Año 15 | Nº 44 | Diciembre 2009

EXACTA mente

La revista de divulgación científica

Clima
El cambio visto desde la Antártida

Entrevista
Rosendo Pascual

Educación
¿Quién quiere ser investigador?

Botánica
Adaptación en plantas

El origen de los rayos cósmicos

Lluvia extraterrestre

ISSN 1514-920X

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Consejo editorial

Presidente
Jorge Aliaga

Vocales
Sara Aldabe Bilmes
Guillermo Boido
Guillermo Durán
Pablo Jacovkis
Marta Maier
Silvina Ponce Dawson
Juan Carlos Reboreda
Celeste Saulo
José Sellés-Martínez

Staff

Director
Ricardo Cabrera

Editor
Armando Doria

Jefe de redacción
Susana Gallardo

Coordinador editorial
Juan Pablo Vittori

Redactores
Cecilia Draghi
Gabriel Stekolschik

Colaboradores permanentes
Pablo Coll
Guillermo Mattei
Daniel Paz

Colaboran en este número
Mercedes Pérez Recalde
Natalia Zazulie
Alejandro Tortolini
Guillermo Boido
Olimpia Lombardi

Diseño gráfico
Federico De Giacomi
Pablo Gabriel González

Fotografía
Juan Pablo Vittori
Paula Bassi
Diana Martínez Llaser

Impresión
Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.

EXACTAmente
es propiedad de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. ISSN 1514-920X
Registro de propiedad intelectual: 28199

UBA-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.
Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428 EHA Capital Federal
Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464, 4576-3337, fax: 4576-3351.
E-mail: revista@de.fcen.uba.ar
Página web de la FCEyN: http://exactas.uba.ar

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

EDITORIAL

Volver a la sociedad

EXACTA*mente* llega a cientos de escuelas de todo el país y a miles de graduados de nuestra Facultad con el objetivo de acercar la ciencia a la sociedad. Con la aparición del número anterior, inauguramos el blog de la revista (http://revistaexactamente.wordpress.com). Así, a quince años de existencia en su versión en papel, nuestra revista incorpora una herramienta para que nuestros lectores puedan hacer mejor uso de ella.

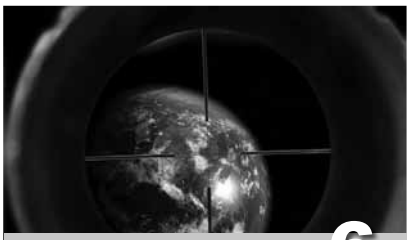
Pero desde Exactas trabajamos en algunas otras líneas con los mismos objetivos. Este año, a pesar de las complicaciones y reprogramaciones generadas por la epidemia de gripe A, pudimos desarrollar nuevamente el programa de Semanas de las Ciencias. Compartieron con nosotros esta actividad más de 9.000 alumnos de 256 colegios, a los que se sumaron 200 alumnos de los últimos dos años que participaron de los Talleres de Ciencia y las Experiencias Didácticas. Exactas también tuvo participación en la organización de las Olimpíadas Nacionales de Química, de Computación y las Regionales de Física. Este año hemos continuado con las usuales conferencias, charlas sobre temas estratégicos y la participación en iniciativas como la Feria de Matemática o la Noche de los Museos, a las que les hemos sumado una exposición durante todo el año 2009 de Darwin en Argentina.

Todos estos esfuerzos están destinados a ayudar a los alumnos de la escuela media a conocer las disciplinas científicas. También intenta colaborar con los que son nuestros necesarios aliados, los profesores del nivel medio, que deben superar múltiples y diversas dificultades para poder cumplir con sus labores docentes. Es en ese sentido que necesitamos permanentemente que nos hagan llegar sus opiniones, ideas y propuestas en relación con las cosas que hacemos o con las que podríamos hacer. Esperamos que el blog de la revista pueda acercarnos y ayudarnos a trabajar todavía de manera más cercana.

También vale recordar que estamos nuevamente frente a una modificación de la escuela media. Luego de una década en la cual las distintas disciplinas científicas perdieron identidad, especificidad e intensidad, con las lamentables consecuencias pedagógicas que se podían prever, hoy se intenta volver sobre los pasos. Siempre es más difícil construir que destruir, en particular cuando estamos hablando de un cambio en la formación de los profesores de enseñanza superior y media. Exactas está trabajando juntamente con el Consejo Universitario de Ciencias Exactas y Naturales (CUCEN) en la aprobación de contenidos mínimos comunes para los profesorados universitarios de ciencias. También está colaborando con el Instituto de Formación Docente (IFOD) en la elaboración de los requisitos básicos, tanto desde el punto de vista de contenidos como de la intensidad de la formación experimental, que deberán tener los institutos terciarios que forman profesores. Consideramos que esta tarea tiene un valor estratégico importante dado que definirá cómo serán los docentes del futuro y, por lo tanto, nuestros alumnos. Para esta tarea contamos con el apoyo en los aspectos disciplinares de nuestros departamentos docentes y con la colaboración del Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC). Pero estamos seguros de que podríamos realizar un mejor aporte si tuviéramos la colaboración de los profesores, que hoy tienen el desafío de hacer una mejor escuela media. Los invitamos a que se acerquen para seguir trabajando juntos.

Jorge Aliaga
Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

SUMARIO



UNIVERSO 6

▶ **¡Ataque extraterrestre!**
por Gabriel Stekolschik

ENTREVISTA 24

▶ **Rosendo Pascual**
por Susana Gallardo

NOBEL 40

▶ **Telómeros, fibras ópticas y ribosomas**

CLIMA 10

▶ **La señal del cambio**
por Natalia Zazulie

EDUCACIÓN 28

▶ **¿Quién quiere ser investigador?**
por Gabriel Stekolschik

PERLAS 43

▶ **La funesta niebla**
por Guillermo Mattei

PANORAMA 14

▶ **Un mundo de arena**
por Cecilia Draghi

EPISTEMOLOGÍA 31

▶ **El racionalismo científico (segunda parte)**
por Guillermo Boido y Olimpia Lombardi

DISCIPLINAS 44

▶ **En busca del saber ancestral**
Por Mercedes Pérez Recalde

COMUNICACIÓN 18

▶ **La ciencia también tiene amigos**
por Alejandro Tortolini

SECCION 32

▶ **El juicio final**
por Guillermo Mattei

VARIEDADES 47

▶ **Las enseñanzas del maestro ciruela**
Ciencia Provisoria

BITÁCORA 21

▶ **32 meses en la Antártida**
por Cecilia Draghi

BOTÁNICA 36

▶ **Máquinas de supervivencia**
por Susana Gallardo

ADEMÁS

▶ **48. Biblioteca**

▶ **49. Preguntas**

▶ **50. Juegos**

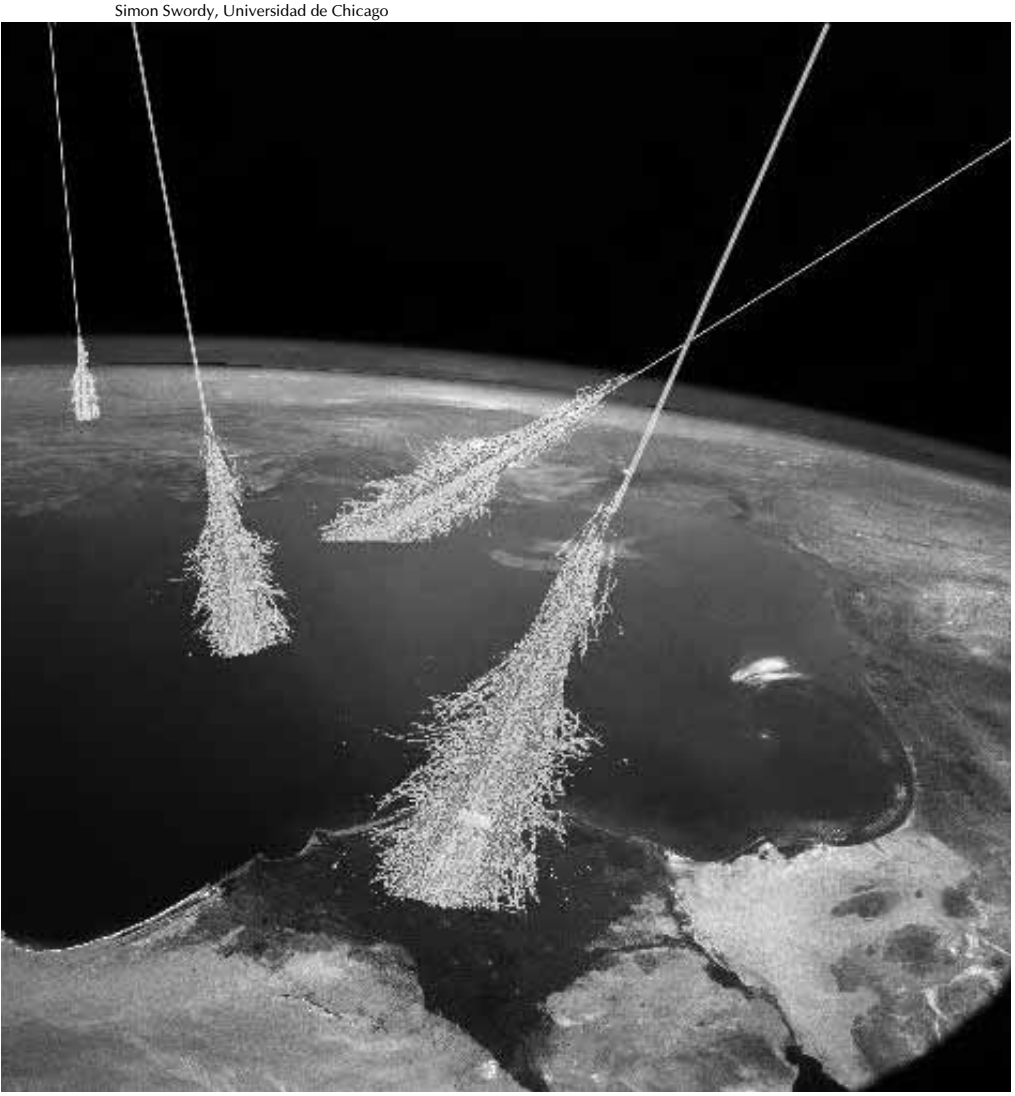
Rayos cósmicos

¡Ataque extraterrestre!

Están entre nosotros y ni siquiera lo advertimos. Llegan todo el tiempo, de todas las direcciones del cosmos, nos atraviesan discretamente y siguen su camino. El origen de los rayos cósmicos, que desvela a los físicos a partir de su descubrimiento, motivó la instalación de uno de los centros cosmológicos más importantes del mundo, el observatorio Pierre Auger, en Mendoza.

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

Simon Swordy, Universidad de Chicago



Como una lluvia incesante, ametrallan sin pausa nuestro planeta desde que existe como tal. Son las partículas más energéticas de la naturaleza y provienen de todas las direcciones del cosmos, por el que viajan a velocidades cercanas a la de la luz. Aunque ningún lugar de la Tierra está exento de sufrir este ataque, algunas regiones resultan más perturbadas que otras. Hablamos de la radiación cósmica, un conjunto de partículas subatómicas que mantiene en vilo a una parte de la comunidad científica. Es que, a décadas de su descubrimiento, todavía es un misterio qué son, en qué lugares del Universo se originan y cómo adquieren semejante velocidad los rayos cósmicos de mayor energía.

Se sabe que la mayor parte de la radiación cósmica que hostiga nuestro mundo procede de la galaxia que habitamos, la Vía Láctea. En efecto, el Sol y la explosión de ciertas estrellas relativamente cercanas son las fuentes principales de los rayos cósmicos más frecuentes, llamados "de baja energía". Una denominación que los desmerece, pues estos corpúsculos pueden contener energías cien millones de veces superiores a las que se logran en los aceleradores de partículas más poderosos que se han construido hasta ahora. En realidad, ese nombre deslucido obedece al hecho de que existe todo un espectro de rayos cósmicos, que empieza en los de baja energía,

continúa con los de media y alta energía y termina en los de ultra alta energía.

Por otra parte, también se sabe que, cuanto menos energéticos son, mayor es la frecuencia con la que llegan a la Tierra. Así, los de baja energía impactan cada metro cuadrado de la superficie exterior de la atmósfera a razón de 10.000 por segundo, mientras que los de ultra alta energía lo hacen una vez por siglo por cada kilómetro cuadrado de superficie. "Cada segundo, nuestro cuerpo es atravesado por rayos cósmicos de baja energía, a razón de uno cada diez centímetros cuadrados, el equivalente de la superficie de una mano", ejemplifica el físico Javier Tiffenberg, integrante del Grupo de Física de Altas Energías de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Se calcula que los rayos cósmicos representan alrededor del 30% de la radiación natural que recibe el ser humano, y esta exposición aumenta con la altitud: quienes viven a 4.000 metros de altura reciben siete veces más cantidad de partículas que quienes se encuentran a nivel del mar. De igual manera, quienes viajan en avión deben hacer la multiplicación por 25. Precisamente, los pilotos y los viajeros frecuentes son quienes están más expuestos.

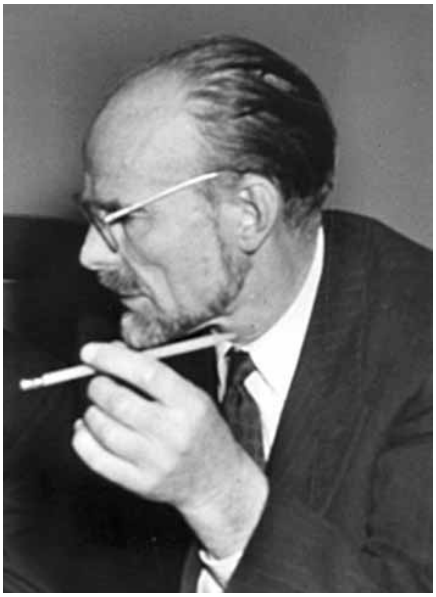
El cielo protector

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición a altas dosis de este tipo de radiación podría conducir al desarrollo de tumores. No obstante, la OMS informa que los estudios efectuados a los tripulantes de aviones comerciales indican que "hasta ahora hay poca evidencia de que la exposición ocupacional a la radiación cósmica incremente el riesgo de cáncer".

En cualquier caso, y aun cuando se trata de corpúsculos con energía suficiente como para ionizar la materia (es decir, arrancar electrones de los átomos) la probabilidad de que una partícula de alta energía "golpee" alguna estructura de nuestro organismo es muy baja.

En primer lugar, porque cuando llegan a la atmósfera se encuentran con una muralla que amortigua su potencia: "Como demostró Einstein con su famosa ecuación ($E=mc^2$), la energía y la materia se pueden convertir la una en la otra. De esta manera, cuando alguna partícula de alta energía choca con las moléculas del aire, parte de su energía puede ser transformada en nuevas partículas de menor energía que, a su vez, pueden igualmente generar nuevas partículas de menor energía aún. En definitiva, se produce una especie de efecto cascada que resulta en que, al final, a la superficie de la Tierra llegan millones de partículas pero de mucha menor energía que la original", explica Tiffenberg.

Por otro lado, aun cuando algún rayo cósmico lograra llegar hasta nuestra piel con mucha energía, es muy posible que nos atraviese sin afectarnos. Porque, debido a que son muy pequeñas, para estas partículas subatómicas somos algo así como un colador con agujeros muy grandes. Pues entre el núcleo y los electrones de los átomos que nos constituyen existe un gran espacio vacío. Por ejemplo, si el núcleo fuera una pelota de fútbol situada en el centro del campo de juego, los electrones estarían en las torres de iluminación del estadio.



En 1938, el físico francés Pierre Auger registró la llegada de partículas extraterrestres. Lo que lo haría famoso fue haber notado que ese evento fue registrado exactamente al mismo tiempo por dos detectores situados a muchos metros de distancia entre sí.

Finalmente, como ya vimos, la frecuencia con la que llegan los rayos cósmicos más energéticos es baja, lo cual hace que la probabilidad de que nos provoquen algún daño sea ínfima.

Sorpresas sin límites

A comienzos del siglo pasado ya se conocía la radiactividad y, también, existían dispositivos que permitían detectarla. Pero a los científicos les llamaba la atención que estos aparatos siguieran registrando ese fenómeno aún estando fuera del laboratorio y lejos del elemento radiactivo. Se pensaba entonces que esa rareza era causada por fuentes radiactivas naturales localizadas en la superficie terrestre.

Para contrastar esta hipótesis, en 1912, el físico austríaco Víctor Hess decidió subirse a un globo y ascender hasta los 5.000 metros de altura. Grande fue su sorpresa

CUESTIÓN DE ENERGÍA

1 Ev = energía que adquiere un electrón acelerado por un potencial de un Voltio (las pilas comunes tienen 1.5 Voltios)

10^4 eV = 10.000 eV = energía de un electrón en el tubo de rayos catódicos de un televisor

10^6 eV = 1.000.000 eV = ligadura de un protón en un núcleo

10^{12} eV = 1.000.000.000.000 eV = máxima energía alcanzada en aceleradores de partículas

10^{20} eV = 100.000.000.000.000.000.000 eV = máxima energía observada de un rayo cósmico

El observatorio cuenta con una red de 1600 detectores, distanciados entre si por 1,5 km, que cubren una superficie total de 3000 km2. La red se complementa con un conjunto de telescopios de alta sensibilidad que escudriñan la atmósfera para observar la tenue luz ultravioleta que producen las cascadas de rayos cósmicos al atravesar el aire. (Fuente: web del Observatorio Pierre Auger)

cuando comprobó que la señal aumentaba con la altitud. Durante los años siguientes, varios investigadores de relevancia para la historia de la física trabajaron arduamente para desentrañar la naturaleza y el origen de esta misteriosa radiación que venía "desde arriba" y que tenía un extraordinario poder de penetración.

En 1938, mediante detectores colocados en las alturas de los Alpes, el físico francés Pierre Auger registró otro evento inesperado: la llegada de partículas extraterrestres que –calculó– traían una energía diez millones de veces superior a las verificadas hasta entonces. Sin embargo, ese acontecimiento energético no fue lo que lo hizo pasar a la historia. De hecho, las partículas detectadas por Auger hoy son consideradas "de baja energía". Lo que haría famoso al físico francés fue haber notado que ese evento fue registrado exactamente al mismo tiempo por dos detectores situados a muchos metros de distancia entre sí. Esta observación lo llevó a postular que lo que había registrado era una "lluvia" de partículas originada por la llegada de un rayo cósmico a la atmósfera. En otras palabras, que cuando una partícula energética proveniente del espacio exterior choca con las moléculas del aire, provoca una lluvia de partículas secundarias, muchas de las cuales pueden alcanzar la superficie terrestre.

Pero aquí no acabarían las sorpresas. En febrero de 1962, los detectores de Volcano Ranch, en Nuevo México, Estados Unidos, registraron la llegada de una partícula con una energía insospechada hasta ese momento: 10^{20} electrón voltios (eV) (ver recuadro "Cuestión de energía").

"Esa cantidad de energía es equivalente a la que lleva una pelota de tenis tras el saque de un jugador profesional, pero toda concentrada en una partícula microscópica. Es como si tomáramos la energía que lleva un camión de 30 toneladas que viaja a 100 kilómetros por hora y se la pusiéramos a un Fiat 600. Con esa energía, el autito tendría una velocidad de 800 kilómetros por hora, lo cual es muy difícil de imaginar", ilustra el doctor Adrián Rovero, investigador del CONICET en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE).

El rayo descubierto por Auger era de 10^{15} eV, es decir, cien mil veces menos energético que el evento de ultra alta energía registrado en Volcano Ranch. Desde aquel acontecimiento de Nuevo México hasta la actualidad, se han detectado numerosos eventos de mayor energía todavía. El más energético de todos los encontrados hasta ahora –en 1991– es de 3 x 10^{20} eV, es decir, tres veces más potente que el de 1962. Se puede calcular que esa energía es equivalente a la que tendría un objeto de cinco kilos (un ladrillo, por ejemplo) al llegar al suelo luego de caer desde un metro y medio de altura. Pero, y esto es lo llamativo, toda esa energía estaría concentrada en una sola partícula subatómica.

La sucesiva detección de rayos cósmicos cada vez más energéticos plantea una pregunta: ¿existe un límite de energía para estas partículas?

El límite es el cielo

"Tiene que haber un límite porque, en principio, una sola partícula no puede contener toda la energía del Universo", señala Rovero.

Algunos límites comenzaron a fijarse en el año 1966, cuando tres investigadores -Greisen, Zatsepin y Kusmin- establecieron que un rayo cósmico que proviniera de fuentes muy lejanas (más allá de los 300 millones de años luz de distancia) no podría llegar a la Tierra con una energía superior a los 5x10^{19} eV. ¿Por qué? "Porque durante su viaje por el cosmos va perdiendo energía a medida que choca con la radiación cósmica de fondo, que son partículas que llenan todo el Universo", aclara el doctor Diego Harari, investigador del CONICET en el Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro, y completa: "Esta radiación de fondo se originó en el Big-Bang, y consiste en fotones, como los que forman la luz, en este caso con muy poca energía y omnipresentes".

Pero, si el límite GZK –llamado así por las iniciales de los tres físicos que lo postularon– es del orden de 10^{19}, ¿cómo se explica que nuestro planeta reciba rayos cósmicos con energías superiores, es decir, del orden de 10^{20} eV?

"Tienen que venir de una fuente relativamente cercana –situada a menos de 300 millones de años luz– de modo tal que su recorrido no sea demasiado largo y, por lo tanto, su interacción con la radiación de fondo no sea muy significativa", responde Rovero.

COLABORACIÓN INTERNACIONAL

En noviembre de 1995, en una reunión celebrada en la sede de la UNESCO, se decidió que la zona de Malargüe, en la provincia de Mendoza, era el mejor lugar para montar el componente austral del Proyecto Auger (se prevé la construcción de otro observatorio en el hemisferio norte).

El emprendimiento, inaugurado oficialmente en noviembre de 2008, cuenta con 24 telescopios de fluorescencia y 1.600 detectores de partículas espaciados uniformemente en un área de 3.000 km^2 de superficie (el equivalente a 15 ciudades de Buenos Aires) para medir las lluvias de rayos cósmicos.

Más de 350 físicos de 18 países –entre los que se cuentan Harari, Rovero y Etchegoyen– conforman la Colaboración Internacional Pierre Auger.

El observatorio Pierre Auger está emplazado, en el hemisferio sur, en la zona de Malargüe, Provicia de Mendoza, y en el hemisferio norte, el observatorio gemelo se instalará en Colorado, Estados Unidos. (Fuente: web del Observatorio Pierre Auger)

¿De dónde vienen?

Demostrar la existencia del límite GZK ha sido una meta de la investigación en este campo durante los últimos 40 años. Para comprobar si aquella predicción efectuada en 1966 era cierta, resultaba necesario verificar que la cantidad de rayos cósmicos ultra-energéticos que llegan a la Tierra decae abruptamente una vez superado ese límite. Comprobar esta hipótesis hizo imprescindible registrar un número significativo de eventos de ultra alta energía.

Pero, como detectar las partículas cósmicas más energéticas es muy difícil –porque, como ya se dijo, llegan a razón de una vez por siglo por cada kilómetro cuadrado de superficie–, la forma de lograrlo es construir detectores que cubran un área considerablemente grande. Ello motivó –en 1995– la puesta en marcha del Proyecto Auger, un mega emprendimiento situado en la Argentina, con detectores que cubren un área de 3.000 km^2, es decir, con una capacidad de registrar unos 30 eventos de ultra alta energía por año (ver recuadro "Colaboración Internacional"). "Recientemente, el experimento HiRes, en Estados Unidos, y el Observatorio Auger, en Mendoza, han verificado que el número de rayos cósmicos disminuye significativamente a las mayores energías, resultado que es compatible con la predicción de 1966", confirma Harari.

En noviembre de 2007, en un artículo publicado en la prestigiosa revista *Science*, los científicos del proyecto Auger dieron a conocer un resultado que concentró la atención de la prensa mundial: se había dado un gran paso adelante en la resolución del misterio del origen de los rayos cósmicos más energéticos.

Después de registrar 81 eventos que habían llegado a la Tierra con energías superiores a $4x10^{19}$ eV, los investigadores analizaron los 27 más energéticos (más de $5,7x10^{19}$ eV) y concluyeron que esas partículas no venían de todos lados por igual, sino de ciertos lugares del Universo: "Concluimos que las fuentes de los rayos cósmicos de mayor energía no están distribuidas al azar sino que se correlacionan con la presencia de materia cercana", revela el doctor Alberto Etchegoyen, investigador del CONICET y representante argentino ante la Colaboración Internacional.

En julio de 2009, un trabajo del Observatorio Auger que analizó 58 eventos con energías superiores a $5,5x10^{19}$ eV, presentado en la Conferencia Internacional de Rayos Cósmicos celebrada en Polonia, confirmó que las direcciones de llegada de los rayos cósmicos ultraenergéticos están relacionadas con distintos tipos de objetos extragalácticos cercanos.

Si bien se cree que podrían ser galaxias de núcleo activo (con grandes agujeros negros en su centro), también podrían ser otros tipos de galaxias o estrellas que terminan su vida con una gran explosión. Determinar con precisión el origen de estas partículas requiere todavía del registro de más eventos: "Si la naturaleza es buena con nosotros, en los próximos dos o tres años deberíamos identificar las fuentes", se ilusiona Etchegoyen.

Preguntas sin respuesta

Mientras que el origen de los rayos cósmicos de menores energías se asocia con el viento solar (partículas que salen del Sol) o con ciertas explosiones estelares y que, según parece, los lugares donde nacen los más energéticos están por ser revelados; otras incógnitas permanecen sin contestación.

Por ejemplo, cuál es la composición de la radiación cósmica: "Los rayos cósmicos de bajas energías son predominantemente protones (núcleos de hidrógeno), pero también hay otros núcleos atómicos de elementos más pesados, como el hierro", responde Rovero.

Pero la cuestión más intrigante es cuál es el mecanismo por el cual se aceleran hasta adquirir energías tan elevadas. "Las condiciones necesarias para acelerar partículas a tan altas energías se dan en pocos escenarios astrofísicos. Se ha especulado con que en lugar de ser partículas convencionales aceleradas en objetos astronómicos, pudieran ser partículas aun desconocidas. Las mediciones recientes del Observatorio Pierre Auger están aportando valiosas claves para resolver este misterio. Sin embargo, el mecanismo por el cual se aceleran hasta adquirir esas enormes energías es aún incierto", reconoce Harari.

AMIGA

Auger Muons and Infill for the Ground Array (AMIGA) es una iniciativa enmarcada en el Proyecto Auger que permitirá discernir con mayor precisión la composición y el origen de los rayos cósmicos con energías entre 10^{17} y 10^{19} eV (en ese rango podría estar ocurriendo la transición entre los que provienen de nuestra galaxia y los extragalácticos).

Para ello, en un área limitada del emprendimiento, se aumentará la densidad de detectores y, además, se colocarán –enterrados a una profundidad de alrededor de 2,20 metros– contadores de *muones*, partículas que se producen en los "chubascos" originados por la llegada de un rayo cósmico a la atmósfera. "Hicimos el diseño de la mecánica, la electrónica y las telecomunicaciones, cuenta con orgullo Etchegoyen, investigador principal del proyecto AMIGA, y anuncia: "En enero vamos a instalar el primero".

Datos de la estación meteorológica más antigua

La señal del cambio

Por Natalia Zazulie | nzazulie@at.fcen.uba.ar

En las Islas Orcadas del Sur se encuentra la primera estación meteorológica de la región antártica. Es la única que tiene datos observados de casi todo el siglo XX. Un estudio climático reciente muestra que los aumentos de temperatura en la zona se encuentran entre los más grandes del planeta registrados durante los últimos 100 años. Y da la señal de que el cambio climático es una realidad palpable.

Tripulación del Scotia en su llegada al continente antártico al comando de William Bruce, 1903.

Era marzo de 1903, el frío comenzaba a ser cada vez más intenso y había que pasar el invierno en la Antártida. Pronto el mar se congelaría y el barco del Capitán William Bruce no podría seguir avanzando, entonces Bruce decidió refugiarse junto con su tripulación en las Islas Orcadas del Sur. Así nació la primera estación meteorológica de la Antártida y con ella los registros más antiguos de temperatura, presión y viento, entre otras variables meteorológicas. La Expedición Antártica Nacional Escocesa había partido en noviembre de 1902 del puerto de Troon, Escocia con objetivos que incluían la creación de una estación invernal tan cerca del Polo Sur como fuera posible, el estudio de las aguas profundas del Océano Antártico, y las observaciones sistemáticas y la investigación en el campo de la meteorología, la oceanografía, la geología, la biología y la geografía.

Las Islas Orcadas del Sur, ubicadas a unos kilómetros al norte de la Península Antártica, fueron descubiertas en 1821 por George Powell, un cazador de focas británico, que las bautizó como Grupo Powell y las declaró pertenecientes al Reino Unido. En 1823, el marino James Wedell visitó las Islas y les dio como nombre Orkney Islands, dado que notó que se encontraban aproximadamente en la misma latitud sur que las Islas Orcadas británi-

cas en el Atlántico Norte. Sin embargo, el establecimiento definitivo en las islas llegó a bordo del "Scotia", comandado por Bruce, cuando en febrero de 1903 puso en marcha la estación que desde ese entonces realiza mediciones meteorológicas y geomagnéticas de manera permanente.

Por fortuna, en aquellos tiempos el gobierno argentino cooperaba con los científicos europeos que se dedicaban a la exploración del extremo sur del mundo. Es por eso que el científico y naturalista Bruce, que quería que se mantuvieran las mediciones diarias y que debía continuar su expedición en la Antártida, decidió venderle al gobierno argentino el refugio Omond House, construido por la tripulación del Scotia, la casilla meteorológica y los instrumentos de observación, por la módica suma de cinco mil pesos moneda nacional. Entonces, el 22 de febrero de 1904, se izó la bandera argentina y se estableció el destacamento Orcadas del Sur y la primera oficina de correo antártica. A partir de ese momento, la Argentina se transformó en el primer país en ocupar el Continente Antártico de manera permanente. Este hecho constituyó un paso importante, en especial para la meteorología, dado que gracias a este acuerdo se pueden realizar hoy estudios climáticos de esta región. Por otro lado, la mayoría de las estaciones de la Antártida pertenecientes a otros países comienzan a hacer mediciones recién a partir de la década del 50.

"La estación meteorológica de las Islas Orcadas del Sur es la única estación de todo el hemisferio Sur, en esas latitudes, que tiene un registro tan largo de observaciones", comenta la doctora Matilde Rusticucci, investigadora del Laboratorio de Extremos Climáticos (FCEyN, UBA) y del CONICET, y profesora del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la UBA. Y agrega: "Estos datos nos permiten entender qué pasó con el clima de esa región a principios del siglo XX, del cual no se tienen registros en otra estación en esas latitudes". Para avanzar en el conocimiento del clima del pasado y así poder entender el clima del presente, los investigadores necesitan tener registros lo más antiguos posibles.

La temperatura durante el siglo XX en Orcadas

El clima de Orcadas hoy ya no es el mismo que recibió a Bruce y su expedición a principios del siglo XX, tal como lo documenta Rusticucci en un estudio publicado en *Journal of climate*, llevado a cabo con la colaboración internacional de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) que depende del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. En este estudio se analizaron los datos diarios de temperatura de Orcadas, explorando el comportamiento por estación del año, tanto de los valores medios estacionales como de los valores más cálidos y más fríos, llamados extremos de temperatura. Los aumentos encontrados en Orcadas se encuentran entre los más grandes hallados en cualquier otra región del planeta, especialmente en los extremos fríos de otoño e invierno. Esto quiere decir que los valores de temperatura más fríos en esta época están aumentando y, por lo tanto, ya no habría inviernos tan crudos como los de principios de siglo.

Adicionalmente, para el verano se analizó la frecuencia de días con temperatura por encima de 2ºC y por debajo de -2ºC. "Encontramos que hacia el final del siglo aumentan los casos con valores por encima de 2ºC en verano y, en algunos años, no se registran temperaturas por debajo de -2ºC. Y al principio de siglo la frecuencia de días con temperaturas por encima de 2ºC y por debajo de -2ºC era similar." ¿Y cuál será la importancia de

AUMENTO SÚBITO

¿Qué pasa cuando tiramos un trozo de hielo en un vaso repleto de gaseosa? Probablemente, se nos vuelque el líquido. Ello va a depender del tamaño y de la forma del cubo de hielo, y de cuán alto uno lo tire, es decir, depende de muchos factores que hacen que sea complicado predecir lo que va a pasar, aunque se pueda decir que es probable que se vuelque.

Ahora bien, ¿qué pasaría si una gran masa de hielo apoyada sobre el continente, como encontramos por ejemplo en la Antártida, o en Groenlandia, cayera de repente en el Océano? Eso es lo que se preguntan los científicos del mundo a partir de las proyecciones de cambio climático, y es un tema que les interesa a los miembros del IPCC. Las regiones más cercanas al polo, en donde se encuentran las grandes masas de hielo del planeta, son las más vulnerables a los cambios de temperatura. Existen diversos trabajos que tratan de proyectar qué pasaría si colapsara sobre el mar, por ejemplo, la gran capa de hielo de Antártida Occidental. En el cuarto informe del IPCC se decía que este efecto podría causar un aumento del nivel de los océanos de aproximadamente cinco metros. Sin embargo, un reciente estudio publicado en la revista Science avanza un poco más en los detalles de este efecto, y predice que, por ejemplo, en Washington DC, el aumento del nivel del mar podría ser de hasta 6,3 metros.

Para predecir los cambios en el nivel de mar, hay que tener en cuenta también el derretimiento de los hielos, que produce aumentos más lentos. Entonces, si colapsara la gran masa congelada del oeste de Antártida, el efecto neto sería una disminución de nivel del mar en las zonas próximas a la Antártida y un aumento progresivo a medida que nos alejamos. Por supuesto que cada masa de hielo dejará una huella distinta: la forma, el volumen y la altura a la que se encuentre la masa de hielo producirá aumentos del nivel del mar más importantes en algunas costas que en otras.

© Scott Polar Research Institute, University of Cambridge

William Bruce, en febrero de 1903, puso en marcha la estación que desde ese entonces realiza mediciones meteorológicas y geomagnéticas de manera permanente.
El refugio Omond House, construido por la tripulación del Scotia, la casilla meteorológica y los instrumentos de observación, fueron vendidos al gobierno argentino por la módica suma de cinco mil pesos moneda nacional.

que cambie la frecuencia de temperaturas por debajo de -2ºC? "En esas latitudes, la temperatura del aire y la del mar que lo rodea se relacionan con la cantidad de hielo en mar: hasta dónde llega la distribución de hielo, y si está presente o no en Orcadas, va estar directamente relacionado con la temperatura. Entonces, cuantos menos casos de temperatura por debajo de cero grado, es menor la extensión del hielo en mar o de congelamiento en las cercanías", explica Rusticucci, que además fue autora principal del cuarto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (conocido por sus siglas inglés: IPCC) publicado en 2007. Este panel fue creado por la Organización Meteorológica Mundial y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para estudiar el cambio climático global, y está conformado por especialistas de diversas disciplinas.

LA PREVISIÓN CLIMÁTICA EN LA MIRA

Pasó con discreción por los medios nacionales; con más discreción que la previsible para un tema que, en otras ocasiones, se llevó tapas de diarios y lugares destacados en los noticieros: el clima. Durante una semana, la ciudad suiza de Ginebra recibió a las delegaciones de más de 200 países para participar de la Tercera Conferencia Sobre el Clima, convocada por uno de los organismos de la ONU más movilizado de los últimos tiempos: la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

La cita fue del 31 de agosto al 4 de septiembre y esta edición tuvo como tema la predicción e información del clima relacionadas con la adopción de decisiones; y, como objetivo, delinear un marco que facilite el trabajo conjunto entre los climatólogos y las instituciones y organismos que reciben la información climática.

La Conferencia trabajó durante los primeros tres días motorizada por los científicos participantes, que debatieron los documentos que venían elaborando desde principios de año sobre temas relativos al clima y el agua, el clima y el turismo, el clima y las energías renovables, el clima y la salud humana, entre otros. En la sección "Variabilidad climática en el rango de décadas" participó la investigadora del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos Carolina Vera, quien tuvo a su cargo la elaboración de un documento que trabajó durante más de seis meses junto a 15 coautores de distintos países y que se focalizó en las capacidades científicas de predicción y las necesidades de esa información que tienen y tendrán distintos actores sociales.

Después del trabajo discutido en secciones, a la hora de establecer definiciones, la componente científica de la Conferencia elaboró un documento general donde propone la creación de un Marco Mundial para los Servicios Climáticos en los que "los elaboradores y los proveedores de información, predicciones y servicios climáticos, y los sectores sensibles al clima de todo el mundo, trabajarán juntos para ayudar a la comunidad mundial a adaptarse mejor a los desafíos que plantean la variabilidad del clima y el cambio climático". Para los científicos de esta Conferencia, la clave está en los servicios de información climática, que posibilitan prever de la forma más apropiada actividades industriales, comerciales y anticiparse a las llamadas "catástrofes naturales".

Orcadas y el cambio climático

A partir del año próximo, se empezará a preparar el quinto informe del IPCC y será publicado entre el 2013 y 2014. Este estudio aportará nuevas evidencias de los cambios observados, un avance en el entendimiento de las bases físicas de estos cambios, sus impactos sobre el planeta y las posibles maneras de mitigar sus efectos. "Lleva mucho tiempo de elaboración, porque es un relevamiento de toda la bibliografía publicada, se producen varios borradores y se corrigen; es un proceso de por lo menos dos o tres años de elaboración. Esto explica la rigurosidad de los resultados que publica el IPCC", comenta Rusticucci.

Los resultados que aporta el trabajo sobre Orcadas no existían para el informe anterior, ya que los datos más antiguos de esa estación se encontraban en una publicación olvidada en el Servicio Meteorológico Nacional y tuvieron que ser digitalizados. Además de las mediciones in-situ, la Antártida se puede estudiar mediante satélites, a través de los cuales se infieren las variables meteorológicas. Los satélites reciben información de radiación que se puede transformar en valores de temperatura, por ejemplo. También se pueden obtener datos de regiones en donde no hay estaciones meteorológicas a través de lo que se conoce como "datos de reanálisis", que es información calculada por modelos numéricos a través de observaciones de otras regiones y de información satelital.

Pero "en términos de datos observados, Orcadas aporta una información que no tienen otras fuentes. Como en ge-

© Diarios del RRS Ernest Shackleton. British Antarctic Survey

neral las observaciones se distribuyen, entonces hubo bastante interés de la comunidad internacional en ver qué es lo que Orcadas puede decirnos del clima de la Antártida antes de mitad del siglo XX", y prosigue: "además, ahora se está haciendo mucho foco en lo que va a suceder en la criósfera en general y en la Antártida en particular, porque es el continente sobre el que menos se sabe comparativamente, a pesar de que hace muchos años que se está estudiando", señala Rusticucci. Cabe destacar que la criósfera es el conjunto de porciones de la Tierra en donde el agua se encuentra en estado sólido, e incluye: hielo marino, glaciares, cobertura de nieve, lagos congelados y suelos congelados, como por ejemplo en Groenlandia. Además este componente del sistema climático es el más sensible a los aumentos de temperatura (ver recuadro "Aumento súbito").

Pero ¿a qué pueden deberse los aumentos de temperatura de la estación Orcadas? "El mínimo en la concentración de ozono en Antártida (conocido como "agujero de ozono") tiene su mayor efecto sobre la temperatura en verano, con unos meses de retraso de su máxima extensión, que se da en primavera. Nosotros encontramos que los aumentos de temperatura en verano se aceleran después de la década del 70 (momento en que aparece el importante mínimo). Es por esto que, muy probablemente, estos aumentos estén relacionados con la disminución en la concentración de ozono." Y continúa: "Sin embargo, también se observan importantes aumentos de temperatura previo a 1970 que, si bien no podemos olvidarnos de la influencia de la variabilidad natural del clima, podrían estar asociados a los aumentos en la concentración de gases de efecto invernadero en las últimas décadas", concluye.

EXACTAmente ahora tiene BLOG

A partir de octubre, podés conectarte con la revista a través de **http://revistaexactamente.wordpress.com/**

En el blog podrás encontrar todas las notas de cada número de la revista, comentarios sobre ciencia y educación, información sobre cómo recibir EXACTAmente y datos sobre la Facultad.

Los esperamos.

El desierto como objeto de estudio

Un mundo desolado

Las zonas semi áridas o áridas ocupan casi la mitad del planeta y las tres cuartas partes del territorio de la Argentina. Conocer en detalle estos ecosistemas es uno de los objetivos de ECODES, un grupo de investigación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales especializado en estas comunidades.

Cecilia Draghi
cdraghi@de.fcen.uba.ar

Rodrigo Pol

Los desiertos suelen asociarse con desolación, con esa porción del planeta que no tiene la fortuna de lluvias abundantes ni de un clima acogedor. Unos pocos animales y plantas que resisten pese a todo resulta una imagen habitual de estos territorios que parecen ser una excepción en el mundo. El Sahara en el continente africano o Atacama en el vecino país de Chile son los referentes extremos, pero no los únicos. Contra lo que usualmente se piensa, estas áridas zonas son más extensas de lo que se supone y van en aumento dada la degradación que sufren los suelos por las actividades humanas y las variaciones climáticas.

"Aproximadamente un 40 por ciento de la superficie terrestre, que representa casi la mitad de la tierra, está clasificada como tierra seca. Una de cada tres personas del mundo habita en estas zonas, y la mitad de esta población vive en la pobreza", indica la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

Una buena parte de la superficie firme del planeta resulta poco amigable, y nuestro país, Argentina, tampoco escapa a este marchito panorama. "Las tierras secas componen las tres cuartas partes del territorio de la Argentina, aunque el dato no se corresponde con la imagen más difundida de la pampa húmeda", afirmó recientemente a la agencia oficial de noticias Elena Abraham, directora del Instituto Argentino de las Zonas Aridas (IADIZA), en la

Fernando Milesi

Midiendo estructura de la vegetación en la Reserva de Ñacuñán.

ciudad de Mendoza. Esta entidad junto con el Departamento de Ecología, Genética y Evolución de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires son las sedes de ECODES, un nucleo de investigación que estudia la ecología de las comunidades de desierto. Uno de sus directores, Javier López de Casenave, desde su laboratorio, en la porteña Ciudad Universitaria, coincide en desterrar un concepto equivocado: "Se suele tener la noción de que la Argentina posee recursos naturales a montones y esto se debe tomar con cautela. Gran parte del territorio tiene suelos áridos o semi-áridos, lo cual no quiere decir que sean improductivos, pero tienen limitaciones".

Un caso característico en la Argentina es el desierto del Monte. Se trata de una amplia faja que corre al este de la Cordillera de los Andes desde la Puna en el norte y se ensancha en la Patagonia para alcanzar el Océano Atlántico a la altura de Península Valdés (ver mapa p.16). En total, esta vasta área ocupa más de 46 millones de hectáreas, casi el triple de la superficie de la provincia de Córdoba. En forma diagonal y a lo largo de dos mil kilómetros se extiende este territorio que, a pesar de sus dimensiones y de expandirse por sitios tan dispares, presenta características similares.

"El clima del Monte es de semiárido a árido, con una media anual de precipitación inferior a 350 milímetros", precisan en el texto "Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte" los investigadores Pablo Villagra, Mariano Cony, Nancy Mantován, Bertilde Rossi, Margarita González Loyarte, Ricardo Villalba y Luis Marone. El aspecto a lo largo de los numerosos kilómetros cuadrados también es muy homogéneo. "La fisonomía del Monte es relativamente simple: una estepa de arbustos en la que aparecen bosques abiertos de poca extensión localizados en áreas con provisión continua de agua", detallan desde ECODES, a la vez que indican que este desierto cálido y seco muestra "una característica notable" y es que "a pesar de su gran extensión latitudinal, las temperaturas promedio solo varían entre 13,4° y 17,5°C".

No siempre fue tan templado, al menos en la parte de Mendoza. "Durante la última glaciación, 20 mil años atrás, el clima fue mucho más frío, con dominio de estepa de gramíneas que podrían haber sido similares a las actuales de la Patagonia", precisó Villagra del Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA). En este sentido, plantea otro ejemplo más cercano en el tiempo la doctora Rosa Compagnucci, del Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la FCEyN e investigadora del CONICET: "En los períodos fríos como la "Pequeña Edad de Hielo" (entre el siglo XV y el siglo XIX) la Pampa Húmeda era mucho más seca, casi semi desértica, tal vez por eso la campaña de Roca se llamó la Campaña al Desierto".

Reserva de Ñacuñán

En medio de este amplio desierto del Monte, a 200 kilómetros de la ciudad de Mendoza, se ubica la Reserva de Ñacuñán, epicentro de las investigaciones de ECODES. "El área –historian– estuvo poblada por indígenas nómades cazadores y recolectores de frutos (presumiblemente araucanos o mapuches) hasta que fueron desalojados después de la conquista del desierto. El campo, tierra fiscal desde tiempos coloniales, fue rematado y pasó a manos privadas en 1907. A partir de entonces y hasta 1937 se produjo una deforestación intensiva". La instalación del ferrocarril en la zona permitió el traslado de estos productos, que tuvo como uno de sus usos principales proveer carbón de leña para producir gas de alumbrado para la capital mendocina. Se calcula que en pocos años se arrasó con 200 mil toneladas de vegetación.

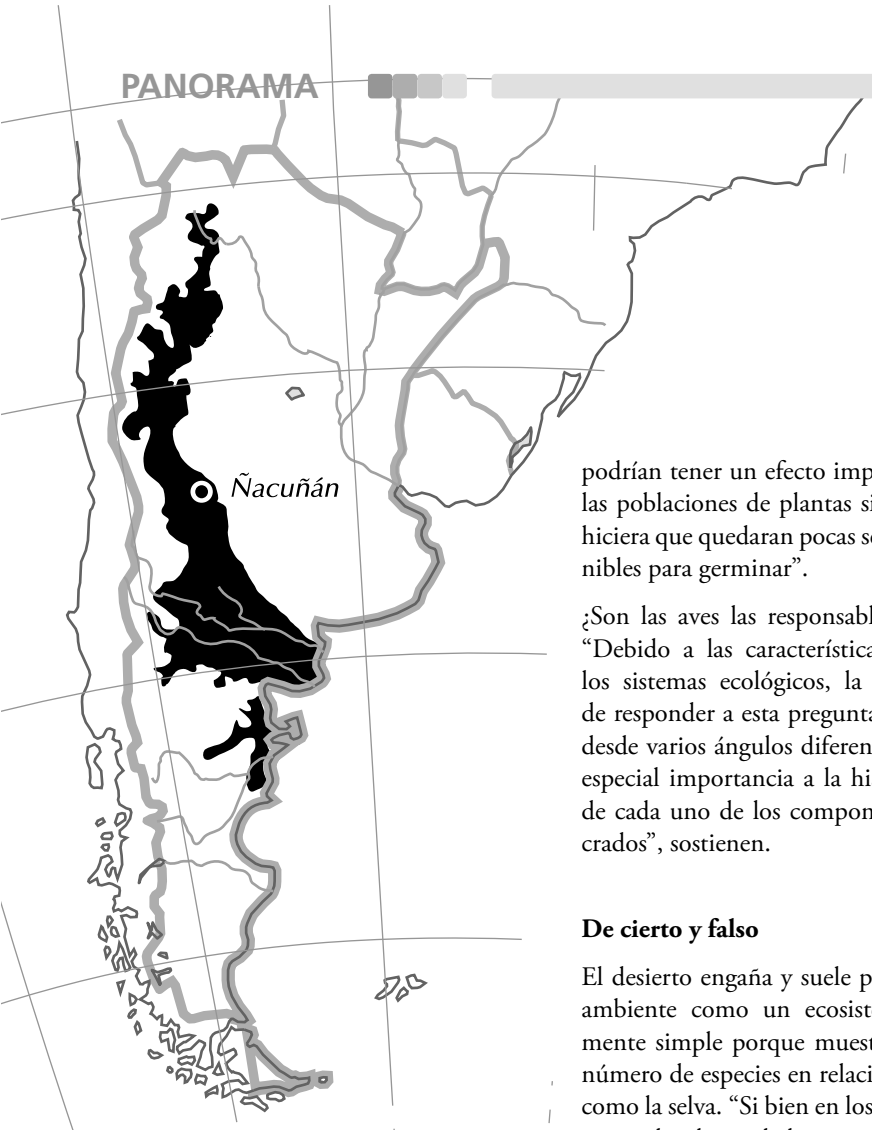
"Una vez que desapareció el bosque, el campo fue destinado a la explotación ganadera –a veces en manos privadas, otras en manos de la provincia– hasta que, en 1961, se creó por ley provincial la Reserva Forestal de Ñacuñán", agregan desde ECODES. Diez años después se logró alambrar el terreno y liberar las tierras del pastoreo. "Durante los años subsiguientes se recuperó la cobertura herbácea y actualmente la superficie de la reserva contrasta con los campos privados que la circundan donde sigue desarrollándose ganadería extensiva de bovinos para cría. En 1986, luego de siete años de gestiones, la reserva se incorporó oficialmente al programa MAB de la UNESCO, convirtiéndose así en la Reserva del Hombre y de la Biósfera de Ñacuñán", subrayan.

"Aguilucho perdido", significa en idioma mapuche Ñacuñán, nombre del pueblo hoy de 20 viviendas con unos ochenta habitantes, que se ubica dentro de esta Reserva de unas 12.800 hectáreas. Hacia allá se dirigen permanentemente los investigadores de ECODES con numerosas preguntas a cuestas.

"¿Por qué no hay más plantas que las que hay? ¿Qué determina que, en un deter-

ECODES EN DETALLE

Para conocer más acerca de ECODES, se puede visitar su página web en la dirección http://www.ege.fcen.uba.ar/Ecodes/Principal.htm



En negro se muestra la extensión del desierto del Monte en Argentina y la ubicación de la Reserva de Ñacuñán.

minado ambiente, haya una cierta cantidad de plantas? Parece evidente que en un desierto no hay más plantas debido a la rigurosidad del clima, en especial a la escasez de agua. Sin embargo, hay muchos grupos de plantas que poseen adaptaciones para sobrellevar las condiciones de un ambiente árido, en especial si éste es relativamente "benigno", como el de la porción central del desierto del Monte, en Mendoza. Pero entonces, ¿qué limita la abundancia de esas plantas adaptadas?", plantea el equipo de Exactas, dirigido por el doctor López de Casenave.

La batería de interrogantes prosigue: "¿Se trata de un control *desde abajo hacia arriba*, es decir, desde el ambiente hacia las plantas, como el que determinan la disponibilidad de agua y de nutrientes? ¿O es más bien un control *desde arriba hacia abajo o sea*, de los animales que se alimentan de las semillas? A diferencia de lo que pasa en los desiertos del Hemisferio Norte, en el desierto del Monte las aves son importantes consumidoras de semillas y podrían tener un efecto importante sobre las poblaciones de plantas si su consumo hiciera que quedaran pocas semillas disponibles para germinar".

¿Son las aves las responsables, entonces? "Debido a las características propias de los sistemas ecológicos, la mejor forma de responder a esta pregunta es abordarla desde varios ángulos diferentes y dándole especial importancia a la historia natural de cada uno de los componentes involucrados", sostienen.

De cierto y falso

El desierto engaña y suele pensarse a este ambiente como un ecosistema relativamente simple porque muestra un menor número de especies en relación con otros, como la selva. "Si bien en los desiertos hay menos biodiversidad, esto no quiere decir que las adaptaciones no sean complejas e interesantes. ¿Un ejemplo? Las plantas desarrollaron espinas y éstas hacen que pierdan poca agua por evaporación. En los animales ocurre algo similar. La mayor parte de los organismos son nocturnos, viven enterrados, pasan casi todo el día bajo tierra y poseen riñones que les permiten concentrar la orina y perder poca agua", relata el investigador Fernando Milesi.

Sin ocultar una gran fascinación por la naturaleza, y a la vez con muchos interrogantes por dilucidar, los biólogos de ECODES iniciaron sus estudios en 1993. Algunos de sus trabajos tiraron por tierra ciertos conceptos o, mejor dicho, los limitaron. "Estudios que se llevaron a cabo en América del Norte, Israel y Australia indicaban que las aves no eran importantes consumidoras de semillas en ambientes desérticos. Pero nosotros mostramos que en el desierto del Monte mendocino, las aves tienen un consumo importante", aporta López de Casenave, profesor adjunto e investigador independiente del CONICET.

Suele decirse a una persona que se lleva pocos bocados de alimento a su boca que "come como un pajarito". Poco de cierto tiene esta frase en la naturaleza. "El ave come todo el tiempo. Hay un pico de actividad temprano a la mañana y luego a la tarde, pero siempre que puede se alimenta", coinciden López de Casenave y Milesi.

¿Cómo saber qué comen las aves? Para dilucidar su dieta existen varios caminos posibles y todos llevan a registrar qué portan estos animales en su tracto digestivo. "Una forma usual que nosotros no utilizamos es matar a los pájaros para luego abrirlos y estudiarlos. Optamos por otros métodos que permiten obtener muy buena información, sin que le cueste la vida a nuestro objeto de estudio", describen. ¿En qué consisten? "Por el pico del ave se mete una cánula que le llega hasta el estómago, y luego con una jeringa le introducimos agua a temperatura ambiente. Después de unos segundos, el ave defeca todo su contenido digestivo y ésa es la muestra a analizar. A veces se induce la regurgitación con agua", detallan.

Pero antes de llevar adelante la toma de muestras, el equipo tiene mucho trabajo que realizar pues deben colocar estratégicamente redes para atrapar a las aves. Es así que con varios días de anticipación, el grupo –que se alberga en una casa en el interior de la reserva– abre una picada de unos 12 metros de largo en un sector sin vegetación. Allí instalarán los palos e hilos para tensar una de las mallas. "El día del muestreo vamos temprano y desenrollamos las redes –llamadas de niebla, porque son difíciles de ver para las aves–, y de ese modo las capturamos. En principio, nos retiramos del lugar para evitar espantarlas, pero en verano debemos volver muy seguido para revisar el sitio dado que hace 46ºC a 48ºC de calor, y los pájaros, al estar enredados, se agitan, se estresan y pueden morir", relatan.

En Ñacuñán, tras observaciones rigurosamente planificadas, muestreos intensivos, experimentos de campo y de laboratorio sobre el consumo y la selección de

Rodrigo Pol

La hormiga Pogonomyrmex mendozanus *es uno de los organismos granívoros estudiados en Ñacuñán.*

semillas por parte de las aves, el equipo determinó que seis especies de la familia Emberizidae son las principales consumidoras, en especial de gramíneas. Así lo indica el 83 por ciento de las semillas encontradas en los tractos digestivos. "Descubrimos que efectivamente las aves granívoras en la porción central del desierto del Monte son selectivas y eficientes. No comen cualquier tipo de semilla, sino que consumen y prefieren especialmente a las de los pastos perennes, un componente importante de la vegetación del Monte tanto por su abundancia como porque es el que sostiene a la principal actividad de la región: la ganadería", señalaron.

Estos pájaros degluten buena parte de las semillas y algo más. "Mientras que las aves frugívoras consumen la parte carnosa del fruto y dejan pasar las semillas, de modo que las eliminan por las heces y luego pueden germinar; en las aves granívoras las semillas son procesadas dentro del animal", subrayan.

En otras palabras, la planta pierde la posibilidad de reproducirse una vez que estos animales picotean sus simientes. Y lo hacen en grandes proporciones. "Las aves reducen en más de un 50 por ciento la abundancia de semillas preferidas allí donde se alimentan. Sin embargo, esos efectos podrían no ser lo suficientemente fuertes como para controlar "desde arriba hacia abajo" la cobertura de pastos adultos en el ambiente, porque la producción de semillas es tan grande que aún un consumo proporcionalmente alto dejaría suficientes semillas en comparación con las pocas que llegan a germinar y establecerse en la primavera siguiente", plantearon, al tiempo que agregaron: "Así, parece más probable que las bajas tasas de germinación y de establecimiento, determinadas por las condiciones ambientales rigurosas y la disponibilidad de sitios aptos, sean lo que pone una cota a la abundancia de plantas".

¿Y EL DESIERTO DE LA CAMPAÑA?

La tristemente célebre Campaña del Desierto, impulsada por Adolfo Alsina y Julio Argentino Roca, refiere al avance militar sobre los pueblos originarios que cubrió el sur de la Llanura Pampeana y la actual provincia de Neuquén. Poco de esta zona es desértica. Entonces, ¿por qué se la conoce por Campaña del Desierto? Rosa Compagnucci, del departamento de Ciencias de la Atmósfera de Exactas propone una respuesta: "En los períodos fríos como la "Pequeña Edad de Hielo" (entre el siglo XV y el siglo XIX) la Pampa Húmeda era mucho más seca, casi semi desértica".

De pájaros y hormigas

Más allá de lo que consumen de semillas estos pájaros, ¿en qué medida les afecta a ellos y a su descendencia esta alimentación? ¿Cómo son los territorios en dónde se mueven? ¿Están todo el año en el mismo sitio o sólo en algunas estaciones? Éstas son otras de las preguntas de este equipo. Para estudiarlas y responderlas, desde 2004, la becaria doctoral de la UBA, María Cecilia Sagario, sigue de cerca a las aves. "A los pájaros les colocamos un anillo con un número y otros aros de diferentes colores para identificar a la distancia a cada uno en el campo, dada su combinación única", relata. En este aspecto, el doctor López de Casenave especifica que "las aves de desierto se suelen mover mucho. Una de sus adaptaciones es que tienen comportamientos nómades que les permiten seguir las lluvias y lo que producen los pastos. Si bien esto se observa en Australia, en nuestros desiertos no es tan extremo el nomadismo".

Con la mirada puesta en cuatro especies –el chingolo, la monterita de collar, la monterita canela y el petitero chico–, Sagario no pierde detalle de sus comportamientos desde hace casi cinco años. "Algunas especies aparecen un año, y al siguiente, no están. O los individuos no son los mismos que habían venido antes. En cambio, hay otros animales que están desde 2004 en los mismos diez metros cuadrados de territorio. Son los dos extremos", compara.

Por su parte, María del Mar Beaumont Fantozzi, becaria doctoral del CONICET, sigue de cerca a las hormigas que "en verano son las principales consumidoras de semillas, mientras que las aves lo son en invierno", contrasta. En el trabajo de campo, se despliegan por el terreno platitos con semillas, distribuidos en cuadrículas, para que sean acarreadas por estos insectos. "Visitamos el área de estudio en distintos momentos del día puesto que algunas especies son diurnas y otras nocturnas. Hemos encontrado más de 30 especies que cargan semillas. La idea es tener el registro más completo de lo que sucede", enfatiza.

Con diversas líneas de investigación que apuntan al conocimiento básico de este sistema desértico para saber cómo funciona y comprenderlo mejor, el grupo ECODES se reconoce como obsesivo: "Tomamos un tema con distintos interrogantes; volvemos a examinar una misma pregunta con nuevos datos, o la ponemos a prueba de vuelta, porque los fenómenos ecológicos son multicausales y pueden involucrar un montón de factores. Si las respuestas son congruentes, uno logra mayor plausibilidad para su hipótesis. Cuando se tiene consistencia en los resultados, aumenta la confianza de que lo que uno supone en realidad ocurre así", concluye López de Casenave.

La web 2.0

La ciencia también tiene amigos

***Facebook no sólo puede usarse para localizar a los compañeros de la primaria. Muchos científicos toman a las redes sociales como una herramienta para desarrollar, potenciar y compartir sus investigaciones y las promueven. Las herramientas más usadas de la llamada* open science.**

Por Alejandro Tortolini
alemtor@gmail.com

El término "web 2.0" fue acuñado en 2004 por el editor Tim O´Reilly para señalar que la Internet de entonces había llegado a un grado de desarrollo tal que permitía hablar de una completa transformación y que, como tal, merecía una nueva denominación. ¿Dónde estaba la principal diferencia entre la internet anteriormente conocida (web 1.0) y esta nueva web 2.0? En el rol que asumían los usuarios, la gente común. Una serie de avances tecnológicos en la infraestructura de Internet y en sus lenguajes de programación permitió desarrollar aplicaciones más poderosas y atractivas, predisponiendo a las personas a usar más intensamente la red y a sentirse más conectados. Y si bien el concepto es discutido por personas como Tim Berners-Lee –uno de los padres de internet, quien entrevistado por Scott Laningham de IBM sostuvo que "la web1.0 siempre tuvo que ver con conectar a las personas... La idea de la web como interacción entre personas, eso es realmente la web"–, la palabra terminó designando una actitud de mayor predisposición a compartir información, y a las herramientas que permiten hacerlo de forma más fácil.

Quizás ésta sea la clave: la sencillez. Todo avance tecnológico está inserto en una sociedad y en un momento histórico determinado, y tiene sus condicionamientos para el fracaso o el éxito. Ya había herra-

EpiCollect *es un software que permitirá que los investigadores inviten a la gente a colaborar registrando en sus teléfonos celulares inteligentes (*smartphones*) imágenes de la naturaleza, agregándoles datos de ubicación geográfica y enviando el material a una base central, todo de forma automática.*

mientas como ICQ, programa que permite chatear de PC a PC, pero las conexiones eran lentas y caras. Para publicar una página web había que aprender a codificar en HTML, el lenguaje de los sitios de internet, o contratar a alguien que supiera hacerlo. La difusión de la banda ancha y los avances en programación permitieron dar el salto a la difusión masiva.

Los blogs fueron los primeros en permitir la publicación de contenidos de forma más sencilla. Poco a poco se fue perdiendo el miedo a lo nuevo y cada vez más personas se animaron a expresarse en internet. Aparecieron las primeras redes sociales, que al principio no fueron más que conjuntos de blogs reunidos por temas. Luego surgieron los fotologs o blogs a los que se subían fotos, y causaron furor entre los más jóvenes, al igual que las herramientas de mensajería instantánea (Yahoo Messenger, MSN Messenger). En 2005 surgió YouTube, que permitía subir videos caseros, y su rotundo éxito hizo que Google decidiera comprarlo en 2006 por 1.650 millones de dólares. La creatividad estaba disparada: entre muchos otros servicios aparecieron las redes sociales tal como las conocemos hoy en día (Facebook, MySpace), y Twitter, la herramienta de publicación de texto que nos permite, en mensajes de tan sólo 140 caracteres, contarle al mundo qué estamos haciendo.

Una gran charla mundial

Todo esto permitió algo profundamente humano: una gran conversación entre las personas. Ya no estaban mirando estáticas lo que otros publicaban; ahora los que tenían conexión a internet estaban en la plaza de una aldea mundial donde podían mostrar los videos de sus hijos, criticar al instante un artículo publicado en el diario u opinar sobre el devenir de la humanidad.

Quizás por su naturaleza prudente, la ciencia fue asomándose poco a poco a las nuevas posibilidades de búsqueda de información y de publicación del conocimiento. Sus protagonistas comenzaron a descubrir el potencial de las nuevas herramientas: blogs, wikis, videos, redes sociales especializadas, mapas conceptuales… EXACTAmente quiso conocer la experiencia de algunos investigadores que están utilizando estas nuevas tecnologías en su tarea diaria.

"Me he relacionado con la web 2.0 a partir de mi etapa en el EMBL (el laboratorio europeo de biología molecular) entre 2004 y 2006, donde ingresé en la comunidad de biólogos computacionales / bioinformáticos. Son los fanáticos tecnológicos de la biología los que han impulsado el uso profesional de estas herramientas. Podríamos decir que mi mentor fue Pedro Beltrao, quien en su blog (http://pbeltrao.blogspot.com/) informa de sus investigaciones. Al trasladarme en 2006 a la Argentina, pasé a aplicar las herramientas y divulgarlas en la comunidad local", dice Ignacio Enrique Sánchez, graduado en ciencias químicas por la Universidad de Zaragoza e investigador en biología computacional, y que investiga actualmente en la Fundación Instituto Leloir. "En mi trabajo uso continuamente herramientas de Internet: bases de datos, servidores de software, herramientas de minería de datos, marcadores sociales, wikis, blogs y otras. Cuando me llegan noticias de una nueva herramienta, la pruebo y la difundo entre mis colegas. Si me resulta útil, la incorporo a mi rutina. Estamos muy ocupados y no nos podemos permitir la novedad por la novedad, solamente la novedad útil."

Pero ¿no se siente cierto temor a compartir lo que se está haciendo en un proceso de investigación?

"Las relaciones entre científicos son siempre una mezcla de cooperación y competición –aclara Sánchez– por lo que uso estos recursos de dos formas. Hay herramientas que uso para cooperar de forma más activa con mis colegas, si ese uso va a beneficiar a todos. En otros casos entiendo que el uso me va a beneficiar a mí y lo hago de forma individual para mis proyectos. Ahí la comunidad se beneficiará, en principio, de los resultados del proyecto, aunque no de la herramienta directamente." Sánchez hace uso intensivo de las nuevas tecnologías: "Uso marcadores sociales especializados (Citeulike, Connotea, Usage statistics de PLoS o PNAS) para ver la repercusión de mis publicaciones ¿Las han leído mucho? ¿Quiénes y de qué campo? ¿Las han comentado? ¿Con qué cosas las han relacionado? –se pregunta–. También uso Google Docs para trabajar a distancia con mis colaboradores". Y se entusiasma con las posibilidades a futuro: "A partir de 2010 voy a liderar un laboratorio, desde el que espero usar web2.0 de forma más intensiva. En concreto, planeo practicar la '*open science*'. Se trata de difundir todas las etapas del proceso científico: subir a internet en wikis, en blogs, en Twitter los cuadernos de laboratorio, protocolos, videos con los experimentos…" Es difícil no entusiasmarse. "La *open science* es mucho más rápida porque uno se comunica con sus colegas en todas las etapas del proceso. Y la autoría no sufre sino que queda a salvo, precisamente porque uno piensa e investiga en voz alta y de cara a la comunidad".

Sánchez no es el único que deposita grandes esperanzas en este modelo de trabajo. "Las actividades académicas y de investigación se están beneficiando mucho y aún se podrán beneficiar más

del uso de las herramientas y funciones de la web 2.0" –dice a EXACTA*mente* Lluís Codina, profesor titular del Departamento de Comunicación de la Universitat Pompeu Fabra y cuyo sitio web (www.lluiscodina.com) es un muestrario impresionante de recursos–. "No creo que estemos estudiando, investigando ni realizando actividades académicas de la misma forma, dentro de cinco años que ahora, y la responsable del cambio será lo que ahora llamamos web 2.0 y en los próximos años podremos llamar web 3.0", vaticina. Y acorde con el espíritu de colaboración de Internet, Codina reunió en su sitio web una lista de herramientas para investigadores (http://www.lluiscodina.com/diagramas.htm).

Más experiencias

"Uso todo tipo de buscadores, generales y específicos", comenta Antonio Mangione, biólogo de la Universidad de San Luis e investigador del Conicet en temas de ecología nutricional de vertebrados e invertebrados. "También servicios como YouSendIt para el envío de archivos pesados, Mendeley para armar y compartir bases bibliográficas, y Google Groups para compartir documentos con mi equipo de trabajo y con mis estudiantes".

Mangione reflexiona sobre la forma en que ha cambiado su trabajo a partir del uso de estas herramientas: "Es mucho más ágil, rápido, en gran medida confiable. Con Google Docs, por ejemplo, puedo discutir un trabajo con un colega a distancia, sumando a eso que podemos estar viendo el mismo documento y discutirlo a través del chat o de Skype, programa que permite hablar de PC a PC de forma gratuita." Algunos autores consideran que la forma misma de hacer ciencia cambiará. ¿Lo considera posible? "Es interesante la pregunta –sostiene–. Por ejemplo, se podría llevar adelante una pasantía de investigación de forma virtual. Entonces yo sólo tendría que ver por videoconferencia lo que está haciendo mi mentor en otro laboratorio. Podría trasmitir online los resultados que voy obteniendo a compañeros de trabajo que estén en una estación experimental en el sitio de campo o en la ciudad y ellos los integrarían a una base de datos más grande y los procesarían con máquinas de mayor capacidad. Y podría compartir esa experiencia en tiempo real por Internet"

El ejemplo perfecto

Quizás Mangione intuya la existencia del proyecto EpiCollect, un software que permitirá que los investigadores inviten a la gente a colaborar registrando en sus teléfonos celulares inteligentes (smartphones) imágenes de la naturaleza, agregándoles datos de ubicación geográfica y enviando el material a una base central, todo de forma automática. El trabajo publicado en PLoS One con el título "EpiCollect: Linking Smartphones to Web Applications for Epidemiology, Ecology and Community Data Collection", muestra cómo el programa integra teléfonos móviles de sistema operativo abierto (Android), mapas de Google (Google Maps), sistemas de posicionamiento global (GPS en inglés) y bases de datos.

El ejemplo perfecto de un futuro ya no tan lejano en la investigación científica.

Experiencia de investigación paleontológica

32 meses en la Antártida

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

Andrea Concheyro, geóloga especializada en paleontología, intenta reconstruir parte de la historia de la vida de los océanos de hace más de 60 millones de años. Sus salidas de campo en búsqueda de fósiles la condujeron a la Antártida. Allí ya realizó 16 expediciones acampando sobre el suelo helado.

Buenos Aires – Río Gallegos – Base Comodoro Marambio. Una vez en destino, abrazos con viejos amigos y conocidos antárticos, mientras todos se ponen al día de las novedades tras un año de no verse. Y pronto a la rutina: recibir carpas, combustibles, mochilas, cajas de herramientas, alimentos, radio, un grupo electrógeno para alimentar con electricidad a las computadoras portátiles y todo lo necesario para vivir dos meses en uno de los climas más gélidos del planeta. Esta escena es habitual para la geóloga Andrea Concheyro, quien ya lleva dieciséis campañas en la Antártida, algo así como 32 meses de acampar en el continente blanco.

Desde Base Marambio, aún a ella y a su equipo les falta un tramo más de viaje para alcanzar su destino final del verano 2009. Dos helicópteros trasladarán a este grupo de cuatro investigadores a la Isla James Ross, a 64º de Latitud Sur. Tras sobrevolar el peligroso Mar de Weddell, serán dejados en el desierto más austral del mundo, y quedarán completamente solos con mucho por hacer: recolectar material paleontológico con el fin de reconstruir el pasado lejano de hace unos 60 millones de años.

"El jefe de la base Amundsen-Scott en el Polo Sur dijo que la Antártida no es un lugar para venir a descubrir cosas, sino que es un sitio donde uno viene a descubrirse a sí mismo. Y, la verdad, nadie sabe de antemano cómo reaccionará en ese ambiente", relata Concheyro a EXACTAmente, desde su laboratorio del Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, donde dicta la materia Bioestratigrafía. Ella sintió que encontraba su lugar en el mundo cuando el 6 de enero de 1989, en su primera expedición, pisó este continente que parece de otro planeta no sólo por su paisaje, clima y condiciones de vida sino porque, según acuerdos internacionales en este territorio helado, están prohibidos los ensayos nucleares o las actividades bélicas. Sólo se puede desarrollar la ciencia, proteger el medio ambiente y mantener la paz.

"Geoross", indica un cartel hecho de modo improvisado en madera, y que cuelga de uno de los estantes de su lugar de trabajo en la Ciudad Universitaria. "Ése es el nombre de uno de los campamentos de la isla James Ross. Desde el primer día que arribé a la Antártida estaba enloquecida, con una adrenalina impresionante. Me enviaban a cargar agua en dos bidones de 20 kilos cada uno a una laguna que quedaba a dos kilómetros, y lo hacía feliz", recuerda. Por ese entonces, ella era una de las pocas mujeres que osaban acampar en esos helados confines y dice que nunca

sintió discriminación por su condición femenina. "Siempre he sido respetadísima", señala, e insiste en que el respeto en estas circunstancias es clave y "permite lograr cualquier cosa. Uno sabe que el otro puede salvar tu vida en determinadas situaciones, o al revés. Esto genera un vínculo especial. Si hay que hacer una cordada para cruzar un sitio difícil, todos somos iguales. No hay diferencias de sexo ni de cargos. Es una situación comunitaria. Lo que uno no haga, joroba al otro. Esto lleva también a generar lazos afectivos para siempre".

Hogar de lona

Un puñado de carpas naranja será el complejo habitacional armado a pulmón para pasar el verano a temperaturas que pueden descender durante alguna tormenta por debajo de los -36ºC, con vientos de más de 100 kilómetros por hora. "La carpa dormitorio y la carpa baño a veces las unimos con un cordel para sujetarnos en caso de mal tiempo. De este modo, uno se guía cuando hay ráfagas que levantan nieve y no se ve nada. Es el viento blanco o ventisca", describe. Si la tormenta azota con fuerza, hay que quedarse dentro de la tienda de campaña hasta que amaine. Una posibilidad es que, ante la tempestad, la lona no resista el golpeteo del viento y se rompa el paño. Para estos casos, ellos se preparan ni bien perciben que habrá "pesto" o vendaval. El entrenamiento indica que deben ponerse las botas de patrulla y quedarse dentro de la bolsa de dormir acurrucados en forma de ovillo. "Pase lo que pase, uno no se debe mover por nada del mundo hasta que el temporal se calme, porque, si uno sale a la intemperie, se vuela. En esas circunstancias se debe contar con un cuchillo para cortar la carpa en caso de que se te haya caído encima", ejemplifica.

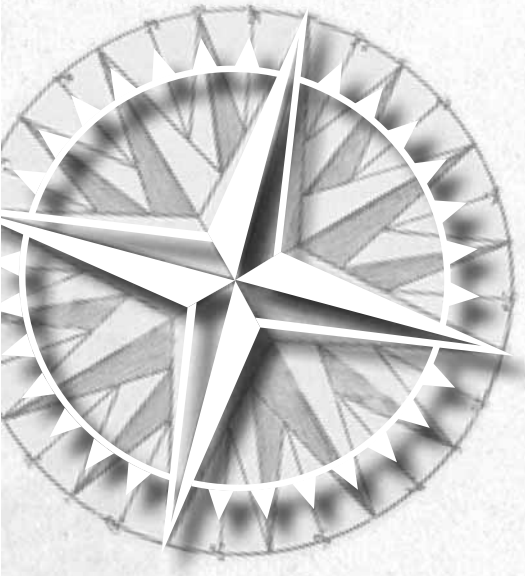
Una de sus experiencias más difíciles la vivió en su segundo campamento, cuando el viento blanco o *"blizzard"* sopló durante una semana. "Debía entrar a la carpa con un farol en la mano, y como no podía abrir la manga con el guante, me lo saqué y lo perdí. En unos minutos congelé parte de mis dos dedos, porque hacía -30ºC. Cuando pude ingresar a la carpa, el ambiente estaba calefaccionado, y el cambio de temperatura me afectó. Sentí un dolor tremendo, como de amputación. No se puede hacer nada, sólo aguantar y llorar", dice mientras muestra la zona de la mano en la que perdió para siempre la sensibilidad.

El tiempo meteorológico marca el ritmo de los días. Si amanece despejado, se prepara todo para salir a realizar tareas de campo. Saltar de la tibia bolsa de dormir a eso de las 7.30 de la mañana puede ser una misión difícil. Y más aún, ir de la carpa dormitorio a la carpa cocina para preparar el desayuno. "Los viejos antárticos aconsejan dejar agua en la pava antes de irse a dormir, de modo que al día siguiente se pueda encender el fuego y derretirla. Si se la deja en el bidón –advierte– se congela y resulta muy difícil hacerse un café".

La tarea siguiente consiste en equipar las mochilas con herramientas y con alimentos para una jornada de unas diez a doce horas de exploraciones. "Nunca se sale solo porque puede ocurrir alguna emergencia y, por más que se lleve *handy*, no se puede avisar. Con la brújula y el sol uno se orienta", indica la investigadora, que es miembro del Instituto Antártico Argentino-Dirección General de la Antártida, entidad que brinda todo el equipamiento.

Caminar horas, trepar, sortear grietas, escalar hasta llegar al sitio elegido. "A diferencia del andinista, que sube por placer a la montaña, nosotros lo hacemos porque tenemos que estudiarla. Y cuando se baja, uno carga muestras o rocas que pesan hasta 20 kilos o lo que uno puede aguantar. Siempre es una situación de esfuerzo", remarca.

¿Y no teme al riesgo? "Nunca pienso en eso, porque si no, no iría. Lo que uno no hace es exponerse. Uno no se va a tirar en una grieta en rapel porque sí. La consigna es no arriesgarnos sin sentido, dado que si a uno le pasa algo, significa un estorbo para el grupo", agrega. Cuidarse por el bien de todos es la consigna que la llevó a no tener mayores contratiempos en estos casi tres años que vivió de campaña en la Antártida.



NO ES FÁCIL VOLVER A CASA

Tras dos meses en la Antártida, no es fácil volver a casa. "Ni bien el avión aterriza en el aeropuerto de El Palomar, un micro te lleva al Instituto Antártico, ubicado en Juncal y Cerrito, pleno centro porteño. El ruido de la ciudad aturde y uno debe acostumbrarse a la presencia de los autos", cuenta Andrea Concheyro. Otro tema es el manejo del dinero. "Durante toda la campaña no se usa plata, la billetera se guarda, a la ida, en Río Gallegos, y nunca más se abre. De regreso, un día debí caminar cinco kilómetros por la ciudad porque había salido a la calle sin un peso", narra.

Pisando el fondo del océano

La Isla James Ross es elegida como destino de campaña porque ofrece un paraíso para los científicos, una cuenca de casi seis mil metros de espesor de sedimentos marinos que representan gran parte de las edades geológicas del Mesozoico. El equipo camina y alcanza con su mano el fondo del océano del pasado, aquellos mares que bramaron entre los 65 y 125 millones de años atrás. "Se tienen 60 millones de años acotados en seis mil metros de espesor de rocas. Es una secuencia única en el Hemisferio Sur. Se tiene una gran parte de la historia terrestre en ese sector tan austral, totalmente conservado, pues, por diversas condiciones, no sufrió deterioro", resalta.

Ella estudia unos organismos muy pequeños, llamados nanofósiles calcáreos. "Son escudos de algas que formaron parte del plancton de los océanos del pasado. Cada una obedece a una determinada especie y a un determinado momento geológico. Es como coleccionar estampillas de ciertos países que, al ser analizadas, permiten descifrar sus características. En verdad, yo tomo sedimentos en el campo sin saber si tendrán restos fósiles o no. Cuando vuelvo al laboratorio, en la Ciudad Universitaria, recién puedo saberlo tras hacer el preparado para estudiarlo en el microscopio", explica. En caso de haber dado con las piezas buscadas, no tardarán en surgir numerosos datos: desde descifrar la edad del océano, la temperatura del agua, su salinidad o profundidad, hasta reconstruir el paleoambiente de entonces. "Al conocer el cambio climático del pasado, se puede hacer una predicción hacia el futuro", alega.

A la vuelta de una dura jornada laboral, sólo existe un pensamiento: comer y dormir. "Por ahí, uno siente que se hizo un buen perfil y propone brindar en la carpa con una cerveza y una picadita de salame y queso mientras se prepara la cena. Casi todo el día hay luz, salvo dos horas de penumbra que ocurren entre la medianoche y las dos de la madrugada, en el mes de enero. En febrero, oscurece a las nueve de la noche", detalla.

Si el mal tiempo acompaña, la jornada será vivida en el interior de la carpa. Se aprovecha para leer, escribir el borrador de un trabajo científico en la computadora o jugar a las cartas. La convivencia es extrema en todo momento. Son dos meses en que se comparte trabajo, casa, miserias y grandezas. "Uno está lejos de los afectos, sólo se comunica dos veces por semana con la familia y vive ciertas incomodidades. Una ducha implica buscar hielo, derretirlo y calefaccionar la carpa baño. Se genera un síndrome de isla, que a algunos les genera hiperactividad y a otros, depresión", puntualiza.

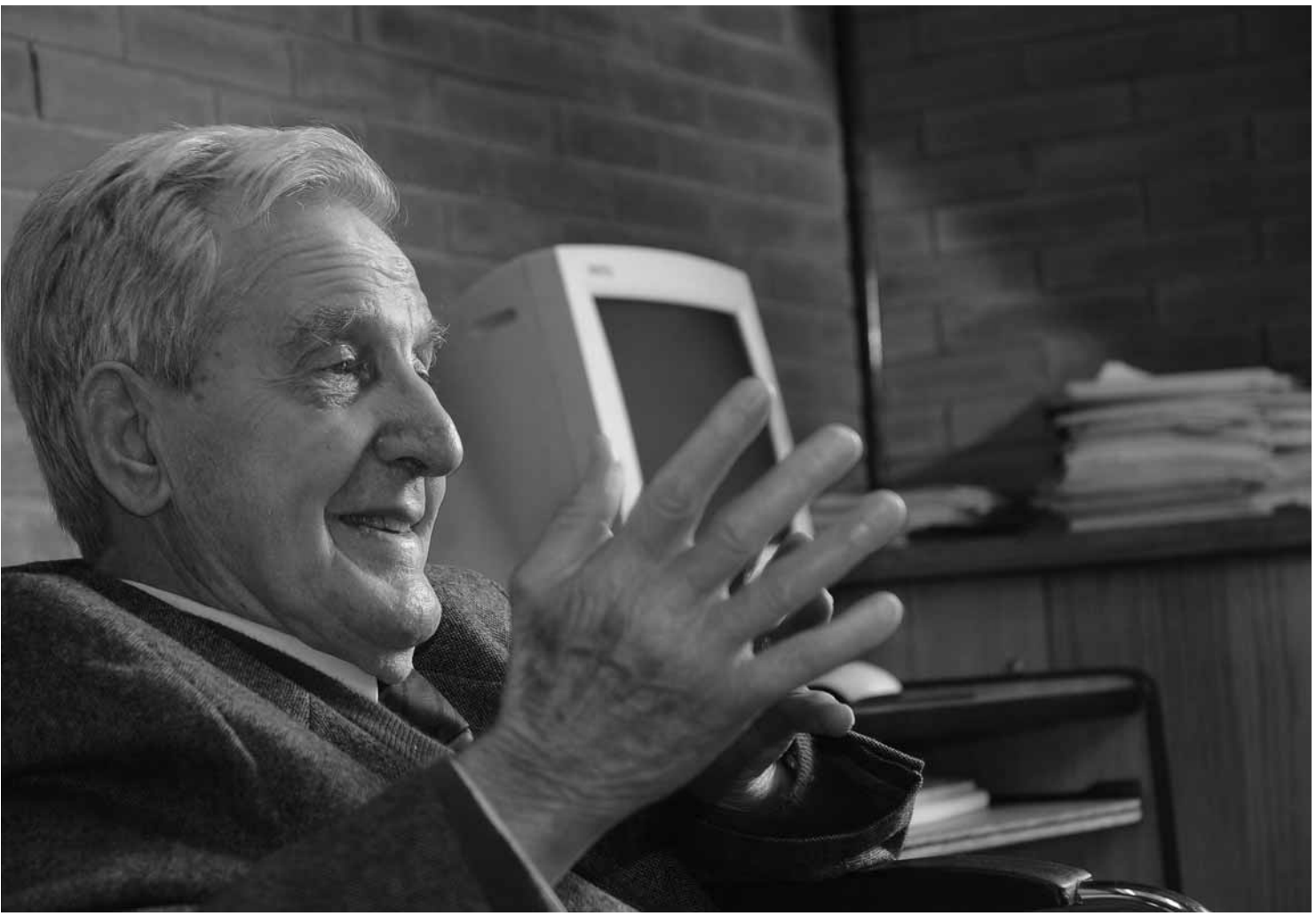
Si bien no faltan dificultades, tampoco escasean las recompensas. "Se establecen lazos de amistad para toda la vida. Uno se conecta con sí mismo y con la naturaleza. No se vuelve jamás igual", reflexiona. Un impacto profundo que cambia para siempre la vida a punto tal que "uno siente –confiesa– que está hecho, que puede morir en paz. He sido inmensamente feliz".

Rosendo Pascual

Hasta los huesos

Por Susana Gallardo
sgallardo@de.fcen.uba.ar
Fotos: Diana Martínez Llaser

Es uno de los paleontólogos más reconocidos de la Argentina. Nació en Godoy Cruz, provincia de Mendoza, en 1925, y su experiencia como andinista lo llevó a doctorarse con una tesis sobre la geología de alta montaña. Pero lo suyo no era la roca desnuda, sino la vida fósil que ella guardaba. Apasionado por la evolución de la vida sobre la Tierra, Rosendo Pascual fue el creador del Departamento de Paleontología de Vertebrados en la Universidad de La Plata y es uno de los fundadores de la Asociación Paleontológica Argentina. Entusiasmó a sucesivas camadas de estudiantes, formó numerosos discípulos e hizo aportes relevantes para el conocimiento de los mamíferos de Sudamérica. Es investigador emérito del Conicet.



¿Cómo pasó de la geología a la paleontología?

Yo jamás pensé estudiar geología. Era andinista en Mendoza y me gustaba la montaña; y mis amigos me convencieron para ir a estudiar a La Plata, en especial Vicente Armando, que decidió estudiar geología. A mí me gustaba tanto la geología como la biología, y no sé si la biología no me gustaba más. Por suerte, el plan de la carrera en La Plata era "cincuenta" y "cincuenta", se veían materias tanto de geología como de biología. Ahí descubrí qué era lo que realmente me gustaba.

Pero hizo su tesis en geología…

Cuando el profesor Pablo Groeber, un geólogo alemán que había venido a la Argentina en 1911, se entera de que Vicente Armando y yo éramos andinistas, nos manda a hacer la tesis a la alta cordillera. En ese momento, cuando uno terminaba las materias, no obtenía el título si no realizaba la tesis doctoral, no existía la tesis de licenciatura. Me fui a hacer la tesis, y luego volví a trabajar al Museo de La Plata.

Hecha la tesis, ¿siguió trabajando en geología?

Empecé a trabajar en geología histórica con el doctor Groeber, pero siempre me iba a ver los fósiles a la parte de paleontología, y me hice amigo del preparador, un viejito que tenía un gran conocimiento empírico de la paleontología de vertebrados. Me enojaba que la geología que nos enseñaban tuviera tan poco en cuenta a la biología. Los fósiles, que yo peyorativamente denominaba "las medallas de la creación", se estudiaban sólo para decir cuán antiguas eran las rocas. Entonces yo me dije: esto hay que cambiarlo. Cuando me nombraron jefe de trabajos prácticos en la materia Geología Histórica, eso me dio la posibilidad de usar los fósiles pero no con un concepto estrictamente cronológico sino paleobiológico. Así fundé el Departamento de Paleontología de Vertebrados, para que hubiera una relación más estrecha entre la paleontología y la biología. Se anotaron muchos alumnos, en especial de zoología.

¿No existía la carrera de paleontología?

No, no existía. Yo fui cofundador de la Asociación Paleontológica Argentina. Fui uno de los más enconados defensores de la existencia de una institución paleontológica independiente de la geológica, de manera de estudiar la paleontología con una visión completamente distinta. Porque la historia de la vida es la historia de la Tierra, y la Tierra es el escenario de la vida, no puede existir una sin la otra.

¿Para un paleontólogo el conocimiento biológico es más importante que el geológico?

No, yo diría que mitad y mitad. Como es imposible dar una formación geológica y biológica total, porque sería un programa infinito, lo mejor era que los alumnos hicieran algunas materias básicas y luego tomaran otras como optativas. Éstas se podían cursar en la facultad, si se dictaban, o en otras facultades, o en otras universidades, incluso del exterior.

¿Sus padres qué le dijeron cuando decidió estudiar geología?

Mi madre y mi padre representaban a la generación que pintó Florencio Sánchez en su obra "M'hijo el dotor". Se suponía que yo tenía que estudiar medicina. "¿Geología? ¿Qué es eso?", me decían. "Siempre fuiste un loco de la montaña, por eso".

¿Usted era el hijo mayor?

Era el del medio, pero era el único varón, tenía dos hermanas. Yo era el candidato elegido para ser médico. Mi madre tenía esperanza porque, supuestamente, en el estudio yo había sido más consecuente que mis hermanas. Pero con el tiempo aceptaron la decisión. Por un lado, cuando vieron que me podía independizar económicamente. Pero también porque veían que era feliz con lo que hacía.

¿Cómo empezó a realizar búsquedas de fósiles?

En un momento me puse en contacto con Ángel Cabrera, que era un zoólogo español, un tipo sobresaliente en el estudio de los mamíferos, a los que había estudiado en África. Me daba libros y trabajos. Además, al Museo de La Plata muchas veces se acercaba gente que había encontrado huesos, y eso nos llevaba a estudiarlos.

Después los empezó a buscar usted.

Fue la parte más graciosa de mi vida, no teníamos vehículo, ni había plata. Era a principios de la década del '60, en aquel entonces yo era vice-decano de la Facultad. Muchos colegas geólogos, que habían ingresado conmigo y trabajaban en empresas como YPF, en distintos lugares del país, en la Patagonia o en el norte, me comentaban que habían encontrado fósiles. Me pareció que era necesario hacer un viaje no sólo para documentar esos huesos hallados, sino también porque valía la pena ir a estudiar ese sitio geológico que guardaba tantos fósiles. Entonces, pedí fondos, que me permitieron apenas tomar el Expreso Patagónico en Constitución, con las mochilas al hombro y las cacerolas colgando. Teníamos tres días de viaje hasta Río Gallegos, por la ruta 3, que era de tierra. Allá me

estaba esperando un geólogo amigo que me acompañaba hasta el posible sitio paleontológico, y me conseguía algún rancho para vivir. Pero todo era "a pata", sin vehículo.

¿Nunca tuvo un vehículo para hacer su trabajo de campo?

Posteriormente conseguí que el Conicet me comprara un jeep. En realidad, primero compramos una camioneta Dodge usada, que hicimos arreglar con plata de nuestro bolsillo. Pero no podíamos ir muy lejos. Recién cuando compramos el jeep nuevo, nos pudimos ir a la Patagonia.

¿Por esa época ganó la beca Guggenheim?

Fue en 1963. Yo había hecho contactos con George Simpson, un paleontólogo de la escuela sintética de la evolución, era lo más granado de la paleontología en los Estados Unidos. Él me aconsejó que pidiera la beca Guggenheim. La gané, y me fui con mi mujer y mis cuatro hijos a Cambridge. La beca era por un año, pero después se pidió un año más. Lo que me interesaba era ver qué decían los restos de mamíferos sobre las relaciones geográficas de América del Norte con América del Sur.

Pascual posando junto al retrato del profesor italiano Pellegrino Strobel, que en 1865 inició la enseñanza de la geología en la FCEyN y en la Argentina.

¿Cuál fue el sitio donde más trabajó?

En Paso de Indio, una localidad del norte de Chubut. Me hice amigo de todos los mapuches, que me llamaban el "Buscahuesos". Yo pasaba por los ranchos y todos me esperaban con un fósil. Eso era indicador de que por allí había un lugar que tenía muchos materiales. Así empecé a encontrar yacimientos extraordinarios.

¿Cuál fue el hallazgo más importante, o el más extraño?

Hice algunos hallazgos que tienen valor en el ámbito de los especialistas, pero lo que tuvo mucha repercusión en el público general fue el descubrimiento, en 1990, de un molar de ornitorrinco en la provincia de Chubut, más que nada por lo extraño de hallarlo aquí en Sudamérica. Tenía unos 62 millones de años. Fue tan llamativo que, cuando lo encontramos, me invitaron especialmente a Australia, a un congreso sobre el grupo de monotremas, que es la familia del ornitorrinco. Entonces expuse mi trabajo, y me ofrecieron una beca. En ese momento no pude viajar, pero fui después. Estuve unos meses, y luego también fue mi mujer con mis hijos.

¿La presencia del ornitorrinco confirmó que Sudamérica y Australia habían estado unidas?

En realidad ya estaba comprobado, sólo que fue algo muy contundente. Desde el punto de vista geológico y paleontológico ya había pruebas irrefutables a favor de la existencia de un supercontinente.

¿También encontró restos de un animal emparentado con el canguro?

Yo había descripto los restos de un marsupial de las barrancas de Chapadmalal; era un canguro sudamericano. Un día, en una entrevista que me hacen en Australia, una periodista me dice: "Yo lo acuso, porque usted está destruyendo el símbolo de lo australiano. Acaba de encontrar un ornitorrinco en América del Sur". Y agregó: "Lo único que falta es que encuentre un canguro". "Lo encontré", le dije. Esa entrevista salió en los diarios. En realidad, no era un canguro, pero estaba muy emparentado, poseía el mismo tipo de marcha y algunos caracteres asociados; tenía alrededor de 60 millones de años.

Usted introdujo cambios en la forma de datar los estratos geológicos, ¿podría explicar en qué consistieron?

Si bien existía una clasificación estratigráfica, geológica, en un momento consideré que debía hacerse una clasificación biocronológica, y que los mamíferos sirvieran como referente para hacer un análisis de la sucesión de acontecimientos geológicos en el tiempo. Es decir, recorrer la historia de la vida tomando como referencia a los mamíferos. Ya lo había intentado Simpson en los Estados Unidos, y se conocía como "edades de los mamíferos terrestres". Cuando propuse aplicar esa clasificación acá, tuve que sobrellevar una lucha con los geólogos, que me arrojaron cascotazos. Me decían: "quedate trabajando en la asociación paleontológica que creaste vos". Les molestaba la verdad. Pero ese sistema poco a poco se fue imponiendo en los Estados Unidos. Después comenzó a imponerse acá, por imitación, como siempre. Lo tomaron, principalmente, los paleontólogos de vertebrados.

¿Cómo es esa clasificación?

Es un buen ejemplo de la relación entre la biología y la geología. Si uno toma, por ejemplo, un solo diente de un mamífero, éste puede dar una información que no pueden dar algunos organismos más primitivos, como los amonites o los trilobites. Se puede inferir cómo caminaba el animal poseedor de ese diente, y en qué ambiente vivía. Entonces se vio que el sistema era mucho más útil, y se empezó a imponer. Se hablaba, en forma despectiva, de la edad de los mamíferos de Pascual, como si yo la hubiera inventado. Pero no era mía, yo vi que era útil, y por eso la apliqué. Hoy lo usan todos. Es una nueva herramienta de trabajo. Hay distintas técnicas para medir el tiempo geológico. Con el paleomagnetismo se puede lograr una datación absoluta; otra es la datación isotópica. Pero lo que no se consideraba era la filogenia, y ésta no se puede hacer si no se aplica la cladística, que es una rama de la biología que define las relaciones evolutivas entre los organismos sobre la base de similitudes derivadas. Son métodos matemáticos, estadísticos. De ahí la necesidad de usar la documentación de ambos orígenes, e integrarla, para ver de qué manera se puede compaginar.

STROBEL 2009

El jueves 24 de septiembre, en la facultad de Exactas, se llevó a cabo el acto de entrega del Premio Strobel a Rosendo Pascual, profesor titular Emérito de la Universidad Nacional de La Plata e investigador Emérito del Conicet.

Pascual se recibió de doctor en Ciencias Naturales en la UNLP en 1949. A fines de 1950 se hizo cargo del Departamento de Paleontología de Vertebrados de esa institución y desde 1975 es investigador del CONICET.

Sus primeros trabajos en Paso de los Indios, Chubut, fueron publicados en 1965. A partir de entonces Pascual, con su equipo, realizó descubrimientos que son conocidos mundialmente. Ha publicado más de 160 trabajos científicos en revistas especializadas, dictó seminarios, conferencias y cursos en nuestro país y el exterior.

¿Hoy ya no está peleado con los geólogos?

Yo me refería a los viejos geólogos, los tradicionales. Yo critico a aquellos geólogos que reniegan de la biología. Porque la Tierra y la vida evolucionaron en conjunción. Cuando encontramos un fósil, uno no puede imaginar ese animal sin un ambiente determinado. El ambiente determina al animal, pero ese ambiente no puede describirse si se saca el elemento biológico. Esto ya se planteaba antes de Darwin, en Carl Linneo hay algunas referencias. Se puede obtener una datación radioisotópica, pero no siempre la roca tiene los elementos radiactivos para hacer la datación. La biocronología es una herramienta más. Si yo aplico la biocronología, el paleomagnetismo y la datación radioisotópica estoy logrando una aproximación a una verdad mucho más contundente.

¿Los mamíferos de Sudamérica son muy distintos de los de otros continentes?

América del Sur había estado conectada a África, a la Antártida, a Australia, entonces lo importante es encontrar qué elementos son probatorios de la conexión con tal o cual continente y en qué momento. Se puede hacer una reconstrucción de cómo esta porción de Sudamérica estaba unida a una masa más extensa, Pangea, un supercontinente. Uno arma el rompecabezas sobre la base de una conformación física. El fósil nos dice que tal animal vivía en tal lugar, y que era de hábitos continentales, entonces no podía haber cruzado el mar que ahora separa los continentes, es decir, que necesariamente ambas masas estaban unidas.

¿Hay alguno que sea exclusivamente sudamericano?

Son pocos. Creíamos que los armadillos lo eran. Pero no, parece que se originaron en parte de lo que es África. No se puede saber con certeza, tal vez porque falta una documentación intermedia. Pero aunque falte un pedacito, se pueden encontrar rasgos que los unen y que nos dicen que está más cerca de éste que de aquél. Uno se va aproximando poco a poco, ratificando o rectificando. Una cosa es ir a un lugar porque hay fósiles, y otra es ir a buscar un determinado fósil, un documento que me permita reconocer si hay una continuidad, es decir, buscar uno que esté conectado con otro.

¿Queda mucho por investigar en el tema de los mamíferos?

Es infinito. No sólo por el hallazgo de nuevo material, sino por el estudio científico del material existente. Las técnicas van mejorando y permiten el acceso a información que no se tenía antes. Por ejemplo, se inventa una técnica que permite ver la médula de un hueso, y con eso uno puede saber de qué se alimentaba el animal, o si tenía una patología determinada.

¿Por qué los mamíferos tienen tamaños tan diversos?

El tamaño se relaciona con las condiciones ambientales. El clima determina la flora, y ésta, el tipo de insectos que hay. Es una concatenación. Lo que hacemos es desenrollar esa cadena, ver los fósiles y saber qué ambiente había, e ir determinando cuál fue la sucesión de los ambientes en un lugar determinado. Por ejemplo, por qué tal fósil tiene tales rasgos. Las vacas, por ejemplo, no eran rumiantes al principio, no tenían tantos compartimientos en el estómago. Pero, a medida que fue cambiando el clima, la vegetación se fue transformando. Entonces, si la dieta se hizo pobre, el animal tuvo que desarrollar algún mecanismo para transformar, por ejemplo, la celulosa, y tener varios estómagos con bacterias que produzcan la hidrólisis de la celulosa y la transformen en un elemento nutritivo.

¿Hay algo que hubiera querido hacer y no pudo?.

Muchas cosas. Es más lo que no he hecho que lo que hice. Tengo el arrepentimiento de no haber hecho algo en un momento, cuando tenía en mis manos las posibilidades. Ya no puedo, lamentablemente. Tengo que vivir de recuerdos. Algo que hubiera necesitado era una formación biológica más intensa.

¿Usted cree que los geólogos deberían tener más formación en biología?

Yo creo que tiene que haber una complementación entre la biología y la geología, pero se resuelve con la interdisciplina. La diversidad es vital, en todos los órdenes de la vida.

Vocación científica

¿Quién quiere ser investigador?

Por Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar
Fotos: Archivo CePro

Una encuesta nacional, respondida por 816 investigadores de todo el país, revela que los docentes y los libros son los factores más influyentes a la hora de decidir dedicarse a la investigación, tanto para quienes eligieron las ciencias naturales como para quienes optaron por las sociales o las humanidades. El trabajo también muestra que existen particularidades de acuerdo con el sexo, la edad y la disciplina.

Se viven tiempos en los que se coincide en que el desarrollo de una nación se sustenta en su capacidad para alcanzar un modelo productivo cimentado en el conocimiento y en los que se constata la escasa preferencia de los jóvenes por las carreras científicas.

En este contexto, un estudio efectuado por el Centro de Divulgación Científica (CDC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, publicado en la prestigiosa revista *Public Understanding of Science*, echa luz sobre los elementos que intervienen en la decisión de emprender la carrera de investigador.

En general, la mayoría de los estudios destinados a identificar los factores que influyen en la elección vocacional se dedican a sondear las expectativas de quienes están por decidir su futuro próximo: jóvenes en edad escolar o estudiantes universitarios. A diferencia de esos estudios, el trabajo del CDC tiene la característica original de enfocarse en quienes ya tomaron esa decisión hace algún tiempo: los científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), institución que sostiene la carrera de investigador científico.

Mediante una encuesta, se consultó a 852 investigadores y becarios del CONICET, una muestra estadísticamente representativa del total de científicos que trabajan en ese organismo nacional a lo largo y ancho el país. Los resultados se analizaron en función del sexo y la edad de los investigadores, y el área del conocimiento en la cual ejercen sus tareas.

Las conclusiones obtenidas a través de este estudio nacional muestran que los factores que inciden en la vocación científica son múltiples. Sin embargo, algunos de ellos parecen tener mayor peso. Es el caso de los docentes, que ocupan el primer lugar en la escala de influencias.

Al maestro con cariño

Las conclusiones obtenidas a través de este estudio nacional muestran que los factores que inciden en la vocación científica son múltiples. Sin embargo, algunos de ellos parecen tener mayor peso. Es el caso de los docentes, que ocupan el primer lugar en la escala de influencias.

Nada menos que el 86,5% de los científicos encuestados reconoce que un profesor de la escuela secundaria o de la universidad tuvo que ver de alguna manera con su decisión de dedicarse a la investigación. Es más, una de cada tres de las personas indagadas consignó que esa influencia ha sido "mucha".

Ese primer lugar del podio no reconoce diferencias de género o edad: tanto los varones como las mujeres, y los más jóvenes como los más viejos, se inclinan mayoritariamente por el docente como el factor de influencia más importante en la elección vocacional. Y lo mismo ocurre si se considera la disciplina de trabajo. En este último caso, con una particularidad: los maestros tuvieron aún más peso sobre los investigadores de las ciencias sociales y las humanidades (CSH) que sobre los de las ciencias exactas y naturales (CEN).

No muerden

En su libro *Los anticuerpos monoclonales*, el Premio Nobel argentino Cesar Milstein cuenta que otro libro –*Los cazadores de microbios* de Paul de Kruif– influyó en su decisión de dedicarse a la investigación. De igual manera, los biógrafos de Bernardo Houssay refieren que su vocación por la fisiología, por la cual obtuvo el Nobel para nuestro país, se originó en la lectura de la *Introducción a la Medicina Experimental* de Claude Bernard.

A juzgar por los resultados del trabajo del CDC, parecería que estos dos casos no son excepcionales. De hecho, y sorpresivamente, la lectura de libros como factor vocacional para emprender la carrera de investigador ocupa el segundo lugar en la escala de influencias, superando en importancia al influjo del entorno familiar, que quedó relegado al tercer puesto. Aún más: para los investigadores de las CSH, el libro ha tenido un significado vocacional muy similar al del docente.

Aunque la familia muestra un rol menos relevante, su influencia es muy similar para todos los grupos etarios. No ocurre lo mismo con los libros, cuyo efecto en la vocación se reduce a medida que disminuye la edad de los encuestados.

No obstante, los más jóvenes, particularmente los investigadores de las CEN, le asignan cada vez más importancia a los libros de divulgación, entre los que sobresale *Cosmos*, de Carl Sagan. Entretanto, quienes se desempeñan en el área de las CSH otorgan mayor valor vocacional a los libros de texto y a las enciclopedias.

También, los libros de ficción y las biografías cumplen un rol significativo en la elección de la carrera de investigador. Por cierto, hay quienes señalan que algunos textos de poesía o de mitología y ciertas obras infantiles les han dejado una marca vocacional indeleble.

Un dato curioso: según los resultados del estudio, los libros ejercen una mayor influencia en el género masculino que en el

La lectura de libros como factor vocacional para emprender la carrera de investigador ocupa el segundo lugar en la escala de influencias, superando en importancia al influjo del entorno familiar, que quedó relegado al tercer puesto. Aún más: para los investigadores de las CSH, el libro ha tenido un significado vocacional muy similar al del docente.

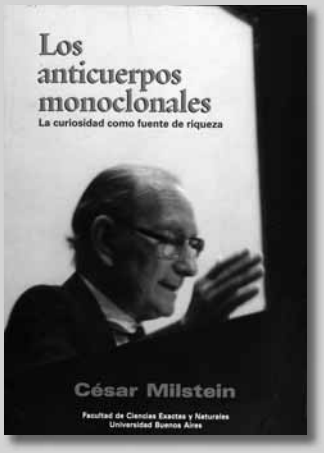
LA DIVULGACIÓN EN LA LISTA

Los resultados de la encuesta nacional muestran que, en orden de importancia, el cuarto factor de influencia vocacional –después de los docentes, los libros y la familia– está constituido por las actividades de divulgación, que incluyen, por ejemplo, las visitas a museos, a laboratorios, a muestras interactivas, ferias y olimpíadas de ciencias, entre otras.

femenino. Por ejemplo, mientras uno de cada tres varones señala "mucha" incidencia de este factor, sólo una de cada cuatro mujeres afirma lo mismo. De hecho, para los caballeros, los libros poseen una importancia vocacional casi idéntica a la de los docentes.

Los medios y los fines

La lectura no sólo actúa como factor de influencia a través de los libros. Los artículos periodísticos y/o divulgativos que se publican en los diarios, pero sobre todo los de las revistas, también han demostrado que, aunque en menor medida, cumplen alguna función vocacional. Pero aquí ocurre lo contrario de lo que se observó en el caso de los libros: su influencia está creciendo en las generaciones más jóvenes.



En su libro Los anticuerpos monoclonales, el Premio Nobel argentino Cesar Milstein cuenta que otro libro –Los cazadores de microbios de Paul de Kruif– influyó en su decisión de dedicarse a la investigación.

Por otra parte, mientras las revistas han operado más significativamente sobre los investigadores de las CEN, los periódicos han influido más sobre los de las CSH.

En este espacio de los medios de comunicación, los productos audiovisuales –y muy especialmente los documentales– lucen como un recurso prometedor para despertar el deseo por la investigación. En efecto, el grado de influencia de los documentales se correlaciona en forma significativa con la edad del investigador, mostrando una importancia creciente en la medida en que se consideran los grupos etarios más jóvenes.

Si bien en los resultados de la encuesta la tecnología audiovisual no aparece como un factor vocacional importante, ello obedece al muy bajo influjo que otorgan los investigadores del grupo de mayor edad a estos productos, cuyo avance masivo se corresponde con épocas relativamente actuales.

Capital simbólico

En una época en la que la identidad parece definirse primordialmente a través de la posesión de bienes materiales, resulta al menos curioso que el prestigio de la profesión científica se constituya en un factor de considerable influencia a la hora de definir la vocación por la investigación. Efectivamente, casi siete de cada diez encuestados, sin diferencias por sexo, señalaron alguna influencia de este factor. Una rareza aún mayor es el hecho de que el influjo que ejerce la reputación del trabajo de investigador en la decisión vocacional se hace cada vez más fuerte en las generaciones más jóvenes.

Quizás, hoy se podría considerar también una extravagancia que alrededor de uno de cada veinte de los investigadores indagados haya manifestado que uno de los factores que motorizó su deseo por la investigación fue la necesidad de hacer alguna contribución a la sociedad.

Y ya que hablamos de curiosidades, la "curiosidad" ha sido señalada por uno de cada nueve encuestados como un elemento que determinó la elección de su profesión.

Por otra parte, según los resultados de la encuesta, el factor menos influyente a la hora de elegir la carrera de investigador, tanto para los varones como para las mujeres, es la posibilidad de encontrar en la investigación una salida laboral. En otras palabras, no es la búsqueda de un trabajo lo que prima a la hora de emprender esa carrera.

En definitiva, el estudio del CDC revela algunos datos curiosos –y otros que no lo son tanto– pero, en cualquier caso, brinda herramientas útiles para tener en cuenta si se quiere pensar en estimular el camino hacia la investigación y, en consecuencia, hacia la producción de conocimiento.

El racionalismo científico (segunda parte)

por Guillermo Boido y Olimpia Lombardi

Señalábamos en nuestro artículo anterior que, en el ámbito anglosajón de la primera mitad del siglo XX, el racionalismo involucraba la convicción de que existen ciertos criterios lógicos y controles empíricos ahistóricos que, convenientemente utilizados, permiten comparar teorías científicas alternativas y optar entre ambas. Pero a partir de mediados del siglo XX proliferaron posiciones epistemológicas que negaban la posibilidad de establecer criterios universales de racionalidad, perspectivas que suelen llamarse genéricamente "relativistas" (recordemos que la misma denominación se emplea para designar a ciertas formas de antirrealismo). Un relativista dirá, por ejemplo, que las teorías científicas son evaluadas empleando criterios que varían de una comunidad a otra, que tales criterios se modifican con el transcurso del tiempo o bien que están sesgados por los valores e intereses del individuo o de la comunidad científica que los sustenta.

Ante los desafíos relativistas, el filósofo húngaro Imre Lakatos, discípulo de Popper y fallecido en 1974, presentó un modelo de desarrollo científico que intenta a su modo proteger las posiciones racionalistas. En este modelo, la unidad de análisis epistemológico es el programa de investigación científica (a diferencia de la teoría, unidad de análisis que adopta Popper). ¿En qué consiste un programa tal? En primer lugar, en un conjunto de hipótesis generales que identifican al programa, y al que Lakatos llama "núcleo duro". Este núcleo está "protegido" por un "cinturón protector", un conjunto de hipótesis auxiliares cuya finalidad es la de impedir la refutación del núcleo duro. Tales hipótesis pueden ser modificadas, eliminadas o reemplazadas por otras, pero en todos los casos el núcleo duro es irrefutable ya que cambiarlo implicaría cambiar de programa. Un programa de investigación tiene otras componentes llamadas "heurísticas", pero para nuestros propósitos no es necesario considerarlas. A lo largo de la historia, la investigación científica se practica en el seno de un programa hasta que éste manifiesta sus carencias y es sustituido por otro.

Imre Lakatos

Para citar un solo ejemplo, consideremos el heliocentrismo de Copérnico, que opera a modo de núcleo duro de lo que podríamos llamar "programa de investigación copernicano", adoptado por científicos como Kepler y Galileo. Una consecuencia de la teoría de Copérnico es que el movimiento de la Tierra supondría la observación de la llamada "paralaje estelar", un desplazamiento aparente de ciertas estrellas a lo largo del año, lo cual nunca había sido observado. Copérnico no abandonó su teoría por ello, sino que sostuvo que las estrellas se hallan a grandes distancias de la Tierra, lo cual haría imposible detectar la paralaje estelar. Esta hipótesis auxiliar actúa como componente del cinturón protector, de modo que el heliocentrismo no quede refutado por la inobservancia del mencionado fenómeno.

Como se advierte, aquí entra en consideración, antes que la opinión personal de un investigador, la de su comunidad científica (de hecho, Copérnico pertenecía a una comunidad de astrónomos dispersos por toda Europa). En un principio, tal comunidad, al menos provisionalmente, decide adoptar un programa de investigación y desarrollarlo. Pero, con el tiempo, el programa comienza a ser ineficaz para resolver ciertos problemas, se vuelve "degenerativo", como afirma Lakatos, y entonces aparece otro programa, "progresivo" (con relación al anterior), con su correspondiente núcleo duro y su cinturón protector, que gradualmente sustituye al primero. Así sería el desarrollo de la ciencia, que progresa a través de la competencia entre programas de investigación.

Pero ¿por qué el esquema de Lakatos involucra una posición racionalista? Porque, de acuerdo con este filósofo, el reemplazo de un programa por otro es una decisión racional de la comunidad científica. Un programa de investigación es mejor que otro programa alternativo porque es más progresivo, lo cual depende de su grado de coherencia teórica y de la medida en que conduce a nuevas y mejores predicciones satisfactorias. Sin embargo, hay acuerdo en que Lakatos no logró indicar con claridad cuáles han de ser los criterios universales que permitirían a una comunidad científica tomar la decisión de abandonar un programa y escoger otro. Todo ello le ha valido a Lakatos críticas de otros epistemólogos, particularmente de aquellos que adoptan posiciones relativistas, acerca de las cuales nos ocuparemos en nuestro próximo artículo.

Ciencia y devenir

El Argumento del Juicio Final

Por Guillermo Mattei
gmattei@df.uba.ar

¿Es posible estimar cuántos años más perdurará la especie humana, el predominio imperial de una nación, un monopolio periodístico, una obra de teatro o nuestra relación de pareja? Un astrólogo diría que sí, sin dudarlo; un científico también, dudando de manera crítica.

Los egipcios predecían la crecida del Nilo observando la posición de la estrella Sirio. El griego Tales anunció el eclipse del 28 de mayo de 585 a.C. En 1705, Edmund Halley anticipó, usando las leyes de Newton, que el cometa visto en 1682 volvería a pasar en 1758. A principios del Siglo XX, Einstein corrigió la predicción que de la órbita de Mercurio hacía la teoría de la gravitación newtoniana. El choque contra Júpiter del cometa Shoemaker-Levy, en 1994, se supo un año antes. ¿Cómo anda la ciencia prediciendo el futuro? Bien, pero te cuento.

El mito de Casandra

En su libro "Los viajes en el tiempo", el renombrado astrofísico de la Universidad de Princeton (Estados Unidos) Richard Gott, apela a la analogía mitológica de Apolo confiriéndole a Casandra el don de la profecía y, a la vez, a sus seguidores, la incredulidad para bosquejar el complejo mundo de la predicción científica. Por un lado, las leyes cuánticas de la microfísica invalidando un previsible Universo de relojería e imponiendo un determinismo probabilístico. Por el otro, la inestabilidad caótica de los llamados "sistemas dinámicos" –como las órbitas planetarias a muy largo plazo o el pronóstico meteorológico a unos pocos días–. También las reglas de la evolución de la vida. Todas forman parte del conocimiento científico y se las tienen que ver con el apasionante asunto de anticipar sucesos futuros. Ni más ni menos que una de las principales "utilidades" de la Ciencia.

Gott aclara: "Que el futuro del Universo no pueda ser calculado al detalle, no significa que no podamos hacer predicciones sobre él", y agrega: "si seguimos el estilo de Halley para predecir; es decir, continuamos basándonos en teorías científicas exitosas, hasta se podría haber anticipado la tragedia del Titanic".

Pero, en la ciencia, a diferencia de la astrología, no predomina la tranquilidad que otorga un dogma, sino la efervescencia del modelado matemático de la realidad y del diálogo experimental con la Naturaleza. De ahí que varias disciplinas científicas, con sus complejidades, se entrelacen para capturar información escondida en el futuro.

El principio de la mediocridad

Enarbolada por siglos, muchas veces a sangre y fuego, flameó la idea del ser humano como centro del Universo. Sin embargo, el hombre vive en un planeta ordinario que orbita una estrella mediocre, en el borde de una galaxia espiral como tantas otras, dentro de un cúmulo irrelevante entre los cúmulos galácticos y en un Universo que se expande –visto desde cualquier lugar– sin un centro privilegiado. No somos especiales porque vale el Principio Copernican*o*: "Son muchos más los lugares y momentos comunes e irrelevantes para observar algo que aquellos particularmente especiales".

El juicio final según Miguel Ángel. Capilla Sixtina. Vaticano.

Así pensó Gott, frente al Muro de Berlín en 1969: "Hace ocho años que lo construyeron y algunos piensan que durará para siempre. No hay nada especial en mi visita de hoy al Muro. Luego, por el principio copernicano, estoy viendo al Muro en un momento aleatorio de su vida, uno entre su principio y su fin. Si no es un momento especial, por ejemplo, hay igual chance de que me halle afuera o adentro de los dos cuartos centrales de la duración temporal completa del Muro. Si me encuentro en el principio del intervalo medio, entonces habría transcurrido un cuarto de su existencia y aún le quedan tres cuartas partes de existencia. Pero si, en cambio, me hallo al final de ese intervalo medio, el Muro llevaría parado tres cuartos de su existencia y le restaría uno de vida en su futuro." En palabras más técnicas: "hay una probabilidad del 50% de que la duración futura del Muro fuera entre 1/3 y 3 veces su duración pasada" (ver figura A). Ocho años divididos por 3 da dos años y ocho meses y multiplicado por 3 da veinticuatro años. O sea, en un momento de 1969, sin ninguna particularidad respecto de la vida del Muro y con una probabilidad del 50%, Gott esperaba que éste subsistiera un mínimo de dos años y ocho meses o un máximo de veinticuatro años. Pues, veinte años después (1989) y cuatro antes de la cota máxima de su duración estimada, el Muro fue derrumbado; y las ideologías, afortunadamente, no.

Volver del futuro

Pero a Gott, como a cualquier otro científico, no lo conformaba una predicción con sólo 50% de chances de suceder o no suceder. Apostando a más, Gott repitió el mismo razonamiento, pero cambiando 50% por 95%. El lector puede probar que, con este atractivo nivel de confianza, las cotas para la duración futura de cual-

FIGURA A

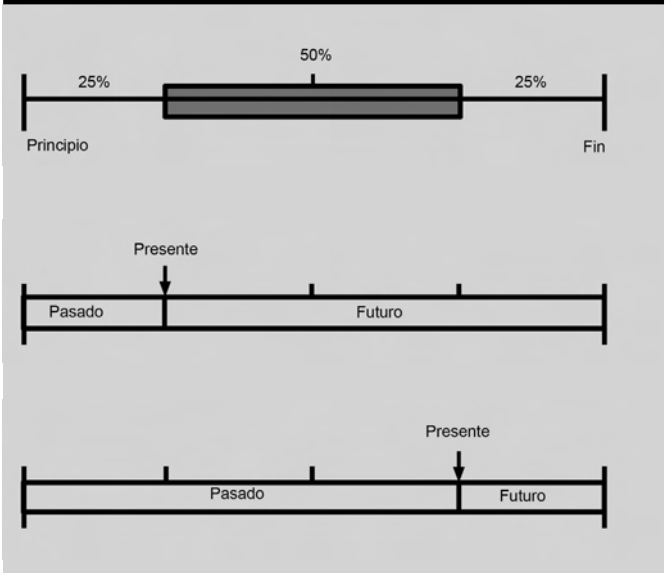
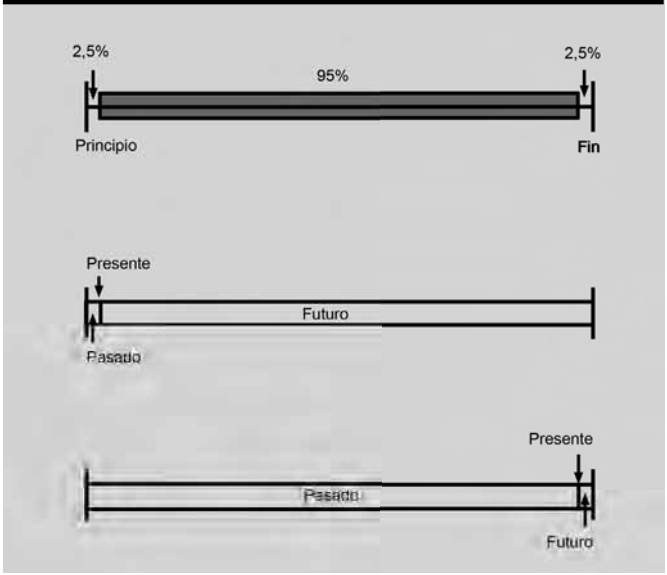


FIGURA B



quier suceso estarán ahora entre 1/39avo y 39 veces la edad del mencionado suceso (ver figura B).

"Anote el lector el momento exacto (año, mes, día, hora, minuto y segundo) en que está leyendo esta frase", invita Gott. Como ese instante seguramente no tendrá ninguna relevancia en la vida del lector, es una buena referencia para aplicar la fórmula copernicana del 95% para predecir las cotas de la duración futura de su relación actual de pareja, de una amistad, de la empresa donde trabaja, de su equipo deportivo en la actual división o de su diario favorito. Por ejemplo, el diario Clarín fue fundado en 1945, de modo que, si octubre de 2009 no fuera un momento especial en su vida, la duración probable del matutino, con una confianza del 95%, sería no menor de 7 y no mayor de 2.496 años.

Escrito en la infaltable guía del viajero europeo por el tercer mundo, el principio copernicano sentenciaría: "No aborde un medio de transporte que no haya realizado con éxito al menos treinta y nueve viajes como el que está planeando realizar". El Titanic y el Bismarck, en el primer viaje; el Hindenburg, en el trigésimo quinto; y la lanzadera Challenger, en el décimo. Éstos son algunos ejemplos negros de la efectividad de la predicción. "Si llegamos al puerto en un momento aleatorio y encontramos un barco con un elevado número de viajes exitosos en su haber, el principio copernicano indica que es improbable que su próximo viaje sea el último", explica Gott. La regla 39 hubiera mantenido a salvo a los pasajeros del *Britannic*, buque hermano del Titanic, que naufragó en su sexta salida. No le sucedió lo mismo al otro hermano, el *Olympic*, que atravesó 514 veces el Atlántico antes de ser desguasado.

El principio copernicano se basa en la irrelevancia del instante en que se evalúa la duración, por lo tanto, aclara Gott, "no debemos esperar que nos inviten al casamiento de un amigo y, un minuto después de haber firmado el acta de matrimonio, proclamar públicamente que la unión va durar menos de 39 minutos… Hemos sido invitados a la boda, precisamente, para presenciar un momento muy especial de ese matrimonio: su comienzo".

El fin de la especie humana

Aplicando las cotas del 95% a la edad actual de la especie humana, 200.000 años, Gott infiere que la expectativa de su supervivencia se encuentra por encima de los 5.100 años, pero por debajo de los 7,8 millones de años. Teniendo en cuenta la duración ya transcurrida del *Homo sapiens*, éste viviría no menos de 205.000 y no más de 8 millones de años, dentro de cotas en las cuales, con una coherencia promisoria, ya entraron sus extintos primos: el *Homo erectus* y el *Homo neanderthalis*. Es más, en realidad, casi todas las especies tienen una longevidad media que va entre uno y once millones de años. Hay coincidencia.

Pero Gott va más allá. La relación entre nuestra duración como especie, 200.000 años, y la edad del Universo, 13.000 millones de años, es 1 en 65.000. Si el ser humano fuera a durar eternamente, den-

EL REVERENDO BAYES

El teorema de Bayes fue descubierto por el reverendo presbiteriano Thomas Bayes, que vivió entre 1702 y 1761. El teorema se refiere a la probabilidad de un suceso condicionado por la ocurrencia de otro suceso. Los cultores de la inferencia bayesiana afirman que su trascendencia reside en que es realmente interesante para la ciencia, dado que procura sacar conclusiones generales (enunciar leyes) a partir de lo objetivamente observado, y no viceversa.

Actualmente, entre notables aplicaciones del teorema, aparecen los sistemas de detección del spam del correo electrónico y también, entre las agencias reguladoras de los medicamentos, aplicaciones referidas al análisis de ensayos clínicos

"Para entender el Teorema de Bayes, lo más fácil es ver un ejemplo ficticio", propone el profesor del Departamento de Matemáticas de la FCEyN, Pablo Ferrari. "Supongamos que 80% de la población está vacunada contra la gripe A y 20% no está vacunada. Sabemos que 10% de las personas vacunadas tendrán gripe el próximo invierno, mientras que 40% de las no vacunadas se engriparán. Si elegimos una persona al azar, la probabilidad de que haya sido vacunada es de 0.8.", describe el experto.

"Ésta es la probabilidad a priori (es decir, sin saber si se enfermó o no). Pero si sabemos que la persona se enfermó, el Teorema de Bayes dice que la probabilidad de que haya sido vacunada debe calcularse con los pesos relativos de la siguiente forma: (0.2 x 0.4)/(0.8 x 0,1 x 0.1+ 0.2 x 0.4) = 0.5. Es decir, 5 de cada 10 personas engripadas fueron vacunadas (compare con los 8 de cada 10 personas vacunadas en la población). Ésta es la probabilidad a posteriori, que se calcula remitiéndose solamente a las proporciones de vacunados y no vacunados entre las personas engripadas.", concluye Ferrari.

Esquemáticamente: 100 personas, 80 vacunadas, 20 no vacunadas. De las 80 vacunadas hay 8 engripadas (10%). De las 20 no vacunadas, hay 8 engripadas (40%). El total de engripados es 16. Entre éstos, la mitad está vacunada y la otra mitad no lo está.

tro de un billón de años la relación sería casi uno. Luego, hoy no debiera parecer que la humanidad dure eternamente. Si existe un final, con un 95% de confianza, la sentencia tendrá lugar entre 5.100 y 7,8 millones de años por delante.

Necesariamente, para comprender mejor estos escenarios, los científicos deben incluir modelos de extinción de la especie humana: tanto súbitos como graduales. Gott especula, "si es súbita, los observadores se agruparían cerca del final y, así, el límite superior del criterio del 95% debía bajar de los casi 8 millones de años a sólo 19 mil... pero, si fuera gradual, el futuro podría ser tan largo como el pasado".

Por otro lado, la dinámica de poblaciones indica que toda especie comienza con un número pequeño de individuos, alcanza un número máximo en algún momento y, finalmente, declina hasta la extinción. Los siglos XX y XXI son, hasta la fecha, los más poblados por seres humanos. Si nada hay de especial en nuestra época, deberemos estar cerca del máximo, por ser la situación menos relevante. Los expertos calculan una Tierra que no podría albergar más de doce mil millones de personas, el doble de la actual; luego, probablemente, estemos ubicados hoy entre un suceso que favoreció su crecimiento, tal como la práctica de la agricultura, y otro que lo vaya a desfavorecer tal como el impacto de un meteorito, un destello de rayos gama, un desastre ecológico, una pandemia o una guerra nuclear o bacteriológica.

Gerard Malie/AFP/Getty Images

En 1969, sin ninguna particularidad respecto de la vida del Muro y con una probabilidad del 50%, el astrofísico Richard Gott predijo que éste subsistiría un mínimo de dos años y ocho meses o un máximo de veinticuatro años. Veinte años después, en 1989 (y cuatro antes de la cota máxima de su duración estimada), el Muro fue derrumbado.

El Argumento

El astrofísico australiano Brandon Carter, mentor del famoso Principio Antrópico –"en lugares habitables de Universo necesariamente habrá observadores inteligentes"–, fue el primero, en 1983, en proponer este tipo de estimaciones del porvenir. Sin embargo, su abordaje estaba orientado específicamente a predecir la duración futura de la especie humana a partir de consideraciones sobre el número total de homo sapiens nacidos hasta la fecha. Carter concluyó, como Gott, que cabría esperar estar situados al azar en la lista cronológica de seres humanos. Por ejemplo, que el número probable de individuos futuros sería similar al de individuos pasados aún en un contexto donde el principio copernicano aplicado al número de personas que vivieron en los 200.000 años de historia del hombre, unos 70.000 millones, indicaría con un 95% de fiabilidad que al menos nacerán otros 1.800 millones, pero no más de tres billones.

Carter desarrolló esta perspectiva desde la llamada estadística bayesiana (ver recuadro) que, técnicamente, considera varias hipótesis a priori sobre el número final de humanos, ponderadas por probabilidades de observar hechos que tendríamos ante nosotros si partiéramos de cada una de esas hipótesis por separado. Concretamente, esta lógica lleva a argumentar que es improbable que pertenezcamos al primer 0,01% de todos los seres humanos nacidos y por nacer. Al no contar con datos actuariales sobre duraciones de otras especies inteligentes, incluidas las extraterrestres, parecería razonable hacer la suposición bayesiana de que la humanidad transcurre hoy un momento aleatorio de su duración total. Inquietante mezcla de formalismo matemático, observaciones empíricas y subjetividades razonables, batidas todas ellas en ponderaciones prescriptas por la estadística.

Curiosamente, la contraposición, interrelación y síntesis de argumentos, modelos e ideas científicas sobre la pretensión de afinar las predicciones del futuro son tan agitadas y dinámicas que hasta incluyen una paradoja filosófica sobre la autorreferencia del Argumento. Dado que la clase definida como "humanos" podría, lógicamente, reducirse sólo a quienes entienden el Argumento, hasta él mismo podría ser irrelevante. "Si una sola persona en el mundo entendiera el Argumento del Juicio Final, por su propia lógica, éste tendría una chance del 95% de ser un problema menor, dado que solo le interesará a no más de 20 personas", fue el comentario que se escuchó cuando Carter presentó por primera vez su idea en un congreso científico.

Del mismo modo que aquel alumno de escuela media confesional, asistiendo a una charla de popularización de conocimientos científicos sobre el origen de la vida, un astrólogo podría apuntar sobre el Argumento del Juicio Final: "¿para qué complicarse con tanto conocimiento científico, si alcanza con creer que las cartas astrales son suficientes". La profundización de la brecha entre estas dos cosmovisiones, ¿será uno de los tantos aceleradores del Juicio Final del futuro?

Múltiples adaptaciones en plantas

Máquinas de supervivencia

Por Susana Gallardo | sgallardo@de.fcen.uba.ar

¿Cómo se las arreglan ciertas plantas para vivir en condiciones adversas? Ante la escasez de agua, reducen el tamaño de las hojas y cierran sus poros para transpirar menos; también, extienden sus raíces a mayor profundidad. Los árboles aumentan y adaptan el sistema de transporte de agua –la red vascular– con el fin de optimizar su crecimiento frente a los cambios en la disponibilidad de luz o de agua. En el nivel molecular, son numerosas las proteínas que participan en una compleja red de señalización.

Tomo.yun

Obligadas a transcurrir toda su vida en el lugar en que les tocó germinar, las plantas no pueden escapar de los predadores o de las condiciones ambientales adversas, como la sequía, la salinidad del suelo, el calor o el frío excesivo. A menudo deben hacer frente a una distribución irregular de recursos, como el agua, la luz o los minerales. ¿Cómo se las arreglan? Simplemente, se aclimatan y ponen en funcionamiento una compleja maquinaria de supervivencia.

El agua absorbida por las raíces llega hasta las hojas mediante una cañería de tejido leñoso, denominada xilema (del griego *xilon*, madera), que, mediante una red de vasos, interconecta todas las partes de la planta. Los árboles aumentan y adaptan esa red vascular, o arquitectura hidráulica, para maximizar su crecimiento frente a los cambios en la disponibilidad de luz o de agua. De hecho, el sistema es redundante: posee vasos paralelos, de modo que, si se produce un bloqueo en alguno de los "caños", el agua pueda pasar a través de otros.

"La arquitectura hidráulica es como la cañería de una casa, diseñada en función del número de habitantes y de cuartos, para que el traslado del agua hasta el sitio de uso sea lo más eficiente posible", explica el doctor Guillermo Goldstein, director del Laboratorio de Ecología Funcional de la FCEyN. Cuando una canilla se abre, puede disminuir el flujo a otras partes. En una planta, el equivalente de la canilla son los estomas, orificios rodeados por unas células oclusivas, llamadas "de la guarda", que se parecen a los labios de una boca (*stoma* significa boca en griego). La apertura o cierre de esas bocas permite regular el flujo de gases (oxígeno o dióxido de carbono)

Lía Montti

Piper sp.

Guadua chacoensis (Tacuaruzú)

Helecho

entre el interior y el exterior de las plantas. Ese ajuste se produce según la presencia de agua en el ambiente.

Según lo revela el estudio de fósiles vegetales, las plantas primitivas, que apenas se elevaban del suelo, carecían de estomas. Sus pequeñas hojas presentaban una superficie uniforme, cubierta por una cutícula. Por el contrario, las hojas de las plantas actuales muestran un gran número de esos poros. "En términos de la evolución, la aparición de los estomas permitió que las plantas, al hacer un uso más eficiente del agua, pudieran elevarse a considerable altura del suelo y, también, colonizar ambientes con menor disponibilidad de agua", comenta Gustavo Gudesblat, que hizo su doctorado en el Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular de la FCEyN, y ahora está haciendo un postdoctorado en Bélgica.

Lo cierto es que, debido a la evaporación a través de los estomas, ubicados en los extremos de los vasos, en las hojas, "se genera una fuerza de succión que hace que el agua suba", según explica Goldstein.

Cuando hay déficit de agua, el árbol cierra los estomas para limitar la evaporación, pero así restringe la captación de dióxido de carbono. La planta tiene que minimizar la pérdida de agua, pero aumentar la absorción de dióxido de carbono (CO^2). Por ejemplo, muchas cactáceas abren los estomas durante la noche, cuando la evaporación es menor, y así ingresa el CO^2. Durante el día, cuando sale el sol, se cierran los estomas. Esto implica un costo mayor para la planta, porque no es muy eficiente la fotosíntesis, pero de ese modo puede minimizar la pérdida de agua por transpiración.

El bao bab sudamericano

Algunas plantas de regiones áridas o semiáridas, que cuentan con cortezas verdes capaces de hacer fotosíntesis, son uno de los objetos de estudio de Goldstein y su equipo. "En el Chaco, muchas de las cortezas tienen clorofila y pueden hacer fotosíntesis", señala el investigador. Un ejemplo es el palo borracho, que es de la familia del bao bab, un árbol de África que se hizo famoso gracias a la novela *El Principito,* de Antoine de Saint Exupéry.

El tamaño del tronco se relaciona con la falta de agua, pues en él hay reservorios internos que acumulan el líquido para que pueda ser usado en períodos de déficit. En efecto, el tronco del palo borracho es más grueso en zonas áridas de Catamarca y del Chaco salteño y santiagueño; en cambio, en las zonas húmedas, es más delgado.

Ese tronco, al no tener estomas, no tiene entrada de CO^2. Pero ¿cómo hace la fotosíntesis? Los tejidos internos de esos troncos engrosados tienen células que producen ese gas, y éste se difunde en la epidermis del tallo, para efectuar la fotosíntesis, pero sin costo en términos de transpiración o evaporación.

Algunos árboles consumen mucha agua, por ejemplo, una especie tropical de Panamá llega a consumir unos 379 kilogramos por día. Pero ¿siempre puede obtener esa cantidad de agua del suelo? Ciertos reservorios de agua en el tronco proveen el vital elemento mientras llegan los refuerzos desde la raíz; aunque no haya disponibilidad en el suelo, esos reservorios sostienen la supervivencia. Además, hay que tener en cuenta que, debido a la escasa velocidad de circulación, en un árbol de gran altura, el agua puede tardar días en alcanzar la copa.

Por otra parte, la velocidad de circulación puede aumentar o disminuir; por ejemplo, cuando la tasa de evaporación es alta, la velocidad es mayor. "La transpiración es la fuerza motriz del proceso de transporte de agua a larga distancia", dice Goldstein.

Sin embargo, a veces hay problemas en la circulación. Dentro de esos vasos pueden producirse burbujas: es lo que se denomina embolismo, que tiene que ser disuelto, para que se restablezca la continuidad del sistema de transporte.

Los vasos más grandes son los más eficientes en el transporte de agua, porque lo hacen a mayor velocidad, pero tienen embolias en forma más frecuente. En cambio, los más chicos transportan a menor velocidad, pero padecen menos embolias. "Es un balance entre eficiencia y seguridad", asegura Goldstein.

Que no le hagan sombra

Un recurso fundamental para la vegetación es la luz. Pero ¿qué pasa en el bosque, cuando los árboles más altos hacen sombra a los más bajos? La cantidad de radiación solar que llega al sotobosque puede ser apenas del 2 al 4% del total. Pero la formación de claros, por la caída natural o intencional de árboles, modifica esa cantidad de luz.

Algunos árboles tropicales tienen preferencia por un tamaño particular de claro, y requieren cierta cantidad de luz para poder regenerarse. El hecho es que algunas especies pueden germinar y crecer con niveles de luz muy bajos, mientras que

otras requieren una alta intensidad lumínica. "La formación de claros podría ser un factor fundamental para asegurar la diversidad de especies no arbóreas, como las lianas, las enredaderas, los arbustos y las herbáceas, y algunas gramíneas", comenta Goldstein.

Bajo el dosel arbóreo, las plantas logran atrapar la luz asignando recursos a la formación de hojas y aumentando el área de ellas. A la sombra, los árboles tienen una tasa de respiración baja y, así, disminuyen la pérdida de carbono. De este modo, se minimizan los costos de mantenimiento, lo cual ayuda a aumentar el crecimiento.

Pero los claros en los bosques pueden contribuir a que ciertas especies se conviertan en invasoras; es el caso del bambú, conocida localmente como tacuara. Esta planta, que necesita mucha luz para crecer, se encuentra "contenida" en el bosque, limitada por la sombra que pueden hacerle otros árboles. Pero, cuando se produce un claro, aprovecha esa luz entrante para multiplicarse. Al hacerlo, se vuelve invasiva, y no deja que otras especies se regeneren.

Estas gramíneas, comúnmente asociadas a la cultura asiática, son también componentes nativos e importantes de la vegetación americana. Sus tallos (denominados comúnmente culmos) en algunas especies pueden alcanzar los 40 metros de altura, florecer una sola vez en la vida, y luego morir (por ello se las conoce como "especies monocárpicas"). Pero, para que se produzca esa floración, en algunas especies pueden pasar hasta 30 o incluso 120 años.

Otra característica importante es que el único evento de reproducción sexual suele ocurrir de forma masiva y sincronizada, lo cual significa que todas las plantas de una población florecen al mismo tiempo, y llegan a afectar grandes áreas. Sin embargo, también son posibles las floraciones asincrónicas o esporádicas, como las que experimenta *Chusquea ramosissima* (tacuarembó) un bambú nativo del monte misionero. En esta especie, la floración no ocurre al mismo tiempo en todas las plantas, sino en parches discontinuos, lo que las salva de morir en forma masiva. "Esta característica ayuda en parte a explicar el éxito de esta especie", asegura Lía Montti, que realiza su doctorado bajo la dirección de Goldstein, y estudia la biología de *C. ramosissima* y de otras cinco especies de bambú que crecen en la provincia de Misiones.

En un abrir y cerrar de poros

Si bien el agua es un componente fundamental para cualquier ser vivo, algunos organismos se las arreglan para sobrevivir sin ella, es lo que se denomina anhidrobiosis. La primera evidencia de esta capacidad la tuvo, en 1702, Antony van Leeuwenhoek, comerciante holandés aficionado a la ciencia, mientras observaba unas pequeñas motas de polvo con unas lentes de aumento que él mismo había tallado. Se le ocurrió hidratarlas, para que se hincharan y así verlas mejor. La sorpresa fue que esas partículas eran, en realidad, pequeños gusanos, llamados rotíferos.

Algo parecido sucede con las semillas, que, en las etapas finales de su desarrollo, pueden tener poca agua y mantenerse vivas por mucho tiempo; así son capaces de dormir un largo sueño hasta que se den las condiciones para germinar. Asimismo, algunas plantas están adaptadas a sobrevivir en ambientes extremos (muy secos o muy salinos, por ejemplo) y presentan mecanismos constitutivos frente a la falta de agua así como ante otros tipos de estrés.

Frente a la falta de agua, la planta cierra sus estomas, pequeños poros ubicados en la superficie de las hojas, y así reduce la tasa de evaporación y retarda la pérdida de agua. Pero el grado de apertura de esos poros también varía en respuesta a otros estímulos ambientales, como la intensidad de luz o la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. También la inundación dispara el cierre de los estomas, ya que el daño causado por hipoxia a las raíces impide, a pesar de la abundancia de agua, que la planta pueda tomarla.

Frente a la falta de agua, además del cierre de estomas, las plantas desarrollan adaptaciones a largo plazo, por ejemplo, reducen el tamaño de las hojas y aumentan el de la raíz. La reducción en el área foliar (y la caída de las hojas más viejas), si bien limita la capacidad de hacer fotosíntesis, también reduce el consumo de agua. El mayor crecimiento de la raíz permite a la planta, a cambio de un costo energético, disponer del agua ubicada a mayor profundidad en el suelo.

Señales a distancia

En la apertura y cierre de los estomas participan diferentes hormonas, pero hay una que tiene un efecto más potente: el ácido abscísico, que es sintetizada por la planta frente a situaciones de estrés. Por ejemplo, cuando el suelo se empieza a secar, las raíces perciben que se están deshidratando y sintetizan la hormona, que viaja a través del sistema de conducción de la planta, llega hasta las hojas y produce el cierre de los poros.

La síntesis del ácido abscísico está disparada por una cadena de señales moleculares, en que participa una proteína, denominada MAP quinasa. Mediante una técnica de ingeniería genética, Gustavo Gudesblat determinó que sin esa proteína, el ácido

Lía Montti tomando datos de crecimiento del bambú Chusquea tenella *en el campo.*

Elza Guevara

Palo borracho

Lía Montti

Cecropia pachystachya

Lía Montti

Equipo de cinética de fluorescencia modulada (MiniPaM)

abscísico no puede causar el cierre de los estomas.

Pero Gudesblat aclara: "Ésa no es la única proteína involucrada, de hecho el proceso de cierre de los estomas es muy complejo".

En realidad, el ácido abscísico no sólo inhibe la apertura de los estomas (cuando éstos se encuentran cerrados), sino que también promueve el cierre, cuando están abiertos. La misma hormona produce efectos diferentes, ante situaciones diversas. Es claro que, al cerrar los estomas, la planta crece menos, porque fija menos dióxido de carbono.

Una compleja maquinaria

Ante una situación de estrés, en el interior de las células, y en el nivel molecular, se pone en movimiento una compleja maquinaria, con la participación de un gran número de proteínas responsables de resistir a la desecación. Esas proteínas conforman el banco de suplentes, están tranquilas, pero listas para actuar en cuanto sean llamadas.

"En condiciones normales, esas proteínas están desplegadas, pero se pliegan ante el estrés por falta de agua y así funcionarían para ayudar a la planta a resistir el embate", indica el doctor Norberto Iusem. El concepto es novedoso porque el grueso de las proteínas están plegadas naturalmente y activas, y el estrés las hace desplegar e inactivar.

Iusem estudia, en la planta del tomate, un grupo de proteínas que abundan en los frutos maduros y son conocidas como ASR (A, por la hormona ácido abscícico; S, por estrés; R, por *ripening*: maduración). Las ASR forman parte de un grupo más amplio de proteínas conocidas como LEA, sigla que en inglés significa "abundantes en el desarrollo embrionario tardío", es decir, se encuentran en gran número en las semillas, que están sujetas a desecación fisiológica. Cuando éstas se hidratan y germinan, las LEA se apagan. Estas proteínas también son abundantes en el polen.

Ante la falta de agua, muchas proteínas se desnaturalizarían y se "pegotearían" entre sí. En consecuencia, para evitar ese escenario desfavorable, se produce una acumulación de cierto tipo de pequeñas moléculas y proteínas. Por ejemplo, las células vegetales sintetizan gran cantidad de azúcares. Según indica Iusem, "se piensa que los azúcares ocupan el lugar del agua faltante, formando parte de la estructura misma de la proteínas y evitando que se desnaturalicen".

El estrés por desecación hace que las hojas de la planta pierdan turgencia y comiencen a marchitarse. "De alguna manera, esta producción de azúcares contrarresta la pérdida de turgencia", señala el investigador.

Pero, ¿cuál es el rol de las proteínas ASR ante el riesgo de desecación? "Se postula que actúan como chaperonas", dice Iusem. El término chaperona (que significa acompañante) se aplica a las proteínas que son capaces de cambiar la conformación de otras proteínas. Así, las chaperonas preservarían a las demás proteínas de las células para que no se desnaturalicen, se mantengan activas y no se "pegoteen" entre sí.

Según el investigador, las proteínas ASR tienen acción dual: funcionarían como chaperonas, impidiendo la agregación de otras proteínas, y además cumplirían una función de activación de genes de respuesta a la falta de agua.

Las plantas comunes, no adaptadas en especial a la falta de agua, pueden tolerar una desecación leve. En cambio, algunas especies adaptadas a un hábitat de desecación, como los líquenes y mohos, pueden vivir con apenas un 5 por ciento de agua. Se las llama "plantas de la resurrección", porque parecen muertas, pero reviven si se las vuelve a hidratar.

Teniendo en cuenta el rol de las proteínas ASR en la resistencia a la desecación, algunos grupos de investigación en el mundo se han abocado a desarrollar plantas transgénicas con el agregado del gen del ASR, para que puedan hacer frente a las condiciones de sequía. "Pero esas plantas todavía no fueron probadas a campo", comenta Iusem.

Y reflexiona: "Es difícil imaginar que un solo gen pueda conferir una tolerancia total a la sequía, pues se sabe que esa capacidad está determinada por múltiples genes". Sin embargo, admite que hay algunos genes maestros que codifican factores de transcripción, es decir facilitan la expresión de otros genes, y así podrían conferir a la planta una resistencia mejorada, al menos, en laboratorio.

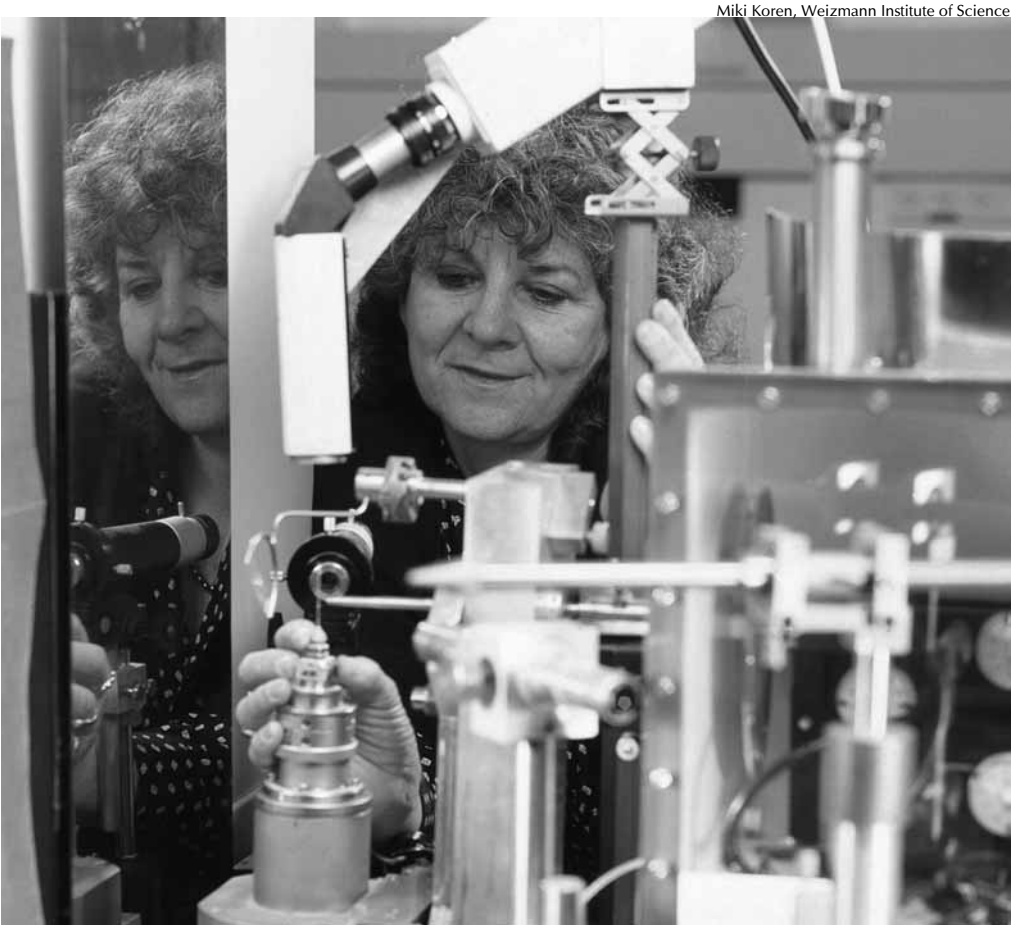
Ante las perspectivas de un mundo donde el agua será un bien cada vez más escaso, la posibilidad de plantas resistentes a la sequía abre un panorama esperanzador.

Los premios 2009

Telómeros, fibras ópticas y ribosomas

En Medicina, el premio correspondió a los investigadores que desentrañaron la clave del envejecimiento, los telómeros, o segmentos extremos de los cromosomas. En Física, al desarrollo de fibra óptica. El de Química, a los científicos que lograron elaborar el mapa tridimensional del ribosoma: la estructura encargada de traducir el código genético.

Miki Koren, Weizmann Institute of Science



Los ganadores del Nobel de Medicina y Fisiología 2009 descubrieron cómo se duplican los cromosomas durante la división celular y cómo están protegidos de la degradación. Elizabeth Blackburn, Carol Greider y Jack Szostak observaron que los cromosomas poseen en sus extremos unos segmentos denominados telómeros, y encontraron la sustancia que los fabrica, la enzima telomerasa.

En 1975, la australiana Elizabeth Blackburn –hoy profesora del Departamento de Bioquímica y Biofísica de la Universidad de California en San Francisco– decidió estudiar los cromosomas de un protozoo acuático, la *Tetrahymena thermophila*, y comprobó la presencia de unos fragmentos terminales que, aparentemente, mantenían la integridad de los cromosomas.

Los telómeros, como la punta de los cordones de los zapatos, indican que el cromosoma está entero, y no cortado. "Las células poseen un mecanismo que repara las posibles roturas del ADN y une los fragmentos sueltos. Sin telómeros, los cromosomas se unirían entre sí como si fueran trozos sueltos de ADN", señala el doctor Eduardo Cánepa, director del Departamento de Química Biológica de la FCEyN.

Jack Szostak -profesor en el Massachusetts General Hospital de la Universidad de Harvard, en Boston-, había observado que, cuando a las levaduras les agregaba pequeños trozos de ADN, éstos se degra-

Ada Yonath

LOS GANADORES DEL PREMIO NOBEL 2009:

Página de la Fundación Nobel

QUÍMICA

Venkatraman Ramakrishnan, Thomas A. Steitz y Ada Yonath

MEDICINA

Elizabeth H. Blackburn, Carol W. Greider y Jack W. Szostak

FÍSICA

Charles K. Kao, Willard S. Boyle y George E. Smith

daban. Entonces, le propuso a Blackburn un experimento conjunto: adicionar fragmentos de telómero de Tetrahymena al ADN que se agregaba a la levadura, y ver si así aquél no se destruía. El experimento fue un éxito y permitió demostrar que los telómeros protegían el ADN en organismos muy diferentes.

Finalmente, en 1984, la estadounidense Carol Greider –profesora en la Johns Hopkins University, Baltimore–, encontró que existía una enzima, la telomerasa, especializada en fabricar a los telómeros.

Cada vez más cortos

Durante la división celular, la enzima que duplica el ADN –la polimerasa–, por su mecanismo de acción, no puede copiar los extremos de la cadena. Eso no es un problema porque allí están los telómeros, que no contienen información genética. Pero, dado que los telómeros no pueden duplicarse completamente, en cada división celular hay un pequeño trozo que se pierde. Si esos fragmentos terminales desaparecen, el cromosoma podría degradarse.

"Para evitar las aberraciones cromosómicas, existen mecanismos de control que, cuando el telómero se va acortando, dispara señales de senescencia, que llevan a la célula a detener su división, aunque siga viviendo y cumpliendo sus funciones", explica Cánepa, y agrega: "Pero esa detención lleva al envejecimiento del organismo, porque hay tejidos, como la piel o el epitelio de los intestinos que necesitan renovar sus células".

La telomerasa no está en todas las células, sino sólo en las germinales. "En un momento se pensó que, si se lograba reintroducir la telomerasa en las células somáticas, se podría impedir la senescencia y el envejecimiento del organismo", comenta Cánepa.

Sin embargo, pronto se vio que, si las células seguían duplicándose, podían convertirse en tumorales. De hecho, los tumores expresan telomerasa. De este modo, se abrió la posibilidad de hallar una droga que bloquee la enzima y frene el cáncer.

Maestros de la luz

Los tres galardonados con el Nobel de Física 2009, el chino Charles Kao, el canadiense Willard Boyle y el estadounidense George Smith, cambiaron la vieja película de las comunicaciones en el planeta y echaron a rodar innovaciones impensadas hace unos siglos y que en la actualidad resultan tan naturales y habituales como recibir en una fracción de segundos mensajes o fotos transferidos desde sitios ubicados a miles y miles de kilómetros de distancia. También, llevaron a olvidar para siempre los rollos fotográficos.

"Son inventos que cambiaron completamente nuestras vidas y también proporcionaron herramientas para la investigación científica", señaló la Academia de Ciencias sueca sobre estos hallazgos. Los descubrimientos de Kao "abrieron la vía a la tecnología de la fibra óptica que se utiliza hoy en casi todas las comunicaciones telefónicas y de transmisión de datos", precisó el jurado. En tanto, Boyle y Smith "inventaron un captor de imágenes digitales, el CCD (Charge Coupled Device) que se ha convertido en un ojo electrónico para ser utilizado en todos los terrenos de la fotografía".

Fibra óptica y cámara digital

"Hoy las fibras ópticas forman el sistema circulatorio de nuestra sociedad de la comunicación, y facilitan la comunicación global de banda ancha, como Internet. La luz fluye en estos finos hilos de vidrio, y lleva casi todos los datos telefónicos y de información. Texto, música, imágenes y videos se pueden transferir a todo el mundo en una fracción de segundo", describe la Academia Sueca.

Pero hace medio siglo esta realidad era impensable porque había importantes trabas para acarrear esta información a largas distancias. "Con el advenimiento del láser en 1960 surge la idea de usar la luz como vehículo de información, debido a su mayor frecuencia de oscilación en comparación con las ondas de radio. Pero la propagación por aire sólo podía hacerse a pequeñas distancias y se investigaba en materiales transparentes para usarlos como guía de la onda. El candidato era el cuarzo fundido para fibras, pero las mediciones eran desalentadoras ya que su transparencia no era suficiente para transmisiones a más de un kilómetro", historia el doctor Oscar Martínez, desde el Laboratorio de Electrónica Cuántica del Departamento de Física de la FCEyN-UBA.

MRC Laboratory of Molecular Biology

Venkatraman Ramakrishnan y su grupo de trabajo el día del anuncio del Premio Nobel 2009 de Química

Johns Hopkins Medicine

Carol W. Greider

Para lograr que la señal no se desvaneciera a los pocos metros, "Kao propuso que, con una mejor purificación, se podría usar el cuarzo para distancias superiores a los 100 kilómetros. El limitante eran las impurezas, sobre todo el hierro", describe Martínez.

Kao planteó "una estructura con un encamisado para que la luz quedara completamente confinada dentro de la fibra y se evitaran las pérdidas por las imperfecciones de la superficie. Estos trabajos publicados en 1966 estimularon los estudios que dieron, a fin de esa década, con las primeras fibras aptas para comunicaciones a largas distancias", relata Martínez.

El sensor digital o CCD, inventado en 1969 por Boyle y Smith en los Laboratorios Bell, es el ojo electrónico de la cámara digital, que revolucionó la fotografía, y permite capturar la luz en forma electrónica. El formato digital facilita el procesamiento y la distribución de estas imágenes.

Traductores vitales

Cuando, a finales de los años 70, la israelí Ada Yonath emprendió el camino que la llevaría al Nobel, la mayoría de sus colegas la habrán mirado extrañados. Porque, en esa época, la técnica que la científica planeaba usar para alcanzar su objetivo –la cristalografía de rayos X– era casi artesanal y se utilizaba para dilucidar la estructura de moléculas pequeñas o de fragmentos de ellas.

Por lo tanto, pensar en desentrañar la configuración atómica de todo un ribosoma aparecía como una empresa poco menos que imposible. Pues, aunque microscópicos, estos corpúsculos celulares están formados por dos subunidades que, en el caso de los seres humanos, están compuestas por más de 70 proteínas, además de una variedad de ácidos nucleicos.

"Fue un trabajo monumental", sintetiza el doctor Adrián Turjanski, investigador del Conicet en el Departamento de Química Inorgánica de la FCEyN-UBA. "Si bien hoy la cristalografía de rayos X es una técnica bastante automatizada, en aquellos tiempos implicaba desarrollos científicos enormes, porque es muy difícil cristalizar moléculas, y en especial estructuras tan grandes como los ribosomas", explica Turjanski.

Básicamente, la técnica consiste en hacer pasar rayos X a través del cristal de la molécula en estudio. En ese trayecto, la radiación es dispersada de acuerdo a la particular conformación de los átomos en esa molécula. Entonces, del otro lado del cristal, se registra un patrón de puntos (una especie de "huella digital") que, analizado mediante algoritmos matemáticos, permite determinar exactamente la posición de los átomos en la estructura molecular.

Pero, para que el resultado sea exitoso, el cristal tiene que ser casi perfecto, lo cual es muy difícil. Por eso, Yonath decidió trabajar con ribosomas de bacterias que viven en condiciones extremas (entre ellas, microorganismos del Mar Muerto, que sobreviven a elevadas concentraciones salinas) pues –consideró– serían estructuras más resistentes y, por lo tanto, más factibles de cristalizar adecuadamente.

Después de más de diez años de prueba y error, la investigadora logró finalmente generar cristales de una de las dos subunidades ribosomales. No obstante, quedaban algunos problemas técnicos por resolver. Y fue el estadounidense Thomas Steitz, otro de los laureados, quien pudo solucionarlos. Pero, recién en el año 2000, Steitz pudo obtener la estructura detallada a nivel atómico de la subunidad mayor y, casi en simultáneo, Yonath y el indio Venkatraman Ramakrishnan, el tercer premiado, lograron otro tanto con la subunidad menor.

Fábricas de vida

Todas las células poseen ribosomas, las partículas responsables de convertir los "datos" que contiene el ADN en moléculas capaces de construir estructuras o sostener funciones imprescindibles para la supervivencia: las proteínas. En otras palabras, si no existieran los ribosomas no existiría la vida, al menos, tal como la conocemos.

Estos corpúsculos microscópicos son capaces de armar largas cadenas de aminoácidos -las unidades básicas de las proteínas- uniéndolos entre sí a una velocidad asombrosa (20/seg.) y con una precisión admirable.

"Tener la foto en tres dimensiones de todos los átomos del ribosoma no sólo permite comprender mejor cómo funcionan sino, también, conocer qué efectos pueden producir sobre ellos ciertas mutaciones específicas, o cómo se puede inhibir su funcionamiento con determinadas drogas", explica Turjanski.

El eclipse de Sol de *La Odisea*

La funesta niebla

Por Guillermo Mattei
gmattei@df.uba.ar

Literatura y ciencia pueden sonar como dos disciplinas antinómicas. Sin embargo, a veces coinciden en sus búsquedas. Ya hubo un vínculo entre* La Ilíada *y la arqueología y, quizás, haya otro entre* La Odisea *y la astronomía.

¿Qué vínculo puede unir las historias del arqueólogo alemán del siglo XIX Heinrich Schliemann con la del físico argentino del siglo XXI Marcelo Magnasco? Por un lado, los deslumbramientos que la lectura de *La Ilíada* y *La Odisea* encendieron en sus mentes juveniles y, por otro, la mirada crítica e integradora que les dio la formación científica.

Schliemann tuvo la convicción de que la literatura homérica no era pura invención ni mera mitología, sino que se basaba en importantes hechos históricos. En algún lugar debían, entonces, hallarse las ruinas de la amurallada Troya. Puso todo el conocimiento arqueológico detrás de su pasión por encontrar la mítica ciudad, y lo logró en 1870, en un lugar de Turquía cercano al Mar Egeo.

Magnasco leyó en *La Odisea* el pasaje en el que Teoclímeno maldice a los pretendientes que pugnaban por quedarse con Penélope y las riquezas del ausentado Ulises: «¡Ah, desdichados!, ¿qué mal es éste que padecéis? En noche están envueltas vuestras cabezas y rostros y de vuestras rodillas abajo. Se enciende el gemido y vuestras mejillas están llenas de lágrimas. Con sangre están rociados los muros y los hermosos intercolumnios y de fantasmas lleno el vestíbulo y lleno está el patio de los que marchan a Erebo bajo la oscuridad. El sol ha desaparecido del cielo y se ha extendido funesta niebla», y se preguntó: "este eclipse de Sol literario, admitido como tal por todos los analistas homéricos, ¿habrá ocurrido realmente? En una publicación científica de 2007, Marcelo Magnasco, con la colaboración del astrónomo platense Constantino Baikouzis, podría haber confirmado no solo la veracidad del eclipse homérico sino también el ajuste de toda la cronología de la Odisea con variados fenómenos de nuestra historia celeste. Parece ser que cada alusión poética a un fenómeno astronómico fue cierta (tenía un sustento en la realidad).

El 16 de abril de 1178 A.C, cerca del mediodía local, ocurrió un eclipse total de Sol sobre el Mar Jónico. Era la primavera temprana, pues el equinoccio había ocurrido el 1 de abril. El eclipse fue espectacular. En un arco menor a un recto sobre la eclíptica, los cinco planetas que se ven a ojo desnudo, la Luna y la corona solar pudieron divisarse simultáneamente. Los eclipses solares tienen una periodicidad aproximada de 370 años en cada ubicación dada del planeta. Los ojos humanos pueden seguir su lento cambio de luminosidad sin percibirlo. A pocos segundos de la totalidad, el Sol todavía es millones de veces más brillante que la Luna llena pero, en el momento del eclipse, el Sol desaparece. El cielo no se pone rojizo como en los atardeceres, sino aturquesado, como cuando anochece, y aparecen todas las estrellas. La temperatura cae súbitamente unos pocos grados, los vientos cambian, los animales lucen cansados y los rostros humanos pueden exhibir una llamativa palidez bajo la luz azulada. Para nuestros héroes helénicos, no debía haber mucha diferencia entre un episodio así y el fin del mundo.

La estrategia de Magnasco fue la siguiente: "Como la referencia al eclipse homérico era históricamente discutible, investigamos todos los pasajes del texto que, presuntamente, pudieran describir fenómenos celestes anteriormente ocurridos, y encontramos no menos de 19 episodios". El trabajo de Magnasco y Baikouzis, demuestra que, si el eclipse ocurrió el 16 de abril 1178 antes del cero cristiano, las otras referencias encajan todas entre sí. En otras palabras, la cronología de la Odisea y los eventos astronómicos ahí allí mencionados, incluido el eclipse, coinciden razonablemente con la realidad histórica.

Homero delineó el texto de *La Odisea* de modo que es relativamente sencillo cuantificar la cantidad de días transcurridos entre los sucesos que se describen. De modo que los dos científicos lograron precisar muy bien las pocas, pero claras, referencias astronómicas. Veintinueve días antes de la masacre de los pretendientes, Ulises navega guiándose por las Pléyades, el Boyero y la Osa mayor a su izquierda. Las lunas llenas del texto también son hitos sobre los que anclar el análisis astronómico retrospectivo.

Magnasco y Baikouzis concluyen: "Nuestro trabajo dista de ser una prueba. Sólo muestra modestamente la coherencia entre la cronología homérica de La Odisea y los eventos astronómicos realmente sucedidos", y agregan: "se puede ver que todo el poema parece haber sido estructurado para seguir lo que las estrellas dictaron…".

Los ignotos autores que quizás puedan sintetizarse detrás del presuntivo personaje histórico de Homero, seguramente recogieron metódicamente las narraciones, indudablemente influenciadas por los cielos, que circularon durante las centurias que separaron a Troya y la festividad de Apolo de 1178 AC, de las fechas de las que data el Poema. Por su parte, Magnasco y Baikouzis, dos científicos ortodoxos, lograron acrecentar, en algún sentido, la belleza milenaria de *La Odisea*. Nada menos.

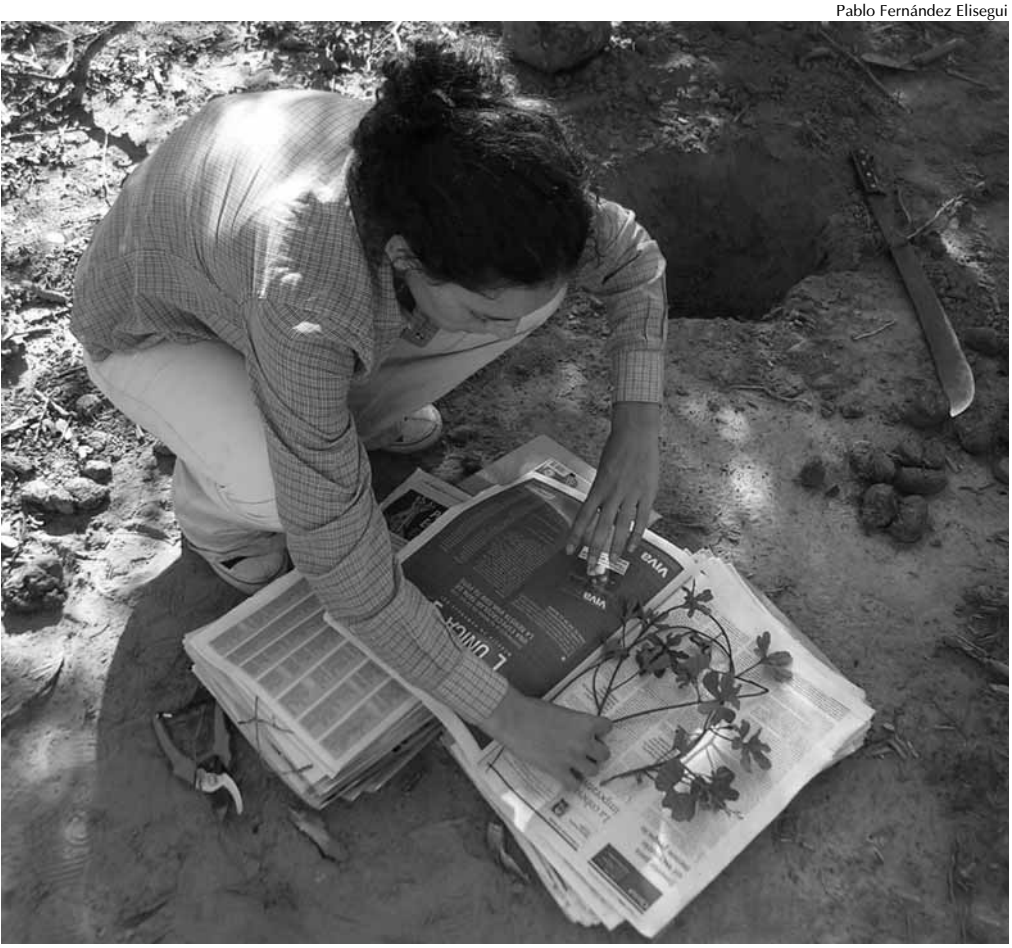
Etnobiología

En busca del saber ancestral

Por Mercedes Pérez Recalde
mercedesperezrecalde@yahoo.com.ar

Es una rama de la biología no muy conocida, que pretende interpretar la relación de cada sociedad con los seres vivos que la rodean. La etnobiología se involucra con los saberes tradicionales y, a partir de ellos, desarrollar la investigación acerca de temas de gran interés como las plantas medicinales o la agricultura sostenible.

Pablo Fernández Elisegui



Tomar un té relajante, saborear un plato típico, o vestir alguna prenda de material vegetal: cualquiera de estos hechos cotidianos podría revelarse como buen material de estudio para un etnobiólogo. Los cómo y los cuándo brotarían entre muchas otras preguntas con un único objetivo: desentrañar nuestra relación con el ecosistema. Es una relación que atraviesa la vida toda, ya que la mirada sobre los usos y significados de plantas y animales tiene un rol protagónico en nuestra cosmovisión.

Pero, más que indagar en "lo nuestro", el principal atractivo para quien se acerca a esta disciplina viene delineado por la posibilidad de conocer nuevos usos de los seres vivos, así como otras formas de ver y concebir la naturaleza, en ensamble con la tradicional descripción de especies vegetales y animales. De esta manera, en qué ocasiones se utiliza tal alimento, qué hierbas autóctonas tienen propiedades curativas o qué árboles brindan maderas para herramientas son interrogantes que –bien al ladito de la antropología– recorre esta ciencia en su afán por conocer, desde la perspectiva del grupo social en estudio, su relación con plantas, animales y la naturaleza toda.

Para ello, el etnobiólogo hace uso explícito de la mentada curiosidad científica: el cuerpo primordial de su trabajo son las entrevistas a personas de la población

Eugenia Suárez herborizando una especie de enredadera que acaba de recolectar en el monte chaqueño.

María Eugenia Suárez

Juana, pobladora wichí, apilando plantas de cháguar (Bromelia hieronymi) en el monte chaqueño. Luego las prenderá fuego para obtener las rosetas basales de la planta, cuya parte interna se consume como alimento.

o etnia en estudio. La selección de estos "informantes" es clave, y su confianza y entrega constituyen el eje de los viajes de campaña, que suelen durar desde semanas hasta varios meses. Además de las entrevistas, un viaje de campaña típico incluye la recolección de especies vegetales o de objetos de interés, y las múltiples anotaciones al estilo libros de viaje, que surgen de las observaciones del investigador durante las vivencias compartidas con el grupo, esa fuente inestimable de conocimiento.

La etnobiología comparte la mirada "etno" con el conjunto de las etnociencias, que incluye a disciplinas más específicas como etnobotánica, etnozoología, etnoecología, etnofarmacología, etnomedicina –algo así como la medicina popular o *folk*– y hay más. En todas ellas, el prefijo trae consigo la mirada desde la propia cultura, lo ancestral y también particular de algún grupo humano.

Ahora bien, ¿será lo mismo un lugareño de una gran ciudad que el de una comunidad aborigen a la hora de ser indagado desde la perspectiva etnobiológica? Aunque es un estudio que puede hacerse en cualquier tipo de comunidad –indígena, urbana, campesina– mucho en la bibliografía indica que toma especial relieve en las comunidades originarias. Seguramente porque estas sociedades conservan un estrecho contacto con la naturaleza y poseen un amplio conocimiento de todo lo que ella ofrece.

Pastor Arenas comenzó en los años 70, como estudiante, trabajando con comunidades indígenas del Chaco paraguayo. Nunca más se alejó de la etnobiología, y es hoy el principal referente de nuestro país en la disciplina. Al respecto, el investigador apunta que en las culturas originarias se pueden hacer trabajos "más redondos" y, como son pocos los que están trabajando en el área, al poder elegir prefieren rescatar lo que todavía está en estado de mejor conservación. Resulta, por supuesto, más atrayente describir una verdadera "ciencia vernácula" cuanto menos intercambio haya tenido con otras culturas.

Etnobiólogos, aquí

Desde los inicios de su carrera, Arenas se orientó hacia la etnobotánica y la botánica económica, la rama que estudia las plantas utilizadas por el hombre, sean de uso comestible, medicinal o para la construcción de objetos o mobiliario. El tópico más común en todas sus investigaciones son las plantas comestibles, medicinales, y la etnomedicina. Su abundante bibliografía la pudo desarrollar gracias al trabajo con grupos indígenas de la región del Gran Chaco (en la Argentina y en Paraguay), pero también con campesinos y criollos de ambos países.

Según Arenas, investigador del Centro de Estudios Farmacológicos y Botánicos (CEFYBO-CONICET), hay mucha información que aún aguarda ser registrada, y confía en que las jóvenes generaciones podrán hacerlo. Hoy más de una veintena de personas en el país se dedican de lleno a la etnobiología.

Una de ellas es Ana Ladio, doctora en Biología por la Universidad del Comahue, donde hoy desarrolla su tarea como investigadora del CONICET. Su interés es estudiar "cómo se construye, empobrece, enriquece o hibrida el conocimiento sobre plantas en las poblaciones humanas. Esto implica el estudio de factores tanto socioculturales, cognitivos, o ecológicos que interactúan en la relación entre el ser humano y su entorno vegetal". Para ello, trabaja con poblaciones del noroeste patagónico (en Neuquén, Río Negro y Chubut) abarcando tanto comunidades de mapuches como de criollos e inmigrantes.

A través de su experiencia, esta joven investigadora pudo ver cómo, por medio de estos estudios, se activa la valoración de los saberes en las comunidades, saberes que hasta el momento eran desestimados. "Luego de nuestro paso por la localidad, distintos grupos de personas se organizaron y empezaron a reunirse para hacer talleres sobre plantas medicinales, o para aprender a cultivarlas en sus jardines", ejemplifica.

Por su parte, María Eugenia Suárez, bióloga de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y actual tesista de doctorado dirigida por Arenas, admite que llegó a la etnobiología gracias a un libro que fue clave en su elección profesional: *Aprendiz de Chamán*, de Mark Plotkin. Allí descubrió, de manera novelada, los quehaceres, desvelos e ilusiones de un etnobiólogo. Su tema de tesis es la etnobotánica del bosque xerófito chaqueño entre grupos wichís del Chaco semiárido salteño.

Ana Ladio

*Niño de Cañadón Chileno (Río Negro, Dto. de Comallo) recolectando yocón o papa silvestre (*Diposis patagonica*,* Umbelliferae*).*

CONOCER PARA...

A las dificultades propias de toda investigación, en etnobiología se suma una fundamental: el tratar con personas y, por lo tanto, estar cara a cara con sus necesidades. Al respecto, María Eugenia Suárez apunta que "una de las cosas más difíciles es ver cómo devolver a la comunidad la ayuda, información y enseñanzas que nos brindan". En general, se busca acercar a las comunidades los resultados de la investigación. Por ejemplo, uno de los pedidos más habituales es la confección de diccionarios wichí-español, o la creación de material para el estudio bilingüe y bicultural en las escuelas de la zona. Por otro lado, son destacables los aportes que pueden hacerse desde la etnobiología a proyectos de conservación de la biodiversidad, porque del estudio etnobiológico se conoce la importancia, la utilidad y el papel simbólico de cada especie. Pero "la forma más interesante de devolución es idear algún proyecto en conjunto con la comunidad, ya que de esa manera se tienen en cuenta las necesidades, inquietudes y deseos de la propia gente", concluye.

Un obstáculo para conectarse con la gente puede ser el idioma. Por ejemplo, la comunidad con la que trabaja esta bióloga habla wichí. Suárez todavía no habla la lengua, pero sí tuvo que aprender mucho respecto de este idioma, de ahí la importancia de la lingüística en el trabajo etnobiológico.

Cambian los tiempos, cambian las preguntas

Cuando la etnobiología comenzó a establecerse, a fines del siglo XIX, mostraba un enfoque diferente del actual. Según relata Arenas, "se intentaba conocer el origen de la agricultura, del uso de las plantas, la domesticación de los animales, y cómo habían sido los cambios en la dieta, en las formas de vida, en los asentamientos, para ir de una sociedad arcaica, a una agrícola o industrial". Y agrega que esa mirada externa y descriptiva cambió de raíz en los años 1950-1960. "A partir de estas décadas las etnociencias en general se interesaron por saber lo que piensa y opina la gente que es motivo de estudio".

A partir de los años 80, se filtraron, inevitablemente, los problemas ecológicos y de conservación de la biodiversidad, así como de manejo sustentable. Estos nuevos planteos abrieron un ciclo de mucha importancia en la ciencia, que se detuvo también a mirar cómo las sociedades conservaron sus especies, y cómo hicieron agricultura sostenible. Como consecuencia esperable, en los últimos años muchos ecólogos se acercaron a este enfoque *etno*. Arenas no duda de que los estudios etnobiológicos pueden colaborar con la conservación de la biodiversidad: "El conocimiento minucioso de la relación de estos ciudadanos con las plantas y los animales permite ver cuáles son las especies importantes para ellos, las que deben conservar, rescatando conocimiento que muchas veces ni siquiera es registrado por la ciencia". E insiste: "Los lugareños tienen un conocimiento muy peculiar del entorno vivo".

Actualmente, la etnobotánica parece gozar de un lugar relevante; en esta área hay muchos más especialistas, a nivel mundial, que en otros campos. No es para menos, en realidad, considerando que la variedad vegetal brinda, además de alimentación, la mayor parte de los principios activos medicinales conocidos. Arenas analiza las similitudes y diferencias entre los análisis etnobotánicos y los de la farmacobotánica: "Nos superponemos un poco, pero ellos estudian propiamente la planta medicinal, y no tanto la medicina, el contexto, que es lo que además estudia la etnobotánica, que toma en cuenta también -por ejemplo- cuestiones religiosas o sobrenaturales".

Parece inabarcable todo lo que queda por conocer y registrar. Pero, a diferencia de otras ramas, no se trata de descubrimientos a futuro, sino de recolectar lo que ya vive y circula. Y de zambullirse en aquello que encierra esa frase de un poblador rural patagónico: "Nosotros no sabemos todo lo que sabemos".

Las enseñanzas del Maestro Ciruela

Ciencia provisoria

Es sorprendente –y digna de estudio– la popularidad que alcanzó la idea de Thomas Kuhn acerca de las revoluciones científicas. Según este epistemólogo, la ciencia pasa por períodos de "ciencia normal" en los que todo marcha bien aunque se van acumulando lentamente anomalías (cosas que nadie puede explicar o que contradicen las teorías existentes), hasta que el cúmulo de anomalías hace estallar el conocimiento y aparece un nuevo paradigma que inicia una nueva etapa. En la revolución no cabe otro remedio que tirar a la basura el paradigma anterior junto con todo el conocimiento organizado. Y vuelta a empezar. Todo es cíclico.

La teoría de Kuhn se sustenta básicamente en dos revoluciones: la de Galileo-Newton (que derroca al paradigma aristotélico) y la de Einstein (que remueve a Newton). Lo cierto es que generó en el ideario popular (y entre muchos científicos también) la sensación de una ciencia provisoria… siempre aguardando la refutación lapidaria general, la hecatombe, la próxima revolución que obligará a tirar al tacho todo lo aprendido hasta el momento. Es verdaderamente pernicioso. Propongo que hagamos algo más provechoso: descartemos a Kuhn.

La revolución de Galileo-Newton no cuenta: lo derrocado no era una teoría científica. Las teorías aristotélicas no son parte de la ciencia, son parte de la Filosofía… o mejor aún, de la historia de la Filosofía. A la ciencia la inventa Galileo con la feliz idea de la experimentación. El concepto moderno de ciencia justamente es darle la palabra final a la realidad, al universo, a la naturaleza. Quien dice verdadero o falso es el mundo real preguntado a través de un experimento. Eso es la ciencia.

Y la revolución Einstein-Newton tampoco cuenta porque nada hizo necesario tirar al cesto las enseñanzas de esos dos colosos de la ciencia. Se los sigue enseñando en las escuelas (en cambio no se enseña la relatividad) y se los seguirá utilizando en ciencia para hacer casi todo lo que la ciencia y la tecnología tienen que hacer. La relatividad y la cuántica sólo le ponen un rango de validez, una cota de aplicación… no dicen que la mecánica clásica sea falsa.

Lejos de avanzar entre revoluciones destructivas, la ciencia avanza en forma acumulativa. El universo no se desdice: si responde "verdadero" a una pregunta, nunca responderá falso a la misma pregunta. En la ciencia del futuro, dentro de dos siglos, dentro de nueve siglos (si es que seguimos estando), la Tierra seguirá siendo redonda, la sangre seguirá circulando, el ADN seguirá siendo una doble hélice, al duplicar las fuerzas se duplicarán las aceleraciones, las cargas negativas seguirán atrayéndose con las positivas y entre dos especies cualesquiera siempre habrá habido una antecesora común. La ciencia no cesa de acumular conocimiento objetivo. Por más Kuhn que haya existido.

Maestro Ciruela

Las neuronas espejo
Empatía, neuropolítica, autismo, imitación, o de cómo entendemos a los otros

MARCO IACOBONI
Buenos Aires, 2009
Editorial Katz, 270 páginas.

Las neuronas espejo están en el estrellato de la neurociencia. Decenas de grupos de investigación en todo el mundo las están estudiando afiebradamente. Van 15 años desde que las descubrieron en Italia por casualidad, y Marco Iacoboni, que es uno de los que no les pierde pisada, tuvo el tino de escribir este libro excelente tanto por la calidad de la información volcada, como por su organización, la claridad y la agudeza de las ideas.

Por un lado, el libro desarrolla las fuertes implicaciones de estas neuronas repartidas en pequeñas agrupaciones en varias partes de la corteza del cerebro (humano y no humano). Imitación, gestualidad, lenguaje, pensamiento, intención, sentimiento, empatía, sociedad, uno a uno van apareciendo éstas y muchas otras facetas del interés humano que de ahora en más no podrán entenderse sin la referencia a las neuronas espejo.

Por otro lado, se nos presenta un relato inteligentemente descriptivo del funcionamiento de la neurociencia, con las técnicas de punta –muy claramente explicadas– con que se está estudiando el funcionamiento del cerebro y su producto: la mente. Cómo se pergeña un experimento, cómo se desarrolla, cómo se interpreta... el corazón de la ciencia aparece en este libro de excelente factura, imprescindible para enterarse por dónde avanza el conocimiento.

Darwin en la Argentina

HÉCTOR A. PALMA
UNSAM, 2009
Buenos Aires, 80 páginas.

Héctor A. Palma propone el segmento más divertido (y no menos importante) de la vida de Charles Darwin. Durante su viaje a bordo del Beagle, comandado por Fitz Roy, pasó aproximadamente un año entero en la Argentina. Extrayendo información principalmente de los diarios de viaje de Darwin, Palma construye una pintura curiosa: "una invitación a conocernos desde la mirada de otro".

Van algunas pinceladas: su reunión con Juan Manuel de Rosas y su ejército de gauchos; consideraciones sobre las costumbres y mentalidad de la población criolla; opiniones y perspectivas sobre el futuro político de los argentinos; su paso por Malvinas en el momento de la ocupación inglesa de 1833; las dramáticas descripciones de los indios fueguinos y en concreto el emotivo episodio de repatriación de tres de ellos que habían sido llevados a Inglaterra por Fitz Roy en su primer viaje; la relación con Francisco Muñiz acerca de la vaca ñata y sus comentarios sobre el mate.

Los diarios de viaje suelen ser aburridos pero, en este caso, recortado con una mirada inteligente, la dimensión local le imprime una velocidad muy amena. El encuadre, los comentarios y las conclusiones de Palma terminan por definir un texto sólido y significativo.

El científico también es un ser humano
La ciencia bajo la lupa

PABLO KREIMER
Buenos Aires, 2009
Siglo XXI editores. Colección Ciencia que ladra. 141 páginas.

En este libro, Pablo Kreimer, investigador del Conicet y director del Instituto para el estudio de la Ciencia y la Tecnología, de la Universidad de Quilmes, hace divulgación de una disciplina relativamente nueva en la que es especialista: la sociología de la ciencia, es decir, los estudios que toman a la ciencia y a los científicos como objeto de análisis.

En un estilo sencillo y ameno, sazonado con una cuota de humor, el autor recorre esta área del conocimiento desde que fue fundada en 1937 por el sociólogo estadounidense Robert Merton, cuando publicó su tesis doctoral que vinculaba por primera vez los conceptos de ciencia, tecnología y sociedad. Así los sociólogos se introdujeron en los laboratorios estudiando, primero, los aspectos institucionales de la ciencia, y después, la producción misma del conocimiento. De este modo fue posible problematizar el tan mentado "método científico", y desbarrancar la concepción tradicional del "paper" como "informe objetivo" de una investigación.

La sociología de la ciencia se propuso desmitificar una actividad idealizada en el imaginario común. El libro de Kreimer pone esos desarrollos al alcance del público general, pero también de los científicos a quienes invita a reflexionar sobre su propia práctica.

¿Por qué el velcro pega y despega?

Responde la doctora Sara Aldabe Bilmes, profesora en el Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física de la FCEyN, UBA.

El velcro (del francés *velours:* terciopelo; y *crochet:* gancho) está formado por la unión de dos cintas: una de ellas, cubierta por centenares de "ganchos" de unos 100 micrones; la otra, contiene "rizos" un poco mas delgados. Al poner las cintas en contacto, los ganchos penetran en los rizos, y pueden unirse y separarse muchas veces.

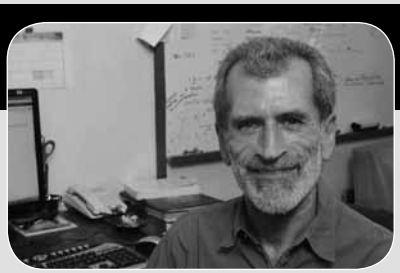
Según la leyenda, la idea surgió en 1948, mientras el ingeniero suizo George de Mestral desenganchaba abrojos del pelo de su perro al regreso de un paseo por el campo

El material para producir este efecto es un polímero flexible, por ejemplo nylon, con moléculas de gran tamaño. En éstas, los electrones no se distribuyen de manera homogénea, lo que facilita que las moléculas, cuando están cerca, se atraigan por fuerzas electrostáticas. También es importante la geometría del material: que haya un área de contacto muy grande para que muchas moléculas se "vean" y se atraigan. Por eso, cuanto mayor sea el número de fibras, mayor es la fuerza con que ambas cintas se adhieren. El diseño de ganchos y rizos refuerza mecánicamente la atracción entre moléculas.

El desarrollo del velcro se vincula al biomimetismo, área de investigación que busca crear nuevos materiales imitando los diseños naturales: la tela de araña para hacer tejidos ultra-resistentes; la piel de tiburón para hacer recubrimientos impermeables; las patas del *gecko*, un tipo de lagarto capaz de caminar por techos y superficies verticales, para hacer adhesivos. El denominador común de estos ejemplos es la presencia de estructuras jerárquicas, estructuras ordenadas en las cuales cada elemento, a su vez, está compuesto por otras estructuras ordenadas.

En el *gecko*, la planta de la pata está cubierta por millones de pelos de 4 micrones de diámetro y 100 micrones de largo, orientados en una misma dirección. A su vez, cada pelo tiene cientos de puntas triangulares de 0,2 micrones de lado. La fuerza de atracción entre las moléculas de las puntas triangulares y las moléculas de la superficie por la cual camina es tan fuerte que el animal puede desafiar a la fuerza de gravedad como el Hombre Araña. Ya se ha fabricado un adhesivo reversible replicando estas estructuras.

Pese a los esfuerzos, aún no se ha logrado alcanzar las propiedades de las estructuras naturales. A diferencia de los abrojos, al velcro se adhieren pelos y partículas de polvo, perdiendo fuerza de pegado. El *gecko sintético* sólo puede pegarse y despegarse unas mil veces y no funciona en agua. Todavía queda mucho por aprender, desde los mecanismos biológicos que forman estas estructuras organizadas, hasta los pasos de síntesis química para poder reproducirlas.



¿Es posible volverse invisible?

Responde el doctor Ricardo Depine, profesor del Departamento de Física de la FCEyN, UBA.

En 1897, el escritor británico Herbert George Wells publicó *El hombre invisible*, una novela de ciencia ficción que inspiraría a varios directores cinematográficos y guionistas de series televisivas. El protagonista de la historia es Griffin, un científico que elabora una hipótesis: si se cambia el índice refractivo de una persona para coincidir con el del aire, y su cuerpo no absorbe ni refleja la luz, entonces su presencia se hará invisible para las demás personas. Griffin logra hacerse invisible, pero luego no consigue volver a ser visible.

Lo cierto es que si lográramos volvernos invisibles por no absorber ni reflejar la luz, como hizo Griffin, seríamos ciegos, pues, para poder ver los objetos necesitamos que la luz sea absorbida por las células de la retina. Es decir, el hombre invisible sería ciego. Y si sus ojos pudieran absorber la luz, podrían ser vistos por los demás.

Lograr la invisibilidad es algo que sigue obsesionando a los científicos, que actualmente se encuentran estudiando los llamados metamateriales, materiales artificiales desarrollados desde cero, en los que se manipulan estructuras muy pequeñas (más pequeñas que la longitud de onda) para que el material adquiera ciertas características. Por ejemplo, se ha logrado que un material posea un índice de refracción negativo, lo que es imposible obtener con los materiales naturales. Un vidrio de una ventana con esta propiedad podría funcionar como una lente plana, y agrandar o achicar el tamaño de los objetos.

También se ha logrado un "manto de invisibilidad" para objetos con formas sencillas, como un cilindro, iluminados con luz de una longitud de onda particular. Con este manto, la luz "fluye" alrededor del objeto, dificultando mucho su detección. Por el momento no se puede realizar la fantasía de Wells… pero si Griffin fuera cilíndrico, entonces podría diseñar un manto que lo haría invisible para una cámara de seguridad.

Todos los caminos conducen a Pisa

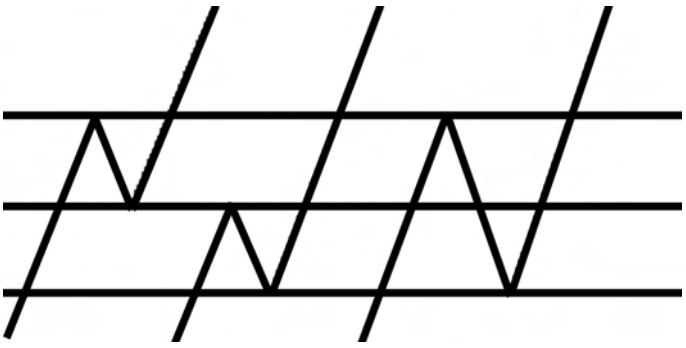
por Pablo Coll l | pecoll@gmail.com

Estos problemas que se presentan en esta página fueron pensados para introducir un tema.

La idea de este trabajo es que se debe partir de los fenómenos, en este caso representados por unos problemas, que nos lleven a elaborar conceptos que finalmente serán nombrados con una cierta terminología, y no con la secuencia inversa, como muchas veces sucede. La ventaja principal de la secuencia es que los conceptos cobran un sentido que de la otra forma no es percibido.

Esta secuencia fue desarrollada por Fernando Chorny con la colaboración –aportando problemas– de Pablo Milrud, para una actividad con estudiantes de profesorado. Se trabajó con grupos, cada uno resolviendo un problema distinto y luego exponiendo sus resultados frente a los demás grupos para terminar con un debate grupal sobre la matemática generada para resolver los problemas. Se les pedía que diseñaran una notación para facilitar el conteo de casos y que hallaran una solución general para todo N. Se los alentó además a proponer una generalización del problema que les tocaba resolver.

P1. Dos vidrios de distinta densidad se hallan superpuestos. Un rayo de luz incide en la parte superior penetrando en el primero de los vidrios, a partir de allí se suceden N reflexiones en las interfaces entre ambos o entre los vidrios y el exterior. ¿De cuántas formas pueden ocurrir las N reflexiones? En la figura se muestran las trayectorias de 2 reflexiones.

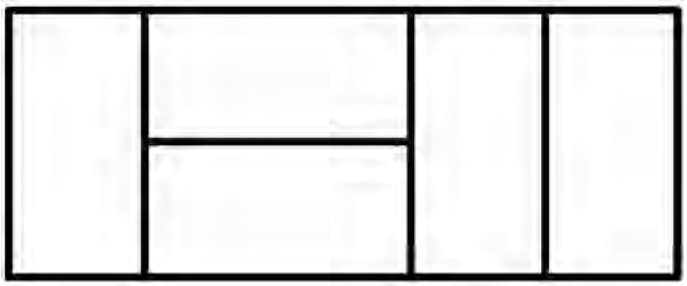


P2. La mayoría de los machos adultos de la especie *Homo sapiens* prefiere orinar en soledad a hacerlo en compañía. Cuando concurre a sanitarios públicos en los que se encuentra con una fila de N mingitorios, uno junto al otro, evita orinar en uno tal que alguno de sus vecinos esté ocupado por otro meador. ¿De cuántas formas se pueden ocupar los N mingitorios sin violar la regla de no mear acompañando? Considerar que el baño vacío cuenta como un caso.

P3. Cuando el músico Alberto Ginastera iba de joven al Teatro Colón a escuchar la Sinfónica Nacional subía por la escalera hasta el Paraíso y a veces hacía pasos de un escalón y otras de dos escalones seguidos (salteaba uno). ¿De cuántas formas podía hacerlo, si para llegar al Paraíso tenía que subir N escalones?

P4. Dos chicos, Alfredo y Beatriz, se entretienen con el siguiente juego: Tienen una caja con N bolitas iguales. El primero que juega puede tomar todas las que quiera, con la salvedad que deje en la caja al menos una. A partir de esa jugada se alternan tomando bolitas de la caja pero no pueden tomar más del doble de lo que haya tomado el otro jugador en la jugada anterior. El ganador es aquel que en su turno deja vacía la caja. ¿Para qué cantidad de bolitas tiene estrategia ganadora el segundo jugador?

P5. Un patio rectangular de 2 x N unidades científicas de medida (UCM) debe cubrirse con baldosones de 1 x 2 UCM. ¿De cuántas formas es posible realizar este embaldosado? En la figura se muestra un ejemplo de embaldosado de un patio de 2 x 5.



P6. Los zánganos nacen de huevos sin fertilizar, esto quiere decir que no tienen padre. Las abejas reina nacen de huevos fertilizados o sea que tienen padre (los zánganos, que lo único que hacen es fertilizar algunos de los huevos) y madre (las abejas reina). ¿Cuántas abejas tuvieron que existir en la N-ésima generación de los antepasados de un zángano?

SOLUCIONES

Todos los problemas tienen como solución que el N-ésimo número buscado es el N-ésimo término de la sucesión 1,1, 2,3,5,8,13,21,34,55,89,144,.... Llamada de sucesión de Fibonacci, matemático italiano del medioevo, también conocido como Leonardo de Pisa. Todo número de la sucesión a partir del tercero puede calcularse como la suma de los dos anteriores. Este hecho puede emerger de la solución de alguno de los problemas y si no puede, una vez que sea observado, permitir analizar las soluciones buscando nuevas formas de plantearlas y justificarlas.