

EXACTA

mente

La revista de
divulgación
científica

Actualidad

Cóctel
antitumoral



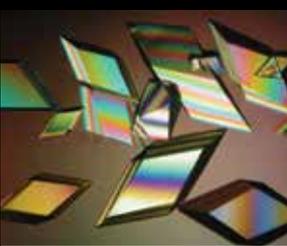
Panorama

El precio del
conocimiento



Disciplinas

Año Internacional
de la Cristalografía



Entrevista

Juan G. Roederer





ÁREA DE POPULARIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y ARTICULACIÓN CON LA ENSEÑANZA MEDIA



La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cuenta con un Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media.

EL ÁREA DE POPULARIZACIÓN:

- transmite a todo tipo de público el conocimiento científico, haciéndolo de manera clara, amena y divertida sin perder rigurosidad
- vincula a los alumnos de la escuela media con estudiantes, docentes y científicos de la Facultad a través de actividades de divulgación científica, orientación vocacional y difusión institucional



EQUIPO DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA (EPC-EXACTAS)

El EPC-Exactas coordina programas y actividades de cultura científica destinados tanto a escuelas de enseñanza media como a público en general:

- Semanas de las Ciencias
- Exactas va a la Escuela.
- La Escuela viene a Exactas.
- Exposiciones y eventos públicos de popularización.

(<http://exactas.uba.ar/epc/>)
(facebook.com/PopularizacionExactasUBA/)

DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)

La DOV-Exactas brinda información y asesoramiento para la elección de una carrera universitaria. Se organizan programas y actividades para acercar a los alumnos a las carreras científicas:

- Experiencias Didácticas.
- Talleres de Ciencia.
- Científicos por un Día.
- Charlas mensuales de las carreras.
- Consultas de orientación vocacional
- Programa de Ingresantes CBC, Exactas

(<http://exactas.uba.ar/dov/>)
(facebook.com/DovExactasUBA/)



MÁS INFORMACIÓN, CONSULTAS E INSCRIPCIONES

Secretaría de Extensión, Cultura Científica y Bienestar Ciudad Universitaria, Pabellón II, Tel 4576-3399/3337
internos 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas)
popularizacion@de.fcen.uba.ar | dov@de.fcen.uba.ar
www.exactas.uba.ar/media



EXACTAS UBA

El paso de siempre, un nuevo camino

El conocimiento científico no tiene fronteras, no tiene nacionalidad, es patrimonio de la humanidad entera. Como ninguna otra manifestación de la cultura, el saber de la ciencia es uno solo para todo el globo y puede considerarse el producto cultural que mayor impacto tiene en la vida de todos los seres humanos. La tecnología, que es la mayor fuerza transformadora de nuestro entorno, es la hija dilecta del conocimiento científico.

La mayor dificultad para la apropiación de la ciencia por parte del público pasa por la precisión de su lenguaje, su gramática exacta, sin ambigüedad, sin necesidad de adjetivación, sin contradicción. Un lenguaje con un poder de inferencia y abstracción inigualado y, al mismo tiempo, duro y casi impenetrable para quien no lo practica. Por eso, contar la ciencia al público general es todo un desafío. Enfrentar ese desafío fue la consigna que nos planteamos hace 20 años, cuando decidimos crear *EXACTamente*.

Pero había una segunda motivación: la convicción de que un país como el nuestro, jaqueado y extorsionado históricamente por poderes financieros externos y sus aliados internos, requiere saldar

la deuda de contar con un cuerpo significativo de científicos que generen conocimiento en favor de una estrategia nacional de innovación y producción que posibilite la emancipación económica. Desde nuestra política editorial, mantuvimos esa convicción contra viento y marea durante estos 20 años pese a los momentos difíciles que vivió nuestro país, donde la norma (no inocente) fue la desconsideración política y el ahogo presupuestario del sistema científico.

Y la mantenemos hoy con renovado entusiasmo, en esta década en que la ciencia se ha convertido en política de Estado, con las carreras científicas consideradas prioritarias por el gobierno nacional y una población que comienza a entreverlas como esenciales para el futuro.

Con el marco actual y las convicciones que nos acompañaron durante 20 años, desde *EXACTamente* nos planteamos andar por un terreno más vasto, acompañando el crecimiento de la ciencia nacional en toda la extensión de nuestro país. Esperamos, querido lector, que el recorrido lo sigamos haciendo juntos, con el paso de siempre, por nuevos caminos.

Ricardo Cabrera
Director de *EXACTamente*

ACTUALIDAD 6
Cóctel antitumoral

METEOROLOGÍA 10
Rayos y centellas

COSMOLOGÍA 14 ▶
La era inflacionaria

CRISTALOGRAFÍA 18 ▶
Un mundo de cristal

ACCESO ABIERTO 22
El precio del conocimiento

SALUD 26
Vectores de enfermedades parasitarias

ENTREVISTA 30
Juan G. Roederer

BITÁCORA 36 ▶
En la inmensidad de la meseta

BOTÁNICA 40
Hallazgo en Jujuy

CIENCIA APLICADA 42 ▶
Ecolocalización

EPISTEMOLOGÍA 45
¿Por qué se acepta una teoría científica?

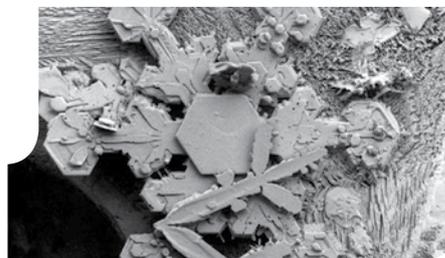
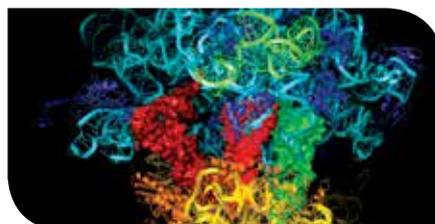
**VARIEDADES
HUMOR** 46

BIBLIOTECA 47

SITIOTECA 48

PREGUNTAS 49

ARTES 50 ▶
Helarte por el arte



CONSEJO EDITORIAL

PRESIDENTE: Jorge Aliaga. VOCALES: Sara Aldabe Bilmes, Guillermo Durán, Pablo Jacovkis, Marta Maier, Silvina Ponce Dawson, Juan Carlos Rebores, Celeste Saulo, José Sellés-Martínez

STAFF

DIRECTOR: Ricardo Cabrera. COORDINADOR EDITORIAL: Juan Pablo Vittori. JEFA DE REDACCIÓN: Susana Gallardo. REDACTORES: Cecilia Draghi, Gabriel Stekolschik. COLABORADORES PERMANENTES: Guillermo Mattei, Daniel Paz, José Sellés-Martínez, Olimpia Lombardi. COLABORAN EN ESTE NÚMERO: Diego Ferreiro y Nora Rubinstein. DISEÑO: Pablo G. González, Federico de Giacomi. FOTOGRAFÍA: Diana Martínez. LLASER IMPRESIÓN: Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.

EXACTAMENTE

es una publicación cuatrimestral de la Subsecretaría de Comunicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. ISSN papel: 1514-920X - ISSN en línea: 1853-2942 Registro de propiedad intelectual: 28199

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428 EHA Ciudad Autónoma de Buenos Aires Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464, 4576-3337, fax: 4576-3351

revista@de.fcen.uba.ar - <http://revistaexactamente.exactas.uba.ar/> Página web de Exactas-UBA: <http://exactas.uba.ar>

EXACTA mente

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 3.0 Unported.

EXACTAMENTE
se muda a una
NUEVA página web:

revistaexactamente.exactas.uba.ar



Encontrá los contenidos de todos los números de la revista y bajala en el formato que prefieras: pdf, epub o mobi

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Nuestro compromiso con la ciencia y la educación, nuestro compromiso con la sociedad

Alimentos

Ciencias Biológicas

Ciencias de la Atmósfera

Ciencias de la Computación

Ciencias Físicas

Ciencias Geológicas

Ciencias Matemáticas

Ciencias Químicas

Oceanografía

Paleontología

0001
0001

(a-b)^(a-b)
(a-b)

UBA
EXACTAS!

exactas.uba.ar | Ciudad Universitaria | Pabellón II Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Lucha contra el cáncer

Cóctel argentino

Nuevos paradigmas están cambiando la manera de encarar la pelea contra el cáncer. En nuestro país, se desarrollan con éxito distintas estrategias de punta para tratar diferentes tipos de tumores. Todo hace pensar que, como sucede con el sida, en un futuro próximo la combinación de tratamientos permitirá convivir con la enfermedad manteniendo una buena calidad de vida.

Gabriel Stekolschik - gstekol@de.fcen.uba.ar

“El cáncer no es una enfermedad. Es un conjunto de enfermedades que tienen muy poco de común entre sí”, declaraba hace pocos años el bioquímico español Mariano Barbacid, uno de los descubridores –en 1982– del primer oncogén (gen del cáncer) humano hasta entonces conocido.

Es que bajo la denominación genérica de “cáncer” se agrupan más de 150 tipos distintos de tumores cuya única característica común es que son provocados por células del propio cuerpo que, en determinado momento, sufren alguna mutación genética que las hace multiplicarse sin control; primero localmente y, luego, mediante el proceso conocido como “metástasis”, en tejidos distantes.

Esta gran diversidad de tipos tumorales hace que no exista una única estrategia efectiva para tratarlos a todos por igual. Históricamente, la terapéutica del cáncer empezó con la extirpación quirúrgica del tumor. Pero este método solo es útil para los tumores sólidos (no es aplicable, por ejemplo, para los tumores de células sanguíneas) y puede ser exitoso solamente si se efectúa en etapas tempranas de la enfermedad, cuando la metástasis aún no ha comenzado.

El descubrimiento de los rayos X a finales del siglo XIX dio el puntapié inicial al desarrollo de la radioterapia, una tecnología que en la actualidad emplea radiaciones ionizantes que pueden ser

dirigidas con bastante precisión hacia un tumor sólido para matar a las células que lo componen. No obstante, esta metodología también puede afectar al tejido sano circundante.

La segunda mitad del siglo XX trajo consigo el desarrollo de la quimioterapia, es decir, el tratamiento del cáncer con sustancias químicas. A diferencia de la cirugía o la radiación –que actúan sobre una determinada área del cuerpo–, la quimioterapia casi siempre se usa como tratamiento sistémico, es decir, se administra por diferentes vías para que alcance la circulación sanguínea y viaje por todo el organismo hasta las células cancerígenas, donde quiera que ellas estén.

La gran mayoría de los fármacos quimioterapéuticos actúan inhibiendo la división celular y, por lo tanto, afectan solo a aquellas células que se están reproduciendo activamente, como las cancerígenas. Pero el problema de estas drogas es que no discriminan entre células tumorales y células normales. La consecuencia de ello es que aquellos tejidos que están en permanente renovación –como por ejemplo la piel, las células sanguíneas o las que generan el cabello– también se ven afectados por la quimioterapia, lo cual resulta en efectos secundarios que pueden complicar la salud del paciente. Es así que, para paliar estas derivaciones no deseadas del tratamiento, en muchos casos se suelen utilizar dosis menores a las necesarias para aniquilar el tumor.

La búsqueda de sustancias químicas que actúen sobre las células malignas de manera selectiva –es decir, sin afectar a las células normales– llevó a que, en los últimos años, emergieran las llamadas “terapias dirigidas”. Estos nuevos medicamentos, muchos de los cuales se usan junto con la quimioterapia convencional, apuntan específicamente a “blancos moleculares”, es decir, atacan a moléculas particulares que están implicadas directa o indirectamente en el crecimiento de tumores.

Entre las terapias dirigidas se incluyen las denominadas “terapias biológicas”, que utilizan organismos vivos, sustancias procedentes de organismos vivos o versiones sintéticas de tales sustancias para tratar el cáncer.

En este campo, la Argentina cuenta con equipos de científicos que, con distintas estrategias, realizan trabajos de punta en el contexto mundial. Algunos productos de estas investigaciones ya alcanzaron las etapas clínicas de investigación, es decir, están siendo probados en seres humanos.

Otro paradigma

Hasta el comienzo de la década de 1990, todo el arsenal terapéutico para luchar contra el cáncer estaba dirigido a atacar el tumor. Pero en marzo de 1996, un trabajo científico publicado en la prestigiosa revista *Science* cambió la manera de pensar la contienda. En ese estudio, dirigido por el investigador estadounidense James Allison, se había decidido



orientar la artillería hacia el sistema inmune del huésped.

La pregunta que sobrevolaba al mundo de la inmunología por ese entonces era ¿por qué las defensas del organismo atacan y destruyen a las bacterias, virus y otros organismos extraños pero no hacen lo mismo con las células tumorales? Por entonces se sabía que el sistema inmune se autorregula. Es decir, una vez que logra eliminar del cuerpo algo que no reconoce como propio, detiene esa acción.

A finales de la década del 80, un equipo de investigadores franceses había descubierto una de las moléculas responsables de poner ese freno a la respuesta inmune: la proteína CTLA-4. Pero los franceses no estaban pensando en el cáncer, y Allison sí.

El estadounidense decidió entonces “ponerle un freno a ese freno” con el objetivo de determinar si, de esa manera, conseguía potenciar la respuesta inmunológica contra el cáncer. Para ello, “fabricó” un anticuerpo específico contra la proteína CTLA-4 y se lo inyectó a un grupo de ratones con tumores de colon. El experimento demostró que la inhibición de CTLA-4 por medio del anticuerpo no solo eliminaba las células malignas sino que, además, impedía el crecimiento de un nuevo tumor.

Aunque no pudieron responder la pregunta acerca de cómo hacen los tumores para evadir el sistema inmune, Allison y sus colegas habían cambiado la dirección

de la mira hacia un objetivo hasta entonces impensado. A tal punto, que pasaron varios años hasta que una empresa farmacéutica tomó la decisión de adquirir los derechos para probar la efectividad del anticuerpo en seres humanos.

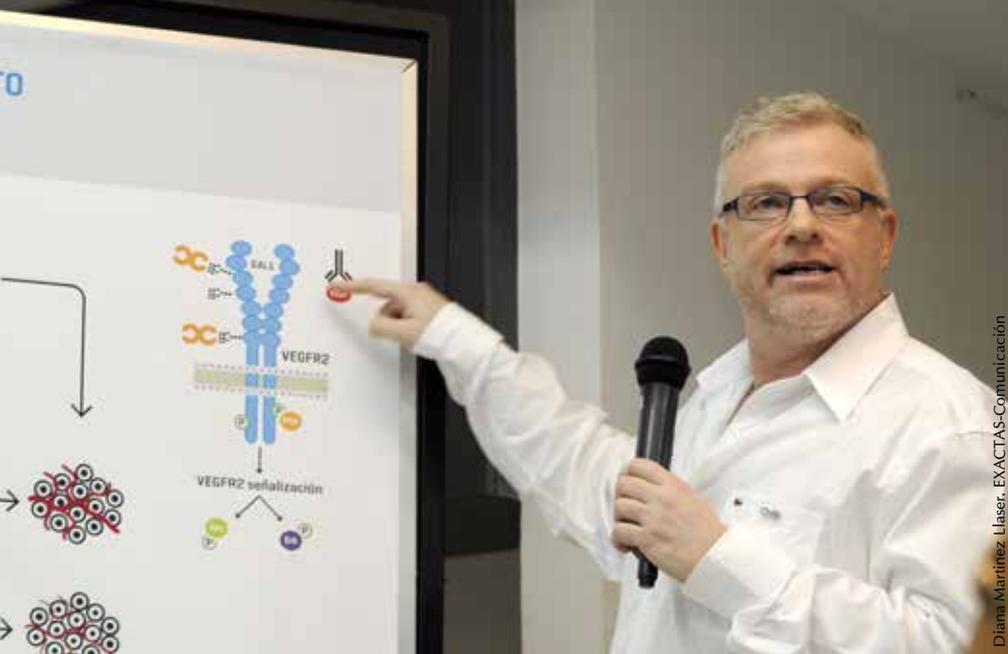
En la actualidad, se están efectuando numerosos estudios clínicos con distintos anticuerpos. El éxito alcanzado hasta el momento con esos tratamientos llevó a que, en 2013, la revista *Science* decidiera que la inmunoterapia contra el cáncer fuese considerada el avance científico del año.

Anticuerpos argentinos

Hace poco más de diez años, un 23 de marzo de 2004, la revista *Cancer Cell* – una de las publicaciones científicas más

prestigiosas del mundo– titulaba en su portada “El dulce beso de la muerte” para referirse a los sorprendentes resultados de una investigación llevada a cabo por científicos argentinos.

Aquel trabajo, liderado por el doctor Gabriel Rabinovich –investigador del CONICET y profesor en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA–, había demostrado que una proteína producida por tumores, la Galectina 1 (Gal-1), era la responsable de que las defensas del organismo no atacaran a las células cancerosas. Los investigadores habían descubierto que la Gal-1 se une a ciertos azúcares presentes en la superficie de los linfocitos T –células encargadas de protegernos– llevándolos a la muerte. De esa manera, el tumor “se deshace” de la amenaza que para él significa



Diana Martínez, Laser. EXACTAS-Comunicación

Un equipo de investigadores liderado por el profesor de Exactas-UBA Gabriel Rabinovich descubrió el mecanismo por el cual ciertos tumores no responden al tratamiento. El hallazgo no solo posibilita el desarrollo de terapias más efectivas contra esos cánceres sino, también, contra otras enfermedades. En la foto, la presentación del artículo publicado en Cell.

el sistema inmune del huésped y puede seguir prosperando.

Hace pocos días, el 13 de febrero de este año, una publicación científica aun más prestigiosa, la revista Cell, puso en su tapa otro trabajo del equipo de Rabinovich que marca un nuevo hito en la lucha contra el cáncer: los investigadores descubrieron el mecanismo por el cual ciertos tumores no responden al tratamiento.

Se sabe que las células malignas se reproducen muy rápidamente y que, para ello, requieren de grandes cantidades de oxígeno. Para satisfacer esa necesidad, estimulan la formación de vasos sanguíneos –proceso denominado angiogénesis– que les provean de ese y otros nutrientes. Los vasos sanguíneos se conforman fundamentalmente con un tipo de células, denominadas endoteliales, que crecen principalmente por la acción de una molécula denominada Factor de Crecimiento del Endotelio (VEGF, por sus siglas en inglés). Así, cuando el VEGF se une a receptores presentes en la superficie de la célula endotelial, estimula la creación de nuevos vasos.

El descubrimiento de ese mecanismo llevó al desarrollo de un medicamento –el bevacizumab– conformado por anticuerpos anti-VEGF, que neutralizan la acción del VEGF impidiendo que se una al receptor endotelial y, por lo tanto, evitando que se formen nuevos vasos sanguíneos. Este fármaco ha permitido controlar un gran número de tumores. No obstante, muchos cánceres no responden a este tratamiento y otros, que en un principio responden muy bien, dejan de hacerlo después de un cierto tiempo.

“La gran pregunta que nos hicimos al comenzar con este trabajo fue ¿por qué

sucede esto?”, comenzó diciendo Rabinovich. Trabajando con ratones, lograron llegar a una respuesta: “Encontramos que, cuando se bloquea al VEGF, entra en acción la Galectina 1 producida por las células tumorales, que se une a los mismos receptores a los que se unía el VEGF y realiza la misma función. Es decir, estimula el crecimiento de los vasos sanguíneos y permite que el tumor siga creciendo”. La particularidad de esta “angiogénesis compensatoria” (así la denominan) es que, si bien la Gal-1 se une al mismo receptor –y cumple la misma función– que el VEGF, la unión de la Gal-1 –a diferencia del VEGF– se efectúa a través de ciertos azúcares que están unidos a ese receptor.

“Comprobamos que los tumores que son refractarios al tratamiento con anti-VEGF son aquellos en los que los receptores exponen libremente esos azúcares, lo que permite que la Gal-1 se una a ellos sin inconvenientes y estimule la angiogénesis”, explica Rabinovich. “En cambio, en los tumores donde funciona perfectamente el tratamiento anti-VEGF porque no hay angiogénesis compensatoria, lo que sucede es que los azúcares no están libres, sino que están cubiertos por un “escudo” de ácido siálico, que es otro tipo de azúcar, que evita la unión de Gal-1 y, por lo tanto, no se forman nuevos vasos sanguíneos”, completa.

Hasta llegar a ser publicado en Cell, el trabajo argentino sobrellevó numerosas idas y vueltas, porque los referís que lo evaluaban sugerían nuevos experimentos. “El artículo lo enviamos por primera vez en el año 2010”, cuenta Rabinovich. No obstante, durante esos años de expectativa, no se quedaron de brazos cruzados: “Mientras esperábamos, pensamos

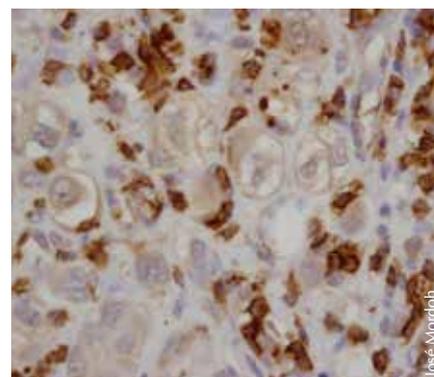
en crear una alternativa al tratamiento con anti-VEGF y fue así que hace unos años desarrollamos un anticuerpo anti-Galectina-1”, comenta, y revela: “Lo aplicamos a ratoncitos que tenían tumores refractarios al tratamiento con anti-VEGF y logramos revertir esa refractariedad, porque con el anticuerpo secuestramos a la Gal-1 y entonces impedimos la angiogénesis compensatoria”.

Vacuna argentina

La terapia con anticuerpos puede funcionar en tanto se administre de manera regular. De lo contrario, como sucede con cualquier medicamento, a medida que ejerce su acción en el organismo su concentración va disminuyendo hasta agotarse.

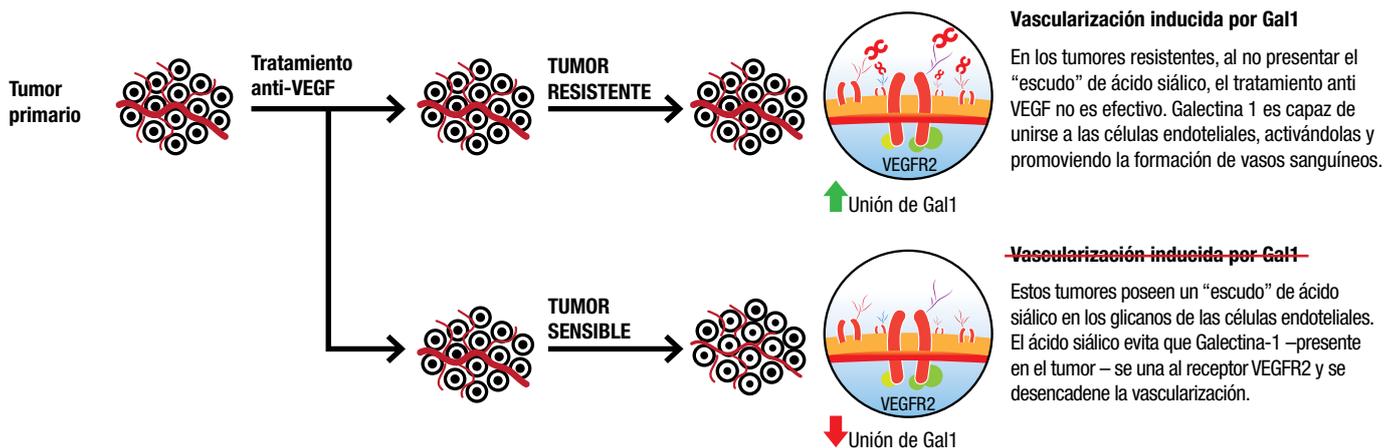
Otra forma de inmunoterapia contra el cáncer son las llamadas *vacunas terapéuticas*, cuyo fin último es que el sistema inmune aprenda a reconocer las células malignas y “guarde” ese aprendizaje en su memoria para que la acción antitumoral se prolongue en el tiempo. “Nosotros buscamos enseñarle al cuerpo a crear una resistencia contra un tumor determinado”, señala el doctor José Mordoh, investigador del CONICET en la Fundación Instituto Leloir y pionero en nuestro país en el desarrollo de la inmunoterapia contra el cáncer.

Mordoh y su equipo diseñaron una vacuna para tratar el melanoma, un cáncer de piel muy frecuente y agresivo que, si no es detectado tempranamente,



Linfocitos CD8 citotóxicos (en marrón) producidos por la vacunación, eliminando células tumorales.

Nuevo mecanismo de escape al tratamiento antioangiogénico de tumores



La acción terapéutica de un anticuerpo neutralizante de Galectina-1 logra prevenir la vascularización en tumores con sensibilidad limitada al tratamiento anti-VEGF. El bloqueo de Galectina-1 no solo suprime el crecimiento tumoral a través de un efecto clásico de inhibición de la angiogénesis, sino que logra también inducir normalización temporal de la vasculatura. Este efecto normalizador logra promover un mayor acceso de células del sistema inmune al parénquima tumoral, amplificando de esta manera la respuesta inmunológica. Fuente: Área de prensa y difusión del MINCYT.

suele ser mortal. “La vacuna apunta a dos blancos diferentes. Por un lado, estimula la respuesta inmune innata, que es rápida pero inespecífica y, por otro lado –mediante un proceso que requiere semanas o meses para desarrollarse–, promueve la activación de todo un sistema más refinado, que tiene memoria y que ataca específicamente a las células tumorales”, explica.

Para efectuar esa doble acción, la vacuna está compuesta por tres elementos. Uno de ellos es la BCG (la vacuna contra la tuberculosis), que estimula de manera rápida y potente la respuesta inmune innata en el sitio de vacunación. El segundo componente son células de melanoma que fueron muertas por irradiación. Finalmente, el tercer elemento de la vacuna es una sustancia denominada GM-CSF, que atrae rápidamente hacia el sitio de inoculación a las células dendríticas, un tipo de glóbulos blancos que son claves en la activación de la respuesta específica.

Así, cuando las células dendríticas llegan al lugar del pinchazo, fagocitan a las células de melanoma muertas e identifican sus antígenos (proteínas que son propias de esas células tumorales y, por lo tanto, extrañas al organismo). Luego, las células dendríticas viajan hacia los ganglios linfáticos donde “les enseñan” esos antígenos a los linfocitos T (otra clase de glóbulos blancos) para que “aprendan” a reconocerlos. Finalmente, esos linfocitos T serán los que atacarán a las células del melanoma de manera específica. Al mismo tiempo, mantendrán durante largo tiempo “en su memoria” el “recuerdo” de esos antígenos invasores, lo que les permitirá reaccionar

rápidamente ante la aparición de una nueva célula maligna, y destruirla.

“Tras doce años de pruebas clínicas con la vacuna contra el melanoma, nos encontramos en la última fase de esos estudios, donde el 70% de los pacientes permanecen libres de la enfermedad”, declara Mordoh.

Virus argentinos

“Para nosotros, al cáncer hay que verlo como un tejido conformado por distintos tipos de células. Por lo tanto, nuestro trabajo está dirigido a atacar a todas las células que componen esa estructura, no solo las tumorales”, sostiene el doctor Osvaldo Podhajcer, investigador del CONICET en la Fundación Instituto Leloir.

El grupo dirigido por Podhajcer manipula el genoma del adenovirus –el que provoca el resfrío común– para construir “virus terapéuticos” que infecten y destruyan específicamente a las células que componen un tumor. Para ello, insertaron en el adenovirus distintas secuencias de ADN que se activan solamente cuando se dan ciertas condiciones, propias del microambiente del tumor.

“Buscamos que el virus se multiplique únicamente en un contexto de hipoxia o inflamación, que es algo característico del microambiente tumoral. También, como cerrojo para proteger a las células normales, al virus le agregamos una secuencia de ADN que solo se activa en presencia de la proteína SPARC, que es una molécula que está presente en las células tumorales y en los fibroblastos y el endotelio que rodean el tumor”.

La quimera viral también incluye al gen que gobierna la producción de GM-CSF,

lo cual permite que, conjuntamente con la activación del virus, se produzca la llegada de las células dendríticas hacia el lugar, las que dispararán la respuesta inmune específica potenciando la acción antitumoral.

“Estamos trabajando con melanoma y con tumores de páncreas, de ovario, gástrico, y de colon. Con este último estamos a las puertas de iniciar los ensayos clínicos”, revela Podhajcer.

Futuro de convivencia

La cantidad de casos de cáncer seguirá creciendo y un factor determinante para que eso ocurra es el aumento de la expectativa de vida. Vivir más tiempo incrementa la probabilidad de que alguna célula del cuerpo sufra una mutación que desencadene la enfermedad.

Aunque algunos cánceres se curan, la gran variedad de tumores hasta ahora conocidos, y la alta variabilidad de algunos de ellos hace improbable –al menos en el corto plazo– que se los pueda sanar a todos. No obstante, el corpus creciente de conocimiento sobre este conjunto de patologías y el consecuente desarrollo de nuevas formas de tratarlas, así como el diagnóstico temprano, están aumentando la sobrevivencia de los pacientes.

“Todavía no hay forma de que una única droga sea capaz de eliminar un tumor”, opina Podhajcer. “Así como los cócteles de drogas funcionaron perfectamente para la infección por HIV, creo que para el tratamiento del cáncer también va a aparecer la idea de los cócteles que extiendan la sobrevivencia”, concuerda Rabinovich y añade: “Se trata de ir ganando tiempo”. | [F](#)

Fenómenos atmosféricos

¡Rayos y centellas!

En el verano de 2014, la caída de un rayo en un balneario de Villa Gesell, en la Costa Atlántica, causó la muerte de cuatro personas y alrededor de 20 heridos. Si bien ese tipo de tragedias no son habituales en el país, las tormentas eléctricas son un fenómeno muy común. Pero ¿cómo se generan los rayos? ¿Es posible la prevención?

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar

Desperta temor e impone respeto debido a su poder destructivo, pero también observarlo a la distancia entraña cierta belleza. Tal vez por estar asociado con el poder, ha sido el atributo con que se representaba a Zeus, dios del Olimpo en la mitología griega y que gobernaba a los demás dioses. Con el mismo atributo se representaba a Júpiter, su equivalente en la mitología romana. Se trata del rayo, ese fenómeno “caprichoso” que acompaña a las tormentas eléctricas, y puede destruir viviendas y matar a personas y animales. Si bien su furia puede ser encauzada por un pararrayos, ello no asegura una inmunidad absoluta.

Es sabido que el rayo no es otra cosa que una poderosa descarga de electricidad estática, electricidad que se genera por una gran acumulación de cargas. Durante una tormenta, son las nubes las que acumulan cargas, pero ¿cómo lo hacen?

Las tormentas eléctricas se asocian a un tipo especial de nube de desarrollo vertical, el cúmulonimbus, que puede alcanzar los 15 kilómetros de altura. En ellas, los vientos verticales hacen que las pequeñas gotas de agua que se forman al condensarse la humedad alcancen regiones donde la temperatura es menor a cero grado centígrado, y de este modo esas gotas se convierten en partículas de hielo.

Los movimientos en el interior de la nube generan choques entre las partículas y así se produce una separación de cargas. Algunas partículas pierden electrones – quedan con carga positiva–, y otras los ganan, obteniendo carga negativa. Así, los millones y millones de gotas y partículas de hielo que chocan y acumulan carga convierten a la nube en un gran condensador o acumulador de carga.

“La electrificación de la nube está asociada con la fase hielo, es decir, se generan cargas cuando hay partículas de hielo dentro de la nube, y ello sucede en las nubes altas, con temperaturas inferiores

a cero grado. En general son nubes de tormenta severa, que producen lluvia abundante, caída de granizo, descargas eléctricas y vientos fuertes”, afirma Eldo Ávila, doctor en física e investigador del CONICET en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FAMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba.

Los movimientos del aire hacen que las partículas más chicas asciendan y las más grandes (granizo) tiendan a quedarse en la zona baja de las nubes. En sucesivos ascensos y descensos, las partículas de hielo van aumentando de tamaño. Cuando la carga acumulada en ambas regiones es suficientemente grande, se comienzan a producir las descargas: primero, dentro de la nube, en forma de relámpagos. Se trata de rayos solo cuando parte de la carga puede bajar a la superficie. Dado que más del 90% de las nubes juntan carga negativa en la parte inferior, ello induce en el suelo una carga positiva.

“Cuando se acumula suficiente cantidad de carga, se crea un campo eléctrico muy





Nueva Anzures, Ciudad de México.

LA REGLA DE 30 Y 30

¿Cómo saber si uno corre riesgo de ser alcanzado por un rayo? Dado que la diferencia entre la velocidad de la luz y la del sonido es de un millón de veces, si uno ve el relámpago y empieza a contar hasta treinta (con una cadencia de 1 segundo) y al llegar a 30 escucha el sonido, eso significa que se está a 10 kilómetros del lugar de caída del rayo; si bien se está lejos, la descarga podría alcanzarnos. Hay mayor riesgo si el sonido se escucha al llegar a 10, pues se está a 3 kilómetros. Y el riesgo es mucho mayor si el sonido se escucha al decir 1, pues el rayo está a solo 300 metros.

Para estar totalmente fuera de peligro hay que contar más de treinta, porque, en este caso, la tormenta se encuentra a más de 10 kilómetros de distancia. La regla dice que, si se hace el conteo y se está dentro de la zona de peligro, hay que buscar refugio durante 30 minutos, porque es el lapso que se recomienda esperar para volver a hacer el conteo y ver si uno sigue en la zona de peligro. Se supone que en 30 minutos la tormenta se atenúa, o deja de tener actividad eléctrica.

alto en el aire, y se dan las condiciones para que parte de esa carga comience a descender”, explica Ávila. El campo eléctrico se hace cada vez más intenso a medida que aumenta la carga en la nube. De este modo, la capa aislante –que es el aire circundante–, “se rompe”, es decir, se ioniza: los iones positivos y negativos dentro de los átomos se separan mucho más que en la estructura atómica original. Así el aire pierde resistencia y permite que fluya la corriente en un intento de neutralizar la separación de cargas de signo opuesto.

Descenso en escalas

En ese momento el rayo comienza a descender en forma escalonada, haciendo una trayectoria en zigzag: baja unos metros, se frena como para “recobrar fuerzas”, vuelve a bajar y a frenarse, hasta que llega a unos 40 o 50 metros de la superficie. En ese momento establece contacto con las partículas de signo contrario que se acumularon en la superficie terrestre.

La corriente que “viaja” en el rayo es de unos 30 mil amperes. “No hay ninguna máquina construida por el hombre que pueda generar tanta carga en tan poco tiempo. También la temperatura que se genera en ese canal es altísima, similar a la que se produce en el Sol”, precisa Ávila. El sonido del trueno es la onda expansiva provocada por la descarga, que calienta el aire a muy altas temperaturas, que llegan a unos 30 mil grados centígrados.

Los elementos metálicos, especialmente los terminados en punta, facilitan que haya desprendimiento de cargas libres que salen al encuentro de las cargas negativas que bajan de la nube. Un árbol también puede comportarse como una punta, porque las cargas circulan por su interior debido a la humedad. En un lugar plano, sin construcciones altas ni árboles, una presencia humana puede operar como un canal de descarga del rayo. En este caso, las consecuencias pueden ser fatales, pues la elevada intensidad puede provocar un paro cardíaco o respiratorio



Jaime Colombek

Nueva Anzures, Ciudad de México.

VOLCANES Y ACTIVIDAD ELÉCTRICA

Cuando se produce la erupción de un volcán, se pueden observar relámpagos en el cielo, aunque no haya nubes. El hecho es que se genera un proceso parecido a lo que sucede en las nubes de tormenta. “En una erupción se eyecta una gran cantidad de partículas de distinto tamaño y también hay vapor de agua. Cuando ese material alcanza grandes alturas, el vapor se condensa en forma de hielo y puede llegar a generar un ambiente parecido al que ocurre en una nube”, explica el doctor Eldo Ávila, y agrega que, según las teorías que circulan, el fenómeno podría deberse, por un lado, al choque de las mismas partículas eyectadas, que se van cargando; o al choque de las partículas de hielo que se forman a partir del vapor de agua. En un estudio de la actividad eléctrica del volcán Puyehue (que hizo erupción en 2011), Ávila, junto con la doctora María Gabriela Nicora, miembro del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), mostraron que la actividad eléctrica es un buen indicador de actividad volcánica, y que puede emplearse para una detección temprana de erupciones.



Martin Rietze

Erupción del volcán Sakurajima en el sur de Japón en enero de 2011.

por electrocución, y también quemaduras graves debido a la enorme cantidad de calor que el rayo disipa.

Si una persona se halla aislada en una zona expuesta a rayos y siente un hormigueo en la piel o que los cabellos se le electrizan, ello indica que un rayo está próximo a caerle encima. En ese caso, se aconseja que se arroddille y se doble hacia adelante, sin acostarse sobre el suelo ni poner las manos sobre el piso.

Atrapar el rayo

A mediados del siglo XVIII, el científico e inventor estadounidense Benjamin Franklin, luego de realizar numerosos experimentos con la electricidad, postuló que las tormentas constituyen un fenómeno eléctrico. El paso siguiente fue desarrollar un dispositivo que protegiera a las personas, como un “paraguas”, ante la caída de un rayo. Es por ello que el pararrayos típico, que se ve en cúpulas y edificios, es el que se conoce como “punta Franklin”, y consiste en un mástil metálico (acero o cobre, entre otros), con tres o cuatro pequeñas varillas a la manera de corona. Mediante un cable de cobre, la punta se une a una toma a tierra, que es una pieza metálica (una pica o jabalina) clavada en el suelo. En principio, un pararrayos protege una zona de forma cónica con el vértice en el cabezal, con un radio que varía según la altura del mástil, pero puede llegar a un máximo de 200 metros.

Una vez que recibe la descarga, el pararrayos la envía a tierra para minimizar los daños en los alrededores. Es decir, “atrapa” el rayo que se está acercando y conduce a tierra esa carga que se genera. Según las normativas, en la ciudad, deben contar con pararrayos todos los edificios de más de 60 metros de altura (unos veinte pisos) así como las torres de comunicaciones y los monumentos. En el campo, deberá contar con ese dispositivo toda construcción que esté aislada, por ejemplo, viviendas o galpones.

Si bien el pararrayos puede proteger, no conviene permanecer cerca del mástil, pues en el terreno que lo rodea es donde se produce la dispersión de la corriente y, por ende, en los pies se puede sentir

una tensión, denominada tensión de paso. En el momento que cae el rayo, esa tensión de paso puede llegar a ser de algunos miles de voltios, lo que puede resultar mortífero. En cambio, si el rayo cae en el pararrayos ubicado en la terraza de un edificio, y uno se encuentra en su interior, debido a la misma estructura de la construcción, no va a sentir la corriente que se dispersa en tierra.

Rayos en la playa

En enero de 2014 la caída de un rayo en una playa de Villa Gesell provocó la muerte de cuatro personas y una veintena de heridos. Inmediatamente algunas voces reclamaron la instalación de pararrayos en las playas.

“No hay en el mundo antecedentes de balnearios con sistemas de protección contra el rayo”, señala el ingeniero José Luis Casais, del Centro de Física y Metrología del INTI. Y prosigue: “Si uno quisiera colocar un pararrayos en la playa, para que la tensión de paso no dañe a las personas, habría que construir una malla de puesta a tierra debajo de la arena, buscando la zona en que la arena se mantiene húmeda porque si está seca, no conduce la electricidad, es aislante. Esa malla tendría que rodear el mástil hasta unos 50 metros. Por otra parte, debido a la alta salinidad del suelo en la playa, esa malla, en el término de un año, resultaría carcomida por la corrosión. En consecuencia, todos los años habría que volver a montar la malla de puesta a tierra para que el pararrayos sea seguro”.

Otro tipo de protección contra los rayos sería colocar hilos de guarda, es lo que se hace en las líneas de alta tensión, según comenta Casais. “En la playa se podría construir una estructura de cables de guarda que funcione como un techo. Pero el problema es que, en algún punto, hay que derivar la corriente a tierra, y también sería necesario colocar un mallado”, advierte. Por eso, cuando uno está en la playa y ve que se acerca una tormenta eléctrica, el consejo es irse del lugar, del mismo modo en que uno se aleja si se produce un huracán.

CENTELLAS Y FUEGOS DE SAN TELMO

Algunos rayos pueden tener la forma de una esfera luminosa, es lo que se conoce como rayo globular, o centella. A diferencia de la descarga breve del rayo común, la centella puede persistir en el aire. De todos modos, se trata de un fenómeno raro.

Un fenómeno parecido es el que se conoce como “fuegos de San Telmo”: es un resplandor brillante blanco-azulado, que en algunos casos tiene aspecto de fuego, y se produce en los mástiles de las embarcaciones durante las tormentas eléctricas. Era conocido por los marineros desde la antigüedad y se consideraba como un buen augurio. Cristóbal Colón se topó con el fuego de San Telmo durante su segundo viaje a América, y el hecho fue relatado por su hijo Hernando. También en el diario de Antonio Pigafetta, sobre su viaje con Hernando de Magallanes, se narra la aparición de ese fenómeno.



San Telmo o San Pedro González Telmo, patrón de los marineros. Esta representación corresponde a un retablo que se encuentra en el Alcázar de Sevilla. Cuadro pintado por Alejo Fernández en el Siglo XVI.



Archivo EXACTAS-Comunicación

El pararrayos típico es el que se conoce como “punta Franklin”, y consiste en un mástil metálico (acero o cobre, entre otros), con tres o cuatro pequeñas varillas a la manera de corona. Mediante un cable de cobre, la punta se une a una toma a tierra, que es una pieza metálica (una pica o jabalina) clavada en el suelo.

El hecho de instalar un pararrayos no asegura que el rayo vaya a caer en él. “El rayo es caprichoso, y no necesariamente cae donde el hombre determina que caiga. Con los pararrayos se capta una gran cantidad de rayos, pero muchos caen fuera”, señala Casais, y recuerda el rayo que cayó en enero de 2014 sobre el Cristo Redentor, en Río de Janeiro, dañando uno de los dedos de una mano. “Ese monumento posee un sistema de protección contra descargas eléctricas, que consiste en pequeñas puntas Franklin montadas sobre los brazos del Cristo, con 30 centímetros de altura y entre 3 a 4 metros de distancia entre una y otra. Pero el rayo no cayó sobre esas puntas, sino sobre el extremo de uno de los dedos y lo dañó”, relata.

Mapeando rayos

Mediante un mapa de rayos se puede saber qué regiones se encuentran más afectadas por las descargas eléctricas. La forma tradicional de hacer ese mapa es que un observador, en una estación meteorológica, cuente los días en que escuchó o vio descargas eléctricas, y las anote. Con esos datos acumulados, uno puede saber en una región qué cantidad de días de tormenta tiene. Asimismo, con la información de varias estaciones meteorológicas se puede confeccionar un mapa ceráunico (del griego *queraunós*, que significa “rayo”) que indica la cantidad de días de tormenta eléctrica que hay en esa región, a través del tiempo.

El problema es que las estaciones meteorológicas que están aisladas, observan lo que pasa en un radio acotado, pero no hay forma de obtener información de las áreas intermedias entre dos estaciones. Lo que se hace es interpolar

la información y se saca el promedio de ambas estaciones.

Sin embargo, en la actualidad, existen estaciones sensoras, que pueden registrar las descargas eléctricas que se producen en cualquier lugar, aunque sea inhóspito. Por triangulación, se puede saber que en tal lugar cayó un rayo, o se produjo una descarga a tal hora. “Con esa información se pueden hacer los mapas isoceráunicos con mayor precisión y más confiables”, asegura Ávila. Estos mapas presentan líneas que unen lugares con igual cantidad de días de tormenta.

De ese modo se puede conocer, por un lado, la actividad eléctrica en una región. Por otro lado, se puede registrar la cantidad de descargas que caen por kilómetro cuadrado por año. Con estos datos se puede hacer climatología. “Uno puede estudiar por ejemplo, lo que pasó desde hace diez años a esta parte, y determinar si una zona tiene mayores probabilidades que otra de recibir descargas eléctricas”, señala, y agrega: “También, si se cuenta con datos en tiempo real, se puede saber dónde están cayendo las descargas en un momento determinado y utilizar esa información para dar alertas, como forma de prevención”.

El rayo ya no es la manifestación de la ira de Zeus, es solo un fenómeno de descarga de electricidad estática. Pero, así como en la mitología no era posible controlar la ira de los dioses, tampoco podemos controlar del todo a la naturaleza. Por eso, si queremos estar lejos del alcance de los rayos, lo mejor es observarlos desde lejos, y bajo techo. |

Cosmología

Nada sabemos aún sobre la inflación

El 17 de marzo pasado la Universidad de Harvard comunicaba el hallazgo de las esperadas ondas gravitatorias primordiales del Big Bang y, así, la confirmación de la Teoría de la Inflación Cósmica. Sin embargo, a fines de mayo, grupos independientes demostraron que la evidencia no era suficiente. Una no poco frecuente historia de la Física.

Guillermo Mattei - gmattei@df.uba.ar

Con el Big Bang nació el tiempo. Cuando el reloj cósmico marcó la fracción de un segundo, que resulta de dividirlo por un diez seguido de treinta y cuatro ceros, el universo naciente –una versión supercomprimida del actual– pasó, por alguna razón, por una etapa de expansión terriblemente acelerada: la *era inflacionaria*. Sin embargo, una de las consecuencias principales de esta era resultó ser el apaciguamiento, aplastamiento o suavizado de las características que definían a ese alocado universo bebé. Las inhomogeneidades o granularidades de la materia y energía por unidad de volumen –*densidades*–, los efectos de gravedades monstruosas –*curvatura espacial*– y algunas reliquias indeseadas simplemente se diluyeron luego de la inflación. En otras palabras, la energía que comandaba esa expansión desmedida, tampoco se sabe bien por qué, transmutó a la materia y a la energía que hoy observan los físicos inaugurando, así, la bien conocida por ellos, etapa del *Big Bang Caliente*.

De todas maneras, las leyes de la mecánica cuántica prohíben suavizar

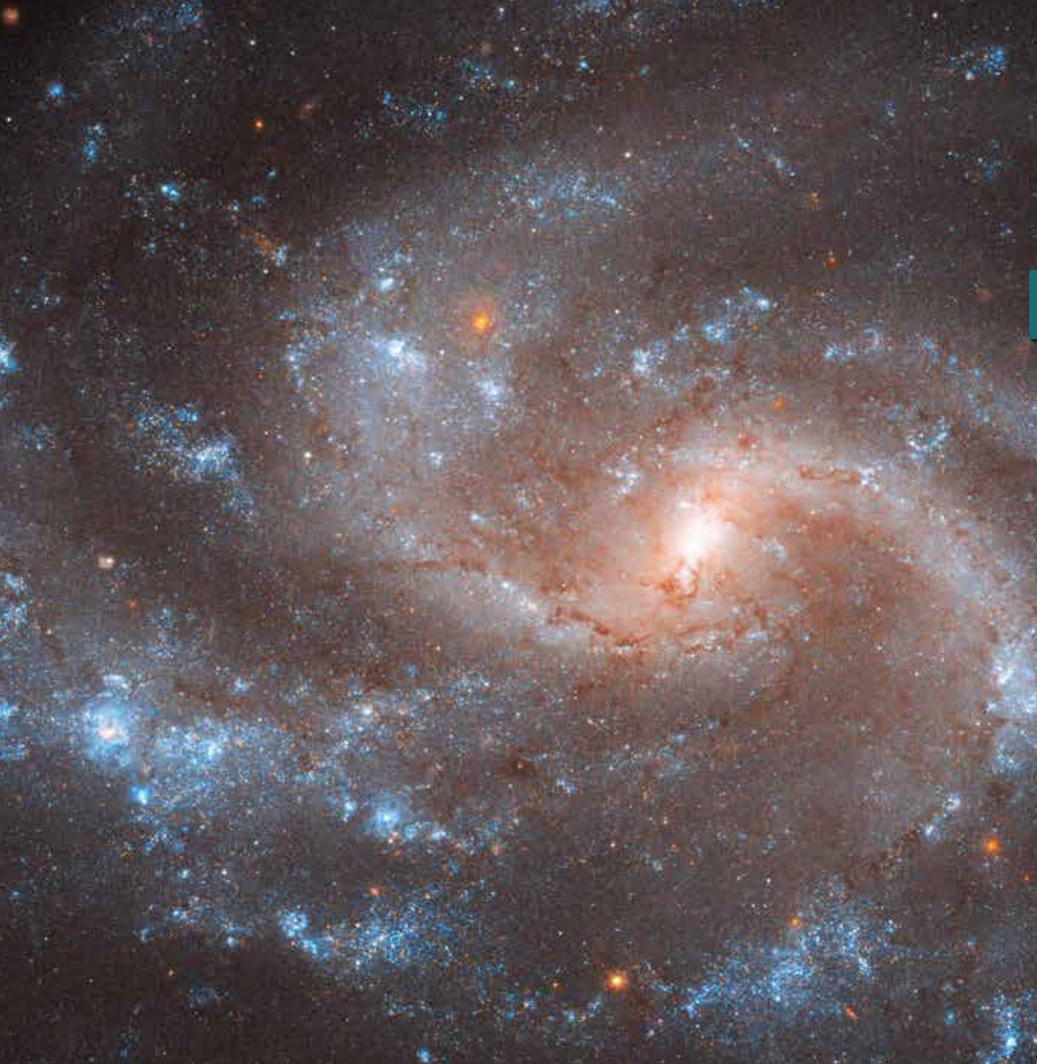
completamente todo. El llamado *Principio de Incertidumbre* de Heisenberg sentencia que siempre quedará una granularidad residual aun en el estado de más baja energía o *estado de vacío cuántico* (ver EXACTAMENTE 41). En términos algo más técnicos, estas restricciones afectan a los llamados *campos cuánticos*, que son versiones de campos continuos –como por ejemplo el electromagnético– cuyas partículas virtuales asociadas pueden crearse y destruirse –de acuerdo con el Principio de Incertidumbre– durante intervalos de tiempo muy cortos. En el contexto inflacionario, los campos cuánticos relativamente *livianos* o de poca masa siempre fluctuarán.

Paradójicamente, esa borboteante fase inflacionaria necesariamente implicó dos predicciones contundentes: finalmente el universo debe ser altamente homogéneo y su geometría debe ser poco *curvada* a causa de los efectos gravitatorios. Eso es lo que los astrofísicos observan hoy con gran precisión. Luego, las pequeñas irregularidades o perturbaciones justo antes de la *etapa suavizada* son una fuente rica en información cuantificable acerca de la era inflacionaria anterior.

Inflatón y ondas gravitatorias

En la inflación hay dos clases de efectos atribuibles a dos campos cuánticos fluctuantes: el *campo inflatón* y el *campo gravitacional*. Los físicos llaman *inflatón* al motor de la inflación que, aun sin conocerlo directamente, tiene efectos observables. El inflatón puede, eventualmente, convertirse en materia o en radiación, lo cual produce variaciones en la densidad del apretujamiento primigenio o *plasma*. Esas variaciones son justamente las que muestra el Fondo de Radiación Cósmica (FCR, ver recuadro *Lluvia cosmológica*) o mapa de las pequeñas diferencias de temperatura, de cien milésimos de grado, de un punto a otro de la bóveda celeste que fueron, a medida que avanzaba la expansión, la semilla de estrellas y galaxias (ver Figura 1).

En la década de 1980, luego de propuesta la idea de la inflación, los físicos especularon que, además de la fluctuación en las densidades, debía haber también fluctuación en el campo gravitacional. Estas fluctuaciones adicionales se llaman *ondas gravitacionales* y van acompañadas de sus partículas cuánticas o *gravitones*. En este sentido, de manera parecida al hecho de que una onda electromagnética es una



LLUVIA COSMOLÓGICA

Esa molesta señal que reproduce la televisión de aire antes de la señal de ajuste es *ruido de fondo* y proviene del movimiento al azar de los electrones en la antena y en los circuitos del aparato. Si uno pudiera *descontarlo*, aún habría ruido de fondo: una fracción de ese ruido corresponde a fuentes de radio de nuestra galaxia. De nuevo, si uno pudiera descontarlo, aún habría ruido de fondo: una parte proviene de otras galaxias. Una vez más, si uno pudiera descontarlo, aún subsistiría un ruido que llega de todas partes del cielo por igual. Y ya no hay manera de descontarlo.

Este inevitable ruido del cielo tiene temperatura: tan solo tres y medio grados Kelvin. ¿Por qué? Cualquier cuerpo a temperatura superior al cero absoluto emite un ruido radioeléctrico producido por el movimiento de los electrones internos del cuerpo. La intensidad de ese ruido está muy relacionada con la temperatura del cuerpo.

Pero ¿qué causa esta lluvia que aún nos sigue mojando? Unos trescientos mil años después del Big Bang, la altísima temperatura del plasma de partículas y energía iniciales ya había descendido lo suficiente como para que esa sopa fuera menos densa y permitiera, así, que los fotones se escaparan. Esa lluvia de fotones es el Fondo de Radiación Cósmica, FCR.

Hasta la década de 1960, todos los estudios experimentales indicaban que el FCR llegaba por igual desde todas partes con asombrosa y desconcertante uniformidad. Pero, en los años 90, el satélite COBE fue el primer instrumento construido con la sensibilidad adecuada como para reconocer pequeñísimas variaciones en el FCR. Finalmente, en 2006, la sonda WMAP cuantificó esas variaciones de manera notable. Fue algo así como ver una pelotita de golf, primero, desde cincuenta metros –perfectamente redonda y blanca– y, luego, desde cinco centímetros: ya no perfectamente esférica sino con numerosos pozos de una profundidad muchísimo menor que su propio diámetro.

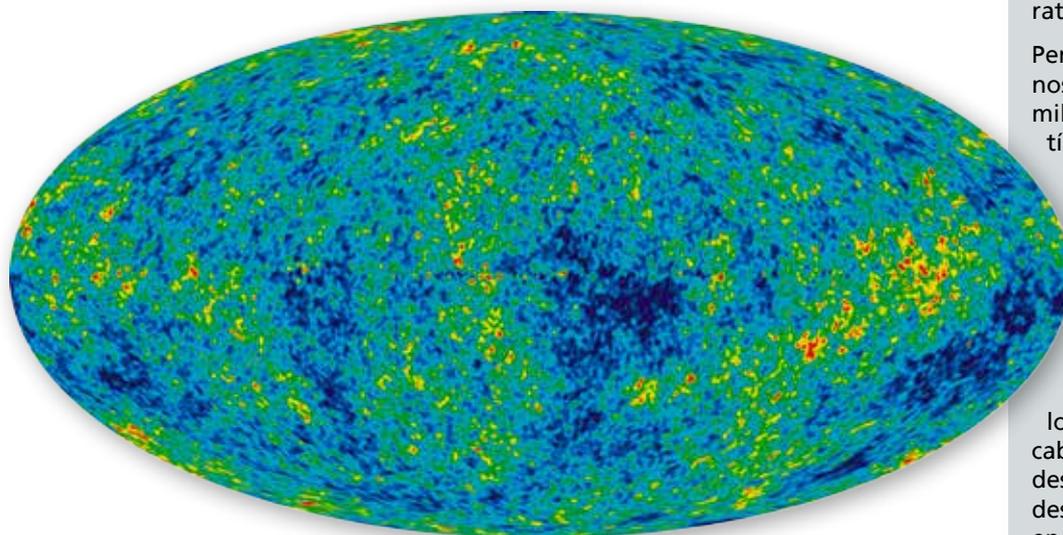


Figura 1. El Fondo Cósmico de Radiación (FCR) es un mapa de las diferencias de temperatura, de cien milésimas de grado, de la bóveda celeste.

oscilación de los campos eléctrico y magnético que se propagan a la velocidad de la luz, las ondas gravitacionales son una oscilación del campo gravitacional que se propaga a esa misma velocidad. A las ondas electromagnéticas se las detecta porque pueden hacer oscilar partículas cargadas y, en principio, a las ondas gravitacionales se las podría sentir cuando estiren y compriman alternadamente a la materia que encuentren a su paso.

Las ondas gravitacionales que provienen de la inflación son interesantes por dos motivos. Primero, porque existen como tales. Segundo, porque al analizar el mapa del FCR proveen una manera de diferenciar sus efectos de los de las fluctuaciones de la densidad. De eso se encargó exitosamente el físico argentino Matías Zaldarriaga (ver apartado *El mejor de todos nosotros*).

DE POLVO SOMOS

Tras las huellas del Modo B, los científicos del polarímetro BICEP-2, del Centro Harvard-Smithsoniano para la Astrofísica (Estados Unidos), examinaron porciones de cielo de entre uno y cinco grados (de dos a diez veces una Luna llena) que les permitieron capturar fotones del FCR desde una perspectiva capaz de ver a través de nuestra propia Galaxia de la Vía Láctea. Para hacer esto, los astrofísicos experimentales se trasladaron al Polo Sur aprovechando el aire frío, seco y estable.

El equipo del BICEP-2 aplicó una nueva y completa tecnología para hacer estas mediciones con un análisis de datos, demandó tres años de depuración de las fuentes de enmascaramientos y errores, tales como el polvo galáctico. De todas maneras, con la hipótesis que la intensidad del polvo galáctico varía de la misma manera en todo el cielo, incluido el del polo Sur, grupos de investigación independientes demostraron que el Bicep-2 no obtuvo clara evidencia de ondas gravitatorias primordiales escondidas dentro de la señal que aportó el polvo galáctico. Luego, no hay evidencia ni a favor ni en contra de la inflación.

Un típico ejemplo de método científico. No hay búsqueda de consensos. No hay suicidios. A seguir trabajando.

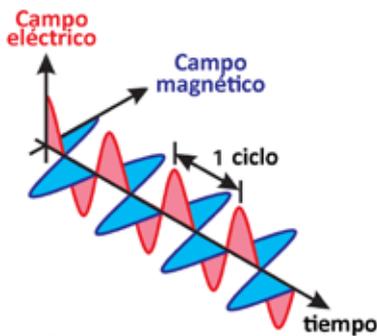


Figura 2. Propagación de una onda electromagnética.

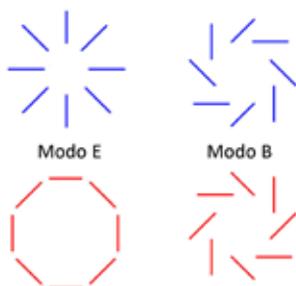


Figura 3. Modo E y Modo B de la polarización.

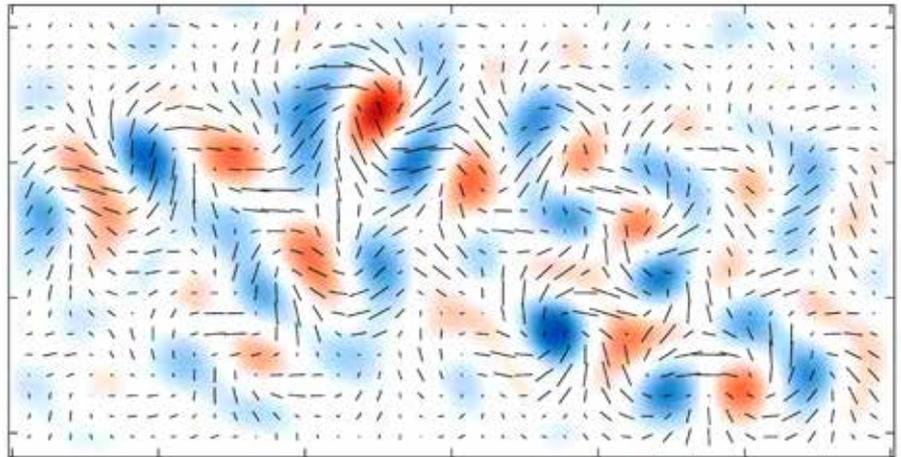


Figura 4: Señal del Modo B de la polarización medida por el experimento BICEP2.

Cristales polarizados

Cualquier tipo de radiación que observemos, como las microondas del FCR, tienen una polarización. ¿Polarización? Matemáticamente, las ondas electromagnéticas son dos flechas o vectores: una es el campo eléctrico y la otra el magnético (ver Figura 2). Los tamaños de ambas flechas varían armónicamente en un plano perpendicular a la línea de propagación y la polarización es la dirección en la que oscila el campo eléctrico. Por ejemplo, en la luz que proviene de una lámpara incandescente todos los fotones luminosos que salen de ella tienen sus polarizaciones en direcciones aleatorias, por lo que el efecto global es inexistente. Sin embargo, cuando la luz del Sol rebota en el pavimento de una ruta, esta la polariza en la dirección horizontal. Es decir, todas las flechas del campo eléctrico quedan alineadas en forma paralela al piso. Como los vidrios polarizados de las lunetas delanteras, por su estructura polimérica, dejan pasar solo luz con los campos eléctricos perpendiculares al piso, el efecto final es el de anular la polarización incidente y, así, atenuar la intensidad. La radiación del FCR es parecida a una fuente incandescente, pero no absolutamente. El FCR tiene una muy pequeña polarización residual. Aun sin ondas gravitacionales, el FCR está polarizado debido a las fluctuaciones de densidad. Luego, las medidas y observaciones astronómicas del FCR deberían poder diferenciar a la

polarización inducida por la densidad de la polarización inducida por la gravedad.

El mapa de la polarización del FCR (ver Figura 4) se caracteriza por una distribución de pequeñas rayitas en el cielo que describen las direcciones de la oscilación neta del campo eléctrico. A partir de estos mapas, los físicos distinguen dos clases o modos de la polarización (ver Figura 3): el modo E y el modo B. Las perturbaciones de densidad producen el Modo E, mientras que las de las ondas gravitacionales producen ambos modos. En este contexto, el principal objetivo del experimento de Bicep-2 de la Universidad de Harvard fue el de encontrar una genuina polarización en Modo B proveniente de ondas gravitacionales primordiales (Ver recuadro *De polvo somos*).

La energía de la inflación

Tanto las fluctuaciones de densidad como las de ondas gravitacionales surgen de fluctuaciones cuánticas en la etapa de inflación. Sin embargo, medir las fluctuaciones de densidad no arroja información acerca de la energía involucrada en la inflación. Con las fluctuaciones de las ondas gravitatorias ocurre algo diferente: ellas mismas son producto de la inflación y, además, los astrofísicos las observan directamente usando el hecho de que su amplitud –su intensidad, en algún sentido– está directamente relacionada con la escala de energías presente en la inflación. |

PARA VER Y ESCUCHAR MÁS

<http://phdcomics.com/comics/archive/phdo31914spanish.gif>

https://www.youtube.com/watch?feature=player_etailpage&v=4lBNJbCzfk

El mejor de todos nosotros

Leer a Cortázar y a una de sus mejores biografías es una experiencia impactante, pero charlar mano a mano con alguien que lo haya conocido personalmente tiene un sabor adicional. La trascendencia internacional del graduado de Exactas-UBA, Matías Zaldarriaga, está hoy bastante difundida (ver *EXACTAMENTE* 36), pero su huella por el Departamento de Física, narrada de primera mano, no tanto.

El profesor del Departamento de Física Juan Pablo Paz relata: "En 1992, el astrofísico Diego Harari, que en ese entonces era profesor en el Departamento de Física, aceptó a un estudiante para dirigir su tesis de licenciatura. Ese estudiante era brillante a todas luces: había hecho la carrera rapidísimo, con notas espectaculares, todos los docentes hablaban de él y, como si lo anterior fuera poco, se daba tiempo para actuar como representante estudiantil en el cogobierno universitario de la FCEyN." Eran las épocas del intento neoliberal por asaltar la Universidad Pública, y Zaldarriaga era un referente de la resistencia.

Su mentor, Diego Harari, ahora investigador del CONICET en el Centro Atómico Bariloche y profesor en el Instituto Balseiro, confirma: "Lo que a mí más me impresionaba era la rapidez de su pensamiento, como si sus neuronas estuvieran cableadas mucho más eficientemente que las de cualquiera de nosotros. Su capacidad deductiva y su intuición física eran notables. Cuando empezó a trabajar en su tesis de licenciatura, le propuse que estudiáramos un trabajo publicado unos meses antes sobre polarización del FCR generada por ondas gravitacionales. El tenía que estudiar, entre otras cosas, relatividad y cosmología antes de poder abordar el tema. Yo calculaba que tendría cómodamente unos tres o cuatro meses para *entretenerse*, mientras yo mismo estudiaba los detalles de ese trabajo y pensaba cómo continuar la investigación. Una semana después Matías entró a mi oficina y me explicó en el pizarrón, con lujo de detalles, no solo los cálculos de ese trabajo sino sus propios avances para mejorar el método."

Otro profesor del Departamento de Física, Diego Mazzitelli, ahora en el Centro Atómico Bariloche y en la Universidad de Río Negro, recuerda: "Cuando volví a la Argentina de mi post doctorado en Trieste, me ofrecieron dictar la materia Relatividad General. Matías estaba entre los alumnos. ¡Fue una frustración muy grande para mí no poder responderle casi ninguna pregunta! Claramente ya sabía muchísimo del tema y con una profundidad notable".

Y así fue que en 1993 Zaldarriaga se recibió de licenciado en Física con una tesis sobre anisotropía de la polarización del FCR y comenzó su doctorado con

Harari en un plan de trabajo centrado en ese mismo tema. Fernando Lombardo, profesor del Departamento de Física y ex compañero de doctorado de Zaldarriaga en los años 90 aporta: "Matías siempre estaba interesado por todo lo que hacíamos los demás, fuera o no un tema cercano a su trabajo. Todo le interesaba, todo lo preguntaba y, al poco tiempo, ponía en jaque a más de uno en su propio tema, con preguntas que mostraban la profundidad del entendimiento y una motivación permanente".

Paz finaliza: "Estuvo poco menos de dos años en el Departamento de Física y decidió continuar su doctorado en Estados Unidos. Mandó las solicitudes, dio el examen de admisión con notas inéditas y las mejores universidades lo tentaron con condiciones extraordinarias. Matías eligió el Instituto Tecnológico de Massachussets donde se graduó en muy poco tiempo. En su doctorado siguió trabajando en el mismo problema en el que se había iniciado aquí, pero obviamente con una perspectiva mucho más amplia y con la mira puesta en los diversos experimentos que por ese entonces planeaban detectar las anisotropías en la polarización. Hoy Matías Zaldarriaga es uno de los expertos más importantes del mundo en ese tema. Trabaja como profesor en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (Estados Unidos), un lugar para muy pocos."

Leer a los Cortázar y, además, a sus buenas biografías puede ser muy estimulante pero entrevistar a sus amigos no tiene precio.



Matías Zaldarriaga

Diana Martínez Liáser

Año Internacional de la Cristalografía

Un mundo de cristal

Los tocamos, admiramos, padecemos, usamos y disfrutamos aún sin reconocerlos. Es que los cristales forman parte de nuestra vida a diario y suelen pasar desapercibidos. Para llamar la atención sobre ellos, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al 2014 como el Año Internacional de la Cristalografía. La Unesco y la Unión Internacional de la Cristalografía están trabajando en conjunto para divulgar esta ciencia en todo el mundo.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Imágenes: © IUCr

Vivimos en un mundo de cristal. Están por todas partes. Algunos son valiosísimos, como las esmeraldas o los rubíes; otros dan sabor a la vida, como la sal. Es más, incluso están en nuestro organismo y nos permiten mantenernos de pie y morder. Es que nuestros huesos y dientes están hechos de cristales de un tipo de fosfato. También evitan que nos caigamos de un momento a otro, pues monocristales de calcita, ubicados en el oído interno, controlan el equilibrio. A veces nos hacen doler como ocurre con las piedras renales, pero también alivian parte de nuestros malestares al estar presentes en medicamentos.

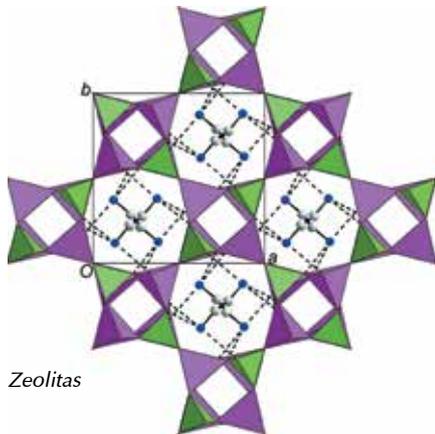
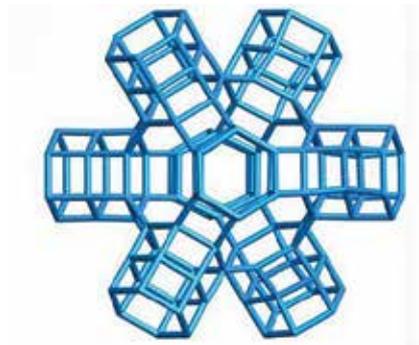
“Desde el mismo momento en que nos levantamos, y con cada paso que damos, hay cristales a nuestro alrededor. Los encontramos como componentes de la pasta de dientes, como granos de azúcar o formando la estructura de una cáscara de huevo, aportando de este modo sus propiedades mecánicas. También, en las pantallas de cristal líquido de los despertadores, celulares y monitores de las

computadoras. Asimismo se los halla en los convertidores catalíticos de los autos, en la nieve o en la comida congelada. Los cristales están, literalmente, en todas partes en nuestra vida cotidiana”, aseguran desde la Unesco, que recientemente organizó en París la ceremonia inaugural del Año Internacional de la Cristalografía.

Si los cristales nos permiten estar de pie, la cristalografía que los estudia es considerada la columna vertebral de una amplia gama de industrias como la farmacéutica, la agroalimentaria, la informática, la minería y las ciencias espaciales, entre otras. “El hecho es que, a pesar de que impregna nuestras vidas, la cristalografía sigue siendo en gran parte desconocida. ¿Cuántas personas saben, cuando se suben a un avión o toman medicamentos, que estos productos son el fruto de un largo proceso que se inició con la cristalografía?”, planteó Irina Bokova –directora general de la Unesco– al lanzar junto con la Unión Internacional de Cristalografía una serie de actividades que tendrán lugar en

todo el mundo para promover y hacer brillar a esta especialidad (ver recuadro *Concurso en escuelas*).

La Argentina forma parte de esa agenda y tiene anotadas distintas semanas de jornadas de laboratorio abierto en el Instituto de Física de la Universidad de La Plata-CONICET, y en el Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Estas instituciones cuentan con los dos únicos difractómetros de rayos X de monocristales modernos que hay en el país. Este equipo permite elucidar estructuras moleculares y cristalinas de compuestos químicos a nivel atómico a partir de muestras de un tamaño más pequeño que la cabeza de un alfiler. En otras palabras, permite desnudar la estructura de la materia y “ver” la ubicación de los átomos. Este costoso aparato es un sucesor muy afinado y avanzado del experimento de difracción de rayos X que ocurrió hace un siglo, y abrió los ojos a los científicos. Max von Laue, William



Zeolitas

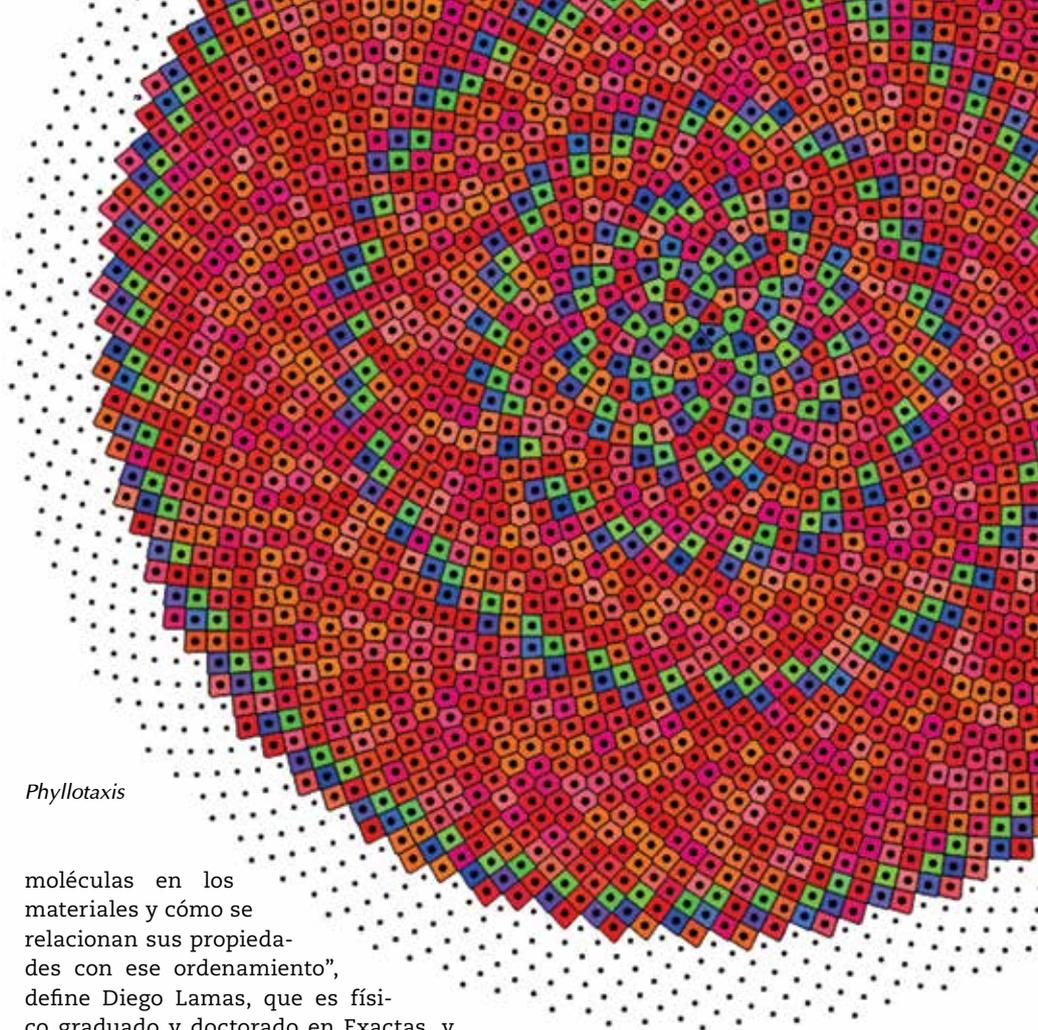
Henry Bragg y su hijo William Lawrence fueron algunos de los pioneros que echaron luz en este campo, y recibieron Premios Nobel por sus hallazgos. Es más, inauguraron una larga lista de galardonados que accedieron a la codiciada distinción de la Academia Sueca por sus logros en esta temática. Max Perutz, entre ellos, dijo: “La cristalografía muestra por qué la sangre es roja y el césped verde, por qué el diamante es duro y la cera blanda, por qué el grafito escribe sobre el papel y por qué la seda es fuerte”.

A ordenarse

Pero ¿de qué se trata la cristalografía? “Es una ciencia que estudia fundamentalmente el ordenamiento de átomos o

CONTRIBUCIÓN VITAL

“La Cristalografía ha moldeado la historia del siglo XX. Ha hecho una contribución vital para nuestra comprensión de las bases de la vida misma, en particular mediante el trabajo de Francis Crick y James Watson quienes, con la valiosa contribución de la cristalógrafa Rosalind Franklin, revelaron hace unos 60 años que la estructura del ADN era una doble hélice. En los últimos 50 años, las estructuras de más de 90.000 moléculas biológicas fueron reveladas por cristalógrafos, con grandes repercusiones en el cuidado de la salud”, dijo Iriina Bokova, directora general de la Unesco, al inaugurar el Año Internacional de la Cristalografía.



Phyllotaxis

moléculas en los materiales y cómo se relacionan sus propiedades con ese ordenamiento”, define Diego Lamas, que es físico graduado y doctorado en Exactas, y actual investigador independiente del CONICET en la Universidad Nacional del Comahue, además de presidente de la Asociación Argentina de Cristalografía.

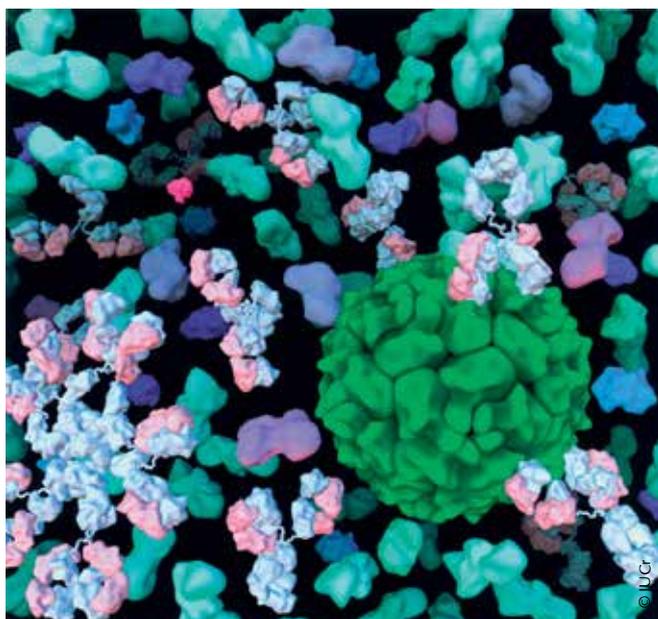
No es lo mismo que los átomos se ordenen de una manera u otra, y según cómo lo hagan, los resultados pueden ser determinantes. “Por ejemplo, el carbono: de un mismo compuesto se puede tener un diamante o grafito. Es la misma sustancia, acomodada de diverso modo. Son átomos de carbono puro en un lado y en el otro. Uno vale una fortuna y el otro, centavos”, compara el doctor José Selles-Martínez, desde el departamento de Ciencias Geológicas de Exactas-UBA.

Comprender qué está pasando allí dentro es uno de los desafíos. “Entender el ordenamiento es fundamental para entender las propiedades de los materiales, y tiene muchas aplicaciones en numerosos campos”, destaca Lamas quien estudia nanomateriales (cristales de muy pequeñas dimensiones) y enseña agrega: “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”.

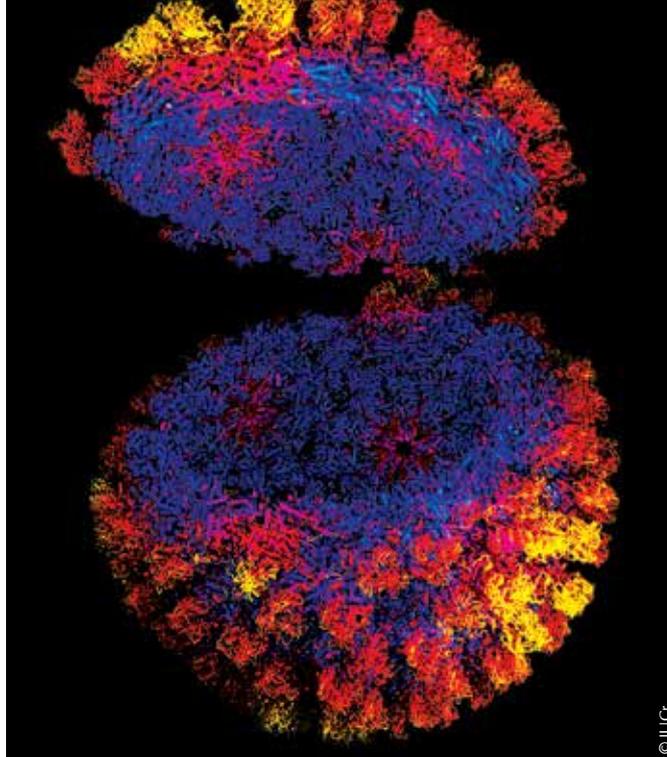
Es posible hallarlos de todas las medidas imaginables. “Algunos son tan pequeños que solo son visibles en microscopios electrónicos; otros tienen metros y metros cúbicos de volumen como los

que se hallan en las Cuevas de Naica en México, por donde hace muchísimo tiempo circulaba agua con determinada temperatura y presión que conformaron estos cristales espectaculares”, detalla Selles. De belleza extrema, los cristales atrajeron la atención desde tiempos inmemoriales y se buscó imitarlos a través de obras arquitectónicas o escultóricas. “Lo primero que atrajo al hombre a la cristalografía fue la estética y el negocio (de las piedras preciosas)”, dice Selles, sin ocultar su fascinación por esta disciplina que atraviesa la geología, meteorología, física, química, matemática, computación, ingeniería y biología, entre otras ciencias.

A Lamas, la cristalografía lo maravilló desde que era estudiante de física en Exactas al tomar conocimiento de “una gran cantidad de materiales en que los átomos se ordenan, y la simetría que presentan”, recuerda. No todos los materiales son tan “ordenados”. Si bien la definición de un material cristalino es la de aquel que tiene sus átomos ordenados, a veces la vida cotidiana da vueltas las cosas y llama cristales a los anteojos. “A un vidrio, en castellano solemos decirle cristal, pero en realidad no lo es, sino todo lo contrario. Es –precisa Selles– un material fundido que se enfría muy rápido y por eso no llega a ordenarse en el espacio”. Se trata de “una confusión



Anticuerpos uniéndose a un virus



Virus de la lengua azul

histórica con respecto al origen de la palabra. Casualmente, los vidrios son amorfos, sus átomos están desordenados. Una copa de cristal –ejemplifica Lamas– no es un cristal desde el punto de vista de la cristalografía”.

Átomos al desnudo

Desde el 2009, el difractor de rayos X de monocristal situado en Inquimae/DQIAQF, pone al desnudo el ordenamiento de los átomos. “Antes, las muestras que deseábamos analizar las debíamos mandar al exterior, porque aquí no contábamos con equipos actualizados. Lo que hoy se hace en unas horas, antes requería semanas, o aún más tiempo”, evoca Fabio Doctorovich, profesor asociado de Exactas-UBA, investigador principal del CONICET y uno de los responsables de la instalación de ese equipamiento en el pabellón II de la porteña Ciudad Universitaria. El pasado político hizo añicos parte de la original cristalografía nacional. “La Noche de los Bastones Largos en 1966 disolvió al grupo de cristalógrafos que existía en el país. Algunos de ellos se fueron a Estados Unidos, Europa o países de Latinoamérica. Muchos de ellos son reconocidos a nivel mundial”, relata Doctorovich.

Hoy, el difractor funciona a pleno con personal especialmente capacitado en su manejo por científicos de otras entidades como la Comisión Nacional de Energía Atómica, y está abierto a recibir materiales para su análisis, de investigadores de todo el territorio argentino.

“Los difractómetros, para decirlo de un modo *naif*, permiten sacar la foto de la molécula”, sugiere Florencia Di Salvo,

investigadora con un postgrado en ingeniería cristalina. Para lograr esta imagen, “se pone el monocristal en el equipo, y se lo somete a una fuente de rayos X. A partir de los datos colectados por la computadora, el científico resuelve la estructura”, agrega Di Salvo, del Grupo de Química Organometálica de Exactas-UBA, dirigido por Doctorovich. Ambos, junto con Lamas, coinciden en la importancia que adquiere la cristalografía en la industria farmacéutica.

“El principio activo de un fármaco puede tener distintas formas cristalinas. Cada una de esas formas puede cambiar las propiedades del compuesto, por más que tengan los mismos componentes. Solo porque el empaquetamiento es diferente y por cómo están ensamblados dentro del cristal, puede variar la solubilidad”, indica Doctorovich. Por su parte, Di Salvo añade: “En algunos casos se puede obtener el efecto buscado, pero, en otros, pueden ser tóxicos. Estamos hablando –remarca– de igual fórmula molecular pero de distinta forma cristalina. Esto se llama polimorfismo”.

La diferencia tampoco es una cuestión menor a la hora de registrar la fórmula para los laboratorios del mundo. “Hay bastante plata en juego”, indica Doctorovich. Y ello ha llevado a cambios significativos desde el punto de vista legal. “En Estados Unidos, en los últimos años no solo se empezaron a patentar los medicamentos por el tipo de compuesto, sino por el tipo de forma que tiene el cristal. Algunas empresas, para cubrirse, hacen un *screening* de los posibles polimorfos y patentan a todos, porque no saben a futuro cuál puede funcionar”, precisa Sebastián Suárez del mismo equipo.

Este interés de la industria por esta actividad ha generado consecuencias a criterio de Ana Foi, del mismo equipo: “En el área más académica tratamos de entender por qué funciona una forma de cristal y no otra. En el área industrial están dedicados a la parte más práctica. Al fin y al cabo, van creciendo las dos áreas y se terminan ayudando. El hecho que importe industrialmente implica que haya más interés económico para que esto se desarrolle, y cuanto más sepamos, las industrias contarán con más información y no tendrán que tener 30 polimorfos para saber cuál sirve, sino que apuntarán de modo más preciso”.

CONCURSO EN ESCUELAS

Como parte de las celebraciones, la Asociación Argentina de Cristalografía realiza un Concurso de Crecimiento de Cristales para Colegios Secundarios. “Se trata de una actividad grupal en la que los alumnos, guiados por sus docentes, deben realizar una experiencia de crecimiento cristalino utilizando sustancias inocuas, como azúcar o sal de mesa”, explican.

Asimismo, la entidad organiza una jornada de capacitación docente, en todos los niveles educativos, “para divulgar la importancia de la Cristalografía y la Cristalización, ausentes en los programas oficiales de docentes, dando así a conocer el fascinante, maravilloso y sorprendente mundo de los cristales”. Informes: www.cristalografia.com.ar

Proteínas en la mira

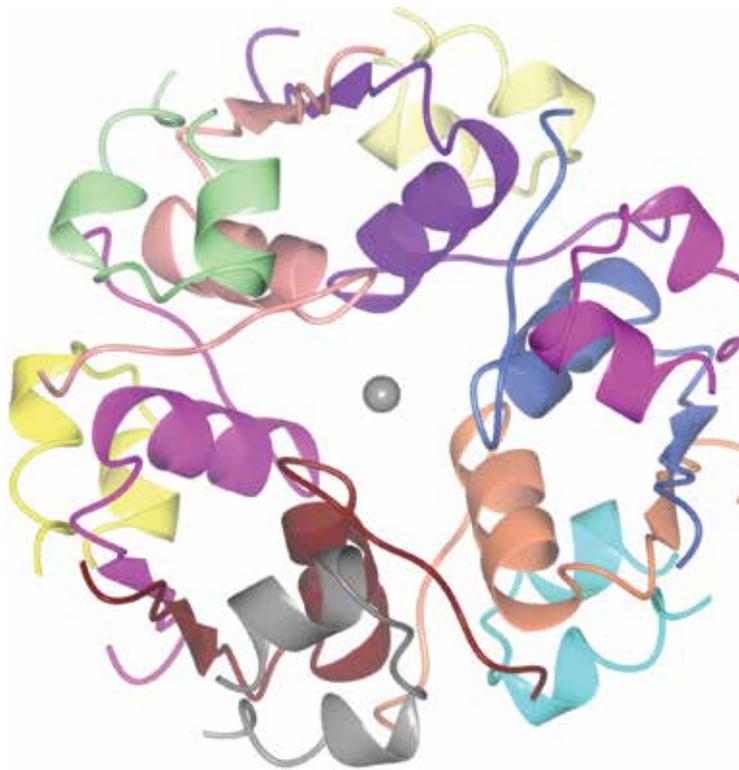
Mientras se avanza en los conocimientos y no se requiere hacer tanto uso del ensayo y el error, el hombre utiliza unos ayudantes especiales para alivianar la tediosa tarea de las pruebas. “Hoy hay robots de cristalización –menciona Doctorovich– en especial en proteínas. El robot pone, en plaquetas con huecos, distintas concentraciones y solventes a distintas temperaturas, etcétera. Luego se observan los resultados. Conviene tener un robot para probar porque, si nó, se tardaría años”.

Un especialista en cristalografía de proteínas es Sebastián Klinke, del laboratorio de Inmunología y Microbiología Molecular de la Fundación Instituto Leloir, dirigido por el doctor Fernando Goldbaum. “Estudiamos la enfermedad brucelosis, que afecta vacas, cerdos y ovejas, además de poder contagiar a humanos. Nos enfocamos en el estudio de diversas proteínas que son factores de virulencia relacionados con la biosíntesis de vitamina B2 (riboflavina). Estas proteínas son necesarias para que la bacteria conserve su capacidad infectiva”, explica quien aplica la técnica de cristalografía de rayos X de macromoléculas en el porteño laboratorio de Parque Centenario.

“La cristalografía de rayos X es una de las pocas técnicas existentes que es capaz de describir a nivel atómico la estructura de la materia. En el caso de las proteínas, esto significa determinar cuál es su plegamiento tridimensional, cuáles son las fuerzas de unión que le permiten conservar una forma particular y, lo más importante, poder conocer en detalle la arquitectura de sus sitios activos para diseñar moléculas que puedan bloquear su mecanismo de acción. Hay muchos ejemplos prácticos de esta última aplicación. Una fue el desarrollo del medicamento *imatinib* para tratar la leucemia mieloide crónica”, precisa.

Para “ver” los cristales de proteínas, se los suele someter a rayos X en estaciones experimentales llamadas sincrotrones. Se trata de enormes y costosos edificios. “El más cercano a nosotros está en Campinas, Brasil”, especifica Klinke.

Una vez que se obtiene la “foto” del cristal de proteínas, otros comienzan a hacer química cibernética, como el profesor adjunto de Exactas-UBA Adrián Turjanski, investigador del CONICET en el Grupo de Bioinformática Estructural.



Representación gráfica de la hormona insulina

Él y su equipo modelizan informáticamente los datos arrojados por estos costosos aparatos y le dan vida en la computadora. “Una vez que la proteína es resuelta por la estructura, se obtiene un archivo de coordenadas que indica la posición de cada uno de los átomos en un mapa tridimensional. Estos datos los introducimos en programas de computación y simulamos cómo funcionan”, relata.

Si bien ellos parten de la “foto”, buscan elaborar en la computadora un filme donde la proteína sea la protagonista a la que le suceden diversas situaciones, y así ensayan respuestas posibles. “Nosotros permitimos armar la película. Nos hacemos preguntas sobre el funcionamiento de las proteínas, cómo inhibirlas, qué mutaciones las afectan, y eso lo vinculamos al desarrollo de fármacos para enfermedades”, grafica. Los resultados de estas simulaciones, luego son analizados en el terreno experimental.

Futuro promisorio

Teresita Montenegro, de Ciencias Geológicas en Exactas, señala: “La cristalografía que es básica para el estudio de los minerales y las rocas, en los últimos años ha permitido avanzar y descubrir muchos más minerales en mezclas o aleaciones, que antes no era posible”.

Desde el departamento de Física, la profesora Marta Moreno se ha dedicado en los últimos años a una tarea, que muy pocos grupos en el mundo realizan. Se trata de desarrollar metodología eficiente para predecir estructuras de cristales a partir del diagrama químico de

molécula aislada empleando métodos teóricos y computacionales. “Desde el punto de vista de la ciencia básica, cumplir este objetivo puede conducir a comprender los principios que gobiernan el crecimiento cristalino”, indica.

Esta investigadora estima que las expectativas a futuro de la cristalografía “son impresionantes. Las nuevas tecnologías han permitido que el cristalógrafo pueda hoy resolver estructuras con precisión, trabajar ofreciendo un servicio eficiente a laboratorios especializados en drogas farmacéuticas fundamentales en el campo de la salud; en materiales altamente energéticos que son importantes en la minería; en pigmentos que emplea la industria. El conocimiento de las estructuras y propiedades de los cristales permite desarrollos tecnológicos en todas las áreas, desde la salud a la geología”.

La energía verde tampoco escapa al mundo cristal. Desde la Unesco, destacan que “paneles solares fotovoltaicos utilizan silicio cristalino para convertir la luz solar en electricidad. El futuro de la energía solar depende del desarrollo de nuevas combinaciones de cristales en los semiconductores”, puntualizan. Esto es solo un caso. Porque esta disciplina resulta “esencial para el desarrollo de casi todos los nuevos materiales. En este sentido –concluye Bokova–, es evidente que la cristalografía será indispensable para alimentar la innovación científica, que todos los países necesitan para su desarrollo sostenible, y la construcción de sociedades y economías más ecológicas”. |

Acceso abierto

El precio del conocimiento

La ley 26.899, de Creación de Repositorios Digitales Institucionales de Acceso Abierto, establece que todas las instituciones científicas que reciban financiamiento del Estado Nacional deben crear repositorios digitales de acceso abierto, que deberán contener la producción científico-tecnológica de sus investigadores. La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA ya cuenta con más de 1000 tesis en formato digital, de libre acceso, y espera comenzar con los artículos de investigación (*papers*). Pero ¿qué opinan los investigadores, quienes publican en editoriales a las que deben ceder los derechos de autor?

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar

La ciencia es una actividad comunicativa, es decir, los resultados y las conclusiones alcanzadas no son válidos hasta que no estén publicados en una revista especializada. Esta práctica se inició en 1665, cuando Henri Oldenburg –entonces secretario de la Royal Society de Londres–, comenzó a editar las *Philosophical Transactions*, que aún se publican en la actualidad.

Con el tiempo, las publicaciones periódicas se multiplicaron, y hoy la edición de revistas científicas constituye un fabuloso negocio en manos de dos o tres grupos económicos concentrados, como por ejemplo Elsevier, que edita unos dos mil *journals* de diversas disciplinas, entre los que se encuentra la reconocida *Cell*. “Hay tres editoriales que tienen el 60% de la producción científica del mundo, y logran ganancias extraordinarias. Son los únicos editores que no pagan por los contenidos, ni tampoco pagan a los

revisores”, comenta la licenciada Ana Sanllorenti, directora de la Biblioteca Central de Exactas-UBA.

El gran negocio de las editoriales son las suscripciones, cuyo costo aumenta año tras año. Esas sumas son abonadas por las instituciones científicas, que en América Latina están financiadas por los estados nacionales, y muchas veces se ven imposibilitadas de pagar las altas sumas exigidas.

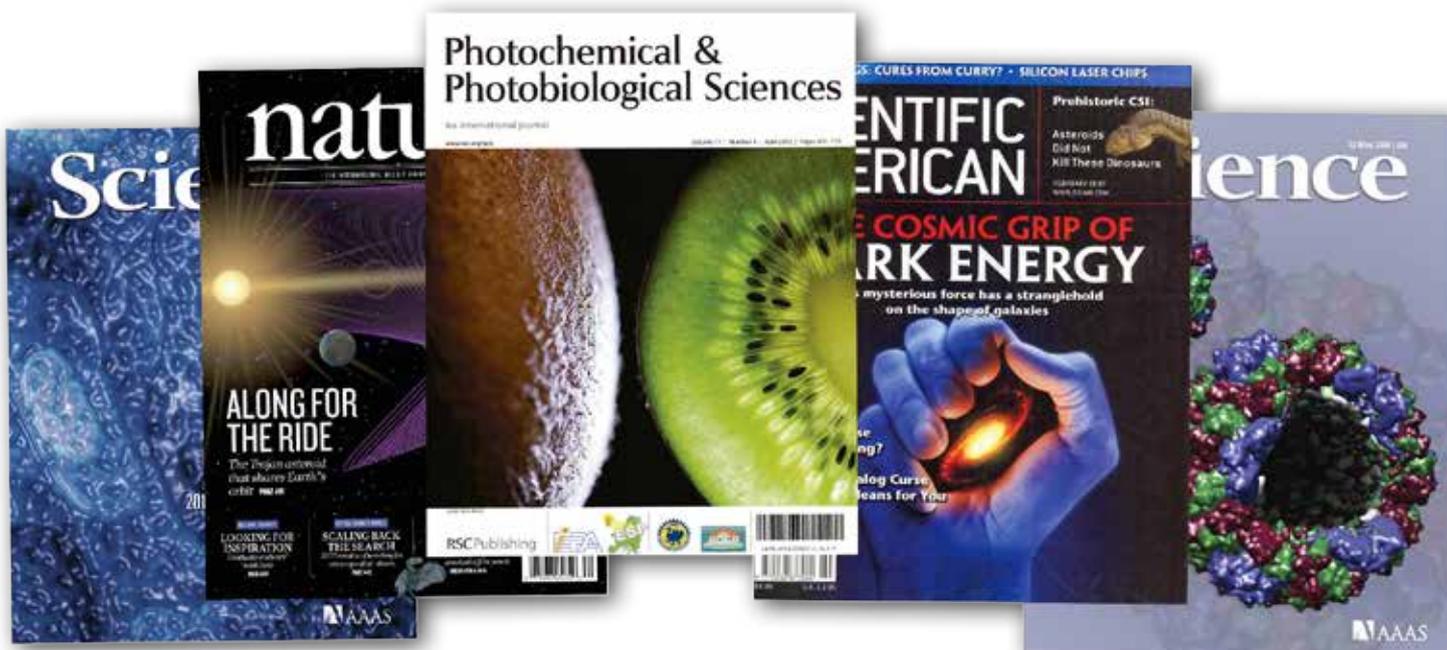
Alcanzar la cumbre

Pero todos los científicos aspiran a publicar en esas revistas que cuentan con un “numerito”, el factor de impacto, indicador de cuánto son citadas. Para el sistema científico, ese valor señala, también, la supuesta calidad del contenido. Pero, al igual que el *rating* en la televisión, ese factor, más que garantizar la calidad, aporta rédito económico, por que incide en el costo de la suscripción

y de la publicidad que muchas de esas revistas incluyen.

Así, los científicos se encuentran ante una paradoja: su máximo deseo es publicar en las revistas más prestigiosas para lograr visibilidad y prestigio, pero esos artículos solo podrán ser leídos por quienes estén en condiciones de abonar la suscripción.

El francés Jean-Claude Guédon, profesor de historia de la ciencia en la Universidad de Montreal, señala en su libro *La sombra de Oldenburg*, que “los investigadores, como autores son Dr. Jekyll, y como lectores se convierten en Mr. Hyde”. Como autores, los científicos están atentos a su visibilidad y prestigio, y se desentienden del costo de acceder a su propio artículo publicado. Pero, cuando son lectores, se comportan como Mr. Hyde, y protestan por tener que pagar altas suscripciones para acceder a revistas científicas. “Las revistas científicas, lejos de tener como objetivo primario



diseminar el conocimiento, buscan reforzar los derechos de propiedad sobre las ideas”, señala Guedón.

La solución a estos problemas es brindar una manera gratuita y abierta de acceder a la literatura científica a través de Internet, es lo que se conoce como “acceso abierto”. Se trata de un movimiento que surgió a fines del siglo XX por iniciativa de grupos de investigadores y de instituciones científicas.

En efecto, a partir de la década de 1990, surgieron organismos dedicados a compilar información científica en revistas electrónicas, como la biblioteca digital SciELO (Scientific Electronic Library Online) que nace por iniciativa de la Fundación para el Apoyo a la Investigación del Estado de San Pablo (Brasil), y permite la publicación electrónica de ediciones completas de revistas científicas de diversas disciplinas.

El movimiento toma fuerza en diciembre de 2001 con la declaración de Budapest, y se consolida con la de Bethesda en junio de 2003, y la de Berlín en octubre de ese mismo año. En estas declaraciones se define al acceso abierto como el uso de información de todas las disciplinas científicas y académicas sin costo alguno, y con la condición de que los autores sean reconocidos y citados correctamente; además, los trabajos a publicar deben someterse a revisión por un comité editorial. El acceso abierto tiene dos vías: la verde y la dorada. La dorada se refiere a revistas de acceso abierto, como PLOS One, pero éstas cobran a los autores un arancel de 1000 a 3000 dólares. La vía

verde es la creación de repositorios en las instituciones científicas.

En la Argentina, una ley aprobada a fines de 2013 por el Congreso Nacional establece que todas las instituciones del sistema científico que reciban financiación del Estado Nacional, deben crear repositorios digitales de acceso abierto y gratuito en los que se dispondrá su producción científico tecnológica. Este material comprende artículos científicos (*papers*) y tesis doctorales, entre otros, que sean el resultado de actividades de investigación financiadas con fondos públicos. Cabe destacar que en 2010, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación creó el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD), que orienta, elabora guías y normas y ofrece financiación para las instituciones que quieran crear o mejorar sus repositorios.

Tesis para todos

En su artículo 5, la nueva ley dispone que los investigadores deberán depositar, o autorizar el depósito, de “una copia de la versión final de su producción científico-tecnológica publicada o aceptada para publicación y/o que haya atravesado un proceso de aprobación por una autoridad competente o con jurisdicción en la materia, en los repositorios digitales de acceso abierto de sus instituciones, en un plazo no mayor a los seis meses desde la fecha de su publicación oficial o de su aprobación”. Por su parte, los datos primarios de investigación deberán depositarse en un plazo no mayor

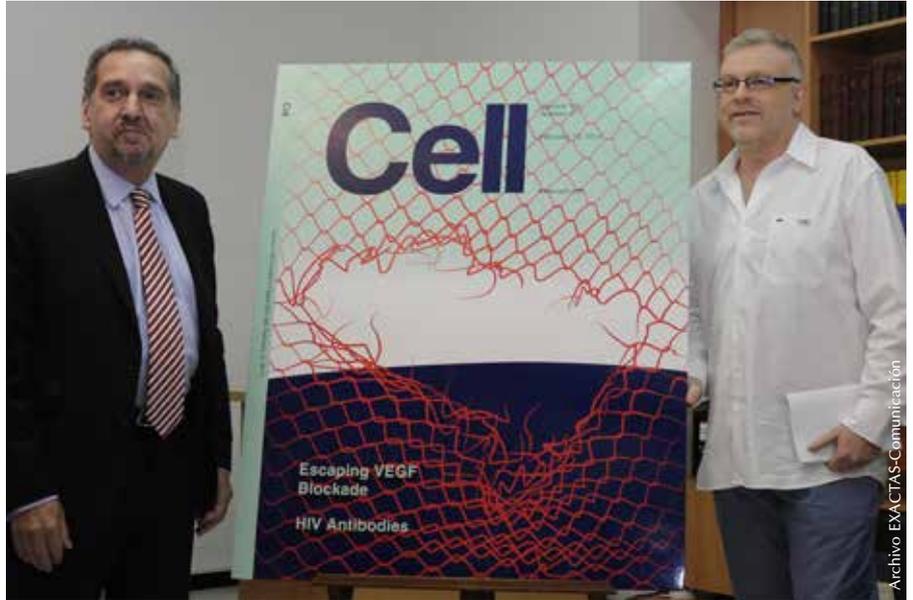
REVISTAS CON RATING

En la década de 1940, frente a la gran explosión de publicaciones científicas, se pensó en la cita como un indicador de éxito; una forma que parecía “objetiva” para evaluar el impacto de una publicación. La idea surgió de una empresa en Estados Unidos, que se llamó Instituto de Información Científica (ISI, por su sigla en inglés). El segundo paso fue aplicar lo que se llamó ley de Bradford, que indica que, para una especialidad o para un investigador, la mayor concentración de información que le es útil está en diez revistas. De esas diez revistas, un investigador puede extraer 20 *papers* que le interesan. Pero, para encontrar los 20 *papers* adicionales que le interesan, tendría que revisar el doble de esas revistas, y así sucesivamente.

La conclusión fue que hay un núcleo de revistas que es significativo, el resto puede no leerse.

a cinco años desde el momento de su recolección.

En la Biblioteca de la Facultad de Exactas-UBA, más de mil tesis doctorales ya tienen libre acceso. “Hemos empezado por la producción de la Facultad que está fuera del circuito de la publicación, como es el caso de las tesis”, afirma la directora de la Biblioteca. “Nuestra preocupación ahora es ver cómo vamos a cumplir la ley”, subraya.



Alberto Kornblihtt es miembro del Board of Reviewing Editors de la revista Science. Gabriel Rabinovich es Investigador del CONICET y Profesor de Exactas-UBA, y su último trabajo fue tapa de Cell.

Lo cierto es que el hecho de colocar en el repositorio de la universidad aquello que los investigadores producen puede entrar en colisión con los derechos que se arroga el editor para la publicación.

“Algunas revistas de las grandes editoriales, como Elsevier, imponen restricciones a los investigadores para liberar los artículos en el caso de que la institución a la que pertenecen los obligue a depositar sus artículos en un repositorio”, relata Sanllorenti.

Cada editorial y cada revista dentro de la editorial tienen sus políticas. Algunas editoriales permiten, después de un plazo de embargo, colocar

el trabajo en un repositorio pero, en general, casi ninguna permite depositar el *paper* tal como fue editado por la revista, sino que admiten publicar lo que se denomina *preprint* o *postprint*. La primera es la versión enviada por los autores para ser evaluada. El *postprint* es la versión de ese trabajo luego de que se realizaron las modificaciones pedidas por los árbitros, pero sin el diseño final.

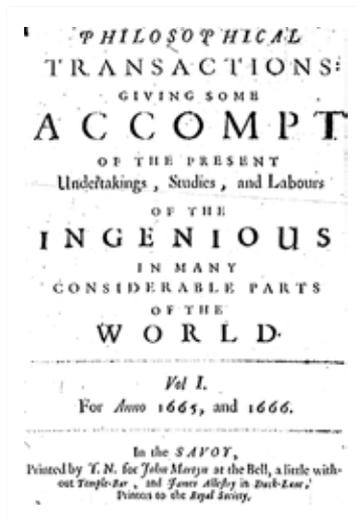
“Esperamos poder recibir tanto el *preprint* como el *postprint*”, recalca Sanllorenti. A partir de la nueva ley, los investigadores que pidan financiación en los organismos públicos tendrán que colocar sus trabajos en el repositorio, si no,

tendrán dificultades para el otorgamiento de subsidios.

Lo cierto es que el repositorio institucional puede ofrecer muchas ventajas al investigador. La directora de la Biblioteca de Exactas subraya: “Un *paper* al que se accede en forma gratuita es más leído, por lo tanto, aumenta la posibilidad de ser citado”. El acervo digital de Exactas forma parte del sistema nacional de repositorios digitales del Mincyt, que a su vez está conectado con redes internacionales, como *LaReferencia*. Esta es la Red Federada de Repositorios de Ciencia y Tecnología Latinoamericanos, conformada por Brasil, Chile, Colombia, México, Perú, El Salvador, Ecuador y Venezuela

FACTOR DE IMPACTO

En la década de 1960, el estadounidense Eugene Garfield, del Instituto para la Información Científica (ISI, por sus siglas en inglés) desarrolló un índice que da cuenta de cómo se propaga el conocimiento científico, pues permite identificar a los científicos que son más citados por sus colegas. Ese valor se calcula dividiendo el número de citas que reciba una revista durante un año, de los artículos publicados en los dos años previos, por el número total de artículos publicados en esos mismos años. Así, el impacto en 2012 de una revista es el número de citas que recibió durante ese año de los artículos publicados en 2010 y 2011.



Portadas del primer número de Philosophical Transactions de la Royal Society, año 1665; y del primero de Nature, del año 1869.

CONTRA LAS EDITORIALES

En 2012, Timothy Gowers, un reconocido matemático de la Universidad de Cambridge, convocó a la comunidad científica a no publicar artículos ni ofrecer arbitraje a la editorial Elsevier. Además de los precios abusivos, Gowers denunciaba la modalidad de vender las revistas por paquetes, lo que obliga a las instituciones a comprar material que no es de su interés. Asimismo, el 9 de diciembre de 2013 –antes de recibir el Nobel en Fisiología y Medicina–, el estadounidense Randy Schekman anunciaba, en *The Guardian*, que a partir de ese momento no enviaría trabajos a *Nature*, *Science* y *Cell*, porque esas revistas ejercen una “tiranía” sobre las prioridades y el funcionamiento de la ciencia.



Los autores

Para publicar en ellas, las revistas exigen una cesión de derechos, que suele ser exclusiva. “Se puede aconsejar a los investigadores que no publiquen en esas revistas, pero, a la hora de ser evaluados, se van a encontrar en problemas. Mientras no se cambie la forma de evaluar a los científicos, la circulación libre de los conocimientos que producen va a tener muchos obstáculos”, señala Sanllorenti.

Pero ¿qué opinan los investigadores? “Las editoriales se han apropiado del conocimiento científico financiado por

los estados nacionales, y resulta injusto que la institución que sostuvo la investigación no tenga derechos”, declara la doctora Nora Ceballos, investigadora en el Departamento de Química Biológica de Exactas-UBA. Y subraya: “Pero la negociación con las editoriales tiene que ser efectuada a nivel institucional, por el Ministerio de Ciencia. Los investigadores no pueden arriesgarse a que les hagan un juicio”.

La obligación de colocar el trabajo en un repositorio podría generar resistencia en algunos investigadores, porque se suma a las múltiples tareas que ya tienen. “Es necesario crear conciencia de que tenemos una deuda con la institución pública y con la sociedad que sostuvo nuestra carrera”, recalca Ceballos.

Alberto Kornblihtt, profesor e investigador en el Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular de Exactas-UBA, y que publica en revistas de muy alto impacto –como *Science* y *Cell*, entre otras–, señala: “Haya o no repositorio, siempre mando una copia de mis artículos publicados a quien me los pide y no me preocupó mucho si eso está permitido o no”. Además señala: “El Instituto de Salud (NIH) y el Howard Hughes (HHMI) en Estados Unidos, el Wellcome Trust, en el Reino Unido, y Max Planck, en Alemania, entre otros, han firmado acuerdos con las editoriales para poder dar acceso abierto a los artículos de sus investigadores”. Para Kornblihtt, esos acuerdos deberían realizarse también en la Argentina.

Gabriel Rabinovich, investigador del CONICET y profesor en Exactas-UBA, y uno de cuyos últimos trabajos fue tapa en *Cell*, opina: “Una vez publicado el trabajo de investigación, lo ideal es que sea accesible a todo el mundo sin ninguna distinción. Porque la ciencia es del mundo y le pertenece. Sobre todo en mi área –la biomedicina–, es importante que los resultados estén disponibles en forma inmediata a toda la población sin distinciones económicas ni sociales para que los sectores y regiones más vulnerables se vean beneficiados”.

Para Javier López de Casenave, investigador del CONICET en el departamento de Ecología Genética y Evolución de Exactas-UBA, es “importante que las investigaciones que financia el Estado tengan acceso abierto”.

Por su parte, Roberto Fernández Prini, profesor emérito de Exactas-UBA, considera que “un repositorio con los papers de los investigadores es valioso”, y agrega: “Pero también hay que distinguir la biblia

del calefón: hay gente que publica en revistas que no tienen ningún valor, y esos trabajos no se pueden considerar iguales a los de revistas más prestigiosas”.

Al respecto, Casenave destaca que en el repositorio tendría que estar toda la producción científica, sin distinción. Además, no todas las áreas de investigación tienen asociadas revistas de alto impacto, por ejemplo, la ecología. “Con mi grupo –destaca Casenave– publicamos en revistas internacionales, pero cada tanto enviamos artículos a una nacional o regional porque nos interesa que la comunidad local acceda a ello. Entonces, en la institución va a haber una gama muy amplia de revistas”.

Pablo Jacovkis, profesor emérito y ex decano de Exactas-UBA, en un reciente artículo publicado en el blog CTS, afirma que, si bien los precios de las suscripciones de las grandes editoriales son leoninos, existe el paliativo de la publicación en revistas de acceso libre, o de los repositorios como *arXiv*. “Aunque la publicación en los repositorios no tenga evaluación previa, los errores se descubren rápido, y el boca a boca puede indicar la importancia de un trabajo”, destaca.

Respecto del anuncio de Randy Schekman, Jacovkis recuerda que ese investigador se manifestó en contra de las revistas de alto impacto solo después de haber obtenido el Nobel. Y destaca: “No parece probable que los científicos jóvenes en ascenso sigan su ejemplo. Sin ir más lejos, ¿alguien puede pensar que el enorme impacto, nacional e internacional, obtenido hace unos días por Gabriel Rabinovich y sus colaboradores –con su trabajo que fue tapa de *Cell*–, se habría producido tan rápido si hubiera elegido para publicar una revista de acceso libre?”

Lo cierto es que ahora tenemos una ley, y ya se está trabajando en su implementación para determinar los detalles de su aplicación. Al respecto, Ana Sanllorenti recalca: “La ley demuestra la preocupación del Estado, que financia la investigación, por enfrentar la situación de transferencia gratuita de recursos hacia las editoriales, y dar mayor visibilidad a lo que producen las investigaciones en el país”.

Mientras las editoriales lucran con la necesidad de todo investigador de publicar y de leer lo que han producido sus colegas, los repositorios institucionales constituyen una buena alternativa para que el conocimiento sea accesible a todos. En tal sentido, un repositorio en la universidad es un acto ideológico, y una fuerte afirmación de política científica. |

REPOSITARIOS

Uno de los primeros repositorios fue *arXiv*, creado en 1991 para contener *preprints* de física y luego se extendió a otras disciplinas como Matemática, Astronomía, Computación, Biología cuantitativa, Estadística y Finanzas. En 2012 llegó a recibir unos 7000 artículos por mes.

Actualmente, el Directorio de Repositorios de Acceso Abierto (DOAR, por su sigla en inglés), creado y mantenido por la Universidad de Nottingham (Reino Unido), registra un total de 2640 repositorios de acceso abierto en todo el mundo. El Directorio de Revistas de Acceso Abierto (DOAJ), el más amplio que hay en Internet, da cuenta de un total de 9707 revistas.

Vectores de enfermedades parasitarias

No me molestes, mosquito

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Fotos: Darío Vezzani

A lo largo de varios años de estudio, el doctor en Biología Darío Vezzani, de Exactas-UBA, atrapó, estudió y analizó miles de mosquitos para intentar identificar la especie que en la Argentina transmite un parásito causante de dirofilariasis cardiopulmonar, una enfermedad que ataca a los mamíferos, en especial, a los perros. Relato en primera persona de un cazador de parásitos.

Día sábado de principios del siglo XXI. Verano. Un patio con algo de jardín en el Gran Buenos Aires y un asado con amigos al aire libre. Yaco, de auténtica raza perro, espera que la cena termine pronto para que le toquen los huesos. No faltan al encuentro los colados de siempre: los mosquitos que sobrevuelan la escena. De patas alargadas, livianos –pesan menos de dos miligramos–, miden alrededor de un centímetro y no pasan desapercibidos. En especial, las hembras son las que más se hacen sentir. Es que solo las mosquitas pican en busca de sangre porque la necesitan para poner sus huevos. Ellas cumplen con su tarea para propagar su especie, y casi todos los invitados se llevan alguna roncha y algo de comezón. Lo mismo le pasa a Yaco, que tiempo después muestra otros síntomas más preocupantes: tos, desgano y cada vez le cuesta más moverse. El diagnóstico del veterinario es dirofilariasis cardiopulmonar, que puede causarle la muerte al animal si no es tratado oportunamente. Una enfermedad considerada de importancia en casi toda América que, si bien afecta a distintos mamíferos, entre ellos al hombre, es en el perro donde hace más estragos.

Día sábado de principios del siglo XXI. Verano. Un patio con algo de jardín en el Gran Buenos Aires y un asado con amigos al aire libre. Entre ellos, Darío Vezzani, biólogo de Exactas, no va solo, lleva su obsesión con él. En un momento, ya todos saben lo que hará: abrir el baúl del auto para bajar su equipo de recolección de mosquitos. Es que quiere responder una pregunta que desde hace largo tiempo le ametralla el cerebro: ¿Cuál es entre las más de 60 especies de mosquitos que viven en la provincia de Buenos Aires la que, cuando pica, puede transmitir el parásito *Dirofilaria immitis*, y provocar –como a Yaco– la enfermedad llamada comúnmente “gusano del corazón”?

¿Cuál es la especie? ¿Es una o son varias? ¿Cuál es o cuáles son? Esa era la cuestión. “Sobre esta pregunta puntual –relata– en nuestro país no había ningún indicio. Ya se había identificado el insecto transmisor en Europa, Asia, Norteamérica y Brasil, y no era la misma especie en todos los casos, variaba de región en región. Tanto es así que la lista de las especies halladas en los distintos lugares del mundo como transmisores o vectores sumaban unas setenta”. ¿Cuál o cuáles de todas ellas u otras eran las que infectaban en la Argentina?

Lo que sí se sabía era que, tanto en nuestro país como ocurre en todo el planeta, la cantidad de mosquitos que cargan el parásito es bajísima, algo así como uno en mil. Si bien esto es una buena noticia, en el sentido de que no son tantos los insectos que pueden transmitir la enfermedad, para Vezzani –hoy doctor en biología e investigador del CONICET–, el dato demostraba que estaba tras una pieza difícil de cazar. “Entonces, me encontraba ante un verdadero desafío, hallar una aguja en un pajar y con mínimo presupuesto; decir ‘nulo’ queda mal, pero sería más real”, recuerda.

Para bien o para mal, tenía el motivo de su obsesión al alcance de la mano. Esos insectos zancudos le quitarían por mucho tiempo el sueño. Ellos viven poco, alrededor de una semana como larva y otros siete días como adultos. Si bien su paso por la Tierra es breve, sus efectos son prolongados. Es que, además de transmitir esta dolencia, pueden dejar otras huellas como el dengue, fiebre amarilla o malaria.

Las pocas mosquitas que cargan con algunos parásitos indeseables hacen un preciso servicio de delivery en dos alas cuando pican al incauto de sangre caliente. “La verdad es que el mosquito no es un bicho por el cual sienta



CÓMO COMBATIR LA ENFERMEDAD

Cuando el perro está enfermo, dos terapias pueden ir en su ayuda. “El tratamiento adulticida es costoso y requiere internación debido a los riesgos de tromboembolismo pulmonar. En tanto, el tratamiento microfilaricida se realiza usualmente con ivermectina, de uso muy frecuente en medicina veterinaria. Esta misma droga puede utilizarse en dosis muy bajas, como preventiva de la infección si se administra una vez por mes durante toda la vida del animal”, destaca el veterinario Diego Eiras. Además, conviene evitar que la mascota sea picada. “De ser posible, –agrega– que el animal no pase las noches fuera de la casa para evitar el contacto con los insectos. Adicionalmente pueden prescribirse medidas repelentes sobre el animal en forma de collares o pipetas”.

En este sentido, Darío Vezzani, subraya que, dado que estas dos especies de mosquitos usan recipientes artificiales como ambientes acuáticos para sus larvas, debería eliminárselos de los jardines o recambiar el agua con frecuencia. “Son las mismas recomendaciones básicas que para prevenir el dengue, hoy en día las escuchamos hasta el hartazgo por radio y televisión. Pero la realidad dista mucho de la fantasía. Evitar que se críen mosquitos en recipientes de ambientes urbanos tiene una solución sencilla pero muy, muy, muy difícil de aplicar a nivel masivo. Y el dengue, merodeando año tras año, es una prueba contundente de esta dificultad”.

Hembra de *Aedes aegypti* picando.

1: Túbulos de Malpighi extraídos del abdomen de un mosquito. Dentro de estas estructuras se desarrollan las filarias.

2: *Microfilaria de D. immitis* extraída de sangre de un perro.

admiración, es como el malo de la película. Si me olvido por un instante de que transmite enfermedades, digamos que sorprenden las variadas estrategias de vida que tienen distintas especies o géneros. Por ejemplo, hay especies que crían exclusivamente en pequeñas colecciones de agua en las axilas de determinadas especies de plantas. En tanto, a otras las podemos encontrar criando tanto en un hueco de árbol como en un recipiente artificial o en un charco temporario de un parque”, describe.

Cazando mosquitos

Todo buen cazador debe conocer las costumbres de la presa, y en esto Vezzani era especialista. Ahora le tocaba atrapar a las mosquitos y desentrañar si alguna de ellas portaba el parásito *Dirofilaria immitis*, el cual había sido motivo de estudio del famoso médico argentino Salvador Mazza. Con el entusiasmo propio de todo aquel que inicia un camino que no ha recorrido nunca, Vezzani comenzó su trabajo allá por 2003.

“Al inicio del proyecto –dice– no sabía bien con qué me iba a encontrar, todo era expectativa e incertidumbre. Inicialmente me puse como objetivo capturar una gran cantidad de mosquitos que estuvieran en un radio cercano a

donde habitaran perros. Enseguida, me di cuenta de que eso era prácticamente cualquier lado. Estuve varios meses colectando mosquitos con redes y aspiradores manuales (¡todo artesanal!) en parques y casas de amigos o parientes. El equipo de muestreo estaba siempre en el baúl, y no había asado o reunión familiar que se resistiera a un rato de capturas. Trataba de cumplir con una cuota semanal de mosquitos tanto de Capital como del norte y sur del Gran Buenos Aires”.

Con la “cuota semanal de mosquitos” en su poder, el siguiente paso tenía lugar en el Departamento de Ecología, Genética y Evolución en el Pabellón II de la porteña Ciudad Universitaria. “En el laboratorio, –prosigue– el primer problema con el que me encontré fue la identificación de las especies. Si bien había hecho mi tesis doctoral sobre la especie *Aedes aegypti* y tenía encima muchísimas horas de identificación de larvas bajo la lupa, mi capacidad para identificar mosquitos adultos dejaba mucho que desear. Fueron largos días de lupa y lectura, y por suerte más de una vez algún colega me dio una mano en este aprendizaje”.

La tarea era muy minuciosa. “Cada mosquito hembra era identificado individualmente (como solo las hembras



Criaderos de mosquitos: las cubiertas de auto en desuso que acumulan agua de lluvia y el agua que se deposita en los huecos de los árboles son excelentes ambientes para el desarrollo de las larvas de algunas especies de mosquitos en particular para *Aedes aegypti* y *Culex pipiens*, vectores de numerosas enfermedades. En la foto se observan científicas colectando larvas.

chupan sangre, éstas fueron las únicas incluídas en la investigación), y después hacía la disección bajo lupa para buscar larvas de *Dirofilaria* en su interior. Mosquito tras mosquito, cada vez que empezaba una disección se abría la esperanza de encontrar algo. Digamos –confiesa– que después de unas 500 disecciones sin hallar nada, uno empieza a hablar solo e insultar en idiomas extraños. Pero es increíble como a la siguiente disección volvía a ponerle todo el entusiasmo y pensaba que este podía ser ‘el mosquito’ que haría valer la pena todo el esfuerzo”.

La gran pregunta: ¿Cuál es la especie? iba teniendo distintas entonaciones en su interior a medida que pasaban las horas, los días, las semanas... “¡Ufff! Después de meses de trabajo rutinario empecé a plantearme que quizás estaba perdiendo el tiempo. Pero a mitad de un proyecto tan corto, como suelen ser los postdoctorales, uno no se puede dar el lujo de bajonearse. Uno baja la cabeza y tira para adelante. Mientras tanto –dice– aparecían otras cosas interesantes que me mantenían entretenido. Mosquitos descuartizados bajo lupa o microscopio pueden transportarte a otras tierras, se ven muchas estructuras externas e internas y otros parásitos dando vueltas”.

No solo pasaba el tiempo y el “maldito parásito” no aparecía, sino que también desfilaran más y más insectos bajo el lente del microscopio. ¿Quinientos, seiscientos, mil, mil quinientos, dos mil? ¿Cuántos mosquitos debió poner bajo

la lupa? Más de 2300, pero logró lo que buscaba. “Luego de dos años de trabajo, entre las 2380 disecciones que hice, había tres que tenían unas hermosas larvas de *Dirofilaria*. Había encontrado mi aguja en el pajar...” precisa, sin ocultar la alegría de ese momento. Es que fue una fiesta.

Esperar, trabajar, desesperar, creer, insistir, desfallecer, analizar, enojarse, cuestionarse, cansarse, probar por milésima vez y otra más; son los ingredientes que componen una masa explosiva de felicidad cuando finalmente se topa con el hallazgo tan buscado. “Recuerdo que en la primera disección positiva salí corriendo a buscar gente para mostrársela, estaba enloquecido”, sonríe.

Más adelante, detalla: “Finalmente, cuando aparecieron las primeras filarias, fue un flash, todo el esfuerzo parecía estar valiendo la pena. Con todo el entusiasmo de un joven postdoctoral fue como soltar a un niño en una juguetería. Y para colmo, las especies que había identificado como vectores eran *Aedes aegypti* y *Culex pipiens*, dos mosquitos de gran importancia sanitaria en nuestro país. Era como agregarles un crimen más ¡a dos conocidos enemigos públicos!”.

Se sabe que el *Aedes aegypti* es portador del virus del dengue y de la fiebre amarilla, entre otras. Por su parte, *Culex pipiens* es vector del Virus del Nilo Occidental, encefalitis virales, entre otras. Ambas especies de mosquitos, tras esta detallada investigación de Vezzani, ahora

también eran las transmisoras del *Dirofilaria immitis* en la Argentina. Por primera vez, en 2004, se había logrado dar con ellas en nuestro país.

El pasado lo condena

La primera vez que se tuvo noticias de este parásito en Sudamérica fue en 1875. En la Argentina solo había referencias verbales hasta 1926, cuando el destacado médico Mazza junto con el conocido veterinario Francisco Rosenbusch documentaron la presencia de microfilarias en la sangre de casi el 35% de una muestra de 55 perros estudiados de las provincias del noroeste del país.

Desde ese momento hasta hoy se siguen registrando casos en animales, y también en humanos. “En total, ha habido solo cinco informes de dirofilariosis humana en el país, uno de ellos tuvo lugar fuera de la provincia de Buenos Aires”, indica la investigación de Vezzani, Cristina Wisnivesky y Diego Eiras, publicada en *Veterinary Parasitology* en 2006.

“En general, la infección con *Dirofilaria immitis* en el hombre, y en otros mamíferos como gatos, no prospera y en consecuencia son mucho menos frecuentes. Otra característica es que el ciclo del parásito suele no completarse de la manera habitual como lo hace en el hospedador más susceptible que es el perro”, puntualiza el médico veterinario Eiras, tras describir los cuatro estadios de esta dolencia. “Los estadios 3 (enfermedad grave) y 4 (síndrome de la vena cava)



Otros criaderos: cualquier objeto que acumula agua durante algunos días se transforma en un criadero de mosquitos. En la foto se observa una pileta de lavar con el desagüe tapado por las hojas, y charcos formados por la lluvia en depresiones en el suelo.

tienen los peores pronósticos para los pacientes, aunque no son las situaciones más frecuentes en nuestro medio”, subraya Eiras.

El panorama en el sur del Conurbano bonaerense presenta buenas noticias: en los últimos diez años disminuyó el número de perros afectados. “Esto resulta poco usual para una zona donde, hoy día, las enfermedades transmitidas por vectores se encuentran en plena expansión. No contamos con una explicación probatoria, pero es posible especular con que el uso extendido de drogas como la ivermectina o la doxiciclina para el tratamiento de otras afecciones caninas, junto al creciente uso de pipetas y collares repelentes, ha influido de alguna manera en la disminución mencionada. No contamos en la actualidad con datos relacionados a perros sin propietario donde las prevalencias podrían ser sensiblemente más elevadas que las reportadas”, sugiere Eiras.

¿Es lo que es?

Vezzani había identificado las dos especies que cargaban el parásito, pero aún tenía dudas. “Me invadió una inquietud –indica– a partir de críticas constructivas de árbitros externos. No podía estar 100% seguro que esos gusanitos que yo encontraba dentro del mosquito fueran *Dirofilaria immitis*, existía la chance de que fueran otra especie similar, digamos, un pariente. La base de mi trabajo tenía una cadena de especulaciones, muy buenas y sólidas, pero no irrefutables. En la era molecular resultaba necesario validar mis hallazgos

de microscopio utilizando la técnica PCR (Reacción en cadena de la polimerasa). Y en ese camino salí disparado”.

Con un subsidio de la Agencia (Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica), y ya como investigador del CONICET, Vezzani encaró el proyecto de buscar nuevamente su aguja en el pajar. “En esta oportunidad, en vez de coleccionar mosquitos en cualquier lugar indiscriminadamente, seguí un sencillo pero prolijo protocolo de trabajo. Cuando Diego (Eiras) detectaba en su laboratorio una muestra de sangre positiva, hablábamos con el veterinario que derivó la muestra y le explicábamos nuestra inquietud. Este a su vez hablaba con el dueño del perro infectado y, si había viento a favor, nos contactaba. Entonces yo iba a ese domicilio y hacía una captura intensa de mosquitos. La aguja en el pajar ya no era tan chiquita, solo estaba buscando el parásito en mosquitos de casas donde vivía un perro infectado”, explica.

Si bien resultaba un salto cualitativo en las actividades de campo, le requería un esfuerzo enorme. Varios días a la semana debía vagar por zonas que le resultaban desconocidas, tales como: Avellaneda, Lomas de Zamora, Quilmes o Almirante Brown. En ocasiones, no era fácil dar con la dirección; en otras, una vez encontradas las casas, el propietario no estaba, o simplemente “¡no lograba capturar un solo mosquito!”, evoca. En el caso de que atrapara algún insecto, luego debía llevarlo al laboratorio para su análisis. Se trató de “una etapa muy agobiante”, según quedó grabada en su memoria.

“El otro salto –agrega– fue la identificación del parásito mediante técnicas moleculares, para lo cual me asocié con Leonhard Schnittger, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Castelar. Luego de dos años de trabajo intenso, estaba confirmando –ahora sí irrefutablemente–, que *Aedes aegypti* y *Culex pipiens* eran los vectores del parásito en Buenos Aires”.

¿Qué sintió al tener la reconfirmación de sus primeros hallazgos? “Al principio, –responde– ni bien tuve el resultado entre manos, sentí una gran desilusión. ¿Todo el esfuerzo de los últimos dos años era para decir nuevamente que esos mosquitos eran los vectores? Hoy por hoy, ya pasó bastante agua bajo el puente y lo miro completamente distinto. Que ambas investigaciones hayan arribado al mismo resultado es justamente lo que le da solidez, lo que le quita todo aspecto especulativo o casual a esta serie de investigaciones”.

Igual, Vezzani aún no está del todo conforme; todavía tiene planteos que le siguen dando vuelta en su cabeza. No le cierra del todo que solo esas especies sean las transmisoras del parásito. “Hay más de 60 especies en la provincia de Buenos Aires, unas 20 de las cuales pueden encontrarse en los domicilios, y ¿solo hallé el parásito en estas dos? Estoy convencido de que, si muevo mi foco de estudio de las áreas urbanas a las rurales o silvestres, van a ser otras las especies transmisoras”, pronostica.

¿Cuál otra será? La saga continúa. |

Juan G. Roederer

El autor en persona

Mecánica Elemental (el Roederer) es el nombre de un libro de texto, con el que se inicia en la física la mayoría de los estudiantes que abrazan esa disciplina. No son muchos los que llegan a saber que su autor, Juan Gualterio Roederer, es argentino, que vive en Alaska, que nos visita asiduamente, que fue uno de los artífices de la década de oro de la Universidad de Buenos Aires, que tuvo que emigrar –como tantos otros– en *La noche de los bastones largos*, que alcanzó altas cumbres científicas y académicas en Estados Unidos, y que sigue joven y activo a sus 85 años.

Guillermo Mattei - gmattei@df.uba.ar

Ricardo Cabrera - ricuti@qi.fcen.uba.ar

Fotos: Juan Pablo Vittori

En su última visita a la Argentina, Roederer brindó una conferencia en Exactas titulada “El departamento de Física en los tiempos del ñaupá”. Fue divertida, jugosa, llena de anécdotas y chusmeríos, y con un denominador común en todos sus pasajes: cómo hacer de una universidad pacata y tercermundista –como lo era en los 50–, un mero enseñadero de conocimiento importado, una universidad científica y excelente como la que una camada de gente inquieta supo concebir.

Juan Roederer nació en Trieste (Italia) el 2 de septiembre de 1929 y llegó al país junto con su familia en 1939. Se doctoró en ciencias físico-matemáticas en la facultad en 1952 y fue profesor de Exactas entre 1959 y 1966. Siendo estudiante y luego auxiliar docente, tuvo una activa participación en la reconstrucción de la Universidad de Buenos Aires, participando en la redacción de reglamentos y estatutos, pergeñando un modelo universitario que fue ejemplo de toda América.

¿Cómo fue que idearon el modelo de universidad científica; lo copiaron, lo inventaron?

Nosotros no teníamos ningún plan, esto fue hecho totalmente sin ninguna idea

preconcebida, excepto que queríamos transformar el Departamento y la Facultad de Ciencias en algo que se amoldara más a las grandes universidades de fines de los 50. Al menos así lo recuerdo. Nos centramos más que nada en el modelo de profesor que debía tener la universidad. Miramos cuáles eran las modalidades en las universidades de excelencia en el mundo en aquel momento y nos fijamos si se las podía introducir acá o si convenía modificarlas. Después tomamos la *dedicación exclusiva* como una condición *sine qua non* de cualquier docente. La obligación de conducir investigación científica porque estábamos convencidos de que no se puede enseñar ciencia sin trabajar uno mismo en la ciencia. No importa tanto que se investigue en el mismo tema que uno realiza la docencia, pero sí que uno investigue.

Con respecto a la dedicación exclusiva, yo tenía cierta experiencia en Estados Unidos y ciertamente le encontraba algunas fallas. Por ejemplo, no había forma de deshacerse de un profesor que ya no rendía más y que estaba ahí devorando el dinero de la facultad y no haciendo nada. Cuando redactamos el reglamento de la

dedicación exclusiva en lugar de crear un cargo vitalicio pusimos la condición de que cada seis o siete años tenían que someterse a concursos abiertos y aunque no lo ganaran podían conservar su cargo si es que trabajaban productivamente. En otras palabras, la persona tenía garantizado su continuación de empleo siempre y cuando estuviera seguro de que lo iba a ganar. Entonces nosotros pensamos que la Facultad y la Universidad tenían la obligación de crear un nuevo cargo.

En la actualidad los concursos periódicos y –sobre todo– abiertos tienen mucha oposición de los gremios docentes, que prefieren una carrera docente, ¿cómo era en aquel momento?

No estaban de acuerdo, desde ya. Yo me acuerdo que funcionó en esta Facultad pero los médicos y otros estaban en desacuerdo, no anduvo allá. Así que eso en cuanto a la cuestión de concursos abiertos. En cuanto a dedicación exclusiva, era tan obvio eso, y tuvo tanto impacto, que muchos se opusieron que ir porque no estaban interesados y además sabían que no iban a tener chances de ganar el concurso bajo esas condiciones. Como



eran *part time*, ni siquiera parcial, venían a dar clases un par de veces por semana; algunos de ellos ya eran profesores de colegios militares entonces quedaron allá y se fueron de las facultades. Eso creó una animosidad contra la universidad y en particular contra la Facultad de Ciencias.

Sin embargo se exportó el modelo al resto de la Universidad...

Sí, se exportó, pero no tuvimos nada que ver. Un gran impacto en todo esto, por supuesto, lo hizo la creación del Consejo de Investigaciones Científicas (precursora del CONICET), ya que antes no existían subvenciones a la investigación, excepto en algunas áreas como en las de energía atómica, aunque no puedo hablar por los biólogos porque en biología siempre existieron institutos privados donde estaban haciendo investigación. Creo que una de las cosas que se discutió fue abrir la posibilidad de subvenciones por parte de agencias extranjeras de investigación. Creo que en la época de Perón no estaba permitido aceptar dinero de afuera, pero no estoy seguro. Eso se discutió y sé que Rolando García, para su propio grupo de meteorología, consiguió un montón de plata.

En cuanto al gobierno tripartito, ¿ustedes contribuyeron en la formalización?

Bueno, no recuerdo hasta qué grado... recuerdo que juntamos argumentos en favor de la participación de los estudiantes en el gobierno universitario, que por supuesto fueron combatidos por ciertos sectores, ya que tenían un aporte muy importante que realizar. No solo por las cosas puramente materiales (como el comedor), sino académicas, eso era lo que más se objetaba y se combatía en ciertos círculos políticos. Pero también afuera, en Estados Unidos, se veían los carteles de los centros de estudiantes y se consideraba una mera politización de la universidad (que lo fue en algunas épocas). Con respecto a la proporción de la representación, no lo recuerdo exactamente... esos números los hicimos, y salieron de la comisión. Nosotros queríamos asegurar que hubiera mayoría para los profesores. Nunca pensamos en una democracia directa ni en una representación uno a uno. Es como cualquier gobierno, gobernar con encuestas no se puede; ni un país ni una institución.

Cuéntenos de su vida después de tener que irse de la Argentina

A los pocos meses que me fui entonces, perdí los contactos casi completamente. Después, durante el proceso –entre el año 75 y 83– tenía prohibido por el FBI venir a Argentina porque todo ese tiempo yo estaba en una lista negra, o roja, o qué sé yo qué. La prohibición era para protegerme a mí mismo, entre otras cosas: en esa época yo tenía *Top Secrets* de Estados Unidos, era jefe de una comisión asesora de los Álamos, presidente de la Comisión Nacional del Ártico... y directamente no podía venir. O sea, ahí sí perdí todo contacto, incluso con la familia.

Juan Roederer fue uno de los científicos que presentó su renuncia a la Universidad frente al atropello de los militares comandados por el general Juan Carlos Onganía en 1966. Pero también fue uno de los más activos académicos en organizar la denuncia y la resistencia a aquel avasallamiento iniciado en la tristemente célebre Noche de los bastones largos. No le quedó más remedio que emigrar del país y continuar su carrera en el exterior (ver recuadro Trayectoria de un exiliado).

TRAYECTORIA DE UN EXILIADO

Después de *La noche de los bastones largos* Juan Roederer y el gobierno del general Onganía fueron incompatibles. Un breve repaso de sus logros nos es facilitado por Wikipedia.

De 1953 hasta 1955, trabajó como científico invitado en el Instituto Max Planck de Física de Werner Heisenberg cuando la entidad tenía su sede en Gotinga. De 1959 a 1966, Roederer fue profesor de Física en la Universidad de Buenos Aires.

En 1967 se mudó a los Estados Unidos, donde se desempeñó como profesor de Física en la Universidad de Denver, Colorado.

En 1977 fue nombrado director del Instituto Geofísico en la Universidad de Alaska Fairbanks, puesto que mantuvo hasta 1986. Durante esa etapa también fue decano del Colegio de Ciencias Ambientales (College of Environmental Sciences).

Fue miembro del personal visitante del Laboratorio Nacional de Los Álamos desde 1978, dirigió su grupo de asesores de ciencias de la Tierra y del espacio desde 1983 hasta 1988.

Desde 1986 hasta 1992, dirigió la Comisión de Investigaciones Árticas de los Estados Unidos (United States Arctic Research Commission).

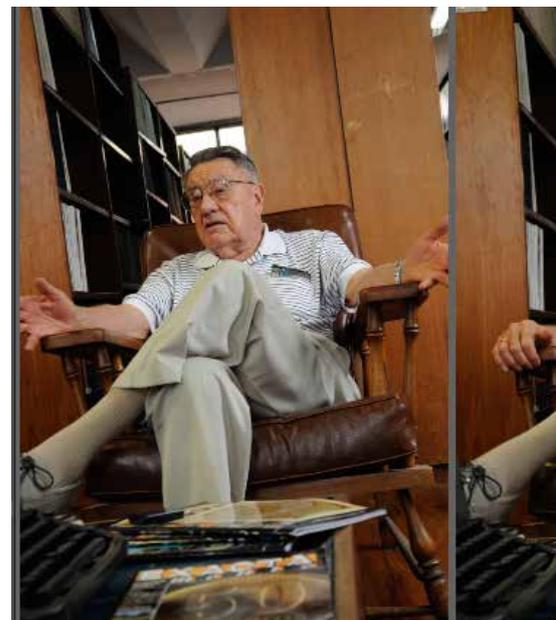
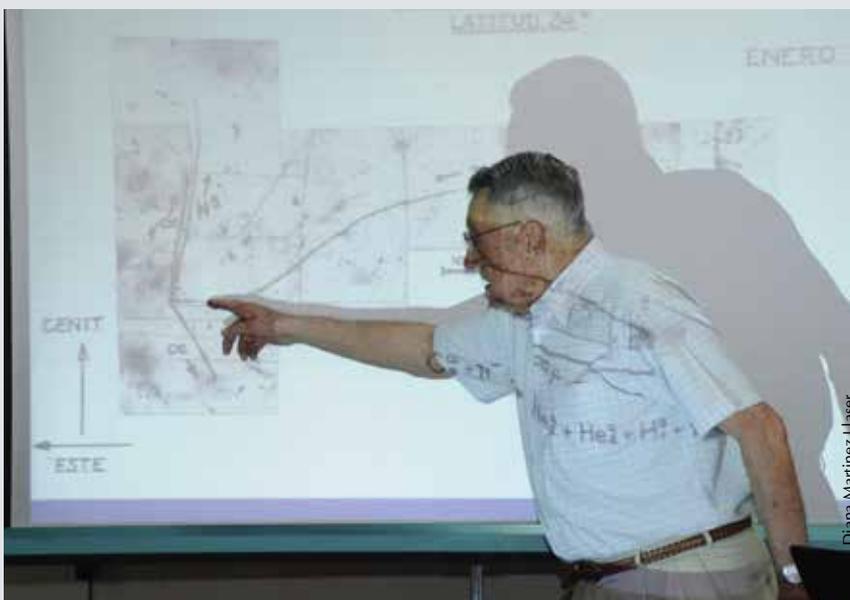
Desde 1987 se ocupa de actividades docentes y de dirección de investigación en la Universidad de Alaska, de la que es profesor emérito desde 1993.

Desde 1997 hasta el 2003, fue consejero designado (Senior Advisor) del director del Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam de Trieste.

Ha sido miembro y director de varias comisiones del Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (United States National Research Council), que coordina las actividades de la la institución Academias de Ciencias de los Estados Unidos (United States National Academies), en la que se agrupan la Academia Nacional de Ciencias, la Academia Nacional de Ingeniería (National Academy of Engineering) y el Instituto de Medicina (Institute of Medicine).

También fue presidente de la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (International Association of Geomagnetism and Aeronomy). Asimismo, fue presidente de la Comisión de Astrofísica Solar del Consejo Internacional para la Ciencia.

Sus campos de investigación son física del espacio, psicoacústica, política de la ciencia y teoría de la información. Ha dirigido investigaciones pioneras en el campo de los rayos cósmicos solares, en el de la teoría de los anillos radioactivos de la Tierra, en las redes neuronales que intervienen en la identificación de la altura del sonido y, en la actualidad, en los principios de la Teoría de la información. También es un consumado organista.



¿Cómo fue todo ese devenir de cargos en Estados Unidos?

Al principio, cuando pasó lo de la intervención en la Universidad, luego de la renuncia masiva, iniciamos junto a (Juan José) Giambiagi esos contactos con físicos en el exterior y vino esa carta abierta dirigida a Onganía; una iniciativa de un grupo de físicos extranjeros. Con la movida también venían ofertas de trabajo para unos cuantos de nosotros, es decir de los renunciantes. Hay gente que se fue a Venezuela, otros a Chile. Yo tenía tres ofertas: Europa no la considerábamos, queríamos quedarnos en las américas; Estados Unidos era lo más lógico porque ya habíamos estado dos años antes. Entonces, consideramos tres ofertas seriamente: una de la que ahora es la Universidad de Texas, era la oferta más lucrativa pero ya en esa época odiábamos Texas y ahora más todavía; la otra era ir al Instituto Max Planck donde yo había pasado dos años; y la tercera era de la Universidad de Denver, que en aquella época era una pequeña universidad, no muy conocida, privada, pero que el jefe de departamento era un amigo. Analizando los pros y contras, decidimos por Denver, más que nada por nuestros padres: había una colonia alemana y las montañas y etcétera. Yo creo que la pegamos con eso, ante todo porque en Texas ganaron los republicanos y se la dieron a las universidades así, casi como acá. Entraron en una época de recortes presupuestarios y tuvieron que sacar a todos los extranjeros. Así que de ahí también nos tendríamos que haber mudado, o sea, que la pegamos con Denver.



El salto a Alaska fue diez años después gracias a una invitación que me hizo Sydney Chapman que era director científico del Instituto de Geofísica. Era un instituto muy conocido y me ofrecieron la dirección. Una oferta así no se rechaza.

¿Continuó su investigación en astrofísica?

Bueno, en Alaska los primeros nueve, diez años, no tuve tiempo para investigación. Además al mismo tiempo era decano de la Facultad de Ciencias y eso no me dejó ni un microsegundo, no hice nada de investigación durante los primeros diez años. Después volví a lo que hacía antes en Denver. Mi libro sobre radiaciones solares lo escribí allí, pero cuando después de los diez años de dedicarme a la política universitaria volví a la carrera científica, ya no había tanto interés en los anillos de radiación atrapada porque no había satélites especialmente diseñados para estudiarlo acá aunque sí varias sondas Júpiter. Ahí hicimos estudios sobre los anillos de radiación de Júpiter. Después me mudé a otro tema que era Teoría de la Información, pero también fue en Denver que me empecé a interesar en psicofísica de la música, simplemente dando un curso de acústica para los músicos me di cuenta de que era muy interesante lo que pasa adentro en la cabeza cuando uno escucha música. Ahí fue que escribí ese libro que luego se tradujo a varios idiomas (*Física y psicofísica de la música*). A eso me dediqué por unos cuantos años pero ya a fines de los años 90 me volqué bastante a la Teoría de la Información.

Pasemos a *Mecánica Elemental*, su libro más famoso. Generaciones de físicos, ingenieros y profesores de física lo han adoptado como libro de cabecera. Es un texto que dice mucho más de lo que está escrito.

Eso era, según recuerdo, el motivo principal por el cual lo escribí. Yo tenía apuntes para la materia que dictaba y me di cuenta que hacía falta explicar ciertas cosas que no estaban en los textos disponibles que –lo digo en la introducción– eran libros de cocina, recetas... pero no explicaciones de las limitaciones. Entonces hay ciertos párrafos que escribí a propósito, a veces a pie de página, para alertar a los estudiantes de que, por ejemplo, hay cosas que en el mundo cuántico no funcionan.

El libro nació de los apuntes (ver recuadro Best seller) que yo preparaba para mis estudiantes, y que ellos copiaban. Los dibujos estaban hechos por mí, a mano alzada... y me gustan más que aquellos que los reemplazaron en la última edición.

Pero sobre todo hay en el libro una forma de plantear, desarrollar, relacionar y mostrar los asuntos que es muy profunda, muy aguda... ¿Cuán necesario es el trabajo en la generación de conocimiento para poder transmitirlo bien, o sea, para ser buen docente?

Yo creo que uno no puede aprender a enseñar: es un arte, no es una ciencia. Hay gente que tiene gran talento para explicar algo, y también hay investigadores que no son capaces de explicar en forma sencilla lo que están haciendo. Saben pero no son capaces de

explicarlo... y yo creo que eso no lo pueden aprender. Si me preguntan que me gusta más, investigar o enseñar, yo digo –rotundamente– que enseñar. Siempre me pasó, ya en aquella época, cuando hacíamos una investigación, cuando estábamos midiendo lo que fuere, siempre ocupaba mi tiempo pensando cómo podía explicarlo, contarlo mejor. Pero reconozco que es una cuestión de gustos, de actitud.

Así que desde ese punto de vista es una matriz de 2 x 2: se enseña bien e investiga bien, se enseña bien e investiga mal, se enseña mal y se investiga bien, y se enseña mal y se investiga mal. Hay de los cuatro. Y es que sean más los que investigan bien y enseñan bien, de ninguna manera, los que son mayoría son los que investigan bien y enseñan mal. También los hay que son muy buenos docentes pero que no quieren hacer investigación. Eso representa un gran problema para una universidad científica en la que se supone que los subsidios de investigación provienen –al menos en dos terceras partes– de convenios con terceros. Lamentablemente no encontramos solución para muchos de estos casos en los que, finalmente, perdimos a esa gente tan valiosa. Son situaciones muy tristes.

¿Qué nos dice de la necesidad de popularizar el conocimiento?

Eso es fundamental, especialmente allá (yo diría más que acá), y por una simple razón: el ciudadano promedio en Estados Unidos es ignorante, no solo en las ciencias. Las estadísticas son devastadoras; por ejemplo, está comprobado que están



BEST SELLER

“Saber física no es cuestión de poder recitar de memoria todas sus leyes y aplicar fórmulas teóricas o métodos de medición a ciegas como si fueran recetas de cocina. Todo eso, en última instancia, se puede hacer consultando libros. Saber física es tener la intuición correcta sobre cómo el mundo material funciona”. Así reza un párrafo de la tercera edición de *Mecánica elemental*, el texto que atesoran cientos de científicos argentinos.

Este libro de física universitaria lleva 40 años compitiendo exitosamente con otros libros de texto voluminosos, espléndidos, cuyas ediciones de lujo con profusión de ejercicios, láminas, referencias históricas y variopinta parafernalia metatextual podrían hacer quedar al “Roederer” (editado en una Remington u Olivetti) como un simple y modesto apunte. Pero compite: los estudiantes de ciencia lo siguen consultando, comprando y prefiriendo. No es sólo porque es más barato sino porque en sus páginas encuentran la lectura del universo, la mirada del físico, la interpretación brillante, la conceptualización jugosa, el hallazgo.

Sin duda “el Roederer” ha ingresado merecidamente al podio de los clásicos. En sus tres ediciones sigue estando la prosa del maestro.

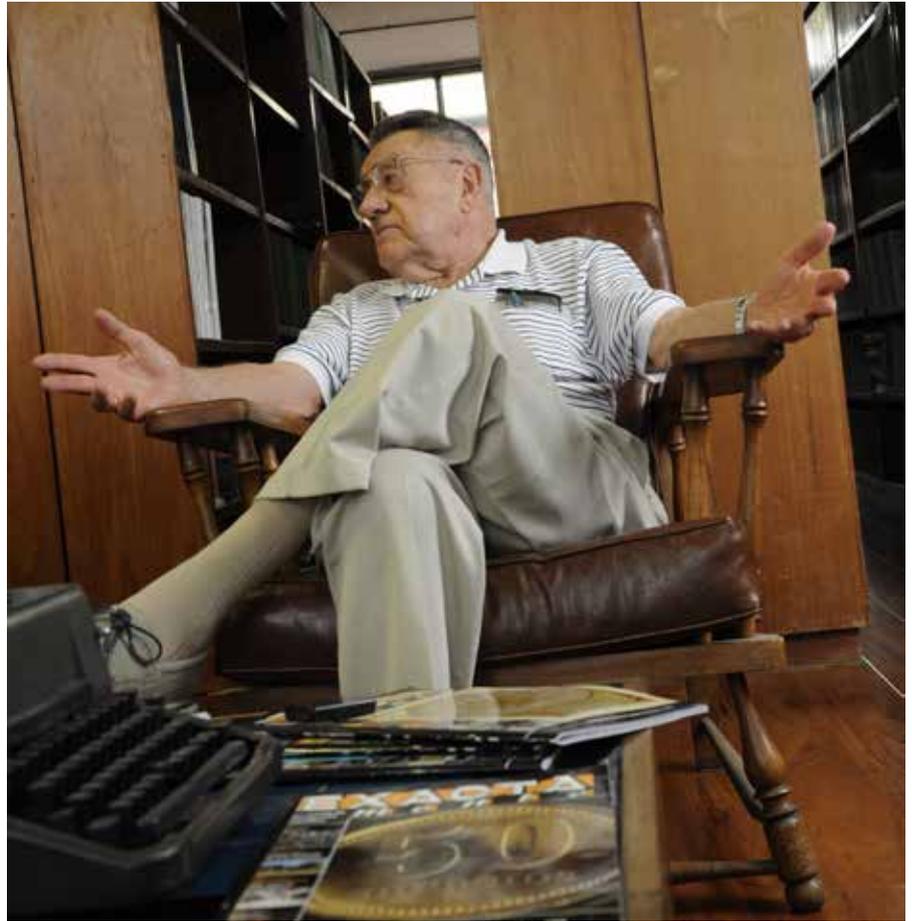


debajo de todo, ni siquiera debajo de países en desarrollo, sino de países subdesarrollados. El 70% de la gente no puede localizar su propio Estado donde viven en los mapas que no tienen leyenda. El 55% es adepto al creacionismo, y que la Tierra se creó hace seis mil años. Por eso cualquier acercamiento de parte de la ciencia es muy importante, pero eso es difícil crearlo porque la gente no tiene interés. La universidad debe dar conferencias públicas sobre ciencia lo más posible. Carl Sagan era un maestro en eso, lástima que murió tan joven. Hay que hacerlo no al nivel grande de las grandes redes universitarias, hay que hacerlo al nivel de las bibliotecas en los pueblos. En eso nosotros tenemos un programa que podría decirse modelo, tenemos conferencias públicas que se hacen en la bibliotecas. Alaska es muy distinto al resto de los estados porque tenemos apenas dos ciudades “grandes” y el resto son pueblos a los que ni siquiera se pueden acceder por caminos, hay que volar o llegar en trineos de perros. Tenemos grupos de gente que va y da charlas. También preparamos videos... hay un asunto casi excluyente: allá el tema es nórdico; por ejemplo, en el caso de física el número uno es la aurora, todo relacionado con el frío, y con el cambio climático porque es muy pronunciado allá, son temas aplicados a los intereses

UN NUEVO ROEDERER

Alejandro Sztrajman, físico de Exactas, está llevando adelante un proyecto de edición de un nuevo Roederer. En este caso se trata de un libro de electromagnetismo (electrostática, magnetostática, y circuitos). Al igual que su antecesor va a estar basado en sus apuntes para la materia homónima, editados en 1963 por el Centro de Estudiantes de Física, Matemática y Meteorología.

Actualmente estos apuntes son muy recomendados por varios docentes como parte de la bibliografía de la materia, pero sólo quedan en circulación unas pocas fotocopias del original tipeado a máquina. Entre los colaboradores de este emprendimiento se encuentra Jorge Aliaga, ex-decano de Exactas, que aportó con la escritura de un capítulo final de electrónica, con los contenidos de la materia que él mismo dicta sobre el tema en el Departamento de Física.



locales. Los biólogos hacen lo mismo, tratan a las ballenas, las focas, el salmón... los osos (que allá son como perros, y la gente está acostumbrada a que se acerquen a comer la basura).

Cuando fui presidente de la Comisión del Ártico conocí muchos lugares, con avioneta, con helicópteros, era muy interesante interactuar con los jefes de los nativos. Son indios del interior y esquimales que tienen su propia idiosincrasia que es muy distinta a la nuestra. Por ejemplo ellos dicen que la única ciencia que vale es la de ellos, la de los abuelos, que han observado el mundo. Por ejemplo dicen "mi abuelo podía ver esa montaña, nosotros no la podemos ver más", es de ese tipo de ciencia basada, no en medición sino en experiencia personal, entonces era muy difícil convencerlos que hoy día nosotros, justamente, medimos esto.

¿Usted sigue contratado por la Universidad de Buenos Aires?

No, pero lo que pasa es que yo soy emérito y nos dan lugar de trabajo. Incluso cierta ayuda; por ejemplo, tengo acceso a la computadora y a Internet, todo vía la Universidad, pero no guita. Si lo quisiera, seguramente tratarían de darme un sueldo *part time*, pero no lo quiero. Mi

pensión es muy buena. Eso cambió y ya no lo es para los nuevos jubilados porque ahora se ponen los ahorros en la bolsa de valores que es una ruleta. En mi época era fija, una proporción del sueldo último. Estamos barajando irnos de Alaska porque queda muy lejos, queremos acercarnos un poco a los hijos, la más cercana esta a 5 mil kilómetros. Ninguno es físico: uno es neurobiólogo y psiquiatra, y el más joven es microbiólogo; de las niñas, una es pianista y la otra tiene una agencia de viajes. De modo que no sabemos dónde iremos a parar.

Hace rato que estamos trabajando –a distancia–, en la edición de otro libro que surgió de mis viejos apuntes; en este caso, de electrodinámica (ver recuadro *Un nuevo Roederer*). Pero tengo ganas de volver a la Argentina porque quiero interesar a investigadores en una tesis que a mí me fascina y que los físicos rechazan totalmente. Mi posición es que el concepto de información es un concepto biológico. La lógica es biológica porque la tenemos acá, y no hay lógica allá afuera. Si nosotros lo tomamos, interactuamos con el mundo físico y entonces armamos un edificio de lógica matemática para poder hacer predicciones. Para mí el concepto de tiempo es biológico, pero lo que pasa

ahí afuera sin vida –que sea ameba o virus o un humano– funciona en base a las interacciones. La Segunda Ley de la Termodinámica, la entropía, el orden, son cosas nuestras, es alguien que emite o hace un juicio de lo que es ordenado. Lo mismo la información, que los físicos usan, es una medida de información pero no es la información

Con Juan Pablo Paz tuvimos discusiones muy ricas porque a mí me interesa aplicar mi idea a la interpretación de la mecánica cuántica. Pretendemos hacer algo en un dominio donde está prohibido hacerlo, como imaginar una partícula pasando por dos ranuras al mismo tiempo, porque el concepto de información requiere macroscopía. Todo lo que nosotros vemos son las interacciones del sistema cuántico con nosotros, pero lo que yo interactúo es con un sistema que se llama *coherente* donde los átomos están en su autoestado y entonces se comportan como el sistema clásico, y por eso puedo extraer información. Si yo quiero preguntarme en cada átomo donde está el electrón no puedo hacerlo.

Seguramente va a encontrar gente que se prenda

Eso espero, por eso quiero intentarlo una vez más. ☞

En la inmensidad de la meseta

La Patagonia es el único lugar en todo el planeta donde es posible hallar al macá tobiano, un ave que corre riesgo de extinción. Para evitarlo, algunos seres trabajan para salvarlo, como el biólogo Ignacio Roesler, quien durante casi cinco meses al año vive en el hábitat de esta especie en peligro. La sigue de cerca, la estudia, la cuida e intenta preservarla.



Pablo Hernández

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Su paisaje cotidiano es la inmensidad. Horizontes infinitos. Silencios ensordecedores, interrumpidos por el sonido del viento. Lagunas de aguas cristalinas, en las que se zambulle constantemente. La meseta patagónica es su hogar todo el verano y un poco más también. Argentina, más precisamente Santa Cruz, es el único lugar del planeta donde vive. Se trata del macá tobiano, un ave descubierta hace apenas 40 años y que corre peligro de extinción. Es más, si no se toman medidas, en diez años podría desaparecer de la faz de la Tierra. Es una *rara avis*, por lo que algunos hombres trabajan para salvarla.

Uno de ellos es Ignacio "Kini" Roesler. Este biólogo de Exactas, becario del CONICET bajo la dirección del profesor Juan Carlos Reboleda, dio la voz de alerta dos años atrás. Por ese entonces informó a *BirdLife Internacional* –asesora científica de aves de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza–, la declinación en un 80% del número de ejemplares de esta especie en los últimos 25 años. Los estudios indicaban que de los tres mil a cinco mil individuos registrados en la década de 1980 quedaban apenas unos 800 a principios de esta década. De este modo pasó a ser "la primera especie endémica de la Argentina, en peligro crítico", precisó en su momento Reboleda, actual decano de la Facultad de Exactas.

Muy de cerca, Kini y su equipo no le pierden pisada a los pocos sobrevivientes: los cuentan, los observan, los cuidan y espantan a algunos de sus depredadores que hacen estragos, como el visón americano. Uno solo fue capaz de matar a 33 macaes en una colonia donde debían estar reproduciéndose, según halló con pesar este investigador en una de sus hoy habituales campañas patagónicas, las cuales jamás pensó que haría. Él también es una *rara avis* en estas tierras heladas, su destino parecía ser otro. "Yo siempre fui un ornitólogo 'tropical'", trabajaba en el trópico o subtrópico.

Mi participación en la primera campaña austral fue casual, casi exclusivamente porque quería pasar un tiempo con mis amigos y recorrer un poco la zona que menos conocía de la Argentina. No buscaba mucho en realidad, ya que se suponía que mi futuro sería un doctorado con aves de los Andes en algún laboratorio especializado en cuestiones de filogeografía, muy probablemente fuera del país. Por suerte, me choqué de frente con la Patagonia profunda...", testimonia.

Hoy, Roesler, como parte del Laboratorio de Ecología y Comportamiento Animal, de Exactas, es el científico del Proyecto Macá Tobiano, liderado por las instituciones Aves Argentinas (Asociación Ornitológica del Plata) y Ambiente Sur. Mientras él lleva adelante su plan de investigación de tesis, coordina las tareas de preservación de un equipo estable integrado por seis personas que "hacen un poco de todo". Además, en el trabajo de campo también ayudan voluntarios o "guardianes de colonias". Todos coinciden en el mismo perfil: "gente con una vasta experiencia de campo, energía y principalmente con mucha buena onda. La Patagonia austral es extremadamente compleja, con climas que pueden pasar de 30 grados un día a -7 o -8 grados al otro, incluso en enero. Los primeros días de este año cayó una terrible nevada", ejemplifica.

En un paisaje muchas veces hostil y en medio del silencio, los últimos macaes se hacen oír. "El canto es lindo y el más sonoro en ese ambiente", relata sobre esta ave que vive de noviembre a marzo en la meseta; y luego va hacia la costa atlántica, a los estuarios de los ríos Coyle y Gallegos. "No vuelan grácilmente. La distancia más lejana que hacen es unos 500 kilómetros", precisa, tras haberlo comprobado en sus estudios de seguimiento.



Kini Roesler

Cada año, Kini y su equipo pasan unos cuatro o cinco meses viviendo en el hábitat del macá. “Tobiano se lo llama por el color, blanco y negro, lo mismo se le dice al caballo de esas tonalidades”, compara. Todas las observaciones sobre estas aves buceadoras, son anotadas en documentos especialmente diseñados en la “previa”. Es que antes de la campaña, “me paso buenas horas en el laboratorio –enumera– preparando las planillas para la toma de datos, armando los archivos de puntos necesarios para los censos, planeando las metodologías y verificando que el equipo (grabadores, estaciones meteorológicas, ópticas, etc.) estén en buenas condiciones”.

Con los víveres listos, las carpas preparadas y todo el material científico guardado en dos a cuatro camionetas, el equipo viaja un par de días hasta los lugares de estudio. Al fin llegan a hacer lo que más le gusta. “El trabajo de campo me encanta en todo su aspecto. Hasta el día más feo es una aventura en la Patagonia. No puedo pensar algo que deteste de esto, sinceramente. Es increíblemente especial trabajar en sitios donde tal vez solo un puñado –siendo generosos– de personas occidentales han caminado”, subraya.

A veces se topa con regalos inesperados, como petroglifos que tal vez nunca antes haya visto otro contemporáneo. “Es muy fuerte. Incluso –destaca– en los momentos en que contar los macaes de una laguna con vientos de más de 50 o 60 km/h, al reparo de unas piedras, se vuelve algo complicado. El hecho de hacerlo y volver ‘victorioso’, luego de haber soportado el temporal, cocinando al reparo con un vaso de vino, es impagable, y hace que nada de este trabajo sea detestable”.

El placer cubre toda la misión, lo cual hasta hace dudar del sentido de la palabra “trabajo”. Kini recuerda a un técnico famoso del laboratorio quien siempre cita la frase del Maestro Kong. “Elige un trabajo que te guste y no tendrás que trabajar ni un día de tu vida”.

Esto es lo que le sucede. “Pensándolo bien, lo único que detesto del trabajo de campo es cuando se termina el trabajo de campo...”, confiesa, y enseguida agrega: “Incluso, me han tocado situaciones de encontrar decenas de macaes muertos por visones americanos, y más que detestar, siento como una furia y unas ganas de dar vuelta la situación, de poner las cosas en orden, de ayudar a controlar el problema. Es como ‘energizante’, ya que me potencia para seguir adelante. Ver que las cosas están mal me impulsa a trabajar para aportar a la solución”.

La pasión hace minimizar las dificultades de la vida en la naturaleza junto al macá. “De lejos, esta especie parece un pato, pero su pico es diferente, aunque se comporta como tal, es decir, nada y se zambulle”, grafica. Esta ave se sumerge en las lagunas en busca de unos caracoles y otros bichitos que son su sustento predilecto. Lo peor es que el mismo alimento ahora es codiciado por otras especies exóticas, introducidas recientemente, como la trucha Arcoiris, y la supervivencia se complica.

De la mañana a la noche

De las 22 especies de macaes, tres ya se extinguieron y cinco están en alguna categoría de amenaza, el tobiano entre ellos. Los pocos ejemplares sobrevivientes vuelan a la meseta en verano para reproducirse. Allí los espera, además de sus depredadores –siempre al acecho–, el equipo de científicos que busca estudiarlos y protegerlos. “Las primeras semanas generalmente son de censos poblacionales del macá tobiano y de búsqueda de colonias de nidificación de esta especie. Entonces –narra–, por lo general vamos moviéndonos entre mesetas, de laguna en laguna. Acampamos en puestos abandonados o directamente al reparo de un paredón de alguna laguna, que nos ayude a descansar del viento. Cuando hay suerte y encontramos una estancia habitada nos solemos quedar a pernoctar,

VOLUNTARIOS SE BUSCAN

El año 2012, el equipo de Ignacio Roesler convocó a voluntarios para el trabajo de campo en el Proyecto de Macá Tobiano a través de internet. En sólo tres semanas “nos llovieron cientos de emails de consultas y 165 personas se postularon para cubrir los 10 lugares disponibles”, precisa. “Realmente – agrega– decidir entre esas personas fue muy difícil, principalmente porque los requisitos planteados habían sido tan altos que suponíamos que todos iban a ser personas de extrema experiencia. Entre las características que habíamos planteado como necesarias se encontraba: experiencia en climas extremos (fríos), posibilidad de caminar hasta 20 km diarios, experiencia en monitoreo de fauna, etc.”.

Pero la vida da sorpresas. Y resultó que una las personas elegidas “¡nunca había dormido en carpa! Para peor, la primera noche arremetió una terrible tormenta de nieve a orillas del Lago Buenos Aires. Un desastre”, exclama. Pero todo terminó bien y la inexperta voluntaria volvió a su casa sana y salva.

“Sin embargo –rescata–, por suerte, la mayoría de los voluntarios fueron buenos y dos (un norteamericano y una catalana) nos siguen acompañando esta temporada. Ellos ya casi son parte del elenco estable del proyecto”.

ya que la gente de los campos en estos rincones del país es extremadamente hospitalaria. Ellos siempre ceden un lugar donde parar, tomar un mate y, por lo general, compartir un buen asado de capón al horno”.

Tras la cena y charlas imperdibles con los pobladores locales, al otro día el equipo vuelve a centrar la atención en esta ave de cuello y cuerpo blanco, que contrasta con su lomo negro. Científicamente conocido como *Podiceps gallardo*, su pariente más cercano, evolutivamente hablando, es el flamenco, “aunque su aspecto no tiene nada que ver”. Lo que sí comparten a simple vista es su atracción por las lagunas. En este caso, ubicadas muchas veces en lugares inaccesibles en latitudes extremas.

Hasta allí se acercan lo más que pueden en vehículo y luego siguen a pie. “Por lo general –describe–, se camina muchísimo, incluso hemos promediado más de 25 kilómetros diarios por lapsos de hasta tres semanas (lo que deja las piernas rotas, y las zapatillas, aún más). En las lagunas realizamos censos de aves acuáticas, con énfasis en el macá tobiano, tomamos datos ambientales y hacemos monitoreos de especies invasoras que amenazan al macá, como son la trucha arcoíris y el visón americano”.

Una vez realizado el censo, las colonias de nidificación acaparan la atención del equipo. “Lamentablemente, son pocas”, se aflige. “Allí trabajamos con el programa de “guardianes de colonia”, que consiste en una persona que acampa en la misma laguna. Su tarea es monitorear la colonia, así como ahuyentar cualquier especie problemática. También, mantener activas las trampas para visón americano, el principal depredador de adultos”.

Este enemigo voraz es una especie exótica, traída a la Argentina para criarla en cautiverio y usar sus pieles en los famosos tapados de visón. Pero debido a escapes accidentales y a que muchos de estos establecimientos comerciales cerraron,



Dario Podestá



Diego Punta Fernández



Kini Roesler

se liberó a los animales a la extensa estepa patagónica, y hoy se convirtieron en un verdadero problema para el macá.

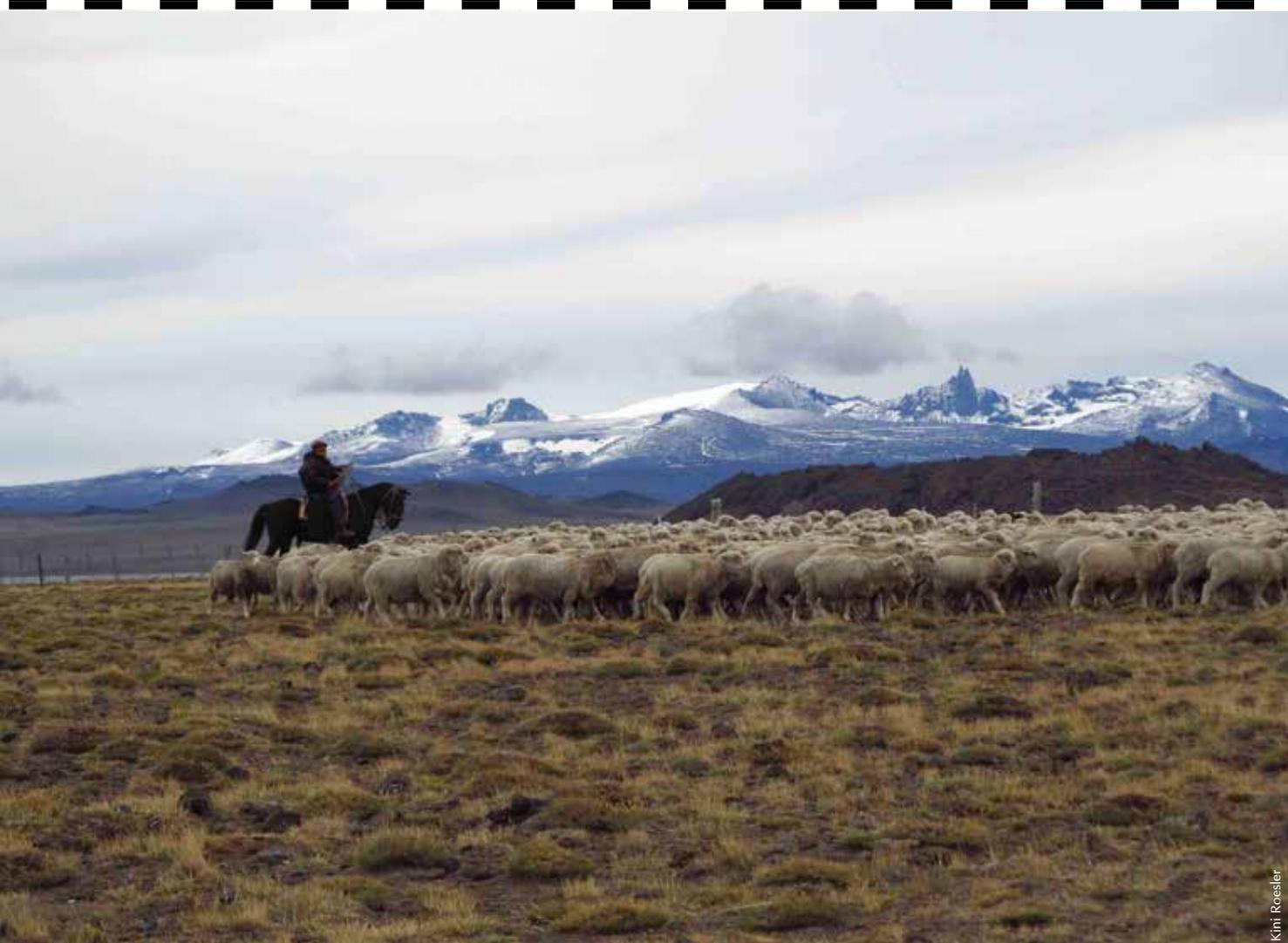
De poca historia

A pesar de que se trata de una especie grande, pesa unos 500 a 600 gramos, recién en 1974 fue descubierta. El hombre que por primera vez la avistó y dio aviso al mundo científico fue Mauricio Rumboll, naturalista, que trabajó en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. “Hoy, el mismo hombre que descubrió a esta especie, está viendo su ocaso”, indican Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata y Ambiente Sur desde su página oficial.

No hay tiempo que perder. “En los próximos diez años –avizora Roesler–, existe un 50 por ciento de probabilidades de que se extinga la especie si no se hace nada al respecto”. Algunas medidas simples, como espantar gaviotas cocineras en las colonias de reproducción de los macaes, mostraron resultados alentadores, y se logró observar nidificaciones exitosas.

Esos pichones que escaparon de las garras de sus enemigos, si no tienen más contratiempos, logran llegar a ser juveniles. Igualmente, ellos siguen en la mira, pero esta vez de los científicos. “Para el final de la temporada comienzan las tareas de marcado y toma de datos genéticos de los macá tobianos. Esto se realiza en lagunas puntuales, y para este trabajo debo acampar por varios días en las lagunas con dos ayudantes. Las capturas se hacen durante la noche, que en verano son muy cortas. Por eso, debemos esperar hasta mediados de marzo para que la hora de oscuridad rinda, y también aguardamos el final de la temporada estival, porque ya están los juveniles”.

Cuando las estrellas se adueñaron de la meseta patagónica, el equipo se interna en el agua para lograr obtener muestras



Kini Roesler

genéticas de las aves y también llevar adelante la tarea de marcación, de modo de poder seguir las a futuro. “Para atrapar a los macaes usamos un barco inflable, un reflector y una pequeña red de pesca (copo). Es una tarea complicada y, en especial, requiere que el clima nos acompañe, ya que el bote inflable es poco estable con viento de más de 25-30 kilómetros por hora”.

Meseta irresistible

Ya son varios los años de sus viajes a la Patagonia, y las sensaciones van cambiando con el tiempo. “En mi primer día en la campaña de enero de 2010, recuerdo que salimos de El Calafate rumbo a la meseta de El Moro. La primera parada fue en el Cruce a El Chaltén, para despedirnos de parte del equipo, pues ellos iban a censar la meseta del lago Viedma. Por lo tanto, seguimos en dos camionetas, llegamos a la localidad de Tres Lagos y luego rumbeamos hacia el lago San Martín, una zona paisajísticamente increíble, quizás superior a cualquier otro sitio en la Patagonia. Sin embargo, nosotros nos desviamos antes de llegar a este lago, justo antes de un cerrito muy raro llamado ‘Cachaiké’, que queda en el medio de una planicie glacial”, menciona.

Hacia el mediodía, el grupo decide detenerse para comer “justo al lado de los primeros arbolitos que veíamos en muchos kilómetros (unos álamos flaquitos). Solo recuerdo pensar: ¡qué horror este lugar! Recuerdo la tierra volando, el reparo inexistente de los arbolitos, el arroyo raquíutico...”, evoca.

Este año volvió, exactamente, a ese punto perdido en el mapa. Esta vez, él iba en busca de la posible ruta de acceso del visón americano a una de las lagunas más importantes, ubicada en la meseta de la Siberia. “No puedo entender qué fue lo que me fascinó del mismo lugar. Ahora, en mi cabeza, el arroyito

raquíutico era un arroyo hermoso, con lecho de piedra; los arbolitos flaquitos eran unos álamos perfectos para el picnic; y el paisaje alrededor solo me hacía sentir feliz. Nada había cambiado, en realidad. Todo estaba tal como lo recordaba. Pero hoy me siento feliz y vivo solo cuando estoy caminando en la meseta, cuando puedo ver la inmensidad del horizonte. Un amigo muy cercano siempre dice: ‘La meseta te cambia la vida’. Y, puedo jurar que así es”.

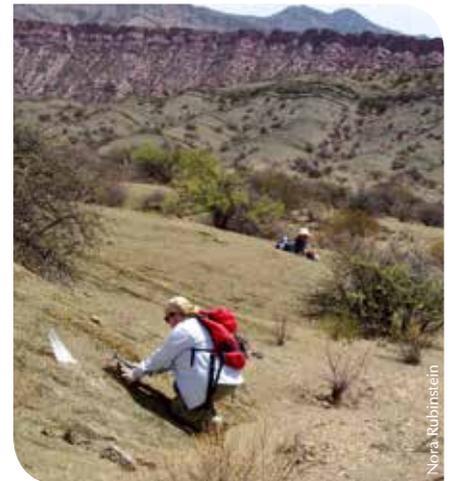
¿Qué tendrá esa estepa patagónica que la hace irresistible? “No hay vista más poderosa que subir a una meseta y ver la inmensidad, los kilómetros y kilómetros de la nada más completamente espectacular que uno pueda imaginar. Es nada llena de algo que realmente enamora. Es la naturaleza salvaje, cuesta ver los efectos del humano. Cuesta encontrarse con las alteraciones de la sociedad. Es realmente sentirse en el pasado, con los guanacos y los choiques aún en abundancias llamativas, los cauquenes y las lagunas cargadas de aves acuáticas”, palpita.

Como el primer amor al que siempre se vuelve, la meseta atrapa y es difícil alejarse. Más aún cuando en ella vive una especie en riesgo, que quita el sueño. “Como dijo ese amigo, la meseta me cambió la vida. Hoy por hoy, no busco nada en particular, solo estar en este lugar y ayudar en todo lo que pueda al macá tobiano. El macá se volvió una parte esencial de mi vida, pero no solo el macá, sino el ambiente en el que vive. No podemos salvar una especie sin salvar su ambiente, ya que una cosa y la otra no pueden separarse. El ambiente dejaría de ser lo que es sin el macá y viceversa. Proteger y conservar a la Patagonia, las mesetas y el macá es mi objetivo. Lograr que más y más gente se interese en esta especie, ya sea desde lo académico o desde cualquier otra rama, es mi objetivo también”. Una *rara avis* en busca de otras. | 

Hallazgo en Jujuy

10 millones más

En una investigación llevada a cabo en la provincia de Jujuy, el equipo de botánicos liderado por Claudia Rubinstein descubrió los fósiles más arcaicos encontrados hasta el día de hoy. El hallazgo es crucial para comprender la historia de la vida en la Tierra.



Rubinstein y su equipo durante las tareas de recolección de muestras en la provincia de Jujuy.

Nora Rubinstein - narubinstein@gmail.com

Hasta no hace mucho tiempo, se aseguraba que los primeros restos de plantas que colonizaron los continentes, hace 463 millones de años, habían sido hallados en la República Checa y Arabia Saudita. Sin embargo, investigaciones llevadas a cabo por un grupo de geólogos de la Universidad Nacional de Córdoba y de la Universidad de Liege (Bélgica) liderados por una investigadora argentina dio con el hallazgo en la provincia de Jujuy de restos que son 10 millones de años más antiguos que los ya conocidos. El estudio fue publicado en la revista *New Phytologist* (www.newphytologist.com), especializada en botánica, y lo firma la doctora Claudia Rubinstein, del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales que forma parte del Centro Científico Tecnológico del CONICET, en la ciudad de Mendoza.

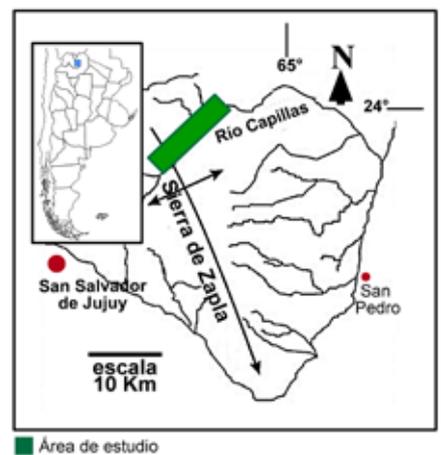
Los restos encontrados corresponden a un tipo particular de esporas (*criptoesporas*) que, de acuerdo a los resultados obtenidos por Rubinstein –especialista en el análisis de microplancton y esporas fósiles– y sus colaboradores, tienen una edad de 473 millones de años. Según explica, las primeras plantas continentales

eran muy pequeñas (se cree que su tamaño no superaba el centímetro) y muy frágiles, por lo cual no se preservaron en el registro geológico. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con las criptoesporas, que se caracterizan por poseer una pared externa extremadamente resistente que impide que se destruyan. Además, esa pared las protegió de la radiación ultravioleta y la desecación y permitió su dispersión a grandes distancias, principalmente, a través de los ríos. Todos estos fueron factores decisivos para su supervivencia fuera de los mares, lo cual les permitió colonizar los continentes.

Las muestras en las que se encontraron las criptoesporas provienen de las sierras subandinas de la provincia de Jujuy y fueron recolectadas por un integrante del equipo de investigación con el fin establecer la edad de las unidades geológicas. La edad de estas rocas, de origen marino, fue obtenida en base a la presencia de otros grupos de microfósiles marinos de edad conocida. “No buscábamos esas criptoesporas –comenta Rubinstein– y menos aún en rocas con edades en las cuales no esperábamos encontrarlas”.

Estudiando fósiles microscópicos

La investigadora explica que, para realizar estudios de microfósiles (fósiles de tamaño microscópico que solo pueden estudiarse con lupa o microscopio), se requiere de muestras de rocas sedimentarias pequeñas, de entre 50 y



Mapa de la zona, en la provincia de Jujuy (Argentina), en donde se recolectaron las muestras en las que se encontraron las criptoesporas.



Claudia Rubinstein es la investigadora del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, de Mendoza, que presentó el trabajo en la revista *New Phytologist* describiendo el hallazgo en la provincia de Jujuy. Foto: Cortesía Diario Los Andes.

100 gramos. La roca debe ser de color verde, gris o negro y estar constituida por granos de tamaño no mayor al milímetro, lo que indica que el ambiente en que se formaron era tranquilo y pobre en oxígeno, condiciones necesarias para la preservación de los microfósiles. Las muestras deben ser embolsadas en forma individual y deben estar perfectamente identificadas. Junto con la identificación debe constar la ubicación del punto de muestreo (que se obtiene con un GPS) y el nombre de la formación rocosa a la cual pertenece. Una vez en el laboratorio, la muestra debe ser molida y atacada con ácido de tal forma de eliminar todo su contenido mineral, obteniéndose un concentrado de restos orgánicos que se preparan para su observación bajo microscopio.

“Para establecer la edad de las criptoesporas utilizamos otros grupos de microfósiles marinos de edad conocida que también estaban presentes en las muestras analizadas”, señala Rubinstein, quien a su vez explica que para esta investigación las muestras fueron divididas en dos fracciones; cada una de las cuales fue estudiada en los laboratorios de Argentina y en los de la Universidad

de Liege ya que, al aplicar diferentes protocolos de preparación aumentan las probabilidades de obtener más material y de mejor calidad.

A partir del análisis microscópico los investigadores pudieron establecer la presencia de cinco variedades de criptoesporas en el material estudiado. Esta diversificación les permite sugerir que las plantas pudieron haber comenzado a colonizar los continentes bastante antes que la edad determinada para sus especímenes (473 millones de años), quizás hace unos 500 millones de años.

“La continentalización de las plantas es uno de los grandes hitos en la evolución biológica en la Tierra, ya que no solamente favoreció la formación de suelos y de formas de vida más complejas que fueron colonizando los continentes, sino que también, y principalmente, afectó profundamente el ciclo del carbono y cambió la composición de la atmósfera alterando en forma irreversible el clima a escala global. Es por eso que establecer el momento en el que aparecen las primeras plantas terrestres es fundamental para conocer la historia evolutiva de la vida en la nuestro planeta”, concluye Rubinstein. 

¿QUÉ SON LAS CRIPTOESPORAS?

Las briofitas son un grupo muy importante de plantas verdes. Son pequeñas y habitan en ambientes muy variados, desde cerca del nivel del mar hasta las elevaciones más altas. Son un grupo excepcional y muy importante en la evolución del reino vegetal. Tradicionalmente se les divide en tres categorías: *Antocerotes*, *Hepáticas* y *Musgos*. En los sedimentos analizados en Jujuy los científicos encontraron cinco tipos de esporas fosilizadas de plantas extintas denominadas embriofitas que, por estudios filogenéticos, se las relaciona a las hepáticas actuales. “Las esporas de estas plantas, las embriofitas, son denominadas criptoesporas”, explica Rubinstein, quien agrega: “Las criptoesporas que descubrimos en la investigación son las más antiguas jamás halladas”



Ecocalización

La imagen creada por los ecos

Investigadores de Lausana (Suiza), desarrollaron un programa de computación que construye un mapa tridimensional de un espacio mediante el análisis del eco de los sonidos que allí se producen.



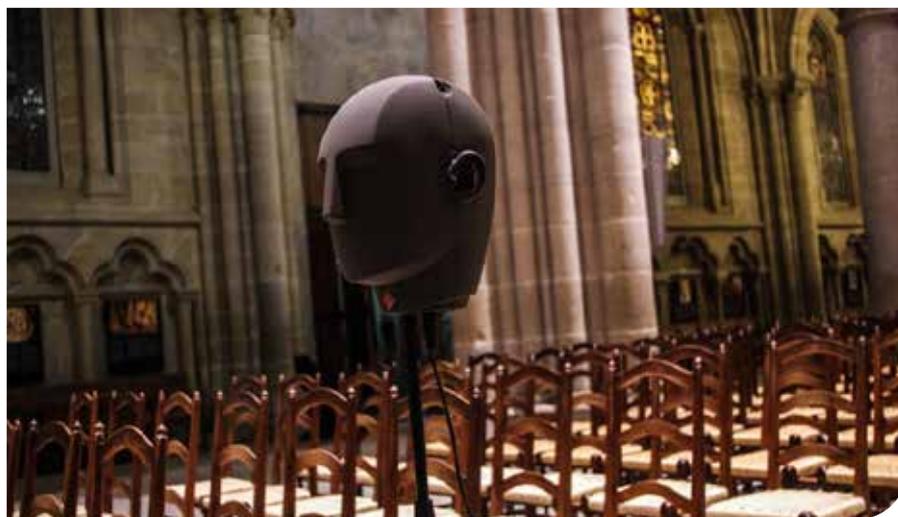
Diego Ferreira - diegulise@gmail.com

Fotos: Gentileza Ivan Dokmanic/EPFL

Imaginemos que estamos a oscuras en una habitación desconocida. ¿Podemos averiguar la forma del cuarto escuchando el eco de nuestros pasos? Los ciegos pueden detectar naturalmente la forma general de una habitación al escuchar sonidos dentro de ella. El mismo proceso, conocido como ecolocalización, es utilizado por murciélagos y delfines para moverse en su entorno. Investigadores de Suiza y Estados Unidos crearon una herramienta matemática que permite construir un mapa a partir de los ecos de los sonidos, según reportaron hace unos meses en la revista de la Academia Nacional de Ciencias (www.pnas.org). “Nuestro software puede construir un mapa en 3D de una habitación simple, convexa, con una precisión de unos pocos milímetros”, dijo en una entrevista a la BBC el autor principal del estudio, Ivan Dokmanic, del Laboratorio de Comunicaciones Audiovisuales de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL).

micrófonos. Las paredes de distintos materiales reflejan el sonido de forma diferente y pierden intensidad en cada rebote. El algoritmo distingue ecos fuertes de débiles e identifica si estos han rebotado una o más veces. Pero no es el volumen de los ecos lo único que se analiza, sino también

el tiempo que tarda en llegar a uno y otro micrófono. “El algoritmo compara las señales capturadas por los micrófonos. Los retardos infinitesimales entre esas señales se usan para calcular la distancia entre los micrófonos y entre la fuente sonora y las paredes”, detalla Dokmanic.



Los tests del grupo de Iván Dokmanic fueron pasando de recintos con formas más simples hasta verdaderos rompecabezas arquitectónicos. En las imágenes, observamos a los investigadores en la catedral de Lausana durante las pruebas que se hicieron para reconstruir su imagen tridimensional, a partir de los ecos captados por micrófonos.

Ecocalizando

El método se basa en el procesamiento de las señales capturadas por dos o más



Este principio de ecolocalización es el mismo que utilizan los sonares de barcos y submarinos para calcular la profundidad y ubicar obstáculos o cardúmenes. En la naturaleza los delfines y los murciélagos también utilizan los ecos de sonidos que emiten para trasladarse en la oscuridad. En estos casos es necesario conocer la posición de los micrófonos (o las orejas) para poder estimar las distancias a los objetos reflectores. A diferencia de estudios anteriores, el procedimiento reportado no necesita que los micrófonos estén colocados en lugares precisos con el fin de captar el sonido original y sus ecos.

“La principal novedad del trabajo es que permite reconstruir las geometrías tridimensionales con una sola medición”, resalta Ignacio Spiouzas, especialista del Laboratorio de Acústica y Percepción Sonora (www.lapso.org) de la Universidad Nacional de Quilmes. Los investigadores probaron su desarrollo primero en una sala de conferencias y luego en la antesala de la catedral de su ciudad. Pusieron micrófonos en posiciones establecidas y chasquearon con los dedos varias veces en distintos lados. Con los

ecos capturados por los micrófonos pudieron reconstruir un mapa detallado de ambos lugares. Luego pusieron a prueba su programa colocando los micrófonos en lugares desconocidos y comprobaron que con un solo chasquido de los dedos se puede construir un mapa.

¿Qué hay de nuevo, viejo?

La novedad presenta aplicaciones inmediatas en acústica arquitectónica, realidad virtual e investigación forense. “Los arquitectos pueden usar nuestro programa para diseñar espacios en base a la acústica específica que les gustaría crear”, destacó Dokmanic. Según los investigadores, así como nuestro cerebro espera ciertos ecos según lo que registran nuestros ojos, el algoritmo podría también utilizarse para crear ilusiones sonoras que acompañen una imagen de realidad virtual.

Al respecto, Spiouzas se muestra escéptico: “Es un desarrollo interesante pero no particularmente para el mundo de la acústica de recintos o realidades virtuales”, y continúa: “Se trata de un algoritmo que simplifica muchos aspectos técnicos, pero que no aporta una mejora sustancial

en cuanto a la predicción y precisión de los ecos”. Sin embargo, Spiouzas destaca que la ciencia forense podría utilizar esta técnica para analizar detalles acerca de una habitación que no puede verse o en la que no se pueden disponer los micrófonos y fuentes en lugares precisos, por ejemplo, “para identificar el paradero de una persona que llama telefónicamente desde el interior de un recinto”.

En nuestro país, las aplicaciones de la acústica forense se destacaron a fines de la década de 1990 durante la investigación del asesinato de Teresa Rodríguez, en Cutral Có, en la provincia de Neuquén. En este caso, el análisis de los ecos de los disparos registrados por un micrófono periodístico permitió localizar el origen de la bala fatal (ver EXACTAMENTE nro. 19, diciembre de 2000). Aquel trabajo –innovador en su momento, realizado por Rodolfo Pregliasco y Ernesto Martínez– fue hecho “a mano” calculando laboriosamente, chasquido por chasquido, la procedencia de los ecos y el lugar de los disparos. El nuevo desarrollo permite la reconstrucción de la geometría del lugar con solo correr el programa y con independencia de la posición del generador de sonido. |



¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

Noticias Exactas en <http://noticias.exactas.uba.ar>

2 sumate

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



3 seguinos

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



noticias.exactas.uba.ar

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

¿Por qué se acepta una teoría científica?

Guillermo Boido* y Olimpia Lombardi

El tema de los dos últimos artículos publicados por nosotros en *EXACTAMENTE* fue la lógica, y en el primero de ellos dijimos que ella nos permite analizar los motivos por los cuales aceptamos una teoría científica. Aquí nos ocuparemos de esta cuestión.

En el artículo *¿Qué es el método científico?* (*EXACTAMENTE* N°35), los autores (Gregorio Klimovsky y Guillermo Boido) señalaban que no existe acuerdo acerca de la existencia de un método científico para construir las leyes de las teorías. Ahora bien, aun si no existiera un método para la formulación de teorías, podría haber un criterio preciso para aceptar una teoría científica una vez formulada. ¿Por qué se acepta una teoría? La respuesta inmediata es: "Porque es verdadera". Pero, ¿cómo sabemos que una teoría científica es verdadera? Es aquí donde comienzan a aparecer las dificultades.

Una teoría científica incluye ciertos enunciados generales, las leyes, de las cuales se deducen todos los enunciados que aplican la teoría a situaciones particulares. Como señalamos en artículos anteriores, las deducciones construyen razonamientos válidos que preservan la verdad: si las leyes son verdaderas, aquello que se deduce de ellas también lo será. Entonces el problema se reduce a determinar si las leyes son verdaderas. ¿Cómo podríamos hacerlo? Una estrategia sería la observación directa. Pero esto no es posible por dos razones. En primer lugar, las leyes suelen incluir términos que no refieren a objetos accesibles a la observación directa, por ejemplo, *electrón*, *pH* o *gen*. En segundo lugar, las leyes hacen afirmaciones sobre clases completas de objetos a las que no podemos abarcar por observación: no podemos observar todos los trozos de metal o todos los insectos del universo.

En la práctica la estrategia es otra. A partir de la teoría se deducen ciertos enunciados que describen situaciones observables particulares. La verdad o falsedad de estos enunciados sí se puede determinar por observación directa: la presencia de una traza en una cámara de niebla o el viraje al rojo de un papel de tornasol. Si alguno de estos enunciados fuera falso, en principio se podría probar la falsedad de las leyes de la teoría, puesto que, si la conclusión de un razonamiento válido es falsa, puede asegurarse la falsedad de alguna de las premisas. Pero, si los enunciados particulares son verdaderos, ¿nos permiten probar la verdad de las leyes? En un razonamiento válido, la verdad de las premisas asegura la verdad de la conclusión, pero no a la inversa: puede haber

razonamientos válidos con conclusión verdadera y premisas falsas. Por lo tanto, aun si los enunciados particulares que se deducen de las leyes resultasen verdaderos cuando se los somete a testeo empírico, por ejemplo en un laboratorio, ello no prueba la verdad de las leyes de las cuales se dedujeron. En otras palabras, no es posible demostrar concluyentemente que las leyes de una teoría sean verdaderas por vía lógica, a partir de sus consecuencias empíricas.

Tal vez, la verdad de las leyes no pueda probarse por medios deductivos, pero ¿no puede recurrirse a la inducción? Si las consecuencias empíricas de las leyes resultan verdaderas sin excepción, en un enorme número de casos y en una gran variedad de circunstancias, ¿no es esto suficiente para probar la verdad de las leyes de las cuales se deducen? Lamentablemente, la respuesta es negativa. Bertrand Russell utilizó su fábula del pavo inductivista para subrayar que los razonamientos inductivos no son lógicamente válidos, esto es, no preservan la verdad de las premisas a la conclusión. Un pavo observaba pacientemente que, al parecer sin excepción, el granjero lo alimentaba todos los días a la misma hora, sin importar las circunstancias, hiciera frío o calor, lloviera o hubiera sol. Un buen día consideró que las evidencias eran suficientes y concluyó inductivamente que lo mismo sucedería todos los días. Pero en vísperas de Navidad comprobó que lamentablemente se había equivocado: cuando el granjero entró al corral a la misma hora, ya no fue para alimentarlo... Esto no significa que la inducción sea inútil en la ciencia; solo muestra que no puede usarse para probar la verdad de las leyes.

En definitiva, no es posible demostrar la verdad de las leyes de las teorías científicas ni por observación directa, ni por vía lógica a partir de sus consecuencias empíricas, ni por medio de inferencias inductivas. Por lo tanto, no podemos afirmar que aceptamos una teoría porque hayamos probado que es verdadera. Pero, entonces, ¿por qué se la acepta? Es precisamente a la luz de esta pregunta que la epistemología ha desarrollado un amplio campo de reflexión acerca de los motivos por los cuales ciertas teorías se incorporan al cuerpo del conocimiento científico aceptado en una época histórica determinada. **□**

* Este artículo fue entregado con anterioridad por Olimpia Lombardi y Guillermo Boido (compañero de trabajo, colaborador y consejero editorial de *EXACTAMENTE*), quien falleció el 19 de octubre de 2013.

Las lecciones del Maestro Ciruela

Explicaciones reiteradas

Ricardo Cabrera - ricuti@qi.fcen.uba.ar

Tengo colegas que no se molestan por tener que explicar las cosas una vez más, dos veces más, tres, cuatro, diez... todas las veces que el alumno se lo pida. Y sin mosquearse, sin el menor gesto de sorpresa, incomodidad, molestia, hartazgo. Estos colegas -a los que deberíamos levantar un monumento- lo cuentan con orgullo, y no es para menos. Pero están equivocados.

Hasta una segunda vez, repita una explicación. No más. Que la segunda -va de suyo- no sea un calco de la original: ha de buscarse una frase diferente, con más apoyaturas, un enfoque alternativo, un ejemplo distinto... obviamente. Pero si el alumno sigue sin entender y solicita una nueva explicación, usted debe negársela. Y no porque sea ortiba.

Los motivos son dos. Primero: recuerde que usted está dando clase para un grupo, del cual usted es parte. La clase tiene una dinámica, un ritmo, una velocidad, un argumento, un hilo conductor. Tal como esos profesores que se van por las ramas y no pueden concluir una idea -confundiendo a la audiencia y exasperando a los estudiantes- el que corta el hilo para explicar muchas veces una misma cosa corre el riesgo de hacer lo

mismo. El ritmo decae, una buena porción de la clase se distrae (cuando no, también, se exaspera por la falta de entendederas del repreguntón), otros aprovechan para dedicarse a otros asuntos, y después... vaya usted a rescatarlos.

El segundo motivo es el siguiente: nadie aprende nada de una vez y para siempre por habérselo escuchado a usted, por claro y preciso que haya sido. Los conceptos (sobre todo aquellos conceptos operativos con los que los docentes de ciencias nos las tenemos que arreglar) se aprenden cuando se usan, cuando se acompañan con otros, cuando se contrastan, cuando se logran inferencias a partir de ellos.

De modo que la mejor estrategia después de haber explicado algo por segunda vez y ante la solicitud de una tercera es ésta: -Mirá, chabón, no te amargues, ya sé que no entendiste. Pero date tiempo, tratá de seguir la clase bancándote esa duda. Varios de tus compañeros tampoco lo entendieron pero no se animaron a preguntarme como vos. Créeme que, en breve, cuando empecemos a usar esto que no te cierra, te vas a dar cuenta de qué pito toca, a qué me refiero, para qué sirve, de qué juega. Si te parece

seguimos adelante y cualquier cosa después lo retomamos. ¿Te parece?

Por supuesto que a partir de ese momento en el resto de su discurso hará múltiples alusiones al concepto conflictivo. Y en no pocas ocasiones deberá preguntarle al preguntón (y a todos, pero más al preguntón) cuestiones que hacían al concepto no entendido.

De más está decirle, mi amigo, que alguna maldad adicional habrá que pergeñar contra el insufrible. Todo tiene su límite, e importunar al profe no es gratis. |



Juan y el Preguntón. Tira diaria de humor de los años 70, de Alberto Bróccoli.

HUMOR por Daniel Paz



La pizarra de Babel

Puentes entre neurociencia, psicología y educación

Sebastián Lipina y Mariano Sigman (editores)

Buenos Aires: Libros del Zorzal, 2011
ISBN: 978-98-7599-196-5

352 páginas



El asunto es la neuroeducación. Puede ser que le quepan otros nombres, pero se trata de una disciplina que utiliza los conocimientos y las estrategias de investigación de la psicología cognitiva y experimental, y se enfoca al estudio de la enseñanza y el aprendizaje. Una disciplina que está naciendo y ni siquiera sabemos si alcanzará la adolescencia... pero su importancia despierta expectativas, dudas, advertencias y, sobre todo, ilusiones.

La pizarra de Babel es un libro de ensayos y trabajos de investigación que preparan y abren el camino para esta ciencia en ciernes. Con el aporte de numerosos investigadores de muchas partes del mundo (varios de ellos argentinos) se plantean las dudas, los inconvenientes, las necesidades y las esperanzas. También varios caminos posibles y no pocos hallazgos que sirven de ejemplo. Aunque las certezas son pocas, el panorama que se abre es muy amplio.

La compilación que realizan Lipina y Sigman, a la que aportan sus propios trabajos, posee (tal vez) un denominador común: la noción de que este nuevo desafío científico se librará en un terreno común, de dos disciplinas diferentes. Un lugar de encuentro entre educadores y pedagogos por una parte, y psicólogos experimentales o científicos cognitivos por la otra. Eso solo ya no es poca cosa.

Física Manifiesta

en la magia, la cocina, el deporte y la música

Miguel Hoyuelos

Mar del Plata: EUDEM, 2011
ISBN: 978-98-7137-183-9

260 páginas



He aquí una colección interesantísima de familiares y no menos curiosos fenómenos explicados desde la Física. Desde trucos de magia, hasta la cocina, el deporte y la música.

Aunque es un libro especial para docentes de Física necesitados de ejemplos vistosos con que ilustrar sus clases e interesar a sus estudiantes, *Física Manifiesta* está escrito para el gran público. Es cierto que contiene algunas ecuaciones, pero no para perder lectores sino para ganarlos: no son parte de desarrollos algebraicos sino que se muestran y explican para que el lector no matemático les pierda el temor y las mire con otros ojos. El acompañamiento con abundantes gráficas e ilustraciones brindan un potencial explicativo rebotante de claridad. La prosa es concreta y sencilla, y discurre en el idioma de todos, sin términos exclusivos de la jerga científica. Fácil de leer y entretenido.

La variedad de temas abordados, aún dentro de cada uno de los campos elegidos por el autor, muestran un panorama amplio de la Física (óptica, fluidos, termodinámica, estática, ondas, etcétera) con un fuerte hincapié en su historia y sus protagonistas. Las invenciones y los artefactos también tienen su parte en el relato. Como divertimento, como pieza de divulgación, como complemento didáctico *Física Manifiesta* es una excelente opción.

Minerales y rocas en el arte, la ciencia y la tecnología

José Sellés Martínez

y Liliana N. Castro

Buenos Aires: EUDEBA, 2012
ISBN: 978-95-0232-099-1

184 páginas



La humanidad es dependiente, en forma absoluta y creciente, de materiales que se extraen de la Tierra. A pico y pala. La minería es tan importante para nuestra sociedad como la agricultura. Ya no podemos renunciar a ella. Este libro de la colección Ciencia Joven de EUDEBA nos cuenta la historia de la minería, y de cómo sus productos se fueron metiendo en nuestra cotidianidad hasta hacerse imprescindibles para nuestra subsistencia.

El derrotero es brillante, florido y humano. ¿De dónde salen los materiales? ¿Cómo se descubrieron? ¿Cómo evolucionó el uso de cada material desde lo artesanal hasta lo industrial? ¿Qué propiedades los unieron al arte desde un principio? Son decenas de historias: la alfarería, la vidriería, la metalurgia, la energía, la joyería, la pintura y la escultura, y varias más.

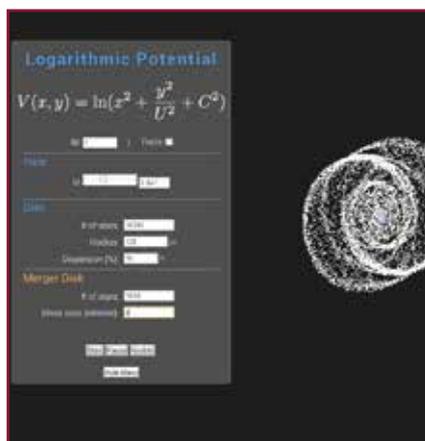
La minería es un capítulo aparte: ¿Cómo son las minas y por qué son como son? ¿Cómo funcionan? El porqué de la minería a cielo abierto, y también el cómo. La visión moderna del impacto ambiental, los cuidadosos pasos que hay que transitar para que el medio ambiente sufra lo menos posible.

Un libro que peca de abarcativo y convierte el pecado en virtud: todo lo que a un lector ávido del conocimiento le puede interesar acerca de la minería fue desenterrado de las oscuras profundidades.

Recomendaciones en Internet

<http://deimos.astro.columbia.edu/visualizations/galaxy/>

Data is beautiful. Página de Adrian M. Price-Whelan, de la Universidad de Columbia (Estados Unidos), de animaciones y visualizaciones de colisiones de galaxias y sistemas de estrellas, cumpliendo con la ley de gravedad a súper velocidad. Como novedad para estos juegos de visualización se agrega la exploración de la Vía Láctea en 3D.



<http://jralonso.es/>

UniDiversidad. El blog de José Ramón Alonso, doctor por la Universidad de Salamanca (España), Catedrático de Biología Celular y director del Laboratorio de Plasticidad Neuronal y Neuroreparación del Instituto de Neurociencias de Castilla y León. Consagrado escritor de ficción y divulgación. Su blog es una mina de oro.



<http://www.gapminder.org/>

Gapminder, por una visión del mundo basada en hechos. Fundada en Estocolmo por Ola Rosling, Anna Rosling Rönnlund y Hans Rosling en febrero de 2005. Más de 500 indicadores sociales y económicos explorados en el mundo y en el tiempo y expuestos en gráficos interactivos de impactante visualización.



<http://dawkinsenespanol.blogspot.com.ar/>

Dawkins en español. Espacio para acercar el pensamiento de Richard Dawkins a los hispanohablantes. Un anónimo blogista traduce y recopila material del afamado biólogo inglés. Videos, enlaces, ensayos. Toda una fiesta en español.



<http://leonardomoledo.blogspot.com.ar/>

Leonardo Moledo. La divulgación es la continuación de la ciencia por otros medios. Un blog del periodista científico del diario *Página/12*, con reportajes, ensayos, escritos, divertimentos, videos y toda la parafernalia con que nos suele alegrar la vida este matemático de Exactas-UBA devenido en escritor.



<http://psicotecablog.wordpress.com/>

Psicoteca Blog, (tercera etapa) de Helena Matute, Miguel A. Vadillo y Fernando Blanco de la Universidad de Deusto, Bilbao, España. Y los psicólogos, ¿en qué andan?



¿Por qué es tan desagradable el olor de la basura?

Responde el doctor **Martín Negri**, investigador del CONICET en el Departamento de Química Inorgánica Analítica y Química Física de Exactas-UBA.

El olor de la basura doméstica (residuos sólidos urbanos) se debe a la descomposición que ejerce una gran variedad de microorganismos sobre los materiales orgánicos, como los restos de comida, huesos, cáscaras y hojas, entre otros. Esta actividad de degradación genera una gran cantidad de gases, algunos que son inodoros para el ser humano, como el metano, y otros que son percibidos como de muy mal olor por nuestra especie. Estos gases provienen de la biodegradación aeróbica o anaeróbica. Por ejemplo, los compuestos que contienen nitrógeno o azufre generan numerosas sustancias de relativo bajo peso molecular que se encuentran como gases. Por ejemplo, la trimetilamina es típica del “olor a pescado”, y la putrescina y la cadaverina son características de la carne podrida. También distintos tioles (compuestos con el grupo funcional formado por un átomo de azufre y uno de hidrógeno) se asocian con “malos olores”, y el sulfuro de hidrógeno, con el olor a huevo podrido.

En varios países de Europa, el olor de la basura en los rellenos sanitarios es monitoreado en forma permanente y, a medida que pasa el tiempo, el olor cambia y la basura es cambiada de ubicación dentro del mismo relleno. Cuando está fresca es depositada en el área central y más profunda; luego de un tiempo es trasladada a la periferia,



Juan Carlos Pachon

más cercana a las zonas pobladas. Lo cierto es que, a medida que fermenta, la basura varía su composición química y el olor cambia, porque las sustancias van emitiendo diferentes compuestos olorosos.

El olor, que constituye un patrón de señales, puede ser monitoreado mediante narices electrónicas, que no informan sobre la composición química del olor, sino que analizan patrones. Ello requiere un entrenamiento de la nariz durante un tiempo, luego del cual esta puede dar cuenta del patrón de olor de un relleno, y si hubo algún cambio en los componentes.

Una nariz artificial puede detectar ciertos compuestos presentes en el aire, como el monóxido de carbono, que los humanos no detectamos. Pero el sistema olfativo de los mamíferos avanzados, en particular ciertas razas de perros, pueden detectar compuestos orgánicos en concentraciones muy bajas en la atmósfera y que las narices artificiales no llegan a detectar. Una nariz electrónica se compone de varios sensores, que reaccionan de manera distinta frente a los compuestos que forman la mezcla gaseosa que se quiere detectar. Las señales producidas por los distintos sensores son analizadas por un procesador de datos, y se obtiene un “patrón de señales” que es característico de la interacción de los gases analizados y el conjunto de sensores.

¿Por qué el arco iris tiene forma de arco?

Responde la doctora **Silvia Ledesma**, investigadora del CONICET y profesora asociada en el Departamento de Física, Exactas-UBA.

Como todos sabemos, el arco iris se hace visible cuando hay una gran cantidad de gotas en el aire que son iluminadas por la luz del Sol. Este fenómeno puede entenderse pensando qué ocurre en cada una de las gotas suspendidas en el aire, suponiendo que cada una tiene forma esférica y la luz proveniente del Sol incide sobre la esfera como un conjunto de rayos paralelos.

Una porción de luz incidente sobre la gota se reflejará parcialmente y otra porción se refractará dentro de la gota viajando en una dirección que depende del color. Al alcanzar la cara opuesta de la esfera, una porción se reflejará en la parte interna de la gota, y otra, emergerá de la gota del lado opuesto al que incidió. La parte reflejada nuevamente se refractará dentro de la esfera y, al alcanzar la cara donde incidió la luz, una parte se reflejará y otra, emergerá. Un conjunto de estos rayos emergentes (o terciarios) son los que forman el arco iris primario. El proceso continúa dando lugar a múltiples reflexiones cuya intensidad decrece rápidamente, siendo posible a veces observar un arco iris secundario.

Un punto clave para entender la forma del arco iris es que –aunque sobre la gota incida una cantidad uniforme de luz– no emerge de la gota la misma cantidad de luz en todas las direcciones



Diana Martínez Llaser

sino que hay un conjunto de direcciones en que la intensidad se refuerza definiendo un cono alrededor de la dirección de incidencia, debido a la simetría esférica de la gota. Esto se puede entender en términos del comportamiento de los rayos que inciden en distintos lugares de la esfera o que tienen distintos parámetros de impacto. Si el rayo incidente tiene parámetro de impacto cero, el rayo terciario forma un ángulo de 180° con respecto al rayo incidente. Para mayores parámetros de impacto, el ángulo entre el rayo terciario y el rayo incidente disminuye hasta alcanzar un mínimo en aproximadamente 138° . Alrededor del valor mínimo se concentrará la mayor cantidad de rayos emergentes, ya que en esa zona, por más que la luz incida con parámetros de impacto diferentes, solo se produce una pequeña variación en el ángulo del rayo terciario.

En cuanto a lo que vemos en el cielo, cabe notar que la Tierra genera una especie de sombra sobre el cono y hace que solo veamos una porción, que llamamos arco. A veces es posible ver el fenómeno de arcos supernumerarios por debajo del arco iris primario, que es una evidencia de la naturaleza ondulatoria de la luz.

Helarte por el arte

José Sellés-Martínez - pepe@gl.fcen.uba.ar

2014 es el Año Internacional de la Cristalografía y con ese motivo este artículo estará dedicado a la ciencia y el arte de los cristales, comenzando por la efímera belleza de los cristales de hielo.

En tiempos tan remotos como los comienzos del siglo XVII las formas estrelladas de los cristales de hielo llamaron la atención de científicos o filósofos de la talla de Kepler y Descartes, quienes se ocuparon de ellos (Kepler relacionó su geometría con un ordenamiento espacial de las partículas constituyentes y Descartes intentó incluso representar algunos de ellos, con el resultado que se reproduce en la Figura 1). Ya más avanzado el siglo y perfeccionado el microscopio, Robert Hooke les dedicó numerosos dibujos en su libro *Micrografía*, editado en 1665 (Figura 2).

Los primeros estudios científicos sobre la forma y mecanismo de crecimiento de los cristales se demoraron, sin embargo, hasta el año 1932, en que Ukichiro Nakaya se aboca al tema y desarrolla una investigación sistemática que culmina con la publicación –en 1954– del primer libro que aborda científicamente el tema y que incluye también imágenes de cristales “criados” en laboratorio.

Junto a la vertiente científica del interés por estas formas cristalinas se desarrolla también el interés estético y así, desafiando el frío y el viento, los “cazadores” de cristales se internan en las tormentas de nieve para capturar y reproducir las formas más bellas que pueden encontrar. Es así como el granjero y pionero de la microfotografía Wilson A. Bentley obtiene más de 5000 imágenes, de las cuales publica 2000 en 1931, en un libro que aún hoy se reedita por la belleza de sus ilustraciones. Numerosas

han sido las personas que han seguido el camino de Bentley y son capaces de pasar horas a temperaturas bajo cero, con una lupa en la mano, buscando estas microscópicas obras de arte, de las cuales se dice, y con razón, que no hay dos exactamente iguales.

Contrastando con la complejidad y variabilidad de las formas externas, sujetas siempre sin embargo a una simetría hexagonal (ya se trate de caras planas, de estrellas con elaboradas ornamentaciones o de crecimientos dendriformes), su fórmula química y su estructura cristalina son sencillas y bien conocidas. Es agua (H_2O) que, en estado sólido por efecto de la temperatura, ha ordenado sus átomos constituyentes en una estructura tridimensional de base hexagonal. En esta estructura (ver Figura 3) cada átomo de oxígeno está unido a dos de hidrógeno, pero enlazados de forma tal que se forman hexágonos con los átomos de oxígeno en los vértices. Es importante destacar que los 6 átomos que forman cada hexágono no yacen sobre un único plano.

Las Figuras 4 a 6 ilustran ejemplos muy diferentes que representan la variedad de formas básicas en que aparecen los cristales de hielo, que varían desde simples prismas hexagonales en forma de tabletas carentes de ornamentación hasta estrellas de seis brazos con complejísimas ornamentaciones en ellos.

Para mayor información sobre el proceso de formación de los cristales y para observar excelentes fotografías de las diferentes variedades de los mismos puede visitarse la página: <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals> y los otros sitios que allí se recomiendan. |

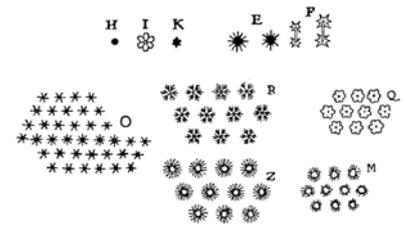


Figura 1



Figura 2

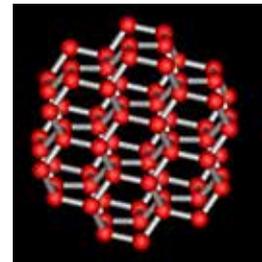


Figura 3

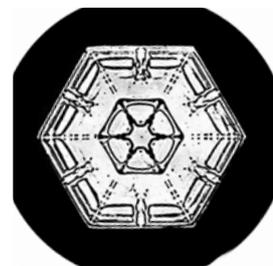


Figura 4



Figura 5



Figura 6

Figura 1: Cristales de hielo dibujados por René Descartes. Fuente: mathsoc.jp
 Figura 2: Dibujos de cristales de nieve en el libro *Micrografía*, de R. Hooke. Fuente: www.its.caltech.edu
 Figura 3: La estructura hexagonal de los cristales de hielo. Fuente: www.its.caltech.edu
 Figura 4: Una fotografía histórica de la colección Bentley. Fuente: <http://snowflakebentley.com>
 Figura 5: Cristales fotografiados por el investigador Kenneth G. Libbrecht. Fuente: [Caltech \(USA\)](http://Caltech (USA)).
 Figura 6: Diminutos cristales de hielo “retratados” con el microscopio electrónico. Fuente: emu.arsusda.gov/snowsife/

CIENTIFICOS

INDUSTRIA ARGENTINA



El programa de Ciencia sigue en la televisión pública, con nuevos informes, secciones y columnistas

CON ADRIÁN PAENZA



**SÁBADOS
11.30 Hs.**



tv.pública

www.canal7.com.ar



incubacen

ASISTENCIA

INVERSIÓN

EMPRESARIOS

INVESTIGACIÓN

VALOR
AGREGADO

INNOVACIÓN

CREATIVIDAD

DESARROLLO

TECNOLOGÍA

NEGOCIOS

NUEVOS
EMPLEOS



exactamente
eso es

incubacen

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires



 incubacen.exactas.uba.ar

 [/incubacen](https://www.facebook.com/incubacen)

 [@incubacen](https://twitter.com/incubacen)

EXACTAS UBA