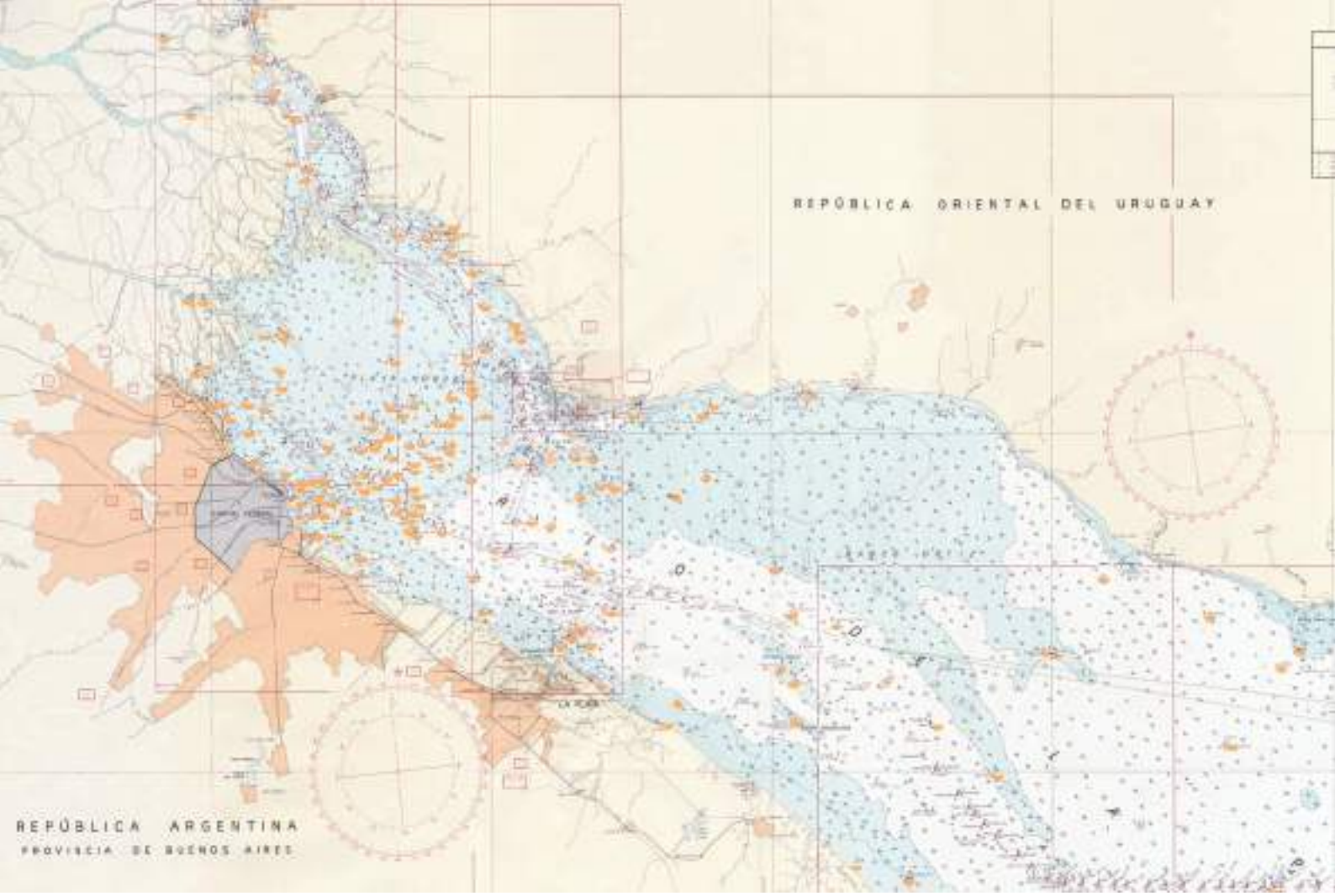
Los restos materiales que estudia la arqueología subacuática son, en realidad, los mismos que se estudian en tierra, pues cualquier objeto o estructura puede quedar bajo el agua, sea porque llegó allí de manera intencional o por accidente. Ejemplos del primer caso son las ofrendas que la sociedad maya arrojaba a los cenotes de la península de Yucatán. Lo que queda bajo el agua por accidente puede variar desde un pequeño objeto personal extraviado hasta una ciudad entera, como Port Royal, sumergida por el terremoto que asoló Jamaica en 1692.

Los barcos hundidos poseen particular atractivo para la arqueología subacuática: su asombrosa diversidad de diseños, tamaños y materiales de construcción, cambiantes en el tiempo y las distintas regiones del planeta, reflejan las múltiples maneras en que las sociedades se vinculaban con los cuerpos de agua, para transporte, comercio, enfrentamientos bélicos, esparcimiento, obtención de alimentos, vigilancia, competencias deportivas o rituales. Con tanto tránsito de embarcaciones por el mundo a lo largo de la historia de la humanidad, es lógico que también se haya producido una gran cantidad de naufragios. Solo en el Río de la Plata, por ejemplo, se registró la pérdida de más de mil doscientas naves desde el siglo XVI hasta las primeras décadas del siglo XX. Otras regiones peligrosas para la navegación, como el extremo austral de América, también fueron escenario de centenares de tragedias marítimas.

Para escribir bajo el agua se utiliza un film de poliéster y un lápiz común. Todos los implementos de que se vale un investigador normalmente están sujetos para que no se pierdan. Foto B Seymour, Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos.

La mayoría de los naufragios dejan vestigios materiales, que se denominan *pecios*. Algunas veces se trata de buena parte del barco original; otras, apenas de unos pocos objetos. Cuando se ha preservado una porción considerable de la embarcación, incluyendo la carga que llevaba a bordo, los pecios constituyen sitios arqueológicos sumamente interesantes, pues son potenciales fuentes de información sobre la pertenencia cultural de la tripulación o de pasajeros, y sobre las vicisitudes del naufragio. Alimentación, esparcimiento, vestimenta, modos de navegar, creencias y, por supuesto, técnicas de construcción naval son algunos de los temas que se pueden conocer y profundizar a partir de la investigación arqueológica de un pecio relativamente bien conservado. Se suele decir que un naufragio es una cápsula del tiempo, que muestra –en un espacio reducido– una fotografía instantánea de la sociedad de origen. La metáfora es apropiada ya que por lo general los naufragios ocurren de manera súbita, comparable a lo que sucedió en Pompeya: sepultan los restos bajo el agua en vez de lava y cenizas. En esta comparación, sin embargo, hay que tener presente que el ambiente acuático suele ser muy dinámico, por lo que muchos elementos cambian de posición o son alterados por organismos desde el momento del naufragio hasta que se los encuentra y documenta.

Aun cuando el pecio esté constituido por unos pocos restos, la investigación arqueológica es capaz de proporcionar más información de la que uno se imagina. Por ejemplo, si solo se recuperan anclas es posible inferir procedencia y cronología por la forma, el tamaño y los materiales en que están construidas; asimismo, su distribución en el lecho marino puede ayudar a trazar las últimas maniobras realizadas antes del naufragio. Otro caso interesante es el lastre o peso que se colocaba en el fondo de las embarcaciones para que no perdieran estabilidad, el que algunas veces aparece como una acumulación de piedras mimetizadas con el fondo. El lastre también permite estimar el tamaño y la posición general de la nave naufragada, además de aportar indicios sobre su ruta, por ejemplo, si se establece la procedencia de dicho lastre.



Carta náutica del Río de la Plata que señala la ubicación de algunos de los naufragios ocurridos en distintas épocas. Entre los mayores peligros para la navegación del Plata superior y medio se cuentan cambios súbitos del tiempo, en especial las tormentas del sudoeste llamadas pamperos, fuertes ascensos y descensos del nivel de las aguas por acción del viento y la poca profundidad general, con numerosos bajos en los que las embarcaciones pueden quedar varadas.

Los pioneros en América del Sur

La Argentina acredita una importante experiencia en el campo de la arqueología subacuática. Ella comenzó a afianzarse gradualmente a partir de 1982 con el hallazgo de los restos de la nave *HMS Swift*, una corbeta de guerra inglesa del siglo XVIII que se hundió cerca de Puerto Deseado. El pecio fue descubierto por buzos de esa localidad y estaba en excelente estado de preservación, lo que llevó a la creación de un museo destinado a albergar los artefactos rescatados. El sitio fue declarado patrimonio histórico de la provincia. Con el correr de los años, el denominado proyecto Swift fue convocando a distintos especialistas y en 1995 se decidió crear un equipo de arqueología subacuática en el Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (INAPL), cuyo primer trabajo de investigación fue ese yacimiento. Así nació la primera generación de arqueólogos-buzos de la Argentina, de manera más o menos simultánea con Brasil, Chile y Uruguay. De hecho, algunos colegas de estos dos últimos países se iniciaron en las técnicas de la especialidad colaborando con los trabajos de la corbeta *Swift*.

A lo largo de varias temporadas de trabajo se relevaron y excavaron distintos sectores del pecio, lo que brindó información acerca de la nave y de la vida a bordo. Se puso de relieve, por ejemplo, que algunos tripulantes se habían alimentado con zapallos, uvas, pimienta, mostaza, nuez moscada e, incluso, huevos de pingüino, algo que no aparece en los documentos que describen las raciones habitualmente suministradas por la armada británica a sus naves en altamar.

El hallazgo de un cajón de madera que guardaba productos medicinales resultó de especial interés. Uno de los recipientes contenía mercurio, que en esa época se usaba para el tratamiento de la sífilis, a pesar de que podía tener severas consecuencias neurológicas. También se halló una sustancia compuesta por una resina vegetal, el copal, que tal vez se utilizó para curar lesiones de las encías y quemaduras graves.

En la cabina del capitán de la *Swift* se encontraron varias piezas de vajilla, como tazas y platos de porcelana china

que destacan el alto rango social y económico de los oficiales de la armada británica en el siglo XVIII. Otras piezas no tan refinadas que se hallaron fueron robustos vasos y copas de vidrio, apropiados para el uso a bordo.

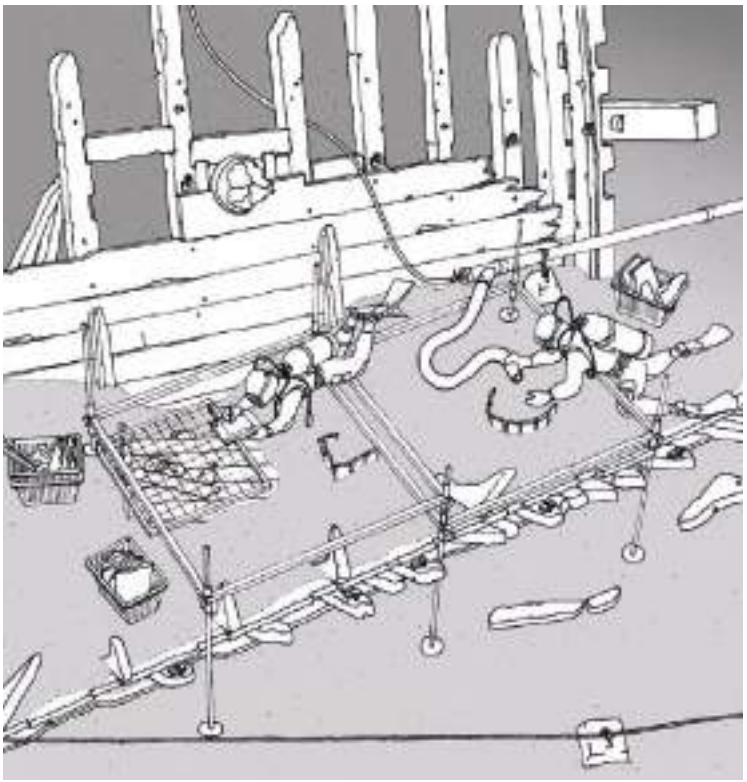
El pecio más antiguo cuyo hallazgo ha sido fehacientemente documentado en aguas argentinas es el de la nave holandesa *Hoorn*, parte de la expedición comandada por los holandeses Willem Cornelisz Schouten (ca. 1567-1625) y Jacob Le Maire (ca. 1585-1616), que en 1615 partió de los Países Bajos en busca de una *Terra australis*, que no encontró, y de una nueva ruta al Pacífico y las islas de las especias, que fue la del cabo de Hornos (en holandés Kaap Hoorn, por la ciudad natal de Schouten). El barco se incendió en 1615 mientras era carenado en la ría del Deseado (a pocos kilómetros del sitio del *Swift*). Sus escasos restos se encontraron diseminados en varios sectores de la playa y del mar contiguo.

En otros puntos del litoral marítimo argentino hay restos de naufragios muy variados, que incluyen barcos de casco de madera y de metal, a vela y a motor, y de distinto tamaño, función y época. Varios están ubicados en la franja intermareal, que es un ambiente complicado para el trabajo subacuático, pues la poca profundidad del agua y su constante movimiento tornan muy difícil o imposible el buceo y lleva a que el trabajo arqueológico se haga desde tierra aprovechando al máximo los momentos de baja marea.

Recientes investigaciones realizadas en Tierra del Fuego constituyen un ejemplo de ese tipo de trabajo. Allí, a lo largo de varias temporadas, el equipo de arqueología subacuática del INAPL recorrió casi 200 kilómetros de costa en busca de restos de embarcaciones naufragadas. Su relevamiento cubrió la mayor parte posible de la zona intermareal, formada por lo general por extensas áreas rocosas parcialmente cubiertas por canto rodado, arena y gran cantidad de organismos característicos de ese ambiente.

Entre los hallazgos de mayor interés se pueden destacar siete balas de cañón, probablemente provenientes de la fragata mercante española *Purísima Concepción*, encallada en la costa fueguina en enero de 1765.

Las tareas más delicadas de limpieza pueden realizarse con pinceles. La imagen muestra las labores arqueológicas en el sitio en que se encontró la corbeta *Swift,* en la provincia de Santa Cruz, realizadas en condiciones de escasa visibilidad. Foto R Olson



Arriba: en una excavación subacuática se debe utilizar aparatos que permitan aspirar y remover de manera controlada el sedimento que recubre los restos. El relevamiento de los hallazgos se hace con la ayuda de una cuadrícula. Dibujo de C Murray
Abajo: piezas procedentes de la corbeta *Swift*, en exhibición permanente en el museo municipal Mario Brozoski de Puerto Deseado. Foto C Underwood

Algunos restos de naufragios, o pecios, se encuentran en la franja intermareal, una zona particularmente difícil para trabajar debido al constante movimiento de agua y sedimento. La foto muestra un pecio en Costa del Este, en el partido bonaerense de la Costa. Foto J Croce

Colofón

La ley nacional 25.743 establece que los restos arqueológicos deben ser protegidos tanto si se encuentran ubicados en tierra como bajo el agua. Además, en 2010 la Argentina ratificó la convención de la Unesco para la protección del patrimonio cultural subacuático, que se aplica a restos de cualquier naturaleza que hayan estado sumergidos por más de cien años, y establece claramente que no pueden ser objeto de transacciones comerciales.

Para los barcos hundidos, sin embargo, la creencia popular es que están abandonados y, por lo tanto, pertenecen al primero que los encuentre. Ello ha despertado la fantasía y movilizado a muchos en la búsqueda de supuestos tesoros, y a la destrucción de sitios arqueológicos de valor patrimonial, algo semejante a lo que sucede en tierra, por ejemplo, con los llamados huaqueros.

Es de esperarse que poco a poco la sociedad tome conciencia de que los restos arqueológicos que están sumergidos merecen el mismo nivel de respeto y protección que los que están en tierra. Solo así se podrá conocer el pasado que nos relaciona con el agua, y legar los testimonios que queden a las generaciones venideras. CH

Dolores Elkin

Doctora en arqueología, FFYL, UBA.
Investigadora independiente del Conicet.
Directora del programa de Arqueología Subacuática del INAPL.
lolielkin@hotmail.com

LECTURAS SUGERIDAS

BASS GF, 2006, *Bajo los siete mares*, Blume, Barcelona.

BOWENS A (ed.), 2008, *Underwater Archaeology. The NAS guide to principles and practice*, Nautical Archaeology Society-Blackwell, Oxford.

ELKIN D, 2004, 'Bucear en la historia', *En Patagonia*, 2, publicación de la Fundación Parques Nacionales, Buenos Aires.

– *et al.*, 2011, *El naufragio de* HMS Swift *(1770). Arqueología marítima en la Patagonia*, Vázquez Mazzini, Buenos Aires.

MURRAY C *et al.*, 2008, *Tras la estela del* Hoorn*; arqueología de un naufragio holandés en la Patagonia*, Vázquez Mazzini, Buenos Aires.

UNESCO, 2001, *Convención para la protección del patrimonio cultural subacuático*, París.

El pasado en imágenes

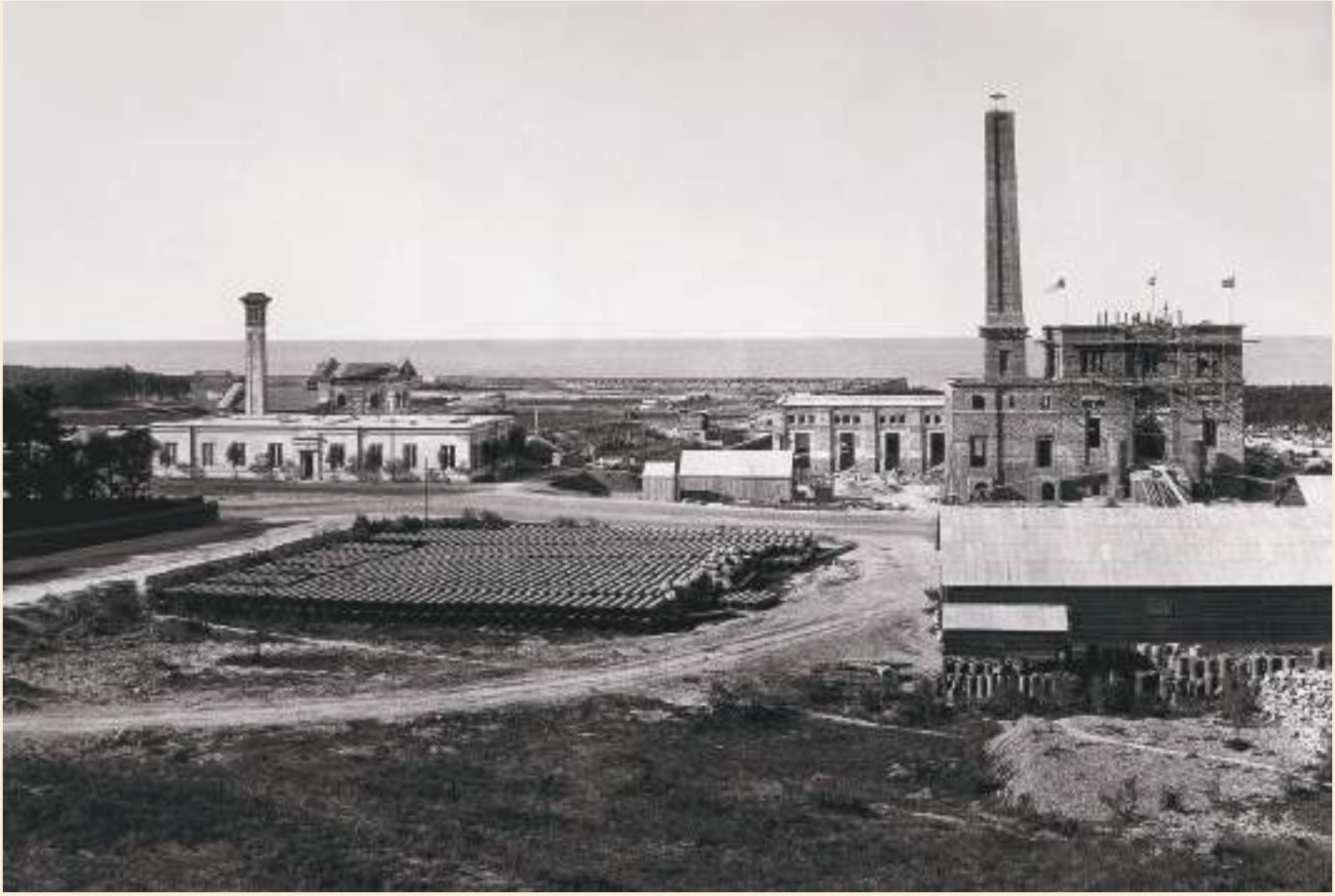
El país decimonónico

En las últimas décadas del siglo XIX, con el arribo de millares de inmigrantes, acaecieron grandes cambios en la sociedad argentina, y esos cambios se reflejaron en la transformación de muchas de las ciudades, empezando por Buenos Aires.

Las fotos de esta nota muestran, sin embargo, un panorama con variados matices, porque al lado de las grandes obras públicas, como puerto Madero, la avenida de Mayo y la construcción de La Plata, que fueron parte y producto de esos cambios, persistía la imagen de tiempos anteriores, en los que la principal ciudad, devenida ahora capital federal, era solo una gran aldea, para usar la consagrada expresión de Lucio Vicente López. Incluso, en algunas ciudades seguían en pie fragmentos del marco urbano colonial.

Cómo eran el país y sus ciudades en las décadas finales del siglo XIX es una pregunta que pasa por la mente de muchos argentinos actuales, que descienden de aquellos inmigrantes pero no llegaron a conocerlos y se interesan por el mundo en que vivieron.

Esta sección se publica con el asesoramiento de Abel Alexander y Luis Priamo.



Estación de filtrado y bombeo del servicio de provisión de agua potable en el bajo de la Recoleta, Buenos Aires. Foto atribuida a Christiano Junior, ca. 1875, Archivo General de la Nación. La foto muestra los predios en que ahora están la Facultad de Derecho de la UBA y el Museo Nacional del Bellas Artes. El edificio del segundo, justamente, se construyó a inicios de la década de 1930 reformando la estructura en construcción a la derecha, que albergó las bombas impulsoras del agua potable a los tanques de almacenamiento y distribución y la caldera que les proporcionaba energía.

Página anterior, arriba: vista panorámica del barrio norte de Buenos Aires tomada mirando al sudeste desde Libertad (a la derecha) y Juncal, tradicionalmente conocida por Cinco Esquinas. A la izquierda se recortan contra el cielo la cúpula y las torres de Nuestra Señora del Socorro. Foto de Christiano Junior, 1876, colección C Vertanessian.

Página anterior, abajo: la transformación de Buenos Aires. Foto de AW Boote & Cía, ca. 1893, colección D Sale, tomada desde un edificio alto del paseo de Julio (hoy Leandro N Alem) aproximadamente a la altura de Cangallo (hoy Perón) y mirando al sudeste. Se distinguen, de derecha a izquierda, el ángulo noreste de la Casa Rosada, la estación central de ferrocarriles y las vías que salen hacia el norte, la aduana de Taylor con su farola, un área aún no rellenada de la costa del río y el dique 3 de puerto Madero, inaugurado en 1892. La aduana circular fue demolida en 1894 y la estación central se incendió en 1897.

La transformación de Buenos Aires. Foto de AW Boote & Cía, ca. 1896, biblioteca Manuel Gálvez, tomada desde lo alto de la Casa Rosada. En el centro se ve la avenida de Mayo –cortada por el medio de manzanas edificadas y abierta a la circulación en 1894–, al final de la cual todavía no existe el Congreso Nacional. En la esquina norte de la calle Bolívar, el edificio elevado es la nueva Intendencia Municipal, obra del arquitecto Juan Antonio Buschiazzo inaugurada en 1893; hacia la izquierda aparece lo que fue quedando del Cabildo, perdida su torre después de haber sido agrandada una década antes, y demolidas tres arcadas para dar paso a la avenida. Por encima se recorta contra el cielo el mirador del palacio Muñoa, sede del club del Progreso, en Perú y Victoria (hoy Hipólito Yrigoyen), levantado por el arquitecto Eduardo Taylor en la década de 1850.

Construcción de La Plata. Foto de Samuel Boote, ca. 1884, colección C Gotta. La nueva capital de la provincia de Buenos Aires se comenzó a edificar a fines de 1882, cuando se tomó la decisión de escindir del territorio provincial a la ciudad del mismo nombre –que era tanto su capital como sede de las autoridades nacionales– y convertirla en capital federal. El edificio es la Casa de Gobierno, habilitada para cuando se hizo la foto.

Vista de Mar del Plata. Foto de AW Boote & Cía, ca. 1890, biblioteca Manuel Gálvez, tomada desde la loma de Stella Maris mirando al noroeste.

Vista de Rosario. Foto de AW Boote & Cía, ca. 1895, colección D Sale, tomada mirando al sur desde un silo portuario al norte de la ciudad, aproximadamente en coincidencia con el actual bulevar Oroño. Sobre el cielo se recorta, a la derecha, el palacio de Justicia, en Moreno entre Santa Fe y Córdoba, hay Facultad de Derecho de la UNR.

Vista de Santa Fe. Foto de Samuel Boote, 1885, álbum *Ferrocarril de Santa Fe a las colonias del norte*, Instituto Buschiazzo (FADU, UBA), tomada desde el techo de la desaparecida estación terminal de ese ferrocarril, conocida con el nombre de *La francesa*, dado que la empresa ferroviaria era de capitales de ese origen.

Izquierda: plaza y Palacio Municipal de Esperanza. Foto de Samuel Boote, 1885, álbum *Ferrocarril de Santa Fe a las colonias del norte*, Instituto Buschiazzo (FADU, UBA). El edificio municipal se inauguró en 1883.

Abajo: vista de Paraná. Foto de AW Boote & Cía., ca. 1895, colección D Sirinian, tomada mirando al noroeste de la esquina de las actuales avenidas Ramírez (a la derecha) y Enrique Carbó. A la distancia, en el centro de la ciudad, se distinguen, de izquierda a derecha, la Catedral, la Municipalidad, la Casa de Gobierno y las torres de San Miguel Arcángel. Al fondo, el río Paraná.

Página siguiente, arriba: el centro de Córdoba. Foto de HG Olds, ca. 1901, colección privada. Muestra la calle Independencia a unos cincuenta metros al sur de la esquina de San Jerónimo. De izquierda a derecha, la iglesia de Santa Teresa, la cúpula de la Catedral, las torres de esta y el antiguo Cabildo, remodelado y convertido en Casa de Gobierno.

Página siguiente, abajo: vista de Tucumán. Foto de AW Boote & Cía, ca. 1895, colección D Sirinian, tomada mirando al norte desde una torre de la Catedral. A la izquierda, la plaza Independencia, al final de la cual cruza la calle Las Heras (hoy San Martín).

Vista de Salta. Foto de AW Boote & Cía, ca. 1895, colección D Sale, tomada mirando al norte desde la ladera del cerro San Bernardo. La calle en curva a la izquierda es continuación de la actual Alvarado; la que corre recta a la derecha es Caseros, sobre la cual se distingue el convento de San Bernardo y, más atrás, con su alta torre, el de San Francisco. Sobre el borde derecho aparece la Catedral, y sobre el izquierdo, la iglesia de La Viña, aún sin torre.

Calle Tucumán en la esquina de Buenos Aires, San Juan. Foto de Christiano Junior, 1880, archivo provincial, Mendoza.

Esquina de las actuales avenidas del Libertador y Mitre, San Rafael, Mendoza. Foto de Juan Pi, ca. 1910, Museo de Historia Natural de San Rafael. El edificio que se destaca es la sucursal del Banco de Mendoza.

Vista de Gaiman, Chubut. Foto de HE Bowman, 1906, Museo Histórico Regional, Gaiman.

María Antonia Muñoz de Malajovich
Instituto de Tecnología ORT de Río de Janeiro, Brasil

BIOPLÁSTICOS

Arrastrada por la corriente giratoria del océano Pacífico Norte, una sopa de pequeños fragmentos de detritos plásticos fluctúa arrastrando objetos tan diversos como redes de pesca, envases, ojotas, cepillos de dientes, etcétera. Traídos por los ríos o lanzados al mar desde barcos o plataformas de petróleo, esos restos plásticos se concentran en una superficie enorme, conocida como la gran mancha de basura del Pacífico, donde se degradan muy lentamente. Las mismas propiedades (costo, durabilidad) que dieron ventaja a los plásticos sobre otros materiales los convirtieron en un problema para el medio ambiente.

Los plásticos son el producto de la reacción entre un polímero y un plastificante. En la industria de plásticos tradicional la materia prima utilizada para sintetizarlos es fósil (petróleo). Una vez procesados, estos plásticos ocupan un lugar preponderante en nuestras vidas. Una parte es reutilizada o reciclada pero el resto es descartado, iniciándose un lentísimo proceso de degradación que puede durar varios siglos. Sustituir esos materiales por otros biodegradables ayudaría a reducir la presión sobre los recursos naturales no renovables (petróleo) y a disminuir el volumen de residuos domésticos, agrícolas e industriales.

La biotecnología industrial ha desarrollado la síntesis de bioplásticos, que se diferencian de los convencionales fundamentalmente porque los polímeros que conforman su materia prima son de origen biológico (celulosa, almidón, aceites vegetales) en lugar de fósil. A su vez, aunque unos pocos plásticos de origen fósil son biodegradables, la mayoría de los bioplásticos lo son.

Uno de los bioplásticos más versátiles es el ácido poliláctico (PLA), un poliéster formado a partir del ácido láctico producido por fermentación. Sirve para rellenar almohadas y colchones, como revestimiento de películas o papel, en la fabricación de embalajes descartables y en las industrias automotriz y electrónica.

Otros bioplásticos son sintetizados directamente por microorganismos. Algunos, como el polihidroxialcanoato (PHA) y el polihidroxibutirato (PHB), también son usados en embalajes por la industria de alimentos. Otros, como

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un uso novedoso para un ingrediente milenario: los bioplásticos de almidón.

el Biopol, encuentran aplicaciones en el área médica.

Los bioplásticos en el aula

Tanto en el contexto de los problemas ambientales abordados en los cursos de ciencias naturales como en los de química y biotecnología, este artículo propone una manera experimental y novedosa de incorporar la dimensión tecnológica en la formación científica del alumno.

Proponemos la preparación de plásticos de almidón de dos modos diferentes, siempre con un criterio de sencillez y economía de recursos materiales. Los protocolos que presentamos aquí pueden realizarse en un laboratorio escolar con elementos al alcance de todos, pero también pueden ser desarrollados con equipos más sofisticados (material de vidrio, balanza, estufa, agitador, pipeta, etcétera).

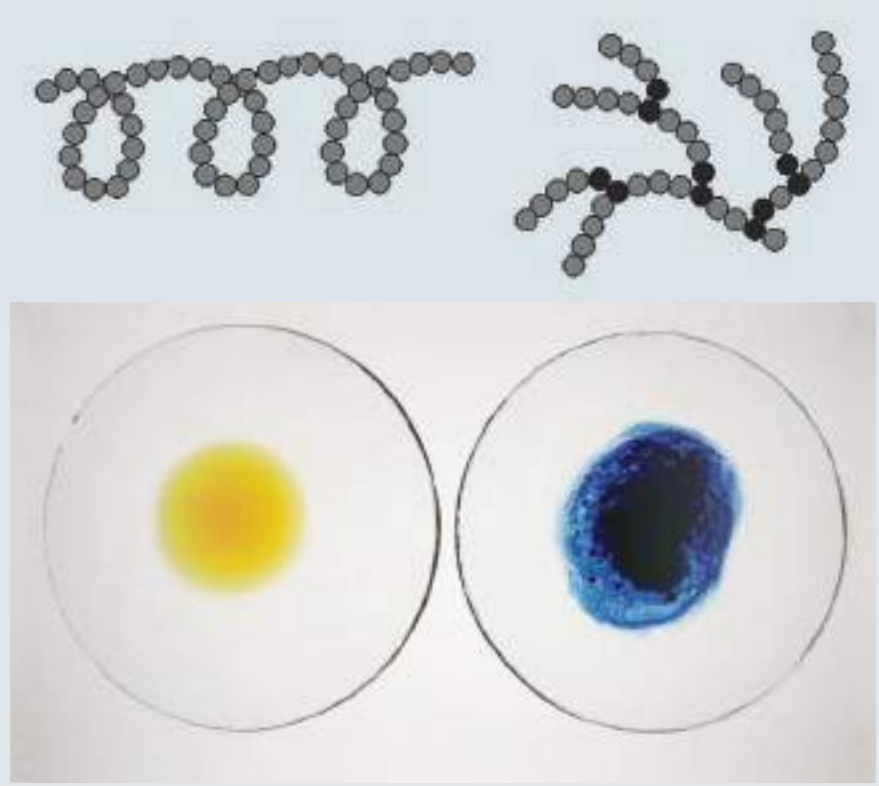


Figura 1. Estructura del almidón. La presencia de almidón suele detectarse por tinción con un reactivo denominado Lugol (iodo y ioduro de potasio en una solución de agua) que le confiere coloración azulada. Esta reacción se debe a la inclusión del iodo en la hélice formada por la cadena lineal de la amilosa, resultando un compuesto de color azul oscuro.

Bioplásticos de almidón: fundamentos

El almidón es un azúcar (polisacárido) de reserva predominante en las plantas. En las industrias químicas y de alimentos que lo utilizan como materia prima se lo extrae de maíz, papa, arroz, trigo y mandioca. La molécula de almidón está formada por monómeros de glucosa unidos mediante ligaciones α-(1 $\rightarrow$ 4) asociados en cadenas lineales que conforman la amilosa (figura 1) y en cadenas con ramificaciones resultantes de la presencia de otro tipo de ligaciones, denominadas α-(1 $\rightarrow$ 6). Estas cadenas ramificadas constituyen la amilopectina (figura 1).

El almidón forma una goma (gelatiniza) cuando se lo hidrata a una temperatura relativamente alta. La ruptura (hidrólisis) parcial que experimentan las cadenas de amilosa y amilopectina cuando son hidratadas permite la entrada de otros compuestos, denominados *aditivos*, que, al establecer nuevas ligaciones químicas, modifican la estructura del almidón. Esos aditivos cumplen pues una función plastificante y, según las ligaciones químicas que formen con las otras moléculas (ligaciones puentes de hidrógeno o covalentes), la estructura será más flexible o más rígida respectivamente.

Las características de un plástico de almidón dependen básicamente del plastificante elegido. Sustancias como el glicerol (un tipo de alcohol), que tiene propiedades humectantes, forman películas flexibles. En cambio, sustancias como los ácidos grasos forman plásticos más rígidos. La concentración del aditivo plastificante también puede modificar las propiedades del bioplástico.

Preparación de un plástico rígido de almidón

Este plástico se prepara en el horno de microondas calentando el almidón con agua y aceite vegetal. ¿Qué se necesita? Un horno de microondas, almidón de maíz, agua, aceite vegetal, una bolsa plástica y unas gotas de colorante de alimentos.

Esas cantidades son las mínimas necesarias para realizar un único experimento. Las cantidades totales tendrán que ser calculadas en función del número de alumnos y del modo en que se desarrollará el aula.

Procedimiento experimental

1. Colocar en la bolsa de plástico 2 cucharadas soperas de almidón (16g), 2 cucharadas soperas de agua (30ml) y unas gotas de colorante de alimentos.
2. Mezclar, amasando la bolsa con las manos.
3. Agregar 4 o 5 gotas de aceite vegetal en la bolsa de plástico y mezclar nuevamente.
4. Cerrar la bolsa dejando una abertura en la punta.
5. Calentar en el microondas durante 30 o 40 segundos. Esperar que la temperatura baje y retirar la bolsa del microondas, con muchísimo cuidado para evitar quemaduras.
6. Una vez frío, retirar el plástico de la bolsa y dejar secar un par de días a temperatura ambiente.

Una vez logrado el producto (figura 2), es posible analizar algunas de las propiedades del bioplástico obtenido, como dureza, flexibilidad y posibilidad de biodegradación.

El protocolo anterior puede ser utilizado en indagaciones más complejas. Una posibilidad es comparar los bioplásticos obtenidos con diferentes fuentes: almidón de maíz, harina de trigo, fécula de papa, fécula de mandioca, etcétera. Otra es comparar los bioplásticos obtenidos con diferentes dispersantes: aceite de soja, aceite de girasol, aceite de maíz, etcétera. Y una tercera es ver lo que ocurre al modificar las proporciones de almidón y aceite.

Preparación de un plástico flexible de almidón

Este protocolo es algo más complejo que el anterior porque demanda ciertos equipamientos y reactivos específicos de laboratorio: material de vidrio, mechero, balanza, estufa, agitador y soluciones de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio. En este caso, además, se utiliza glicerol como agente plastificante.

Los materiales necesarios son los siguientes: un baño María con agua hirviendo, almidón de maíz, agua destilada, una solución de ácido clorhídrico (HCl 0,1M), una solución de hidróxido de sodio (NaOH 0,1M), glicerina comercial, colorante de alimentos (opcional) y una bandeja de telgopor de las que se usan para embalar alimentos. Antes de iniciar el procedimiento se discutirán las normas de seguridad que serán adoptadas (uso de guantes o anteojos de protección).

Como en el protocolo anterior, esas cantidades son las mínimas necesarias para realizar un único experimento. Las cantidades totales tendrán que ser calculadas en función del número de alumnos y del modo en que se desarrollará el aula.

Procedimiento experimental

1. Colocar en un vaso de precipitados 5g de almidón de maíz. Agregar, mezclando bien, 40ml de agua destilada, 4ml de glicerina 50% (v/v), 6 ml de HCl 0,1M y unas gotas de colorante de alimentos.
2. Mantener aproximadamente 10 minutos en baño María, en hervor, agitando continuamente, hasta que la mezcla quede viscosa. Si la viscosidad se torna demasiado alta, adicionar de 2 a 8ml de NaOH 0,1M, para disminuirla.
3. Verter la mezcla en la bandeja y dejar secar algunas horas al sol o varios días a temperatura ambiente.

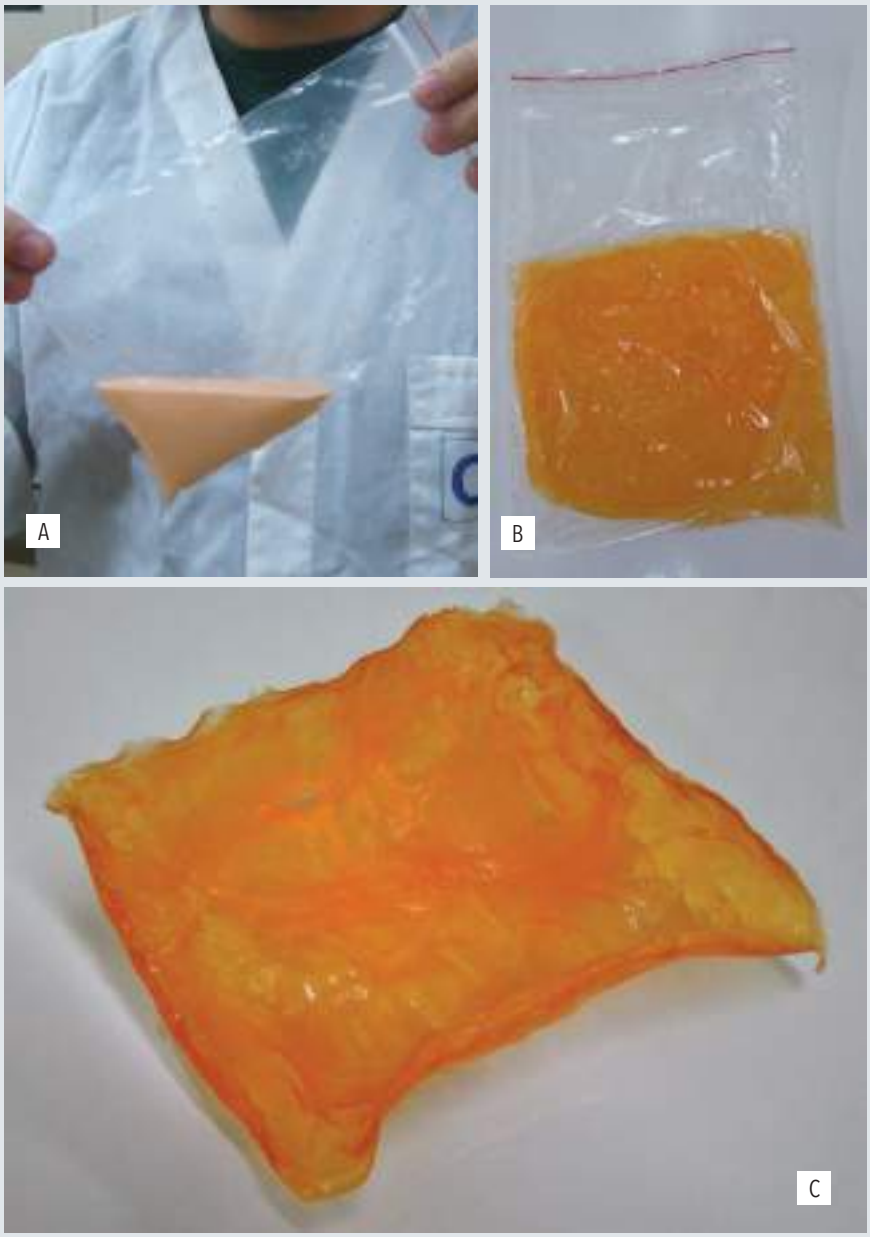


Figura 2. Bioplástico rígido de almidón. A. Mezcla de almidón, agua, aceite y colorante. B. La misma mezcla al salir del microondas. C. El bioplástico, ya seco.

Una vez obtenido el producto (figura 3), analizar algunas de las características del bioplástico obtenido, por ejemplo, flexibilidad, resistencia, combustibilidad y posibilidad de biodegradación.

Así como el anterior, este protocolo puede dar pie a varias indagaciones relacionadas con la adaptación de la técnica para la elaboración de bioplásticos con almidones de diferente origen (papa, mandioca) o a la obtención de películas de diferente tamaño y espesor.

Biotecnología blanca

Estos protocolos fueron aplicados con éxito repetidas veces en nuestros

Figura 3. Bioplástico flexible de almidón. Vertido de la mezcla en el molde (izquierda) y producto final (bioplástico flexible) terminado.

cursos de biotecnología para los alumnos del Instituto de Tecnología ORT de Río de Janeiro y también en cursos de perfeccionamiento de profesores realizados en ORT Uruguay (2005) y en el marco de la Conferencia Río+20 (2012), junto con el Consejo Regional de Biología de Río de Janeiro y Espíritu Santo, Brasil.

Estas actividades ilustran aspectos de la biotecnología industrial, también denominada biotecnología blanca porque procura reemplazar las tecnologías contaminantes por otras más limpias o amigables con el ambiente. Por su alcance y versatilidad pueden ser ubicadas dentro del área denominada STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), una tendencia educativa que trata de estimular el interés de los jóvenes por esas disciplinas. Los consideramos 'protocolos de partida' porque exigen pocos recursos económicos, pueden ser aplicados en diferentes niveles y adaptados a diferentes modalidades didácticas. Aunque dediquemos este artículo a los bioplásticos de almidón, es posible obtener plásticos a partir de otros polímeros naturales, como la caseína o la gelatina.

Los bioplásticos de almidón no son materiales para un futuro lejano o de ciencia-ficción. En Europa ya son comercializados embalajes bioplásticos para el acondicionamiento de manteca y margarina sintetizados a partir de almidón combinado con poliésteres de origen renovable o petrolero. Y en Italia, Finlandia y Dinamarca se venden bolsas de basura de composición semejante, que son biodegradables.

El mundo de la biotecnología industrial o biotecnología blanca está a nuestro alcance. Es imperativo mostrar a los jóvenes la existencia de tecnologías limpias y su contribución para un desarrollo sustentable. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BIOTECNOLOGIA, ENSINO E DIVULGAÇÃO, *www.bteduc.bio.br.* Página web dedicada a la enseñanza y divulgación de la biotecnología.

DÍAZ A, 2005, *Bio ¿qué? Biotecnología, el futuro llegó hace rato*, Buenos Aires, Siglo XXI-Universidad Nacional de Quilmes-Tres Tiempos.

MALAJOVICH MA MUÑOZ de, 2012, *Biotecnología*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

María Antonia Muñoz de Malajovich

Doctora en ciencias biológicas, Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil.
Profesora y coordinadora de biotecnología, Instituto de Tecnología ORT de Río de Janeiro, Brasil.
Profesora visitante de biotecnología, Universidad ORT, Uruguay.
Directora científica de la Asociación Nacional de Bioseguridad (ANBIO), Brasil.
maria.antonia@bteduc.bio.br

La imitación

Hymenopus coronatus sobre una orquídea. Foto Luc Viatour, Wikimedia Commons.

María Guadalupe del Río
Analía A Lanteri
Museo de La Plata

en la naturaleza

A lo largo de más de 3500 millones de años de evolución biológica, las especies han adquirido diferentes modalidades para sobrevivir, dejar descendencia y colonizar nuevos ambientes. Algunas de las más sorprendentes de esas modalidades son el mimetismo, el camuflaje y el aposematismo, modos de imitación que pueden observarse en forma simultánea o sucesiva en diferentes momentos del ciclo biológico de una especie. En algunos casos dieron lugar a complejos fenómenos de adaptación recíproca y coevolución de dos o más especies.

Mimetismo, camuflaje y aposematismo

El *mimetismo* es la capacidad de ciertas plantas o animales de asemejarse a individuos de otras especies que habitan en su mismo ambiente. La adquirieron porque les proporciona alguna ventaja adaptativa, por ejemplo, ante posibles predadores. Es una situación compleja, en la que se puede distinguir una especie que llamamos *modelo* imitada por otra u otras que llamamos *mimos*. Las especies modelo tienen características que les confieren ciertas ventajas o las protegen de determinados peligros. Los mimos carecen de esas características y las obtienen, justamente, por mimetismo. Las semejanzas entre modelos y mimos pueden consistir en rasgos morfológicos percibidos visualmente por los predadores, pero también pueden ser características auditivas, olfativas, táctiles o de comportamiento. Son caracteres que aparecieron como resultado del proceso de selección natural.

Con frecuencia el mimetismo se toma como sinónimo del *camuflaje* –también llamado *cripsis*–, pero en sentido estricto se trata de fenómenos diferentes. En el primero distintas especies se parecen entre ellas, en tanto que en el camuflaje se asemejan a su ambiente y pasan así inadvertidas. Algunos de los ejemplos más llamativos de camuflaje se observan en insectos ortópteros (saltamontes, langostas, tucuras), mantodeos (mamboretás o tata dios, figura de portada) y fásmidos (bichos palo) que habitan en las selvas tropicales y subtropicales del planeta e imitan las formas y los colores de hojas y ramas (figura 1).

La tinta que los calamares liberan al huir de sus predadores no solo tiene el efecto de ocultarlos a la vista;

¿DE QUÉ SE TRATA?

Insectos que a primera vista parecen pequeños troncos, culebras inofensivas que se asemejan a víboras venenosas, moscas que se confunden con avispas, escarabajos que pasan por hormigas, ranas que son tanto más coloridas cuanto más ponzoñosas: ¿qué sentido tiene todo eso en la naturaleza?

Figura 1. Camuflaje en insectos: el fásmido o bicho palo de la especie *Acrophylla titan*, natural de Australia, imita una pequeña rama seca.

contiene además sustancias que engañan el olfato de los peces. Otro mecanismo de escape, que podría considerarse un camuflaje no visual, se advierte en algunas polillas, que emiten ondas ultrasónicas y confunden con ellas a los murciélagos cuando estos intentan detectarlas por el eco de los chillidos que emiten, es decir, por ecolocalización.

Un fenómeno frecuentemente asociado al mimetismo es el *aposematismo*, término que refiere a los rasgos llamativos exhibidos por ciertos organismos que actúan como señales de advertencia a sus enemigos. Esas señales pueden ser percibidas por distintos sentidos, y consistir en colores intensos y brillantes, o en sonidos como los que emiten las serpientes de cascabel, e incluso en movimientos ostentosos que se advierten como peligros.

Así, las ranas de la familia *Dendrobatidae* tienen una coloración que es tanto más intensa cuanto más peligroso es su veneno (figura 2), y varias especies de mariposas, como la monarca y la virrey, que poseen compuestos tóxicos para las aves que se alimentan de ellas, tienen colores llamativos. En mariposas, el aposematismo es frecuente tanto en el estado adulto como en el de larva u oruga. La oruga de la mariposa *Papilio glaucus* posee en su tórax unas manchas con forma de ojos, que le dan aspecto de serpiente. En la pupa de esa especie se constata también

Figura 2. Rana venenosa de la familia *Dendrobatidae*. Su coloración azul metálica con manchas negras advierte a los posibles predadores del peligro de su potente veneno. Esa clase de advertencia se llama aposematismo. Foto Michael Gäbler, Wikimedia Commons.

el fenómeno de camuflaje, dado que se asemejan a una rama quebrada (figura 3). Nótese en este ejemplo cómo un organismo se vale de diferentes formas de protección a lo largo de su vida.

Los ecólogos distinguen dos tipos principales de mimetismo, definidos respectivamente por el británico Henry Walter Bates (1825-1892) en 1862 y por el alemán Fritz Müller (1821-1897) en 1879. El *mimetismo batesiano* consiste en que una o más especies inofensivas imitan los patrones de una especie venenosa o de sabor desagradable. El *mimetismo mülleriano* se refiere a especies venenosas que advierten su peligrosidad utilizando colores similares, y así obtienen un beneficio mutuo por la generalización del signo de peligro.

Uno de los casos mejor conocidos de mimetismo batesiano en vertebrados se observa en la víbora coral y la culebra falsa coral, cuyos colores son muy semejantes (figura 4). También se conocen ejemplos de mimetismo batesiano de invertebrados que remedan vertebrados. Tal es el caso de las orugas de polillas de la familia *Sphingidae*, denominadas vulgarmente orugas víbora. Son de hábitos nocturnos y pasan normalmente inadvertidas gracias a una coloración que no salta a la vista, pero cuando se sienten amenazadas por algún predador, se cuelgan cabeza abajo y dilatan la parte anterior de su cuerpo, con lo que adquieren la apariencia de una víbora, con ojos negros, escamas y orificios nasales.

El pulpo *Thaumoctopus mimicus*, descubierto en las costas de Indonesia en 1998, imita con su coloración y con el movimiento ondulatorio de sus brazos a varias especies de peces, serpientes, anémonas, cangrejos y estrellas de mar que comparten el mismo ambiente, todas ellas venenosas en diferente grado. En este caso, lo que más llamó la atención de los investigadores es el gran número de especies modelo. Por su lado, el pez *Stalix histrio*, cuya vida adulta transcurre en una madriguera en la arena, se comporta como un mimo oportunista con relación a

Figura 3. La imitación en dos estados inmaduros de la mariposa *Papilio glaucus*. Arriba: mimetismo en estado de larva u oruga, con manchas en forma de ojos en el tórax que le confieren aspecto de serpiente. Foto *thingsbiological.wordpress.com*. Abajo: camuflaje en estado de pupa o crisálida, por el que se asemeja a una rama quebrada. Foto *www.ukbutterflies.co.uk*

Figura 4. Serpiente coral (izquierda) y culebra falsa coral (derecha). Fotos Wikimedia Commons

Figura 5. Ejemplo de mimetismo batesiano. La mosca inofensiva *Milesia undulata* (arriba) imita al avispón *Vespa cabro* (abajo), protegido de predadores por su poderoso veneno.

dicho pulpo, pues la similitud con el color de este le permite deslizarse entre los brazos sin ser advertido cuando sale de su guarida para alimentarse.

El mimetismo es muy común en insectos, muchos de los cuales adquirieron la apariencia y el comportamiento de especies venenosas. En los casos de mimetismo batesiano las especies modelo son frecuentemente himenópteros –abejas o avispas–, que utilizan aguijones para defenderse, y los mimos son moscas inofensivas de las familias *Syrphidae* y *Bombyliidae*, parecidas a los modelos pero sin aguijones. Por ejemplo, la mosca de las flores (*Milesia undulata*) imita al avispón *Vespa crabro*, que posee un poderoso veneno y colores aposemáticos (figura 5).

Entre los coleópteros (o cascarudos) se han reparado numerosos casos de mimetismo batesiano en que las especies modelo son hormigas o avispas matacaballos (*Pepsis sp.*). La imitación de hormigas por distintas especies de escarabajos inofensivos se denomina *mirmecofilia*. Los insectos mirmecófilos suelen vivir en los hormigueros e imitar no solo los caracteres morfológicos de las hormigas sino, también, sus olores y movimientos. De ese modo pasan inadvertidos y obtienen refugio, alimento y protección. Como se aprecia, los usos del mimetismo van más allá de evadir predadores.

Las autoras de este artículo estudiamos dos casos de mimetismo batesiano entre avispas y gorgojos que habitan en las mismas áreas del nordeste de Brasil. El gorgojo *Trichaptus mutillarius* imita avispas del género *Hoplomutilla* y el gorgojo *Curiades boisduvali* imita avispas del género *Dasymutilla*. Las especies imitadas son insectos solitarios que pueblan ambientes áridos de zonas tropicales y subtropicales, y producen picaduras muy dolorosas para humanos y animales. También observamos que dos especies de bicho taladro (*Compsosoma mutillarium* y *C. geayi*), que viven en la misma área que el gorgojo *T. mutillarius*, igualmente imitan a las avispas de dicho género *Hoplomutilla* (figura 6). Los gorgojos son insectos inofensivos para la salud del hombre y otros animales, pues se alimentan de distintas especies de plantas. Al imitar insectos venenosos, como son las avispas de la familia *Mutillidae*, adquieren una ventaja ante sus predadores.

La evolución ha dotado a las plantas del género *Passiflora* (flores de la pasión o pasionarias) de mecanismos defensivos para atenuar los efectos del ataque de insectos que consumen sus hojas. Uno de ellos es tener flores muy pequeñas y protuberantes, del color de los huevos de las mariposas *Heliconius*, cuyas hembras evitan poner gran cantidad de huevos en una misma planta. Otro mecanismo es producir exudaciones azucaradas que atraen a hormigas, las cuales, al atacar diversas especies de insectos que se alimentan de las flores, hojas o frutos de pasionarias, protegen a la planta de esos insectos.

Figura 6. Dos coleópteros, respectivamente de los géneros *Trichaptus* (gorgojo, a la izquierda) y *Compsosoma* (bicho taladro, al centro), imitan el patrón de una avispa del género *Hoplomutilla* (derecha), que produce picaduras muy dolorosas.

En el mimetismo mülleriano, dos o más especies con los mismos predadores adquieren evolutivamente similares señales de advertencia. Esos predadores –por ejemplo, aves que se alimentan de insectos– aprenden a reconocer qué presas deben ser evitadas, y aunque en ese aprendizaje cometan algunos errores, les bastará poder advertir las características llamativas de una sola presa a evitar, para excluir a cualquiera que se le parezca. De esta manera, cada una de las especies con características similares, que en conjunto llamamos *grupo mülleriano*, se verá beneficiada.

Además de actuar como modelo para los gorgojos, avispas *Dasymutilla* participan de grupos müllerianos integrados por especies de hormigas densamente pilosas. Se ha observado que estas avispas, cuyas hembras han perdido las alas y anidan en el suelo, comparten su ambiente con otros insectos ponzoñosos de morfología similar: las hormigas. La imitación recíproca de hormigas y avispas es beneficiosa para ambos grupos, pues en caso de que sus poblaciones se vean afectadas por algún factor adverso, el efecto negativo sobre cada una de ellas será menor.

Uno de los ejemplos de mimetismo mülleriano mejor estudiados incluye varias especies de mariposas del género *Heliconius* que se alimentan de las citadas pasionarias. Al consumir las hojas de esas plantas los insectos adquieren compuestos tóxicos que los protegen de las aves predadoras. Se conocen unas 43 especies y cientos de subespecies de mariposas *Heliconius* que habitan zonas tropicales del Nuevo Mundo y exhiben una sorprendente diversidad de patrones de coloración en las alas. A su vez, se han identificado grupos müllerianos formados por especies lejanamente emparentadas pero con patrones cromáticos similares. Por ejemplo, la mariposa *Heliconius numata* presenta siete patrones distintos de coloración de alas, algunos de los cuales imitan los de la mariposa *Melinaea mneme*, especie afín a la monarca (figura 7). Al igual que en el caso de las hormigas pilosas con las hembras de avispas de la familia *Mutillidae*, la imitación de especies de mariposas con similar patrón de coloración resulta beneficiosa para todas ellas.

En 2012, un equipo de ochenta investigadores agrupados en el 'Consorcio del genoma de *Heliconius*' descubrió las bases genéticas del mimetismo mülleriano de

1cm

Figura 7. Mimetismo mülleriano en mariposas de la familia *Nymphalidae*, pertenecientes a especies lejanamente emparentadas pero con patrones de coloración similares en sus alas: *Heliconius numata* (arriba) y *Melinaea mneme* (abajo).

Figura 8. Ejemplo de coevolución. En las orquídeas abeja, las flores se asemejan al abdomen de las hembras de las abejas que las polinizan. La foto de la izquierda muestra el macho de una abeja polinizando la orquídea *Ophrys apifera*; la de la derecha, una especie de orquídea (*Ophrys speculum*) con flores azuladas que remedan el reflejo del cielo en las alas de las abejas polinizadoras.

esas mariposas. La clave del polimorfismo observado en ellas estaría en un grupo de genes que se hereda en conjunto, denominado supergen P. Cada una de las combinaciones de variantes de genes (o alelos) que componen ese supergen controlaría un patrón específico de color de alas.

Coevolución

Un fenómeno relacionado con los anteriores es la *coevolución*. El término fue acuñado en 1964 por el biólogo Paul R Ehrlich, de la Universidad de Stanford, y el botánico Peter Raven, del Missouri Botanical Garden, quienes lo definieron como la evolución de dos o más especies en un proceso selectivo recíproco. En ese proceso se producen interacciones que van desde el *parasitismo*, por el que una especie se beneficia y la otra se perjudica, hasta el *mutualismo*, por el que ambas especies se benefician. Algunos de los casos mejor estudiados de coevolución se refieren a plantas con flores –entre ellas las mencionadas pasionarias– y sus insectos polinizadores. La mayoría de las pasionarias tienen estructuras florales que necesitan la participación de abejas, abejorros, avispas, colibrís o murciélagos determinados para ser polinizadas eficazmente. Por ejemplo, el colibrí de pico alargado (*Ensifera ensifera*) habría coevolucionado con la pasionaria *Passiflora mixta*, cuyas flores de forma muy alargada solo pueden ser polinizadas por esas aves.

La relación de ciertas especies de orquídeas con las abejas que las polinizan constituye otro ejemplo de coevolución de plantas e insectos (figura 8). Las abejas macho vuelan hacia las orquídeas abeja (*Ophrys apifera*) atraídas por su forma, por su color y por una sustancia mimética de las feromonas del insecto, y realizan un intento de cópula con las flores, lo que contribuye a la polinización de la planta. Las flores azuladas de la orquídea *Ophrys speculum* imitan el reflejo del color azulado en las alas de las abejas vistas contra el cielo.

Uno de los casos más sorprendentes de coevolución de plantas y sus polinizadores es el de las higueras (*Ficus spp.*) y las diminutas avispas de la familia *Agaonidae*. Es una relación mutualista, pues las higueras dependen exclusivamente de ciertas especies de avispas para su polinización, en tanto que los insectos dependen de las higueras para su reproducción, pues las larvas de la avispa se desarrollan en las inflorescencias de las higueras. El ciclo comienza cuando la avispa hembra deposita sus huevos dentro de los ovarios de las flores, para lo que atraviesa el pistilo con un órgano llamado *ovipositor*. La coadaptación alcanzada durante millones de años es tal que cuando el largo de los estilos de las flores varía, cambia el largo del ovipositor de las avispas. CH

María Guadalupe del Río

Doctora en ciencias naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
Investigadora asistente del Conicet.
Jefa de trabajos prácticos, FCNYM, UNLP.
gdelrio@fcnym.unlp.edu.ar

Analía A Lanteri

Doctora en ciencias naturales, FCNYM, UNLP.
Investigadora principal del Conicet.
Profesora titular, FCNYM, UNLP.
alanteri@fcnym.unlp.edu.ar

LECTURAS SUGERIDAS

DEL RÍO MG & LANTERI AA, 2012, 'Systematic revision of the genus *Curiades Pascoe*, a potential mimic of Mutillidae from Brazil', *Zootaxa*, 3570: 82-88.

DIRZO R & THOMPSON JN, 2009, 'La coevolución y las enseñanzas de Darwin', CIENCIA HOY, 19, 113: 43-48.

EHRLICH PR & RAVEN P, 1964, 'Butterflies and plants: a study in coevolution', *Evolution*, 18, 4: 586-608.

LOEHLIN DW & CARROLL SB, 2014, 'Sex, lies and butterflies', *Nature*, 507: 172-173.

RUXTON GD, SPEED MP & SHERRATT TN, 2005, *Avoiding Attack: The Evolutionary Ecology of Crypsis, Warning Signals and Mimicry*, Oxford University Press, Nueva York.

ÍNDICE del volumen 23

Autores

Agnolin, Federico L
Ver: Nicolás R Chimento

Antunes Ferreira, Fabiane
Superbacterias. El problema mundial de la resistencia a los antibióticos, 133: 39

Asúa, Miguel de
Ciencia como cultura. Las derivas de la historia y la filosofía de la ciencia, 135: 84

Avella Grillia, María Susana
Ver: Hernán Pablo Burrieza

Babot, María del Pilar
La quinua en las sociedades prehispánicas del noroeste argentino, 138: 24

Bes, Daniel R
Centenario de la física atómica, 134: 7

Bigatti, Gregorio
Perspectivas de la biología marina, 135: 49

Birba, Agustina
Ver: Matías Pandolfi

Bonomo, Mariano
Ver: Gustavo G Politis

Botto, Javier F
Investigación científica y plantas ornamentales. Una mirada al futuro, 136: 37

Burrieza, Hernán Pablo
La quinua, un cultivo andino, 138: 17

Cabanillas, Luis
Hidrocarburos convencionales y no convencionales, 134: 41
Petróleo y gas en la Argentina: cuencas productivas, 134: 49

Calabrese, Alicia
Ver: Matías Loewy

Camadro, Elsa L
Las papas silvestres y el concepto de especie, 134: 19

Carstens, Gustavo
Ver: Luis Cabanillas

Chiaramonte, José Carlos
Reflexiones sobre la naturaleza y las perspectivas de la investigación histórica, 135: 77

Chimento, Nicolás R
Necrolestes. Un mamífero patagónico que sobrevivió a la extinción de los dinosaurios, 134: 12

Ciencia Hoy
El país decimonónico, 138: 41

Coluccio Leskow, Federico
De huevos, pollos, gallos y gallinas, 133: 14
Cerevitros, 136: 6
Aprender a migrar, 136: 7
Insulinas, metabolismo y crecimiento, 136: 15
Espías cruzados, 137: 6
Poder mental, 137: 8
Biología sintética: cromosomas artificiales, 138: 9

Corach, Gustavo
Pensamientos de un matemático, 135: 26

Coronato, Andrea
Ver: Juan Federico Ponce

Del Río, María Guadalupe
Ver: Analía A Lanteri

Depino, Amaicha
Animales modelo y el estudio del autismo, 133: 26

Devoto, Fernando J
La historia y sus polémicas, 136: 19

Di Prado, Violeta
Ver: Gustavo G Politis

Díaz Añel, Alberto
Ver: Enrique Kawamura

Elkin, Dolores
Arqueología subacuática, 138: 35

Estrin, Darío A
Ver: Enrique Kawamura

Facciuto, Gabriela
Mejoramiento de especies ornamentales a partir de la flora nativa, 136: 42

Farji-Brener, Alejandro G
Conflictos de tránsito en hormigas, 133: 7

Fernández, Marilén
Ver: Juan Federico Ponce

Frasch, Alberto Carlos
ADN: Ahora, ¿hacia dónde? , 135: 57

Gangui, Alejandro
Un observatorio astronómico virtual, 136: 62
Constelaciones zodiacales, eclipses y la estrella de Belén, 137: 49
Horas variables, días de la semana y astronomía, 138: 11

García, Jaime
Guía del cielo nocturno. Número 33, julio-diciembre de 2013, 133: 53
Guía del cielo nocturno. Número 34, enero-junio de 2014, 136: 53

Geller, Bruno
Ver: Matías Loewy

Gergely, Tomás
La gestión del espectro de radio, 137: 55

Gervasoni, Julio
Fotocopiando objetos, 136: 6
La interconexión de la naturaleza, 137: 7
Materiales digitales, 137: 9
Voces de muerte, 138: 8
Voltios de sol, 138: 10
Ficción y realidad, 138: 8

Golombek, Diego A
Un cuarto de siglo contando la ciencia, 135: 12

Heras, Horacio
¿Por qué hay huevos que nadie quiere comer?, 137: 41

Hiller, Renata
El activismo de la diversidad sexual en la Argentina, 133: 21

Hocsman, Salomón
Ver: María del Pilar Babot

Iazzetta, Osvaldo M
Guillermo O'Donnell y su contribución a la ciencia política, 134: 25

Iglesias, María C
Ver: Alejandro Gangui

Ivanissevich, Alicia
Ciência Hoje. Una experiencia brasileña en divulgación científica, 135: 9

Jelin, Elizabeth
La geopolítica internacional del conocimiento, 134: 60

Kawamura, Enrique
Los premios Nobel 2013, 136: 45

Koppmann, Mariana
Emulsiones. El arte de mezclar agua con aceite, 133: 62
¿Qué sucede cuando se fríen los alimentos?, 134: 57
Flan y otros geles, 136: 27
Las masas quebradas de pastelería, 137: 61

Kornblihtt, Alberto R
Ver: Armando J Parodi

Lanteri, Analía A
La imitación en la naturaleza, 138: 54

Loewy, Matías
Del laboratorio a los medios. La primera agencia de noticias científicas de la Argentina, 135: 15

Lovecchio, Juan Pablo
Ver: Luis Cabanillas

Malamud, Florencia
¿Qué es un biofilm?, 133: 41

Maldonado, Sara
Ver: Hernán Pablo Burrieza

Marshall, Patricio A
Ver: Luis Cabanillas

Martini, José X
Los antiguos mataderos de Buenos Aires, 137: 26

Mata, Diego A
Ver: Javier F Botto

Mirabel, Igor Félix
Pasado, presente y perspectivas de la astronomía en la Argentina, 135: 29

Miralles, Daniel J
Estrategias para aumentar la producción de alimentos, 134: 29

Muñoz de Malajovich, María Antonia
Bioplásticos, 138: 50

Nadra, Alejandro D
Ver: Ignacio E Sánchez

Nastri, Javier H
Ver: José A Pérez Gollán

Neto, Francisco Radler de Aquino
Doping. Ética deportiva y salud de los atletas, 136: 9

Novas, Fernando E
Ver: Nicolás R Chimento

Oesterheld, Martín
Algunos desafíos para las ciencias agropecuarias, 135: 45
Diversidad y dominancia, 138: 7

Olivieri, Alejandro C
¿Habrá un futuro sin química?, 135: 37

Otegui, María Elena
Ver: Martín Oesterheld

Pandolfi, Matías
El cerebro de los peces y sus variadas formas de reproducción, 134: 35

Parodi, Armando J
Tres genes con historia, 135: 61

Paz, Juan Pablo
La física de la próxima década, 135: 33

Penchaszadeh, Víctor B
Bancos de datos genéticos, 134: 4

Pérez Gollán, José A
Las arqueologías por venir, 135: 73

Piegaia, Ricardo
Ver: Enrique Kawamura

Politis, Gustavo G
Ceramistas de la ribera. Los antiguos pobladores del delta del Paraná, 133: 31
Ver: José A Pérez Gollán

Ponce, Juan Federico
Las turberas de Tierra del Fuego y el clima del pasado, 137: 11

Quaglino, Ana
Una mirada diferente, 136: 7

Rabassa, Jorge
Ver: Juan Federico Ponce

Ramallo, Martín
Ver: Matías Pandolfi

Rapela, Carlos W
La geología en la Argentina, 135: 64

Reboreda, Juan Carlos
La ecología del comportamiento animal, 135: 53

Rebori, Luis
Ver: Luis Cabanillas

Richard Zivohlava, Aline
La divulgación de la ciencia en Francia, 135: 19

Roig, Claudio
Ver: Juan Federico Ponce

Romero, Gustavo E
Ver: Igor Félix Mirabel

Rougier, Guillermo W
El futuro del pasado, 135: 69

Sá Figueiredo, Agnes Marie
Ver: Fabiane Antunes Ferreira

Sabato, Hilda
La historia en tiempo presente, 135: 81

Sánchez, Ignacio E
Made in Argentina, 138: 9

Scherlis, Damián A
Ver: Enrique Kawamura

Semmartin, María
La basura y el ciclo de los materiales, 133: 48

Soldo, Juan Carlos
Ver: Luis Cabanillas

Sosa Escudero, Walter
Ver: Enrique Kawamura

Souza Cruz, Raquel
Ver: Fabiane Antunes Ferreira

Spivak, Eduardo
Las cabezas de la hidra, 137: 19

Vallejo, Eduardo
Ver: Luis Cabanillas

Vergani, Gustavo
Ver: Luis Cabanillas

Artículos

ADN: Ahora, ¿hacia dónde?
Alberto Carlos Frasch, 135: 57

Animales modelo y el estudio del autismo
Amaicha Depino, 133: 26

Arqueología subacuática
Dolores Elkin, 138: 35

Arqueologías por venir, Las
José A Pérez Gollán, Javier H Nastri y Gustavo G Politis, 135: 73

Astronomía en la Argentina, Pasado, presente y perspectivas de la
Igor Félix Mirabel y Gustavo E Romero, 135: 29

Biofilm?, ¿Qué es un
Florencia Malamud, 133: 41

Biología marina, Perspectivas de la
Gregorio Bigatti, 135: 49

Cabezas de la hidra, Las
Eduardo Spivak, 137: 19

Ceramistas de la ribera. Los antiguos pobladores del delta del Paraná
Gustavo G Politis, Mariano Bonomo y Violeta Di Prado, 133: 31

Cerebro de los peces y sus variadas formas de reproducción, El
Matías Pandolfi, Martín Ramallo y Agustina Birba, 134: 35

Ciencia, Un cuarto de siglo contando la
Diego A Golombek, 135: 12

Ciencia como cultura. Las derivas de la historia y la filosofía de la ciencia
Miguel de Asúa, 135: 84

***Ciência Hoje*. Una experiencia brasileña en divulgación científica**
Alicia Ivanissevich, 135: 9

Ciencias agropecuarias, Algunos desafíos para las
Martín Oesterheld y María Elena Otegui, 135: 45

Comportamiento animal, La ecología del
Juan Carlos Reboreda, 135: 53

Diversidad sexual en la Argentina, El activismo de la
Renata Hiller, 133: 21

Divulgación de la ciencia en Francia, La
Aline Richard Zivohlava, 135: 19

Doping. Ética deportiva y salud de los atletas
Francisco Radler de Aquino Neto, 136: 9

Especies ornamentales a partir de la flora nativa, Mejoramiento de
Gabriela Facciuto, 136: 42

Física de la próxima década, La
Juan Pablo Paz, 135: 33

Física atómica, Centenario de la
Daniel R Bes, 134: 7

Futuro del pasado, El
Guillermo W Rougier, 135: 69

Genes con historia, Tres
Armando J Parodi y Alberto R Kornblihtt, 135: 61

Geología en la Argentina, La
Carlos W Rapela, 135: 64

Geopolítica internacional del conocimiento, La
Elizabeth Jelin, 134: 60

Hidrocarburos convencionales y no convencionales
Luis Cabanillas, Gustavo Carstens, Juan Pablo Lovecchio, Patricio A Marshall, Luis Rebori, Juan Carlos Soldo, Eduardo Vallejo y Gustavo Vergani, 134: 41

Historia en tiempo presente, La
Hilda Sabato, 135: 81

Historia y sus polémicas, La
Fernando J Devoto, 136: 19

Hormigas, Conflictos de tránsito en
Alejandro G Farji-Brener, 133: 7

Huevos, pollos, gallos y gallinas, De
Federico Coluccio Leskow, 133: 14

Huevos que nadie quiere comer?, ¿Por qué hay
Horacio Heras, 137: 41

Imitación en la naturaleza, La
Analía A Lanteri y María Guadalupe del Río, 138: 54

Insulinas, metabolismo y crecimiento
Federico Coluccio Leskow, 136: 15

Investigación histórica, Reflexiones sobre la naturaleza y las perspectivas de la
José Carlos Chiaramonte, 135: 77

Laboratorio a los medios, Del. La primera agencia de noticias científicas de la Argentina
Matías Loewy, Alicia Calabrese y Bruno Geller, 135: 15

Matemático, Pensamientos de un
Gustavo Corach, 135: 26

Necrolestes. Un mamífero patagónico que sobrevivió a la extinción de los dinosaurios
Nicolás R Chimento, Federico L Agnolin y Fernando E Novas, 134: 12

O'Donnell y su contribución a la ciencia política, Guillermo
Osvaldo M Iazzetta, 134: 25

Papas silvestres y el concepto de especie, Las
Elsa L Camadro, 134: 19

Petróleo y gas en la Argentina: cuencas productivas
Luis Cabanillas, Gustavo Carstens, Juan Pablo Lovecchio, Patricio A Marshall, Luis Rebori, Juan Carlos Soldo, Eduardo Vallejo y Gustavo Vergani, 134: 49

Plantas ornamentales, Investigación científica y. Una mirada al futuro
Javier F Botto y Diego A Mata, 136: 37

Producción de alimentos, Estrategias para aumentar la
Daniel J Miralles, 134: 29

Química?, ¿Habrá un futuro sin
Alejandro C Olivieri, 135: 37

Quinua en las sociedades prehispánicas del noroeste argentino, La
María del Pilar Babot y Salomón Hocsman, 138: 24

Quinua, un cultivo andino, La
Hernán Pablo Burrieza, María Susana Avella Grillia y Sara Maldonado, 138: 17

Radio, La gestión del espectro de
Tomás Gergely, 137: 55

Superbacterias. El problema mundial de la resistencia a los antibióticos
Fabiane Antunes Ferreira, Raquel Souza Cruz y Agnes Marie Sá Figueiredo, 133: 39

Turberas de Tierra del Fuego y el clima del pasado, Las
Juan Federico Ponce, Andrea Coronato, Marilén Fernández, Jorge Rabassa y Claudio Roig, 137: 11

Cartas de lectores

Diversidad genética
Sebastián Munilla, 138: 6

Mayonesas
Julián Gutiérrez Marino, 134: 6

Ciencia en el aula

Basura y el ciclo de los materiales, La
María Semmartin, 133: 48

Bioplásticos
María Antonia Muñoz de Malajovich, 138: 50

Constelaciones zodiacales, eclipses y la estrella de Belén
Alejandro Gangui, 137: 49

Observatorio astronómico virtual, Un
Alejandro Gangui y María C Iglesias, 136: 62

Ciencia en el mundo

Premios Nobel 2013, Los
Enrique Kawamura, Walter Sosa Escudero, Ricardo Piegaia, Alberto Díaz Añel, Damián A Scherlis y Darío A Estrin, 136: 45

Ciencia y sociedad

Alimentos?, ¿Qué sucede cuando se fríen los
Mariana Koppmann, 134: 57

Emulsiones. El arte de mezclar agua con aceite
Mariana Koppmann, 133: 62

Flan y otros geles
Mariana Koppmann, 136: 27

Horas variables, días de la semana y astronomía
Alejandro Gangui, 138: 11

Masas quebradas de pastelería, Las
Mariana Koppmann, 137: 61

Editorial

Bancos de datos genéticos
Víctor B Penchaszadeh, 134: 4

Comercio ilícito de bienes culturales, 138: 4

Evaluar la actividad científica, La difícil tarea de, 133: 4

Fiesta de cumpleaños, La, 136: 4

Sistema científico y el libre acceso a la ciencia, El, 137: 4

¡Un cuarto de siglo!, 135: 6

El pasado en imágenes

Mataderos de Buenos Aires, Los antiguos
José X Martini, 137: 26

País decimonónico, El, 138: 41

Grageas

Biología sintética: cromosomas artificiales
Federico Coluccio Leskow, 138: 9

Cerevitros
Federico Coluccio Leskow, 136: 6

Diversidad y dominancia
Martín Oesterheld, 138: 7

Espías cruzados
Federico Coluccio Leskow, 137: 6

Ficción y realidad
Julio Gervasoni, 138: 8

Fotocopiando objetos
Julio Gervasoni, 136: 6

Interconexión de la naturaleza, La
Julio Gervasoni, 137: 7

Made in Argentina
Ignacio E Sánchez y Alejandro D Nadra; 138: 9

Materiales digitales
Julio Gervasoni, 137: 9

Migrar, Aprender a
Federico Coluccio Leskow, 136: 7

Mirada diferente, Una
Ana Quaglino, 136: 7

Poder mental
Federico Coluccio Leskow, 137: 8

Voces de muerte
Julio Gervasoni, 138: 8

Voltios de sol
Julio Gervasoni, 138: 10

Notas

Guía del cielo nocturno. Número 33, julio-diciembre de 2013
Jaime García, 133: 53

Guía del cielo nocturno. Número 34, enero-junio de 2014
Jaime García, 136: 53

PROMOCIÓN 25 ANIVERSARIO DE CIENCIA HOY

3 x 2

¡Suscriba a dos amigos y obtenga su suscripción gratis!

EN UN SOLO PASO

SUSCRIPCIÓN 3X2 ☐ $520 (Pesos quinientos veinte)

Suscripción individual ☐ $260 (Pesos doscientos sesenta)

Complete con sus datos:

Deseo suscribirme a partir del Nº _____

Nombre: _____

Dirección: _____

Localidad: _____ Prov: _____

C.P.: _____ Teléfono: _____

E-mail: _____

Complete si paga con tarjeta de crédito. No omita su firma y envíe copia de esta hoja con sus datos y los de sus amigos por e-mail a *contacto@cienciahoy.org.ar* o por fax a (011)4961-1824 o 4962-1330.

American Express ☐ Visa ☐

Tarjeta Nº: _____

Código de seguridad: _____ Vencimiento: _____

Banco emisor: _____

Tipo de tarjeta (gold, plateada, etc): _____

Nombre (*como figura en la tarjeta*): _____

Tipo y número de documento: _____

Firma: _____

Como titular de la tarjeta mencionada deseo que el importe de ☐ $260 ☐ $520 (marcar lo que corresponda) correspondiente a la suscripción de la revista Ciencia Hoy se debite automáticamente en mi cuenta.

Complete si paga con cheque, giro postal, transferencia o depósito. Emita el cheque a la Asociación Civil Ciencia Hoy y mándelo con copia de esta hoja completada con sus datos y los de sus amigos. Si hace una transferencia a nuestra cuenta bancaria o un depósito en ella, hágalo a la caja de ahorro 4191884-2 003-7 de la Asociación Civil Ciencia Hoy, CUIT: 33-62775953-9, en el Banco de Galicia, CBU: 0070003030004191884279. Mándenos copia del comprobante de pago y de esta hoja con sus datos y los de sus amigos por e-mail a *contacto@cienciahoy.org.ar* o por fax a (011) 4961-1824 o 4962-1330.

Cheque de Banco: _____ Nº _____ Giro Postal Ordinario Nº _____

Suscripción Amigo 1 a partir del Nº _____

Nombre. _____

Dirección _____

Localidad _____ Prov. _____

C.P _____ Teléfono. _____

E-mail _____

Suscripción Amigo 2 a partir del Nº _____

Nombre _____

Dirección _____

Localidad _____ Prov. _____

C.P. _____ Teléfono _____

E-mail _____

CIENCIA HOY

Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A
(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330

También puede obtener una copia de esta hoja pidiéndola por e-mail a contacto@cienciahoy.org.ar o entrando a la página http://cienciahoy.org.ar/suscripcion-la-revista-ciencia-hoy/

Nicolás Bonadeo, Jefe del Departamento de Física Aplicada y Ensayos No Destructivos.

130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

Desde el Centro de Investigación Industrial de Tenaris en Campana se mejoran los procesos en planta mientras se estudia e investiga el producto junto a usted. Para que pueda contar con la mejor respuesta de nuestros productos hasta en la más exigente de sus operaciones. Porque para que pueda llegar lejos, necesitamos estar más cerca.

Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.

www.tenaris.com/argentina

Tenaris