

S/6  
A6 e 3

# EXACTA

m ■ e ■ n ■ t ■ e ■

AÑO 9 · Nº 24 · S 3 · OCTUBRE DE 2002

ISSN 1514-920X

## Entrevista

Mario Albornoz

## Actualidad

INVAP: controversia radiactiva

## Panorama

Revivir el ADN fósil

## Conceptos

Continentes a la deriva

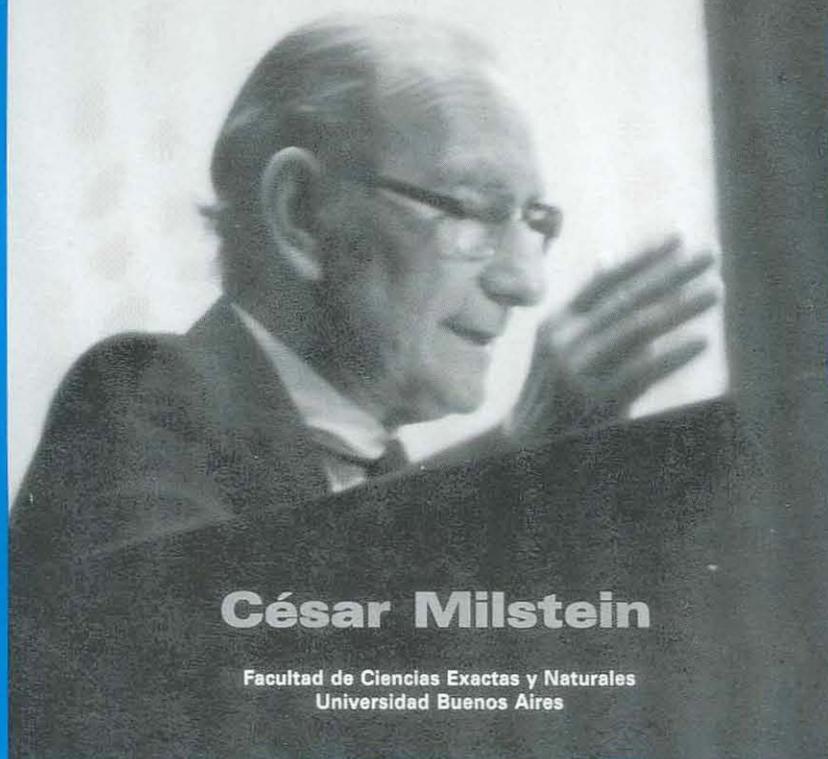
## Comportamiento

Aves parásitas: el tordo



# Los anticuerpos monoclonales

La curiosidad como fuente de riqueza



**César Milstein**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Buenos Aires

*Una publicación de Exactas*

---

Solicite su ejemplar\* sin cargo a la  
dirección de correo electrónico  
[revista@de.fcen.uba.ar](mailto:revista@de.fcen.uba.ar) indicando los  
datos personales o institucionales.

---

\* La cantidad de ejemplares es limitada

## Consejo Editorial

### Presidente

Dr. Pablo Jacovkis

### Vocales

Dr. Manuel Sadosky  
Dr. Gregorio Klimovsky  
Dr. Eduardo F. Recondo  
Dr. Alberto Kornblihtt  
Dr. Juan M. Castagnino  
Dra. Celia Dibar  
Dr. Ernesto Calvo

## Staff

### Directores

Ricardo Cabrera  
Guillermo Durán

### Editor

Armando Doria

### Jefe de redacción

Susana Gallardo

### Redactores

Cecilia Draghi  
Verónica Engler

### Diseño Gráfico

Santiago Erausquin

### Fotografía

Juan Pablo Vittori  
Paula Bassi

### Colaboradores permanentes

Pablo Coll  
Guillermo Giménez de Castro  
Guillermo Mattei  
Gustavo Piñeiro

### Colaboran en este número

Leonardo Moledo  
Ernesto Calvo  
Federico Kukso  
Simón Tagtachián

### Impresión

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

Errata tapa N° 23. La ilustración de tapa se realizó a partir de una microfotografía de pelos de abdomen de abeja melífera tomada por los biólogos Pablo Picca y Mario Revaglia.

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

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Secretaría de Extensión Universitaria.  
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 FCEyN:  
http://www.fcen.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

Existe una idea, arraigada en muchos sectores de la sociedad, de que los científicos viven aislados en su torre de marfil, desentendiéndose de los problemas concretos y cotidianos de la gente, preocupados sólo de sus altas elucubraciones. Independientemente de la falsedad que entraña esa idea —ya que son muchísimos los científicos que realizan actividades de impacto concreto y positivo en la sociedad— es cierto que falta mucho por hacer, tanto para cambiar esa imagen como para mejorar la inserción en el medio en que vivimos. Y, obviamente, una institución con la alta proporción de científicos que tiene nuestra Facultad tiene la responsabilidad de contribuir a la concreción de esos logros. En tal dirección hemos avanzado mucho en estos tiempos.

Desde el año pasado, Exactas organiza, con señalado éxito, las Semanas de las distintas disciplinas, gracias al esfuerzo extraordinario de una gran cantidad de docentes de todos los departamentos que trabajan sin otra recompensa que la satisfacción por la tarea realizada. En cada actividad se puede comprobar la sorpresa y el interés de muchos adolescentes por la ciencia, lo que tal vez decida más de una vocación. Este año también participamos en la feliz iniciativa de las autoridades del Planetario porteño de «abrirlo a la ciencia» durante las vacaciones de invierno. La respuesta del público fue fenomenal. Nuestra participación involucró la presencia de varios docentes durante muchas horas diarias. Tanto las Semanas como las actividades en el Planetario demostraron —por si hacía falta— que con idoneidad científica, entusias-

mo y paciencia se puede conseguir que muchas personas conozcan otra imagen de la ciencia. Y lo mismo sucede con **EXACTAMENTE** que, con ocho años de aparición ininterrumpida, ocupa una instancia fundamental en el diálogo entre la ciencia y la sociedad.

Todas estas son actividades de extensión, que cumplen, como muchas otras que realizamos, la función de mostrar sin solemnidad ante la sociedad lo que somos y lo que hacemos. Es decir, de contribuir a cambiar esa imagen de la torre de marfil. Pero también debemos reforzar nuestra inserción en la sociedad, como científicos y como tecnólogos. Por eso, además de los convenios con relevancia científica y tecnológica que a lo largo de varios años se vienen firmando con empresas públicas y privadas, Exactas subió la apuesta. El Consejo Directivo ha aprobado recientemente la creación de una incubadora de empresas que permitirá proteger en sus comienzos a emprendimientos nacionales independientes con capacidad de generar productos de alto valor agregado en todas las disciplinas en las que trabajamos. Y con el aliciente adicional de la capacitación científica, tecnológica y profesional que el éxito de esta iniciativa proveerá a nuestros estudiantes y graduados.

Más que nunca, en estos momentos de crisis los científicos debemos redoblar nuestros esfuerzos para lograr que la sociedad tome conciencia de que la ciencia y la tecnología están a su servicio y son una herramienta fundamental para revertir las situaciones de exclusión que estamos sufriendo.

Pablo M. Jacovkis  
Decano de la FCEyN

## Sumario

### ACTUALIDAD

Invap y legislación  
por Verónica Engler.....4

### PANORAMA

El ADN fósil  
por Susana Gallardo.....8

### COMPORTAMIENTO

Parasitismo en el tordo  
por Cecilia Draghi.....12

### NOBELES

El premio de química  
por Ernesto Calvo.....15

### EDUCACIÓN

El planetario en invierno  
por Leonardo Moledo.....16

### CONCEPTOS

La deriva continental  
por Guillermo Mattei.....18

### ENTREVISTA

Mario Albornoz  
por Guillermo Durán.....22

### TECNOLOGÍA

Futbol de robots.....26

### CLIMATOLOGÍA

Relevamiento climático  
por Cecilia Draghi.....28

### MINUTAS

por Ricardo Cabrera.....31

### MATERIALES

Plásticos biodegradables  
por Federico Kukso.....32

### PERFILES

Liliana Gysin  
por Verónica Engler.....34

### BIBLIOTECA.....36

### MICROSCOPIO

Grageas de ciencia.....38

### PSEUDOCIENCIA

Vacas mutiladas  
por G. G. de Castro.....40

### JUEGOS

por Pablo Coll  
y Gustavo Piñeiro.....42

El reactor nuclear de INVAP

# Controversia radiactiva

*Este año comenzó a discutirse en el Congreso de la Nación el Acuerdo entre la república Argentina y Australia sobre cooperación en los usos pacíficos de la energía nuclear. El documento cuestionado reavivó el debate en torno al desarrollo de la industria nuclear nacional.*

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

La energía atómica suele generar opiniones difíciles de conciliar. La guerra aceleró su desarrollo y las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki fueron testigos de su enorme poder destructor. Pero la energía nuclear tiene muchas aplicaciones positivas: la agricultura, la medicina y la industria eléctrica están entre sus beneficiarios.

En este momento, justamente, se están debatiendo cuestiones relacionadas

con el desarrollo de la industria nuclear argentina. En la Cámara de Diputados de la Nación, los legisladores están evaluando el "Acuerdo entre la república Argentina y Australia sobre cooperación en los usos pacíficos de la energía nuclear". La ratificación parlamentaria del texto vendría a respaldar el contrato comercial —firmado hace casi dos años— por el cual la empresa argentina INVAP (Investigación Aplicada) le vendió un reactor nuclear a la Organización Australiana para la Ciencia y Tecnología Nuclear—ANSTO, *Australian Nuclear Science and Technology Organization*— (ver EXACTAMENTE N°19, 2000).

Más de sesenta organizaciones no gubernamentales se oponen a la ratificación del acuerdo, porque interpretan que el texto deja abierta las puertas de la Argentina a la recepción de los desechos nucleares producidos en Australia para su tratamiento en territorio nacional, violándose de esta forma el artículo 41 de la Constitución Nacional, que prohíbe expresamente el ingreso al país de "residuos radiactivos".

Por su parte, quienes apoyan la aprobación del acuerdo no consideran que el mismo contenga ninguna cláusula anti-constitucional que permita que la Argentina se haga receptora de los residuos nucleares australianos. Por eso, ven en la postura de los ambientalistas prejuicios anti-nucleares contrarios al desarrollo de una rama de la producción de alta tecnología en la que la Argentina se destaca a nivel internacional.

## El acuerdo

En abril de este año INVAP—empresa estatal formada por el gobierno de Río Negro y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)—inició la construcción del reactor nuclear en Lucas Heights, a 35 kilómetros de Sidney. Para esa misma época, en la Comisión de Relaciones Exteriores y Culto de la Cámara de Diputados de la Nación se comenzaba a discutir la ratificación del acuerdo entre los dos países, suscripto en agosto de 2001 en Canberra, Australia. El texto ya fue aprobado por los senadores en noviembre del año pasado en una votación "sobre tablas" sin discusión en comisiones.

El punto conflictivo del acuerdo está plasmado en su artículo 12, en el que se expresa que la Argentina asegurará el procesamiento fuera de Australia del combustible irradiado por el reactor. Luego de realizado el tratamiento, el combustible acondicionado y los desechos resultantes deberán regresar a su país de origen para su almacenamiento. Esto supone la posibilidad de envío de los elementos combustibles gastados (ECG) del reactor para su tratamiento en la Argentina, en el hipotético caso de que la compañía francesa Cogema, que se ocupa de esta tarea en la actualidad, dejase de hacerlo en el futuro, cuando deban ser tratados estos combustibles (aproximadamente dentro de quince años). De todas formas, la no ratificación del acuerdo por parte de la Argentina no implica un impedimento para la realización y puesta en



marcha del reactor, sólo dejaría en *stand-by* la posibilidad de que se traten en nuestro país los ECG australianos.

Los opositores al acuerdo, representados por los diputados Rubén Giustiniani (socialismo popular) y Carlos Raimundi (Frepaso), alertan acerca de que el documento estaría aprovechando el vacío legal que hay en Argentina con respecto al tratamiento de los residuos nucleares. Si bien la Ley Nacional 25.018 sobre el "Régimen de Gestión de Residuos Radioactivos", promulgada en 1998, preveía la elaboración de un Plan Estratégico de Gestión de Residuos Radioactivos (PEGRR), este plan preparado por la CNEA nunca fue aprobado por el Poder Ejecutivo Nacional, básicamente por problemas de financiamiento. Por eso todavía no hay una política de estado definida sobre el tratamiento de los residuos radiactivos producidos en la Argentina: esas sustancias no se procesan en el país, sino que son almacenadas interinamente. En eso consiste la doctrina del *"wait and see"* (esperar y ver) que se sigue a nivel local, como en la mayoría de los países del mundo actualmente.

La discusión sobre la constitucionalidad del acuerdo se centra en la disquisición entre "combustible gastado" y "desecho radiactivo". Debido a la complejidad del tema planteado, los diputados decidieron iniciar una ronda de consultas a diferentes especialistas que pudieran echar luz sobre el asunto. Ya expusieron ante los legisladores: el titular de la CNEA -José Abriata-, el gerente general de INVAP -Héctor Otheguy-, la embajadora de Australia en la Argentina -Sharym Minahan-, y representantes ambientalistas (Greenpeace, Vida Silvestre, Amigos de la Tierra y la Defensoría del Pueblo de la Ciu-



dad de Buenos Aires). Finalmente, fue convocada en junio la presidenta de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), Diana Clein.

#### Desacuerdos

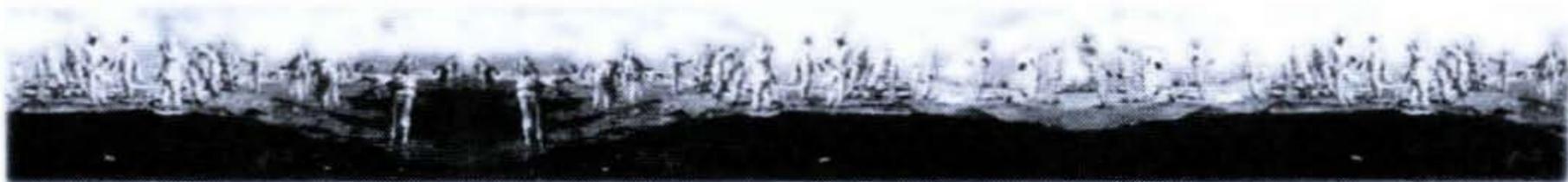
El concepto de "residuo radiactivo" es dinámico y va mutando. Pero lo cambiante del término se debe, fundamentalmente, a que los ECG adecuadamente tratados pueden dar como resultado nuevos tipos de combustibles, reduciéndose de esta manera el volumen de sustancias residuales. La proporción de material reciclable dependerá de los conocimientos y de la tecnología disponibles para tratar los combustibles.

Hay normas nacionales e internacionales que se encargan de determinar qué es y qué no es un residuo radiactivo. Pero la especificación técnica en sí misma no define al residuo, es la política de estado la que, en última instancia, delimita el concepto. Por eso, lo que va a determinar la constitucionalidad o no del acuerdo es la interpretación que se haga de la definición vigente en la Argentina, dada por la ley 25.018 y por la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión de Elementos

Combustibles Gastados y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos -ratificada por la ley 25.279. Ambas normativas coinciden básicamente en considerar como residuo radiactivo todo material radiactivo que haya sido utilizado en procesos productivos o aplicaciones, para los cuales no se prevean usos inmediatos posteriores en la misma instalación.

Para los funcionarios de INVAP, los ECG tienen un uso previsible posterior y el residuo radiactivo no. Por lo tanto los ECG no son, desde el punto de vista técnico, residuos, aunque los contengan en forma potencial. Luego de consultar a tres constitucionalistas (Jorge R. Vanossi, Félix R. Loñ y Mariano A. Cavagna Martínez), las autoridades de INVAP concluyeron que "no existe impedimento constitucional al ingreso temporario a la Argentina de elementos combustibles usados con el fin de acondicionarlos para su almacenamiento permanente en Australia". Según el análisis realizado por la empresa rionegrina, el contrato INVAP-ANSTO sólo prevé el ingreso temporario de "combustible gastado", en caso de que otro país no pudiera hacerse cargo de la tarea. Como no se considera residuo al "combustible gastado", el tratamiento en territorio nacional de los ECG provenientes del reactor nuclear de Lucas Heights, según esta interpretación, no sería violatorio del artículo 41 de la Carta Magna.

Por su parte, Juan Carlos Villalonga, Coordinador de Energía de Greenpeace Argentina, considera que si los ECG contienen residuos radiactivos en su interior, el ingreso de dicho material al país sería anticonstitucional. "Cualquiera sea la definición que se haga sobre los materiales australianos que entrarían para su acondi-



cionamiento, no hay controversia alguna sobre el carácter de los mismos una vez procesados en (el Centro Atómico) Ezeiza: lo que se almacenaría temporariamente y luego se transportaría por territorio argentino serían residuos”.

La definición de residuo no parece zanjarse únicamente contestando a la pregunta acerca de si “contener” residuo significa “ser” residuo. Responder a esto implica, a la vez, abrir otros interrogantes todavía no resueltos en el país, que tienen que ver con la gestión de estas sustancias. Por eso, quienes se oponen al acuerdo afirman que la aprobación del mismo implicaría de hecho abandonar la doctrina del “*wait and see*” —ya que se dejaría de esperar y ver, y se comenzaría a tratar las sustancias—, antes de tomar una decisión consensuada a través de un plan nacional de gestión de residuos radiactivos.

**Un muerto valioso**

Pablo Adelfang es Jefe del Departamento de Combustibles Nucleares de la CNEA y también es Jefe del Proyecto de Desarrollo de los Combustibles de Alta Densidad que nutrirán al reactor australiano. “El combustible gastado es un muerto y tiene un Rolex en la muñeca. Y puedo hacer dos cosas: o lo entiero con el Rolex y lo tapo, o le saco el Rolex”, ejemplifica Adelfang. ¿Y qué es el Rolex en este caso? El uranio y el plutonio que quedan adentro del ECG, que pueden separarse y volver a usarse como combustible. El tratamiento de los ECG puede ser de dos tipos: acondicionamiento o reprocesamiento.

En el reprocesamiento se separa al material —uranio y plutonio— que será uti-

lizado posteriormente para fabricar nuevos elementos combustibles del material residual —aquellos para lo que no se prevé uso ulterior. Luego, los desechos radiactivos deberán ir a repositorios adecuados en función del período por el cual las sustancias presentes en el residuo siguen activas (contaminantes). La actividad de los residuos puede ser: baja (hasta 50 años), media (hasta 300 años) y alta (más de 300 años). Antes de ser pasados a disposición final, en repositorios adecuados, estos residuos pueden ser almacenados temporariamente en silos, bóvedas o piletas en las mismas instalaciones en donde se hallan los reactores. De esta manera, pueden permanecer guardados por decenas de años sin representar riesgo alguno. En el reprocesamiento, “el residuo de alta, que son los productos de fisión, se introducen en una matriz de vidrio; la parte metálica (el aluminio estructural), es de baja, por eso se cementa en tambores”, sintetiza Adelfang.

A diferencia de lo que se hace en el reprocesamiento, en el acondicionamiento no se separan materiales para uso ulterior, ya que en este caso se opta “por enterrar al muerto con el Rolex puesto”, por lo tanto todos los componentes del combustible acondicionado van a disposición final. “Si considero que no voy a usar ni el plutonio ni el uranio, acondiciono al combustible para conformar una estructura que resulte en un paquete (*waste package*) adecuado para ir a disposición final”, resume el científico de la CNEA.

Con respecto a las técnicas de procesamiento tampoco hay coincidencias por el momento. Los ambientalistas, por ejemplo, se oponen a la vitrificación porque consideran que es innecesaria e inconveniente

**Artículo 12\***

1. Cuando el combustible sea irradiado en un reactor de investigación provisto por la Argentina a Australia:

a. si así fuere solicitado, la Argentina asegurará que dicho combustible sea procesado o acondicionado mediante arreglos apropiados a fin de hacerlo apto para su disposición en Australia;

b. Australia podrá dar consentimiento previo por escrito para el reprocesamiento a fin de recuperar el material nuclear para su uso ulterior conforme las disposiciones del presente Acuerdo; y

c. Australia permitirá el subsiguiente regreso hacia Australia de todo el combustible acondicionado y todos los desechos radiactivos resultantes de tal procesamiento, o acondicionamiento, o reprocesamiento con arreglo a las cláusulas 1 (a) y 1(b) de este artículo.

2. Cualquier transferencia de combustible irradiado bajo este artículo estará sujeta a lo estipulado en el artículo 11 de este Acuerdo.

*\*El texto completo del acuerdo está disponible en: [www.cnea.gov.ar/noticias/australia\\_marzo2002a.htm](http://www.cnea.gov.ar/noticias/australia_marzo2002a.htm)*

por irreversible. Roque Pedace, coordinador de la Campaña de Energía y Cambio Climático de la organización Amigos de la Tierra, explica: “es un proceso en gran medida irreversible. Si se desea dejar opciones técnicas abiertas, que implican la separación de elementos constitutivos del combustible gastado según su utilidad y susceptibilidad de procesamiento, debería descartarse la vitrificación porque implica una barrera efectiva según el conoci-



miento actual". Pedace estima que no hay necesidad de modificar el planteo actual (de esperar y ver) por décadas o tal vez cientos de años, mientras se mantengan los debidos controles.

### Dentro de la ley

Tanto INVAP como la CNEA observan que no hay inconvenientes legales o técnicos para que la Argentina comience a tratar los ECG de otros países, un negocio que ambos organismos consideran altamente rentable. "La tecnología y las instalaciones necesarias para llevar a cabo estos procesos los tenemos en el Centro Atómico Ezeiza", se entusiasma Adelfang en una de las oficinas de ese centro. Él es el científico que estaría a cargo de las instalaciones en donde se tratarían los ECG del reactor de Australia en caso de que vinieran a la Argentina. "Acondicionar combustible gastado y devolver el producido de eso a los países de origen es un negocio ético, rentable, seguro y que está demostrado por más de veinte años de uso en Francia e Inglaterra. Hay un grupo muy selecto que realiza este tipo de trabajos (tratamiento de ECG), nosotros podemos entrar a este club, o podemos no entrar y perder un negocio internacional", advierte el funcionario de la CNEA.

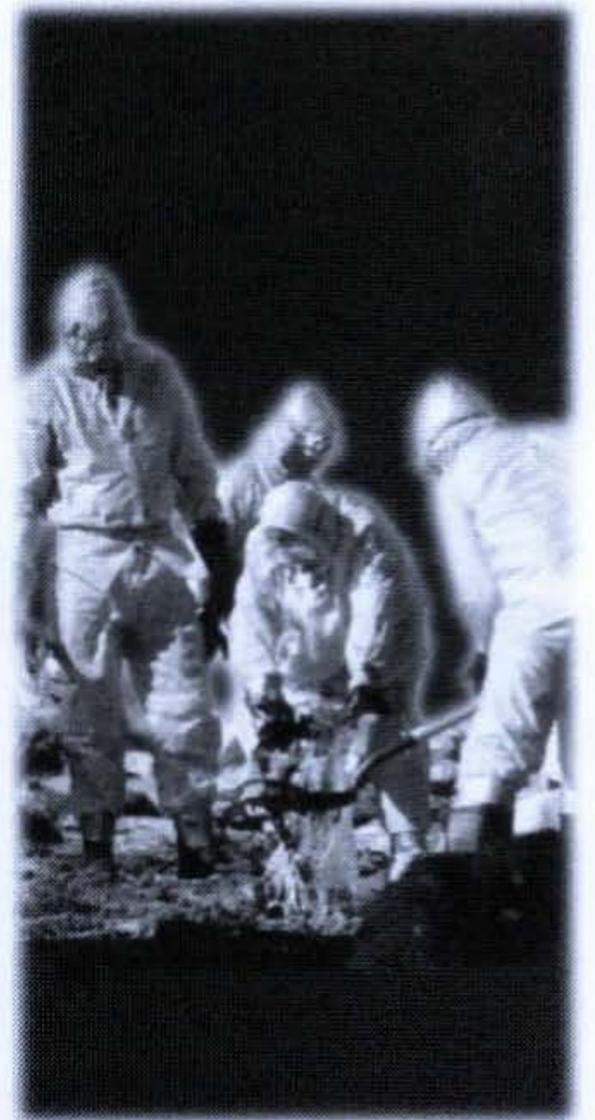
Cuando comenzó a discutirse en el congreso la ratificación del acuerdo binacional, en diversos sectores surgió la duda acerca de si el plan nacional sobre gestión de residuos radiactivos podría quedar supeditada de hecho a ese texto. La diputada Lilia Puig (bloque radical), presidenta de la Comisión de Ciencia y Tecnología, presentó un detallado cuestionario a la CNEA sobre las implicancias del acuerdo para la Argentina. El documento

elaborado por Puig se refiere en su quinto capítulo a "la Política de Estado en Gestión de Residuos Radioactivos y el riesgo de accidentes, los análisis de atentados terroristas durante el transporte de elementos combustibles y otros residuos radioactivos dentro del territorio de la República Argentina".

Los atentados del 11 de septiembre en EE.UU. modificaron el escenario mundial. A partir de entonces se comenzó a alertar con más insistencia sobre el potencial bélico que podrían significar los ECG, si éstos fueran interceptados por terroristas. "El riesgo mayor es por intervención de terceros porque los combustibles gastados contienen plutonio que tiene valor militar potencial", alerta Pedace, refiriéndose a la posibilidad de que los residuos radiactivos sean dispersados por terroristas.

Los científicos del sector nuclear estiman como improbable que se produzca un atentado. Consideran que el material radiactivo es un blanco poco atrayente para los grupos terroristas por el bajo impacto que tendría un ataque de ese tipo. Adelfang explica que "el daño sería de tan escasa magnitud y tan difícil el atentado, que no es rentable". Según explica el funcionario, los combustibles vendrían en contenedores que son resistentes al choque de un tren que viene a máxima velocidad. El tren se pulveriza mientras que el contenedor permanece intacto: no llega a dañarse el contenedor ni el contenido. "Pero si llegara a dañarse, sería una dispersión localizada de radiactividad, no pasaría de algunos metros alrededor del objetivo atacado. No sería tan impactante, y los terroristas buscan impacto", subraya.

El tema del acuerdo con Australia aún



no está resuelto, pero ha servido para comenzar a discutir ideas en torno al todavía inexistente plan nacional de gestión de residuos radiactivos y a la posibilidad de seguir desarrollando la industria nuclear nacional.

El artículo 41 de la Constitución Nacional es un claro límite a la medida de los riesgos que la Argentina quiere asumir a través de sus proyectos científico-tecnológicos. Aún está por definirse si las virtuales tareas implicadas en el acuerdo cuestionado se hallan fuera de ese límite. Más allá de la dicotomía nuclear versus antinuclear, si se admitiese que los ECG no son residuos radiactivos, todavía quedaría por resolver un tema sobre el que tampoco hay consenso: la puesta en marcha de la industria de procesamiento. ■

# ADN fósil

# Jurassic Park

## un sueño improbable

por Susana Gallardo  
sgallardo@bl.fcen.uba.ar

*La extracción de ADN a partir de restos fósiles muy antiguos originó grandes expectativas y permitió que la fantasía echara a volar. Luego vino la desilusión y la controversia. Hoy, sin embargo, el estudio del material genético de homínidos puede ayudar a resolver algunos enigmas de la evolución humana.*



**M**ichael Crichton, en su novela *Jurassic Park*, sembró la idea y Steven Spielberg la diseminó. Ambos persuadieron a un gran número de mortales de que bastaba un poco de esa sustancia “mágica” llamada ADN para dar vida nada más y nada menos que a aquellos seres a la vez temibles y subyugantes, los dinosaurios.

El desarrollo de la técnica que permite multiplicar el material genético abrió un horizonte de posibilidades. La clave era obtener genes a partir de restos fósiles. Los investigadores pusieron manos a la obra y trabajaron con muestras cada vez más antiguas. Después vinieron las refutaciones y se instaló la controversia. ¿Qué nos puede decir hoy el ADN fósil?

### DE MAGNOLIAS, DINOSAURIOS Y ABEJAS ATRAPADAS EN ÁMBAR

Todo pareció posible en 1985, cuando se desarrolló la “fotocopiadora” de genes o reacción en cadena de la polimerasa, más conocida como PCR, técnica que permite multiplicar una pequeña cantidad de ADN y secuenciarla, es decir, leerla, determinando las unidades que lo componen.

Primero se obtuvo material genético de una momia egipcia de 2500 años de antigüedad. Luego se logró lo mismo con una magnolia de 17 millones de años, con una abeja atrapada en ámbar y, más espectacular aún, con un dinosaurio de 80 millones de años hallado en Utah, Esta-

dos Unidos. De ahí a contar con el animal vivo y coleando parecía haber sólo un paso.

Pero los nubarrones oscurecieron el horizonte. ¿Era posible que el ADN se mantuviera intacto durante millones de años? Según algunos investigadores, este material no puede preservarse más de cien mil años, porque la estructura química de la molécula se deteriora. En 1995, Svante

Paabo, un prestigioso investigador de la Universidad de Munich, anunció que las secuencias de ADN extraídas del dinosaurio de Utah eran, en realidad, humanas, resultado de la contaminación durante la manipulación de los huesos.

El problema es que a lo largo de miles de años el ADN está sometido a cambios de temperatura y de presión que pueden degradarlo. Puede también con-

taminarse con hongos y bacterias. Además, al aislarlo y amplificarlo, el investigador corre el riesgo de introducir su propio material genético, de su cabello o de su piel. Por eso, los laboratorios invierten mucho dinero a fin de evitar que esto suceda.

“Para obtener ADN fidedigno se tienen que cumplir muchas condiciones. Un estornudo en el momento de la ex-

## El rompecabezas de la evolución humana



El análisis genético permitió rastrear los ancestros humanos y tratar de explicar si el hombre de Neanderthal, desaparecido hace unos 30 mil años, se cruzó con el hombre moderno. Con su cara grande de cejas abultadas y su esqueleto robusto, de tronco largo y piernas cortas, pareció demasiado primitivo para ser un pariente cercano del *Homo sapiens*.

“Según los estudios de ADN fósil se podría pensar que Neanderthal es una especie extinta que no tuvo intercambio con el *Homo sapiens*”, señala el doctor Raúl Carnese, director de la Sección Antropología Biológica de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA.

Svante Paabo, de la Universidad de Munich, extrajo ADN de los restos de un Neanderthal encontrado en 1856 en Alemania, y confirmó que la secuencia hallada no se relaciona con el genoma mitocondrial de las poblaciones humanas actuales, lo cual indicaría que no hubo intercambio entre ambos grupos. Los estudios también señalan que ambas especies divergieron en un pasado muy lejano.

No obstante, el doctor Esteban Hasson, de la FCEyN, advierte: “Esto no excluye totalmente la hibridación. Si ésta hubiera tenido lugar entre hembras de *H. sapiens* y machos de Neanderthal, el ADN mitocondrial tampoco mostraría evidencia.”

Estas investigaciones, al señalar que los Neanderthal constituyen una especie diferente de la nuestra, abonan una de las dos teorías

que hoy se disputan el esclarecimiento de la evolución humana.

“Una de las hipótesis, denominada “fuera de África” y apoyada principalmente por datos genéticos, postula que el hombre moderno evolucionó en África, de donde migró a Europa y Asia hace unos 150 mil años y sustituyó a las demás especies sin hibridarse”, explica Carnese.

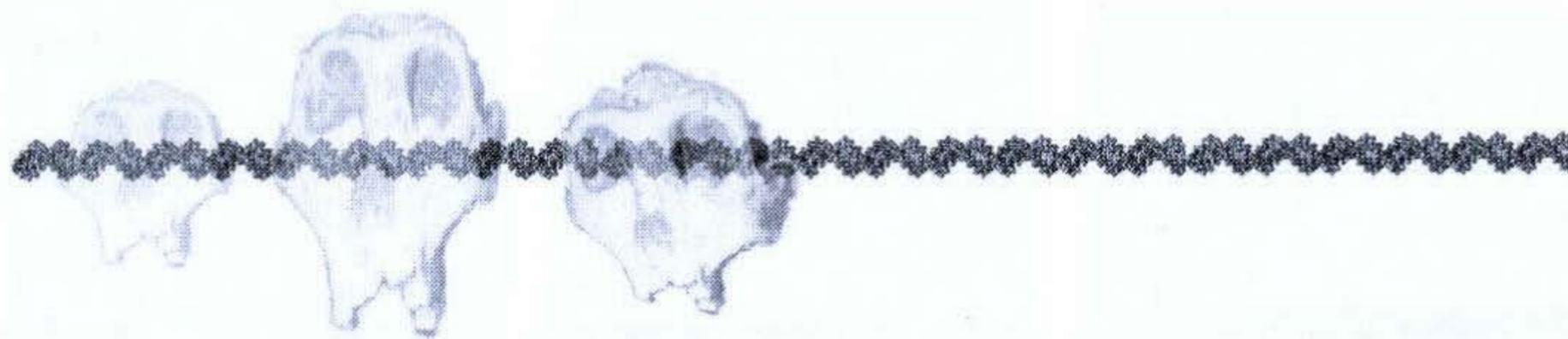
La otra hipótesis, basada exclusivamente en restos arqueológicos, es la “teoría multirregional”, que supone que el hombre moderno evolucionó lenta y gradualmente, en distintas regiones, a partir del *Homo erectus* que salió de África hace alrededor de un millón 600 mil años. Los diferentes grupos se habrían hibridado entre sí.

En resumen, si el hombre moderno evolucionó en África, los Neanderthal serían un ancestro muy lejano, que se desarrolló en Europa a partir del *H. erectus*. En cambio, si el *H. sapiens* también surgió del *H. erectus* en distintas regiones de Europa, su parentesco con Neanderthal sería mucho más cercano.

En un reciente número de *Nature*, Alan Templeton, de la Universidad de Washington, aporta nuevos datos para apoyar la teoría “fuera de África” sobre la base no sólo de ADN mitocondrial sino también nuclear, e introduce una variante: el *Homo sapiens*, en su expansión, se habría hibridado con otros grupos de homínidos.

Carnese, quien actualmente realiza estudios en genética de poblaciones humanas de la Argentina, afirma que “si se admite que las mutaciones del ADN son constantes, dada la enorme diversidad hallada en África, la hipótesis del origen africano del hombre moderno es la más plausible”. Y subraya: “Pero los datos genéticos tendrán que ser corroborados con información arqueológica”.

Por el momento, la evolución humana sigue siendo un enigma. Las piezas del rompecabezas todavía no han podido ser ensambladas en su totalidad.



tracción puede contaminar el material”, señala Esteban Hasson, profesor en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA y especialista en evolución.

Actualmente, mientras los padres de los hallazgos defienden su obra a muerte, otros señalan que es imposible conseguir material genético intacto a partir de un fósil.

**EL SUEÑO IMPOSIBLE**

Rob De Salle, curador del Museo de Historia Natural de los Estados Unidos, sostiene que no tiene sentido sacrificar muestras fósiles únicas, como los insectos atrapados en ámbar, en aras de una publicación en una revista prestigiosa. Hasson, que adhiere a esta postura, asevera: “Teniendo en cuenta que, en la mayoría de los casos, es difícil obtener una cantidad de ADN suficiente como para hacer inferencias sobre relaciones filogenéticas de esos organismos con otros actuales, es preferible no destruir el fósil para que, llegado el momento, mediante otras técnicas de análisis quizás se pueda obtener información mucho más rica”.

Lo cierto es que Jurassic Park no es posible. “El ADN fósil no podrá por ahora, y creo que por mucho tiempo, revivir organismos extintos”, subraya Alberto Kornblihtt, profesor en la FCEyN e investigador del Conicet. “Para lograrlo —detallaría— habría que contar, por lo menos, con células vivas de esa especie, o con núcleos celulares intactos”. Regenerar un animal superior implica transferir al óvulo un núcleo entero, con sus genes y proteínas asociadas, como se hizo con la oveja Dolly.

“Michael Crichton ideó la fantasía de que los fragmentos recuperados de ADN

**Bacterias durmientes**

Los cristales de sal podrían contener no sólo ADN de gran antigüedad sino también bacterias durmientes. En el 2000, Russell Vreeland, de la Universidad West Chester de Pennsylvania, aisló y cultivó la forma latente de una bacteria preservada en una inclusión líquida dentro de un cristal de sal de 250 millones de años de antigüedad. Pero un grupo de investigadores de la Universidad de Tel Aviv negó que el material fuera tan antiguo.

Sin embargo, la vida guardada en cristales salinos sigue interesando a los científicos. En mayo de este año, Steven Fish y su equipo de la Universidad de Leicester, en el Reino Unido, afirman en la revista *Nature* que el ADN atrapado en unas rocas salinas provenientes de antiguos mares o lagos salados, puede sobrevivir a lo largo de la escala geológica. El medio hipersalino, una especie de salmuera, permitiría la preservación del material genético.

Más allá de todas las pruebas necesarias para confirmar estos hallazgos, sus implicancias son profundas. Si ciertas bacterias durmientes son realmente inmortales, tendrían la capacidad de transportarse a través del Universo. En tal sentido, la hipótesis de la “panspermia”, que postulaba que la vida podía viajar en meteorito, tendría posibilidades de convertirse en un hecho. Es decir, aumentan las probabilidades de que no estemos solos en el Universo.

permitirían reconstruir el genoma total de un organismo”, señala el investigador. “Pero hasta ahora nadie pudo fabricar un núcleo. La idea es todavía muy lejana conceptualmente”, recalca Kornblihtt.

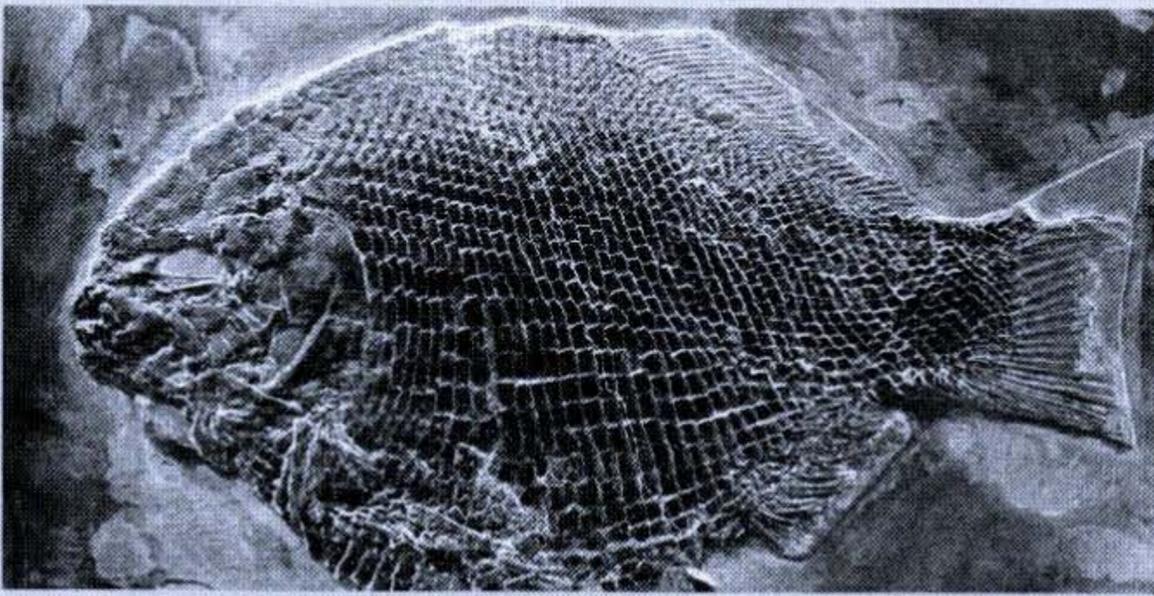
Tal vez podría obtenerse un híbrido de mamut si se encontraran espermatozoides intactos que, mediante técnicas de fertilización *in vitro*, pudieran ser inyectados dentro de óvulos de una hembra de elefante. Ésta finalmente gestaría un individuo que, al ser hijo de padres de especies diferentes, no podrá tener descendencia.

Si bien parece improbable revivir un vertebrado, sí sería posible dar vida a organismos más simples, como las bacterias halladas en cristales de sal debido a que poseen un material genético considerablemente más pequeño (ver *Bacterias Durmientes*).

**CONTROL DE CALIDAD**

“Para evaluar el estado de preservación del ADN de una muestra se mide la proporción en que se han degradado los aminoácidos”, explica Claudio Slamovits, docente en el laboratorio de Biología Molecular de la FCEyN. Cuando un organismo muere, sus moléculas sufren cambios espontáneos en su estructura, y se produce lo que se conoce como *racemización*, proceso que se correlaciona con la degradación del material genético. Como los aminoácidos son muy abundantes, medir su grado de racemización permite saber si la muestra, y por lo tanto el ADN, es antigua o moderna, y conocer también si puede brindar información válida. Las diferentes condiciones de preservación pueden hacer que dos huesos de igual antigüedad muestren diverso nivel de degradación.

### ¿Qué es esa cosa llamada fósil?



Un fósil es todo rastro de vida pasada. Puede ser tanto un hueso o un diente de dinosaurio, como la huella de una pisada o la impronta de una hoja en la piedra. Se discute, sin embargo, si son fósiles las bacterias atrapadas en cristales de sal que podrían ser cultivadas. Los especialistas proponen reformular la definición de fósil y agregar que se trata de un rastro de vida "que perdió su viabilidad biológica".

Lo que está claro es que no todo se convierte en piedra. "Los fósiles presentan distintos tipos de preservación", explica la doctora Beatriz Aguirre Urreta, profesora en el Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN, y agrega: "Algunos se mantienen casi intactos, por ejemplo, un mamut congelado, una abeja atrapada en ámbar, un grano de polen o una espora, que pueden conservar sus tejidos. Esto se denomina *momificación*".

En otros casos se habla de *preservación de partes duras*, por ejemplo los dientes, que por su estructura, se conservan

como tales, y muchas veces no sufren alteraciones químicas. "Hablamos de *petrificaciones* cuando se produce un reemplazo de los elementos", explica la paleontóloga.

A veces hay un reemplazo completo del organismo original. Es lo que se conoce como *molde*, desaparece todo resto orgánico y es sustituido por sedimentos. Aquí sería imposible intentar hallar ADN.

Las momificaciones y las partes duras son las que se encuentran mejor preservadas. En el análisis de fósiles de Neanderthal se ha usado clavícula, húmero y hueso parietal, explica la bioquímica Cristina Dejean, del Instituto de Antropología de Filosofía y Letras. "Este material se congela con nitrógeno líquido y, una vez cristalizado, se lo pulveriza en un mortero para extraer ADN", detalla. En restos más recientes, de 200 años antes de Cristo, se trabaja con dientes pues éstos, si están sanos, conservan mejor el ADN.

Los investigadores que trabajan con ADN fósil prefieren extraerlo de las mitocondrias, fábricas celulares de energía. Éstas se hallan por centenas en el interior de una célula y, por ende, brindan numerosas copias de cada segmento de ADN que se quiere amplificar. Esto aumenta las probabilidades de que el producto final obtenido sea fidedigno y sin contaminación.

El ADN posee ciertos segmentos que varían en forma constante. Cuando una especie se divide en dos, cada una evoluciona por separado y acumula diferentes mutaciones. "A medida que pasa el tiempo, las diferencias aumentan", afirma Slamovits.

La variación difiere según la región del genoma. El ADN mitocondrial acumula cambios a una velocidad diez veces mayor que el nuclear, y permite rastrear modificaciones ocurridas en los últimos miles de años. Además, al transmitirse sólo por vía materna y no recibir aporte del espermatozoide, no sufre cambios por recombinación, sino únicamente por mutación.

El análisis del ADN, si bien no ha tenido éxito en organismos muy antiguos, se puede aplicar para dilucidar la evolución humana. Estos estudios se realizan en restos de no más de 30 mil años de antigüedad, rango en que el material genético todavía puede hallarse en buen estado de preservación.

De todos modos, el ADN fósil seguirá siendo objeto de duras controversias. Pero queda claro que, según los especialistas, por el momento no corremos riesgos de toparnos con un tiranosaurio a la vuelta de la esquina. ■

El parasitismo en el tordo

# Todos los nidos, el nido

por Cecilia Draghi  
cdraghi@bl.fcen.uba.ar

*Ave parásita por excelencia, el tordo deja sus huevos en nido ajeno para que otros se encarguen de incubarlos y criarlos, pero antes de abandonar a su prole hace con su pico una prueba para asegurarse la sobrevivencia de su descendencia, según detectó una original mirada a este comportamiento.*

Dueño del cielo con sus 50 gramos de peso y no más de 20 centímetros de largo, el tordo renegrado (*Molothrus bonariensis*) inicia un nuevo día en la llanura pampeana. Atrás quedó el dormidero, el árbol elegido junto con otras aves para pasar la noche. Ahora, ante una mañana diáfana de primavera, cada uno emprenderá su camino. Muchos kilómetros tienen por delante, y no es tarea fácil en época de reproducción cuando se lleva sobrecarga, como es el caso de la hembra con su huevo a cuestas, listo para depositarlo en nido ajeno. Es que esta especie, parásita por excelencia, no tiene a su cargo la incubación ni la cría de sus pichones. Precisamente para estos menesteres busca algún pájaro hospedador que justo haya empezado su propia postura. Así suma su aporte entrometido a la nidada extraña, y no es raro que de un picotazo destruya algún huevo de la madre anfitriona. De este modo afecta su descendencia y se puede convertir en una amenaza para la conservación de esa especie.

“El tordo expandió su distribución en forma considerable. En estos momentos llega a zonas de la Patagonia en las que antes no estaba presente. En forma semejante, hace algunos años cruzó el Caribe de isla en isla hasta invadir Estados Unidos, donde junto con otra especie parásita, el tordo de cabeza marrón (*Molothrus ater*) son responsables de la declinación de especies de hospedadores que habitaban



el interior de bosques y debido a la fragmentación de éstos ahora se ubican en sus bordes”, describe Juan Carlos Reboreda del Departamento de Ecología Genética y Evolución de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. La mano del hombre no es ajena a este mayor despliegue de dominios. “Es una especie muy oportunista, que se expande asociada a la transformación de hábitat como el desmonte y aumento de espacios para la agricultura. Esto brin-

da una gran oferta de alimentos que le permite superar el cuello de botella poblacional que se da durante el invierno por falta de recursos. Al incrementar su densidad, es mayor la presión que ejerce sobre sus hospedadores”, añade el biólogo, quien también es investigador del CONICET.

En América, no son tres o doce sino alrededor de doscientas las especies parasitadas por este representante de las familias de los ictéridos. Algunas de estas



**Madre hospedadora da de comer en la boca a un pichón varias veces más grande que ella. En este caso el parásito es un cuclillo.**

obligadas hospedadoras tienen defensas antiparasitarias. Es así que reconocen y hacen frente a la hembra del tordo con intenciones de depositar su huevo, o distinguen las diferencias por color o aspecto del huevo intruso y se deshacen de él. En ocasiones las resistencias fallan, o ni siquiera tienen lugar. Entonces el parásito gana la batalla. No sólo desembarcará su descendencia sino que también romperá huevos del ave hospedadora. Con este comportamiento reducen la superpoblación de huevos en el nido y de paso garantizan menos competencia para sus crías.

“Sin embargo, los tordos también perforan huevos de nidos que no parasitan”, observaron Reboreda junto con la bióloga Viviana Massoni en un trabajo publicado en *Proceedings of the Royal Society*. Este dato había sido poco analizado hasta entonces, y los investigadores sugirieron una óptica diferente para comprender este comportamiento. ¿La hipótesis? Con la picadura, el tordo evalúa el grado de desarrollo del embrión del hospedador y determina si está a tiempo o no de dejar su huevo para ser incubado. Si el proceso ya está muy avanzado, no parasitará ese nido y buscará otro. De esta forma, el parásito sincronizaría su puesta con la del ave hospedadora y aseguraría así que su descendencia llegue a salir del cascarón al recibir suficiente incubación.

#### **Picotazo testeador**

Esta hipótesis fue puesta a prueba. “La idea –subraya Reboreda– es reconstruir la biología del tordo observando su interacción con distintos hospedadores, que muestran un aspecto diferente del pa-

#### **Aptitudes de un parásito**

En el mundo no son muchos. “Las aves parásitas son unas 90 sobre diez mil especies. Es decir, alrededor del 1 por ciento”, contabiliza el biólogo Juan Carlos Reboreda.

Ser parásito requiere también ciertas adaptaciones. Por ejemplo, una alta fecundidad. La hembra del tordo renegrido es prolífica como pocas: llega a distribuir cien huevos por temporada reproductiva.

Este pájaro, que suele posarse sobre el ganado, de allí su nombre en inglés “cowbird”, presenta un huevo de cáscara más gruesa que lo habitual. De este modo resiste mejor posibles picaduras de otros tordos.

Si bien no es raro que los parásitos requieran menos días de incubación que el resto de las especies, en el caso de este tordo es tema de discusión. “Normalmente se plantea que el período de incubación estaría relacionado con el tamaño del huevo, a mayor dimensión requeriría más tiempo. En el tordo, la incubación es de once-doce días, si bien es levemente inferior a lo esperable por su tamaño, no parecería ser una adaptación al parasitismo como sí lo es su cáscara más gruesa”, subraya.

rásito. Es como estar mirando dentro de un cuarto a través de distintas cerraduras”. En esta ocasión, los investigadores centraron la mirada en el varillero ala amarilla (*Agelaius thilius*), un hospedador que no rechaza al huevo parásito

por más que sea diferente -blanco o manchado- y sólo recibe a uno por nido. Esto permitía asegurarse que la misma hembra de tordo era la autora de la picadura y de parasitar la nidada en suerte. “Hay casos en que una hembra parásita rompe un huevo del hospedador y pone el suyo. Detrás, otra hace lo mismo, y luego viene una tercera repitiendo la historia. Al final, el nido termina con uno solo o con ningún huevo del ave hospedadora y varios de diferentes tordos”, relata.

Con esta garantía de que un único parásito invade el nido del varillero ala amarilla, se lanzaron al trabajo de campo en la localidad bonaerense de General Lavalle. Allí detectaron 213 nidadas del ave hospedadora. De éstas, 47 habían sufrido perforaciones en sus huevos. Con la lupa puesta en estos casos, probaron lo que sospechaban. En primer lugar observaron que las picaduras a los huevos de los hospedadores ocurrían el día previo o el mismo día en que los tordos depositaban sus huevos. Es decir, que todas las picaduras precedieron al parasitismo. Con la información del resultado de esas picaduras, la hembra podía definir si dejaba o no su huevo en ese nido. La segunda parte del trabajo brindó una pauta clara en este sentido. “Cuando al picotear el huevo del hospedador, éste se hallaba en estado avanzado de desarrollo, las hembras de tordo no parasitaban ese nido”, indican. Con este test del picotazo, el tordo evaluaría si está

IDENTIKIT



- (Molothrus bonariensis), tordo renegrado
- Macho de plumaje negro brillante con reflejos violeta, la hembra es gris pardusca.
- Longitud: 19 cm.
- Peso: Macho 50-55 gramos, hembra 40-45 gramos.
- Gorgoteo seguido de silbo agudo o chistido.
- Se asienta sobre ganado.

Paradojas de la naturaleza



No faltan casos en que las aves hospedadoras rechacen a los huevos parásitos por su color o aspecto, pero a veces estas defensas fallan. “Una vez que nacen los pichones, las aves hospedadoras los alimentan aunque sigan siendo increíblemente distintos”, precisa el biólogo Juan Carlos Reboreda, y como muestra señala la foto de una madre hospedadora que da de comer en la boca a un pichón que es tres veces más grande que ella. En este caso el parásito es un cuclillo (*Cuculus canorus*)

“Cuesta entender cómo la selección natural no actuó para que este individuo no gaste energía en alimentar este pichón extraño”, reflexiona.

a tiempo o llegó demasiado tarde y debe entonces lanzarse a la búsqueda de otro nido. “La mayoría de las aves tiene un pico sensible y flexible. Una posibilidad es que esta característica permita al tordo detectar diferencias de textura al perforar el huevo del ave hospedadora y así determinar si su interior está blando, es decir recién puesto, o si es más duro y se encuentra en un estadio más desarrollado”, sugieren sin descartar otros mecanismos en juego.

Memoria espacial

Como describió esta investigación, la picadura puede tener lugar un día antes de que la hembra deposite su huevo. Esto implica un ida y vuelta del ave para nada azaroso. Es decir que cuenta con la capacidad de recordar los lugares por donde sobrevolar a la mañana siguiente para dar con lo buscado y en el menor tiempo posible -no hay que olvidar que lleva la sobrecarga del huevo-. Todos los datos de ubicación de posibles candidatos a ser parasitados, el tordo los tendría guardados en el hipocampo de su cerebro. Allí se ubica la memoria espacial. “En el caso de *Molothrus bonariensis* sólo la hembra es la encargada de buscar nidos y debe retener un amplio registro de ellos. Esta especie de biblioteca de nidos requiere de mayor memoria espacial”, indica. Esta necesidad genera cambios en su organismo, tal como

observó Reboreda junto con Nicky Clayton, de la Universidad de California, y Alex Kacelnik de la Universidad de Oxford en un trabajo publicado en *NeuroReport*. “El hipocampo es más voluminoso en especies parásitas en relación con otras especies pertenecientes a la misma familia pero que no son parásitas, es decir que no deben buscar y recordar lugares donde dejar sus huevos”, indica. En esta oportunidad, ellos compararon tres especies de tordo: el renegrado (*Molothrus bonariensis*), el tordo pico corto (*Molothrus rufoaxillaris*) y el tordo músico (*Molothrus badius*). Este último no es parásito y su hipocampo mostró un menor desarrollo en relación con sus parientes parásitos.

Pero también hay diferencias según el sexo. En el caso del tordo renegrado sólo las hembras tienen a su cargo la búsqueda de nidos a parasitar y éstas muestran un mayor tamaño del hipocampo que los machos. En tanto, en el tordo pico corto ambos sexos llevan adelante esta tarea, y no muestran diferencias anatómicas entre ellos.

Los cambios también son estacionales. En la temporada reproductiva, muestran mayor dimensión volumétrica que fuera de ella. “En un determinado momento fabrican más neuronas que en otro”, puntualiza.

Este proceso está siendo estudiado por biólogos de la Universidad de Oxford junto con Reboreda, quien tampoco deja de lado la línea de investigación sobre cómo afecta esta ave a las especies en que delega sus cuidados parentales. “Si bien se conoce en la Argentina cuáles son las especies afectadas por el tordo renegrado, el impacto que en ellas produce el parasitismo y si éste es uno de los causantes de su declinación es un tema todavía por evaluar”, concluye. ■

# Moléculas difíciles

por Ernesto Calvo\*  
calvo@qi.fcen.uba.ar

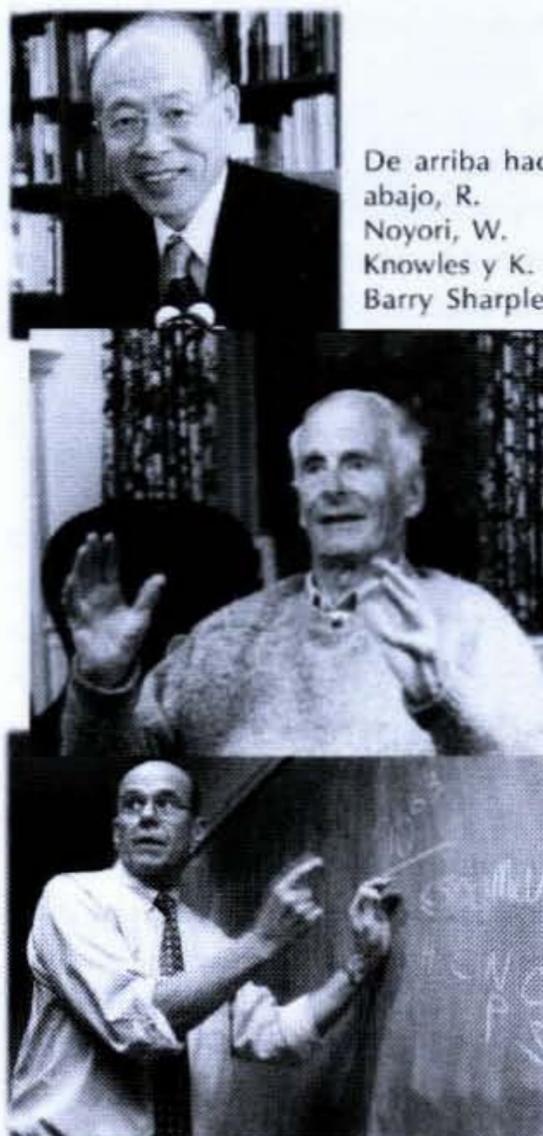
*Esta vez el premio Nobel de química tuvo como protagonista a uno de los temas con mayores perspectivas en el área farmacéutica, el de las moléculas asimétricas. Éstas poseen dos partes que son como imágenes especulares y pueden tener propiedades muy diferentes. Fabricarlas por separado no es un trabajo trivial*

Las moléculas de muchos compuestos químicos aparecen en dos formas que se reflejan una sobre la otra del mismo modo en que lo hacen nuestras manos. Tales moléculas se denominan quirales, palabra que viene del griego y significa, precisamente, mano. En la naturaleza, por lo general, una de esas formas es dominante y calza como un guante en las células vivas. La otra, en cambio, puede ser perjudicial.

Los productos farmacéuticos comúnmente consisten en moléculas quirales, y la diferencia entre ambas formas especulares puede significar el límite entre la vida y la muerte. Tal fue el caso de la talidomida, que en 1960 se administraba a las mujeres embarazadas para prevenir las náuseas y causó un desastre debido a las malformaciones congénitas que producía. Mientras que una de las formas de la molécula —lo que se denomina isómero óptico o enantiómero— es antivomitivo, la otra produce malformaciones en el feto. El problema fue que la separación de las dos partes era incompleta. Por eso es vital saber cómo producir ambas formas quirales por separado.

Hoy las patentes cubren una sola de las formas en cuanto a su acción farmacológica o a su proceso de obtención a partir de sustancias más simples. Pero no cubren la otra molécula, es decir, su imagen especular.

Mientras la naturaleza logra producir uno sólo de los enantiómeros (por ejemplo los L-aminoácidos de las proteínas de los seres vivos), los químicos hemos aprendido a sintetizar colorantes, antibióticos, fertilizantes, polímeros y fármacos en general utilizando la fuerza bruta, es decir



De arriba hacia abajo, R. Noyori, W. Knowles y K. Barry Sharpless

mezclando y haciendo chocar moléculas para hacerlas reaccionar sin la selectividad necesaria, y con el consiguiente perjuicio ambiental del exceso de residuos generados.

El logro de los galardonados con el Nobel de Química 2001 fue desarrollar compuestos para catalizar reacciones que conducen a una sola de las moléculas especulares. La molécula catalizadora, que en sí misma es quiral, acelera la reacción sin consumirse en el proceso. De hecho, una sola de esas moléculas catalizadoras puede producir millones de moléculas de la forma especular deseada.

El estadounidense William Knowles, de St Louis, Missouri, y Ryoji Noyori, de la

Universidad de Nagoya, en Japón, recibieron el premio por su trabajo en reacciones catalíticas de hidrogenación. Knowles descubrió que era posible usar metales de transición para sintetizar catalizadores quirales mediante un tipo de reacción llamada hidrogenación. De este modo, como producto final, se obtiene la molécula deseada. Sus investigaciones condujeron rápidamente a un proceso industrial para la producción de L-dopa, la droga que se usa en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. En cuanto a Noyori, éste lideró el desarrollo del proceso del actual catalizador quiral de hidrogenación.

Por su parte, K. Barry Sharpless, del Scripps Research Institute, de La Jolla, California, fue galardonado con la otra mitad del premio Nobel por el desarrollo de catalizadores quirales para otro tipo de reacción importante, la oxidación quiral.

Hasta ahora la única forma de obtener moléculas quirales era por separación de los enantiómeros a posteriori de su síntesis, o empleando catalizadores biológicos (enzimas) en su fabricación, de ahí la importancia de los descubrimientos y desarrollos premiados.

Los laureados han abierto un nuevo campo de investigación en el cual es posible sintetizar moléculas y materiales con nuevas propiedades. Hoy, los resultados de su investigación básica se emplean en distintas síntesis industriales de productos farmacéuticos como antibióticos, drogas anti-inflamatorias y remedios cardíacos. ■

\* Profesor Titular FCEyN. Investigador principal CONICET.

**Un éxito de las vacaciones de invierno**

# **Planetario** *para todo el mundo*

*Las actividades que organizó el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires para las vacaciones de invierno tuvieron una asistencia masiva de niños, adolescentes y grandecitos. En esta nota, su director, Leonardo Moledo, se cuenta a sí mismo la experiencia, que esperamos no deje de repetirse.*

“Als das Kind Kind war...” Cuando yo era chico, en alguna otra era geológica, las vacaciones de invierno duraban sólo una semana; quienquiera sea el funcionario que decidió ampliarlas a dos, para alivio de los maestros y desesperación de los padres, es el responsable remoto de lo que sigue.

—*¿Por qué eligió un autorreportaje para describir las vacaciones de invierno en el planetario?*

—Me pareció una forma práctica y modesta de presentar este tema.

—*Sobre todo modesta.*

—Sobre todo.

—*Bueno, cuénteme cómo se les ocurrió hacer una movida tan grande para las vacaciones de invierno.*

—En realidad, la idea de instalar un parque científico surgió el año pasado, al terminar las vacaciones de invierno de 2001. Eran otras épocas: el dólar costaba un peso, gobernaba el país Súa, Trúa...

—*De la Rúa.*

—Sí, uno se olvida del nombre de esos personajes efímeros y despreciables. Bueno, en aquel invierno, con una organización más o menos improvisada, nacida más del exceso de ideas que de la planificación, vinieron al Planetario cincuenta mil personas. El edificio rebalsó.

—*Era obvio que había que ensayar algo más completo para este año.*

—Obvio. Y era obvio que había que hacerlo en el parque. Conseguimos el acuerdo de la Dirección de Espacios Verdes, y “tomamos prestado” el parque a futbolistas y a quienes habitualmente usan el parque. Bueno, y pusimos nueve carpas con experimentos, observaciones y también obras de teatro. Y batimos todos los records de asistencia.

—*¿Cuánta gente fue?*

—Ciento treinta mil personas.

—*Ese cartel que había en la entrada decía “Parque del universo”. ¿No era un poco presuntuoso?*

—Sí, es cierto. Pero la verdad es que haber conseguido que ciento treinta mil personas pasaran una tarde en compañía de la ciencia y de científicos nos hace sentir muy orgullosos.

## **Lo que había**

—*Cuénteme algo de lo que había.*

—Sólo un par de ejemplos: en la carpa “Ver lo invisible” se juntaron la biología y la geología, y tuvo un éxito tremendo con sus arañas gigantes, piojos, sangre, polen, pulgas, plumas, sal, pelos, hormigas vivas, rocas, cenizas volcánicas. Y, en el otro extremo de la escala, los telescopios. La Carpa Solar mostró las manchas solares con la guía de un astrónomo, sonaba una radio solar, y un prisma fragmentaba el espectro. Al atardecer se realizaban observaciones con los seis telescopios del Planetario, se veían la Luna y Venus.

—*La Luna, según me contaron, sólo la primera semana, porque después salía muy tarde.*

—Iniciamos los trámites ante el Gobierno de la Ciudad para que la Luna saliera un poco más temprano, pero el pedido sólo se pudo concretar dos semanas más tarde, cuando las vacaciones ya habían terminado. Bueno, sigo: en el Museo, una exposición de dinosaurios, una exposición de holografías y otra de fotografía astronómica; hubo visitas guiadas por el sistema solar a escala que se puede ver desde la planta baja y naturalmente, las funciones, cinco diarias, y la obra de marionetas “Preludio de Galileo”. En las carpas, había experimentos de química que hicieron los chicos del Otto Krause, búsquedas de oro, conferencias de científicos, en ...

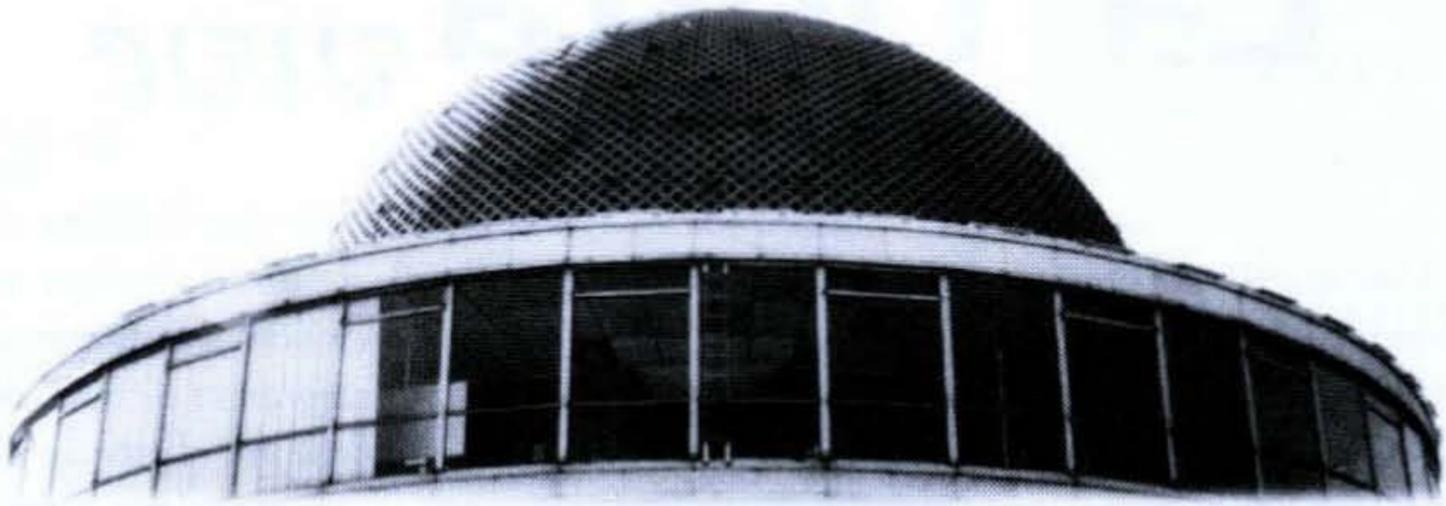
—*Su idea de un “par de ejemplos” es un tanto amplia.*

—Bueno, eran 30 actividades diarias dedicadas a la ciencia, 27 completamente gratuitas.

## **Las vacaciones de invierno como experiencia institucional**

—*Pero además fue un experimento institucional importante.*

—Sí, fue un experimento verdaderamente interesante desde el punto de vista institucional, porque las instituciones no sólo intervinieron directamente exponiendo, sino que colaboraron en la organización, que no fue nada fácil, créame: cuando se organiza algo así, hay que resolver millones de detalles no muy científicos, pero sin los cuales la cosa no funciona; cables, vallas, seguridad, sillas (que nos prestó la Facultad de Ciencias Sociales), sin hablar de la cuestión económica. Mire, le doy un par de ejemplos de las instituciones que intervinieron. Por empezar, la Secretaría de Cultura del Gobierno de la Ciudad, de la cual depende el Planetario, cosa que me parece fantástica, porque la ciencia es cultura, es parte de la cultura, tanto como el teatro o la literatura. Además, tuvimos el apoyo entusiasta de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación, que nos ayudó con un subsidio; la Comisión Nacional de Energía Atómica, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, el Industrial Otto Krause, con un grupo de chicos sensacionales que montaron la carpa de química; el Observatorio San Miguel, el IAFE, y el Planetario de Rosario, con el que se logró un interesante contacto inter-planetario (nos prestó su colección de holografías); la Dirección General de Promoción Cultural del GCBA, la Facultad de Ciencias Socia-



les, el Servicio de Hidrografía Naval, el Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", y finalmente, la Facultad.

—*No la deje para el final.*

—La dejé especialmente para el final, porque la Facultad tuvo una presencia más que entusiasta, violenta. Especial, estelar —y deliciosa— a través de su Secretaria General, Cécile Du Mortier, que organizó una carpa especial en la que colaboraron todos, o casi todos los departamentos de la facultad, y donde científicos y docentes dieron charlas y mostraron experimentos. Cécile Du Mortier estuvo presente todos los días, y fue gracias a ella que la Facultad tuvo una presencia absolutamente central. ¿Usted podría decirse?

—*Bueno, supongo que leerá la revista.*

—De paso le digo que la colaboración con la Facultad es algo que se viene dando desde hace tiempo, con cursos conjuntos, donaciones, trabajo en las escuelas.

—*¿Por qué no aclara que es "la Facultad de Ciencias Exactas"?*

—Porque no hace falta. Cuando uno dice la Facultad todo el mundo entiende.

—*En esta revista sí, pero no sé si en todos lados.*

—En todos lados, puede creerme. Ahora, lo que es interesante es ver cómo funciona la comunicación institucional y lo bien que sale todo cuando no hay burocracia.

## Balance

—*Ahora bien: esto fue, por decirlo de alguna manera, una experiencia de Comunicación Pública de la Ciencia, un campo de acción y de investigación con muy poco desarrollo en nuestro país, que tuvo una*

*respuesta masiva. ¿Se puede decir que efectivamente con cosas como ésta la ciencia llega al gran público y se supera la brecha entre ciencia y sociedad?*

—Sí y no. Desde ya, la oferta de vacaciones de invierno en la ciudad tiene, por llamarlo de algún modo, un público cautivo: los padres atormentados por los dulces niñitos sin colegio. Y era más o menos natural que mucha gente pasara por acá, aunque la cantidad supera la que uno podría esperar de un público cautivo. Y la gente que vino descubrió cosas nuevas y seguramente vislumbró algo de las maravillas de la ciencia o la naturaleza, desde las tortugas hasta las estrellas.

—*Eso me suena.*

—Y en la medida en que estas acciones tengan continuidad, el acercamiento a la ciencia se va a constituir en una costumbre, y los organismos científicos van a encontrar su camino hacia el público. La gente de la Comisión de Energía Atómica, por ejemplo, estaba contentísima: podían hablar con el público y contar sus cosas libremente.

—*Sin interferencias de Greenpeace.*

—Y la gente, por su parte, como ocurre en los Cafés Científicos que organizamos, podía tener encuentros mano a mano con científicos de distintas disciplinas y conversar con ellos sin estar en la situación de "alumno que aprende frente al científico que sabe". Hay que romper la concepción puramente pedagógica de la difusión de la ciencia, sin cambiarla por la supuesta magia de la palabra "interactivo", que en general significa que alguien aprieta un botón y mira. Los científicos tenemos que aprender, y el público tiene que aprender a conversar

sobre ciencia con la misma naturalidad con la que se conversa de política o de cine.

—*Parece una pretensión ambiciosa.*

—Sí y no. Fíjese que es enorme la cantidad de personas que se acercaron al Planetario por primera vez y el lazo que se estableció con ellos ya se nota en la cantidad de llamados y de interesados en recibir la información acerca de futuras actividades. Y, probablemente, muchos de los que vinieron le van a contar a otra persona lo que vieron por los telescopios o por los microscopios o lo que escucharon en la carpa de la Facultad, o sobre Galileo, o la muerte del Sol. Se llevaron otros mundos que no se ven, pero que están ahí, y van a tratar de contar lo que vieron. Y cuando alguien le cuenta a otro, no con la intención de enseñar, sino simplemente de contar, la ciencia, las historias de la ciencia empiezan a circular. Porque la aventura científica es eso, una historia que el hombre se cuenta a sí mismo sobre el mundo, la naturaleza, el universo y la manera en que funciona, una historia llena de sonido y de furia pero que significa mucho, y que se realiza socialmente cuando circula, precisamente, como historia. Es un objetivo ambicioso, sí, pero es perfectamente posible y natural, en tanto se mantenga la continuidad.

—*Eso significa que piensan repetir esta movida científica el año que viene.*

—Eso significa que pensamos repetirlo el año que viene, pero como vamos aprendiendo, será algo mejor, con más instituciones. Aspiramos a que la feria de ciencias de vacaciones de invierno sea una institución más de la Ciudad. El año que viene, vamos a hacerla cinco veces más grande.

—*¿No exagera?*

— $\pi$  veces más grande. ■

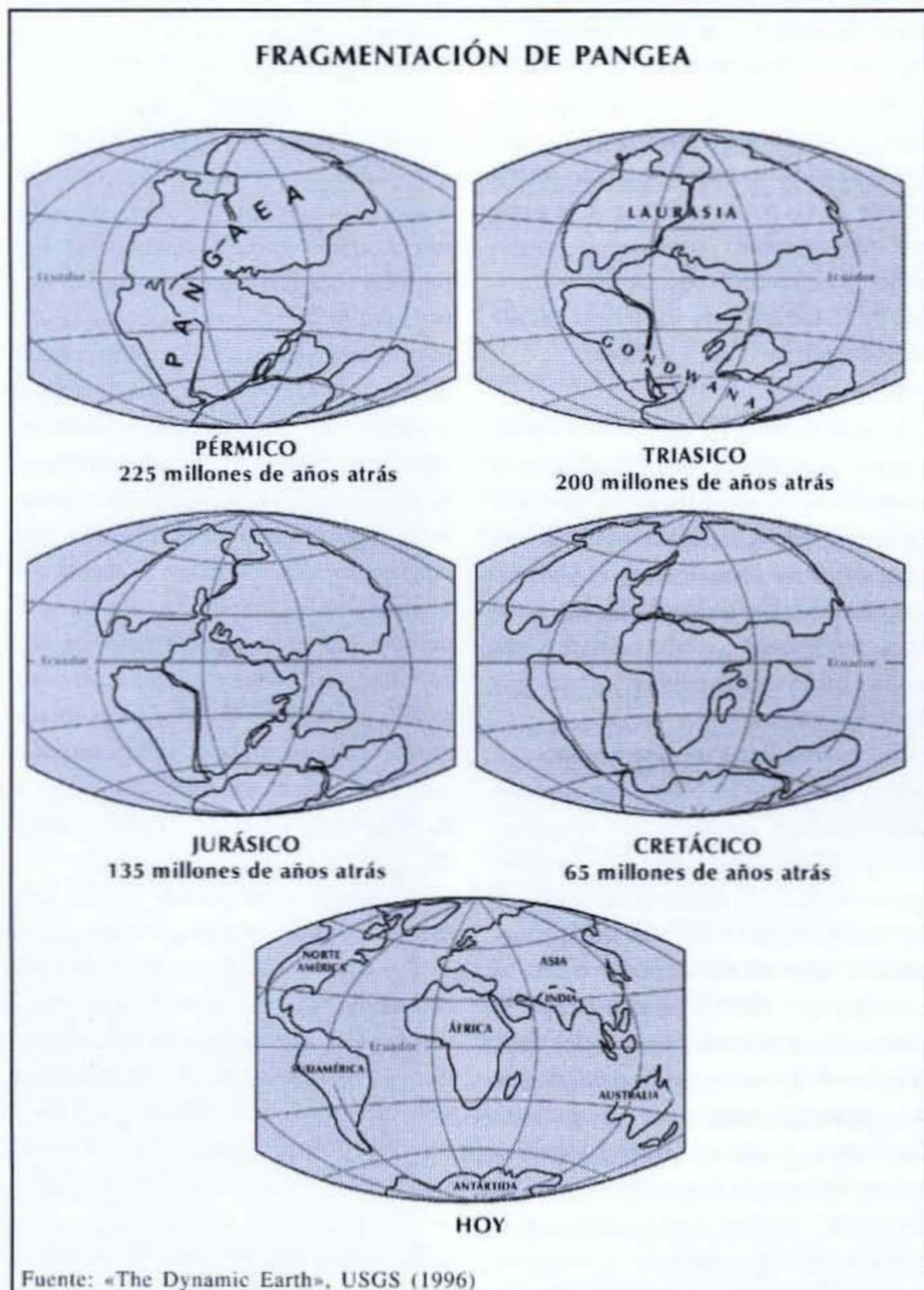
Deriva continental

# La Tierra *vive*

por Guillermo Mattei\*  
gmattei@df.uba.ar

*La intuición humana parecería conducir naturalmente a la idea de que la Tierra es un planeta estático e inmutable. Ni siquiera fenómenos espasmódicos, violentos y capaces de dejar secuelas en el lapso de una vida humana tales como terremotos, volcanismo o maremotos contribuyen a alterar esa imagen. Sin embargo, una película de la historia de la Tierra —con fotogramas de millones de años— no mostraría a nuestro planeta como una simple roca esférica que vaga por el espacio sino como un complejo sistema en el cual se producen cambios espectaculares. Tan espectaculares como continentes chocando entre sí, agrupándose hasta formar un supercontinente único y volviéndose a fragmentar nuevamente en un ciclo que motorizan las fuerzas vitales de la Tierra.*

Apenas iniciada la Primera Guerra Mundial (1914) el meteorólogo alemán Alfred Wegener se reponía de las heridas de combate en un hospital militar. Mucho tiempo para pensar, seguramente tanto como el que tuvo Einstein en la famosa Oficina de Patentes de Berna (Suiza) o el que la parálisis corporal le impuso al conocido astrofísico inglés Stephen Hawking. Wegener meditaba sobre algo que los especialistas ya habían advertido: las costas de Sudamérica y las de África coincidían casi con la precisión de dos piezas contiguas de un rompecabezas. Sin embargo, la genialidad de Wegener permitió sintetizar evidencia paleontológica y geológica en una afirmación osada: ¡ambos continentes habían estado juntos en el pasado! Desde la mirada de un historiador de la ciencia, hoy es posible decir que Wegener, como Einstein y Hawking, logró interpretar la parte de la realidad que le tocaba estudiar (los fenómenos planetarios) guiado por el reflejo casi estético que precede a los grandes aportes científicos. El historiador también debería apuntar otra característica de las ideas revolucionarias como aquella: la tardía comprensión por parte de los pares científicos. Recién en la década del sesenta este modelo, llamado de *deriva continental*, pudo afianzarse como explicación de la dinámica terrestre. Wegener murió en medio de una tormenta ártica a los cincuenta años, en 1930, un año después de conseguir su primer puesto académico en la universidad.



### Vayamos a tierra firme

Actualmente la superficie de la Tierra está tapizada por alrededor de una docena de bloques o placas (de diferentes tamaños) de tierra continental, técnicamente, de *corteza continental*. Cualquier escolar sabe que los continentes están circundados por agua, pero pocos saben que el fondo está formado por otra docena de bloques marinos de *corteza oceánica*. Ambos tipos de cortezas están “apoyadas” sobre la parte superior de la capa interna de la Tierra llamada *manto* (estrictamente, en el límite que separa la *litosfera* de la *astenosfera*) a unos doscientos kilómetros de profundidad. El legado de Wegener dice que las cortezas “deambulan” siguiendo un ciclo natural. En una parte del ciclo los bloques continentales se integran sucesivamente en bloques cada vez mayores hasta formar un supercontinente único —llamado *Pangea*— y, en la otra parte del ciclo, los bloques se fragmentan, separándose unos de otros. La *Pangea* más reciente data de unos cien millones de años (Cretáceo), pero se estima que hubo al menos otras cinco desde la formación de la Tierra hace cuatro mil setecientos millones de años.

Pero, ¿cuál es la fuerza que gobierna el movimiento de estas placas? “El motor es el calor interno que libera la Tierra”, explica el doctor en geología Ernesto Cristallini. Esta monumental danza de bloques basa su dinámica en las diferencias entre los dos tipos de cortezas. La continental es rica en rocas graníticas y sedimentarias y la oceánica en basálticas y volcánicas. La continental es mala conductora del calor y la oceánica muy buena.

Cristallini, que es un joven docente e investigador del departamento de geología de la FCEyN, indica: “Cuando de un gran bloque de corteza continental se trata (digamos África) el calor irradiado por la parte líquida del núcleo terrestre se va acumulando debajo de él”. Ese calor con-

tribuye a deformar la cara interna del bloque, primero, y a quebrar la cara superficial, después. Finalmente el bloque de partida se transforma en otros dos más chicos ligados por una capa de material de menor espesor que, tarde o temprano, cederá su lugar al material de la corteza oceánica que surge de las profundidades y que sí permite liberar el calor que pugna por salir. De ahí en más comienza la recesión de los dos bloques resultantes. Inversamente, en la otra parte del ciclo, diferentes pedazos de corteza continental chocan integrándose en continentes cada vez más grandes hasta llegar al supercontinente único o *Pangea*.

Este contrapunto de cortezas ocurre porque, en lenguaje geológico, la *actividad tectónica* de los planetas está asociada a la capacidad de liberar calor interno. La Tierra tiene el tamaño suficiente como para albergar un núcleo líquido y caliente en su interior. La Luna, Marte, Mercurio y Venus no pueden decir lo mismo: o son verdaderas rocas frías o han perdido el calor mínimo que necesita un planeta para la actividad de placas.

Precisamente, luego de su formación posdoctoral en la Universidad de Cornell (Estados Unidos) Cristallini hoy es un especialista en la llamada *tectónica de placas* y, en particular, en descubrir cómo la

interacción entre bloques puede ocultar apetecibles reservorios de petróleo. Una vez más, las modelizaciones que la ciencia hace de la realidad también terminan influyendo en la vida cotidiana del hombre.

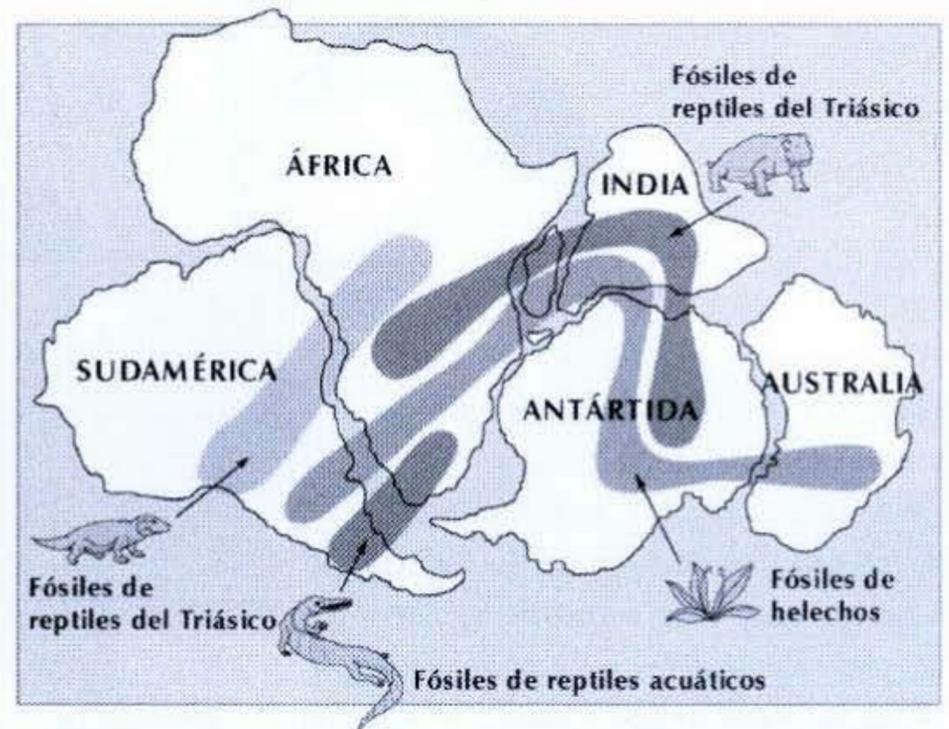
### La evidencia

La tectónica de placas, como modelo conceptual de la deriva continental, encontró sólidas evidencias en la paleontología y en la sismología.

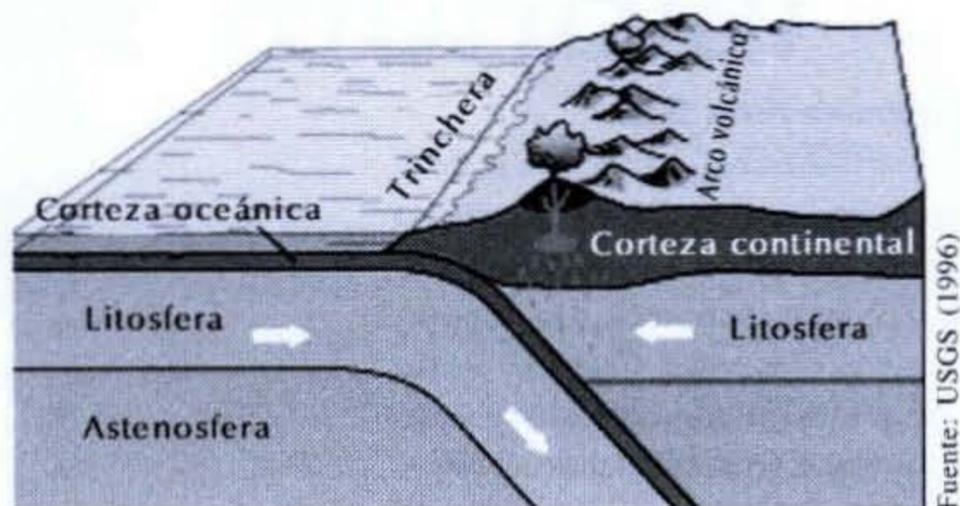
Por un lado, los paleontólogos han certificado muy detalladamente la presencia de la misma clase de fósiles en continentes actualmente bien distantes: Sudamérica y África (reptiles triásicos), Sudamérica y Norteamérica (ciertos fósiles de nuestra precordillera y de los Apalaches), India, Antártida y África (reptiles triásicos) o Australia, Antártida, India, África y Sudamérica (fósiles vegetales). “Ninguna de estas formas de vida tuvo la capacidad de atravesar la actual separación marina de los continentes en cuestión”, diría un detective tratando de resolver el caso.

Por otro lado, hay cuatro evidencias de tipo sismológico a favor de la tectónica de placas: la rugosidad y juventud del fondo oceánico, la variación del campo magnético terrestre en el pasado, la diseminación del fondo marino más el reciclado de la corteza oceánica y la concentración de

### DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE FÓSILES COMUNES A CONTINENTES DIFERENTES



**CONVERGENCIA DE LA CORTEZA OCEÁNICA SOBRE LA CONTINENTAL**



volcanes y terremotos en profundidades y cordilleras oceánicas.

Antes del siglo XIX, todo lo que yacía debajo de los mares y océanos que cubren los dos tercios de la superficie terrestre era una incógnita. Hoy sabemos que el paisaje submarino está dominado por sistemas montañosos, mucho más imponentes que los que encontramos a cielo abierto, llamados *dorsales oceánicas*. Los primeros mapas sistemáticos de las dorsales se hicieron por métodos acústicos (*batimetría por sonar*) y después de la Segunda Guerra con las técnicas magnéticas de detección de submarinos.

Si de magnetismos hablamos, el mayor imán natural es la propia Tierra. Como buen imán, tiene una *polaridad* definida, lo que significa que presenta una dirección particular y dos polos magnéticos (que no coinciden con el eje de rotación y los polos geográficos). Si bien hace 2600 años que el hombre comenzó a registrar estas propiedades, recién en el siglo veinte los científicos concluyeron que la polaridad del campo magnético terrestre "se dio vuelta" varias veces en el pasado, en intervalos que van desde unos pocos miles de años hasta cientos de miles. Las rocas, a su vez, también se asemejan a pequeños imanes. En particular las basálticas (ricas en hierro) poseen un mineral llamado *magnetita* capaz de alterar una brújula. Los pequeños imanes de las rocas siguen disciplinadamente al gran imán terrestre, alineando su campo con el de la Tierra. Sin embargo, los geólogos encuentran hoy dos tipos de rocas: unas con la polaridad de sus imanes apuntando del mismo modo que el campo terrestre actual (*polaridad*

**Dime con qué bloque andas**

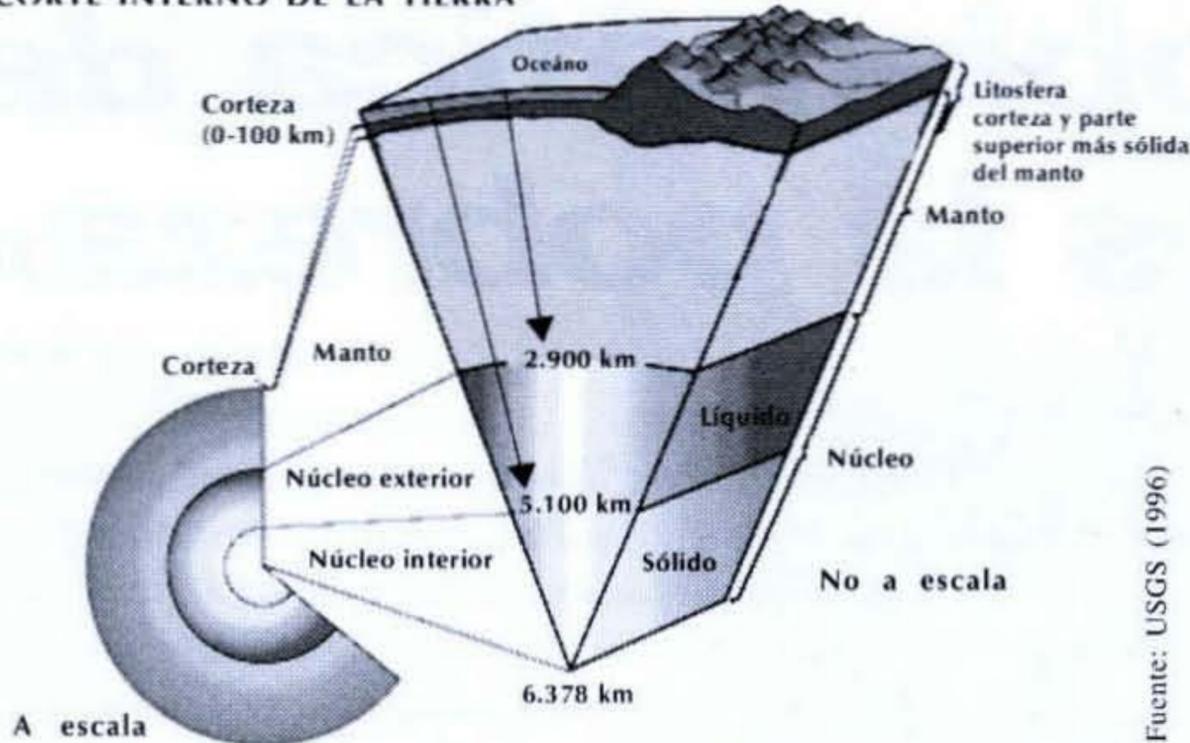
Después de los cómo y porqués de la tectónica de placas, los geólogos han estudiado profundamente la manera que tienen los bloques, de igual o diferente corteza, de interactuar mutuamente. Suena fácil decirlo, pero estamos hablando de choques entre continentes, corteza oceánica que desaparece o placas marinas que se empeñan en empujar la tierra continental. Los geólogos diferencian tres situaciones típicas.

Primero, dos bloques de corteza continental separándose y una dorsal en el medio generando nuevo material. El ejemplo típico es la cordillera atlántica que nace cerca de Islandia y recorre todo el océano imitando la forma de las costas, especialmente, de Sudamérica y África.

En segundo lugar, un bloque de un tipo de corteza desapareciendo o *subduciéndose* por debajo de otro bloque de corteza igual o diferente. El caso en que un bloque oceánico desaparece por debajo de otro continental es el de la llamada Placa de Nazca en la costa peruana y chilena. Allí el suelo marino desaparece por debajo del continente en las *trincheras*, que son "líneas" paralelas a la costa donde la profundidad del fondo cae abruptamente, y empuja a la tierra continental elevándola con una fuerza suficiente como para crear la imponente cordillera de los Andes. El hombre solo percibe la fuerza involucrada por la gran cantidad de actividad sísmica de la región. También éste es el caso de dos placas marinas, una de las cuales desaparece debajo de la otra. Aquí el ejemplo es la zona de la Fosa de las Islas Marianas, donde se encuentran la Placa del Pacífico y la Placa de las Filipinas que generan profundidades récord de once mil metros y mucha actividad volcánica. Finalmente, para este tipo de interacción entre cortezas, el choque entre dos placas continentales sería, en la jerga boxística, una especie de categoría peso-pesado. Aquí no hay subducción, ninguna de las dos placas desciende sino, por el contrario, ambas se deforman hacia arriba y hacia los costados dando lugar, por ejemplo, nada menos que a la cadena de los Himalayas. También puede darse el caso, como en los Alpes, de dos grandes bloques continentales que, luego del encuentro, terminan separados por una difusa y complicada frontera de minibloques.

Las herramientas tecnológicas desarrolladas en las últimas décadas, tales como el Sistema de Posicionamiento Global satelitario y la metrología láser, permiten medir con precisión asombrosa el ritmo de los movimientos relativos entre los bloques: dos centímetros y medio por año para los más lentos y quince centímetros por año para los más rápidos.

## CORTE INTERNO DE LA TIERRA



Fuente: USGS (1996)

normal) y otras en sentido contrario (*polaridad reversa*). ¿Cómo es posible? Cuando emerge material del interior de la tierra, vía los volcanes, la roca fundida —rica en minerales y gases— en algún momento se enfría, encierra los granos de magnetita y “congela” su campo magnético para toda la eternidad. Es decir, la magnetita puede “guardar” la dirección dónde apuntaba el campo terrestre al momento en que se enfrió el material volcánico que hoy la recubre. Los basaltos son una marca en el tiempo. ¿Dónde hay material basáltico? En el fondo del mar.

Los mapas geomagnéticos del fondo oceánico muestran que la distribución de zonas con polaridad normal y reversa se alternan en bandas paralelas a la línea de las “altas cumbres” submarinas. ¿Cómo interpretan esto los geólogos? El material nuevo proveniente de las profundidades de la Tierra, caliente y poco denso, queda desparramando pendiente abajo. La secuencia de “marcas temporales magnéticas” indica que ese material surgió de las dorsales! Las dorsales son, entonces, fuentes de material nuevo. Pero, si surge material nuevo de las dorsales ¿la corteza oceánica crece indefinidamente? No. Hay zonas llamadas *trincheras*, donde la Tierra se “traga” la corteza oceánica vieja en un balance equilibrado de creación-destrucción. Por ejemplo, el océano Atlántico se expande (hay creación de material) y el Pacífico se contrae (hay profundos caño-

nes que se tragan material).

Finalmente, el hecho de que el mapa planetario de la actividad sísmológica coincida con las dorsales y trincheras es una evidencia más de la tectónica de placas: el doble juego de creación-destrucción necesariamente viene acompañando de fenómenos de propagación de ondas mecánicas a través del material de las cortezas en la forma de sismos.

### Paisaje de Catamarca

Si bien los tiempos propios de la tectónica de placas son desproporcionados comparándolos con el lapso de una vida humana (o de toda la humanidad), sus consecuencias están a la vista. Nuestros paisajes continentales están íntimamente ligados a la topografía marina y, particularmente, a cuán suave o abruptamente la corteza oceánica desciende por debajo de la continental (ver Recuadro *Dime con...*).

“Cuando el material de la corteza oceánica, que intenta descender por debajo de los continentes, atraviesa la línea imaginaria de la isoterma de 1200 grados, sus materiales (bien hidratados a una menor profundidad) empiezan a perder agua y así se forman ‘gotas’ de material fundido que tienden a subir por la diferencia de densidades”, explica Cristallini. Este material ascendente es el responsable del volcanismo. Si en la *trinchera* (ver figura de la página 20), la inclinación con la que

subduce la corteza oceánica es muy grande, entonces las gotas de material fundido subirán relativamente cerca de la costa continental porque muy rápidamente la corteza intersecta la isoterma clave. Si la inclinación es poca, el volcanismo debería aparecer más lejos de la costa (cuando finalmente se tope con la isoterma en cuestión) pero, con una hidratación más baja del material, sus efectos también serán menores. Por ejemplo, aclara Cristallini, “en la Cordillera de los Andes que se extiende entre los paralelos 27 y 33 sur (La Rioja, San Juan y Mendoza) no hay volcanismo actual pese a que tanto al sur como al norte sí lo hay: la pendiente de la dorsal que influye en este paisaje es baja”. Sin embargo, esta pendiente no siempre fue pequeña y, para la misma zona, aparece volcanismo hace veinte millones de años en el límite con Chile, hace siete millones algo al oeste de la ciudad de San Juan y hace un millón de años en la Sierra de Pochó, en Córdoba. Esta evolución es una muestra de la progresiva disminución de la inclinación con la que la placa oceánica subduce. Después de esa versión cordobesa de volcanismo, desaparece la actividad en toda esta franja andina.

Los lagos patagónicos, el petróleo venezolano, la erupción del volcán filipino Pinatubo en 1991, la fértil tierra volcánica del Mediterráneo, Islandia, la energía geotérmica de los geysers, el terremoto de México en 1986, las minas chipriotas de cobre, el mar Rojo, los yacimientos gasíferos de Loma de la Lata, el tsunami de 1946 en Hawái, los arrozales indonesios son algunas manifestaciones actuales de la tectónica de placas. En otras palabras, algunas evidencias más de los signos vitales de la Tierra. ■

\* Asistente de la Coordinación de los Laboratorios Básicos de Enseñanza del Departamento de Física - FCEyN

Mario Albornoz

# «La problemática de hoy es la pobreza»

por Guillermo Durán  
willy@dc.uba.ar

*Con formación en filosofía, a fines de los 60 comenzó a involucrarse en temas de política científica, área en la que se especializó. Después de una positiva gestión al frente de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UBA, Mario Albornoz llegó a la Alianza convocado por Chacho Alvarez y trabajó para acordar con todos los sectores involucrados una planificación científica seria. La desilusión lo alejó rápidamente del gobierno de De la Rúa, convirtiéndose, al mes de asumir, en el primer funcionario renunciado. Hoy, desde la fundación Redes, dirige el Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior, y no deja de pensar en la función que debe asumir la ciencia en el marco de crisis que está viviendo la Argentina.*

-¿Cómo evalúa la actual situación del país?

-Es una catástrofe que no hace falta adjetivar. Pero hay que decir que nada de lo que está ocurriendo no estuvo preanunciado y que la catástrofe es tal que uno puede pensar que puede pasar cualquier cosa: que el país se desintegre, que alguien se quede con la Patagonia, que se independicen las provincias... nadie puede decir que cualquiera de esas cosas son un absurdo. Como tampoco es un absurdo que sea la ocasión para que la sociedad revise su situación. Como soy optimista por naturaleza, pienso que en esta situación hemos tocado fondo de tal manera que quizás comiencen a movilizarse algunas energías más positivas. La verdad es que yo veo algunos indicadores valiosos, dignos y emocionantes en medio de esta crisis: la gente empieza a ser más solidaria, empieza a tener menos simpatía por la variante individual, por la viveza, es mucho menos tolerante con la corrupción...

-¿El problema es la clase política?

-Me parece que a los políticos les cuesta



mucho más enterarse de lo que pasa. La verdad es que no veo cómo se va a formar una nueva política. Yo no creo que se tengan que ir todos, especialmente porque no creo que los que vengan vayan a ser distintos ya que no se forma una clase política de la noche a la mañana. No hace falta sólo decencia y juventud para ser político y ustedes, como gente de la universidad, sabrán cuán corruptos pueden ser los jóvenes, de manera que no hay nada que haga pensar que haya un corte de la corrupción relacionado, por ejemplo, con la edad.

**-¿Será que tiene que cambiar la clase dirigente en general?**

-Sin duda. Creo que el problema es que a la clase dirigente le cuesta entender qué está pasando, porque si lo entendiera se debería suicidar. Por ejemplo, por estos días tuvimos que hacer un trabajo que implica tomar contacto con empresas y no encontramos que los dirigentes empresarios sean más lúcidos, ni más inteligentes, ni más eficaces que los dirigentes políticos. Es un país que todavía produce algunos individuos o asociaciones que funcionan bien, como el equipo de básquet, pero que tiene una cultura de instituciones destruidas, como los clubes. El tema del básquet me pareció absolutamente representativo del drama de este país, un equipo que pudo llegar a ser el mejor del mundo (de todas maneras no llegó, que también es un signo de este país), muy brillante, que jugó mejor que su rival, pero que todos sus jugadores provienen del exterior. Claro que salieron de muchas de las canchas del básquet que hay en el país, pero increíblemente esas canchas son clubes destrozados y manipulados por dirigentes incapaces.



**-¿A partir de qué momento cree que comenzó la declinación de las estructuras políticas?**

-A mí lo que más me impresiona de esta Argentina de los últimos años es la desesperanza generalizada. Yo siempre viví una Argentina llena de problemas pero en la cual había motivos para tener optimismo y convicciones profundas. En el '68 fue creada la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Fue durante el gobierno de Onganía, la época de los consejos: existía el Consejo Nacional de Desarrollo, el Consejo Nacional de Seguridad y el de Ciencia y Tecnología. A éste se lo dotó de una secretaría, la SECONACyT, que al disolverse los consejos se convirtió en la SECyT. Allí conseguí mi primer trabajo administrativo. Y lo interesante es que los primeros grupos de trabajo que puso en marcha ese consejo fueron para estudiar el éxodo de científicos, que ya parecía un problema significativo en el '68. Pero a pesar de los problemas había esperanza, se podía creer que era posible la revolución, que se podía luchar por la justicia social, todos íbamos a los barrios pobres a trabajar, que era una actividad normal en mi época de juventud. Y no sólo los jóvenes sino también todos aquellos que, como Jorge Sábato, postulaban modelos alternativos de desarrollo, lo hacían sobre

la base de que este país tenía grandes posibilidades de manejar sus recursos. Era una idea que estaba instalada en la sociedad. Cuando fue la catástrofe del proceso tuve que irme del país y no viví de cerca cómo la sociedad fue procesando los distintos episodios que le tocó vivir. Volví con la democracia y eran muchos los sectores que estaban esperanzados pero también detecté mucha gente que había incorporado la ventaja como método, y dentro mismo de los sectores esperanzados: es como que todos los argentinos nos habíamos convertido en víctimas y victimarios al mismo tiempo, en idealistas y corruptos. Creo que la sociedad entera había perdido muchos valores.

**-¿Algún político le genera esperanza?**

-Actualmente ninguno. Lo único que le pido al próximo gobierno es que sea racional y no sea corrupto.

**-¿La Alianza mató la última chance de una alternativa?**

-No, la Alianza fue un producto de la descomposición de la que venimos hablando.

**-Pero usted tenía expectativas...**

-Las tenía pero al fin era una mezcla imposible. Pareciera ser que los políticos saben cómo hacer alquimia para ganar las elec-

ciones pero poco importa si con esa alquimia se puede gobernar el país. Como no tienen coherencia, ni meta, el gobierno en la práctica queda en las manos de siempre.

**-Usted fue de los primeros en irse del gobierno de la Alianza...**

-Yo perdí mi ilusión en el gobierno de la Alianza durante el tiempo que pasó entre la victoria en las elecciones y la asunción del gobierno. Cuando vi la forma en que se negociaban los cargos y con qué criterios se estaban manejando, tuve la sensación de que eso no podía funcionar, que era más de lo mismo, y se tiraba por la borda todo el trabajo acumulado. Después, cuando se empezó a gobernar... bueno. Por ejemplo, la lógica con que se designó a Dante Caputo secretario de Ciencia y Técnica era tradicional y perversa: alguien se había quedado sin cargo y había que darle algo. Y, en realidad, las cualidades que tiene Caputo lo habilitaban para muchos cargos pero no para éste.

**-¿Cómo se explica que a pesar de la crisis sigamos generando científicos de primer nivel?**

-La ciencia argentina sigue siendo una ventaja comparativa de nuestro país. La gen-

te que se dedica a producir conocimiento lo hace a bastante buen nivel a pesar de la situación. Nosotros hace varios años nos dedicamos a medir esos indicadores. Si uno mide, por ejemplo, la producción científica argentina en las principales bases de datos del mundo, y en distintas disciplinas, obtiene la información de que nuestra producción no para de crecer a pesar de que las instituciones se han ido deteriorando.

**-El problema es que muchos se están yendo...**

-El éxodo de científicos no es un problema sólo para los argentinos sino que es un problema para todo el mundo, y medir el número de emigrados es una necesidad en los países. Esto de que la comunidad científica se está globalizando es bastante cierto: en la práctica significa que Estados Unidos se lleva la mejor gente de todos los países, incluyendo la de Alemania. Después, los alemanes se llevan a los europeos del este, y así. Es difícil de medir porque no es claro cuándo un emigrado es un emigrado: hay muchos que se van creyendo que no volverán y después vuelven, u otros que vuelven pero no lo habían planeado.

**-¿Tienen idea de cuántos científicos argentinos hay en el exterior?**

-Hay métodos para obtener cifras aproximadas gracias al trabajo de indicadores estadounidenses. En los últimos 30 años, las visas entregadas a investigadores argentinos en Estados Unidos son de una media de 100 por año. Lo que suma alrededor de 3000. Otro parámetro que miden es la intención de los becarios extranjeros de quedarse en el país, lo que para los argentinos da un 60 por ciento, y de esa cifra los que efectivamente se quedan son también un 60 por ciento. También se sabe que los Estados Unidos recibe el 40 por ciento de los latinoamericanos que estudian en el extranjero. Con todos estos datos, más el cálculo de fallecimientos y jubilaciones, surge una estimación de que habría 7000 científicos argentinos en el mundo: 3000 en los Estados Unidos y 4000 repartidos en el resto de los países. De todos modos, lo que más me preocupa es que quienes se están yendo aluvionalmente son la gente muy joven, becarios, con posgrado en realización. Y esto se ve en el departamento de legalización de títulos, en donde están repletos de trámites urgentes por razones de viaje. Se van no sólo porque no encuentran trabajos que los satisfagan, sino que lo hacen porque no encuentran motivos para quedarse. Por eso me parece importante devolverle la motivación a los jóvenes.

**-¿Eso cómo se logra?**

-Creo que la forma de hacerlo es demostrando que instituciones como la universidad se conectan mucho más estrechamente con la realidad social del país, y la problemática de hoy es la pobreza. Y tal es la pobreza que uno ya no puede vivir en la ciudad sin verla, como podía hacerse hace un tiempo. A mí me encantó leer en el diario que la Facultad de Arquitectura de la UBA ha desarrollado un nuevo carrito para los cartoneros que es ergonómico y permite utilizar bien el espacio. Felicito



al que lo hizo porque estaba mirando la realidad. Y con esto no digo que tengamos que hacer una ciencia cartonera pero sí que tenemos que mirar las necesidades de la gente. Si los científicos consiguen acercar esa brecha, estaremos devolviéndole a los jóvenes la motivación necesaria.

**-¿Significa que los científicos deberían dejar de hacer su trabajo tradicional?**

-Lo que digo es que la ciencia no puede atrincherarse en su supuesta neutralidad y decir que son otros los actores que deben dar respuestas. No estoy seguro de que todos estemos mirando la realidad. Y a mí me parece que lo que tiene que primar en la política científica actual es la intención de cerrar la brecha social. Probablemente, para cerrar esa brecha haya que hacer ciencia de primerísima línea, pero la mirada también tiene que estar puesta en la realidad. Recuerdo que cuando empecé a trabajar en estos temas, a principios de los 70, se estaba produciendo todo el fenómeno de reivindicación de la ciencia aplicada, y esto, sobre todo en el Tercer Mundo, venía acompañado de una toma de posición política: para comprometernos con el pueblo tenemos que hacer ciencia aplicada. Yo conocí gente de las ciencias duras, como Orestes Santochi, que era un astrofísico que se dedicó por opción política a crear un instituto de física aplicada que elegía sus temas en función de las necesidades sociales. En síntesis, lo que digo es que la sociedad va a sostener a su sistema científico si siente que con él se beneficia. La única razón para que la señora Chiche Duhalde revierta su propuesta de pasar parte del presupuesto de Ciencia y Técnica al programa de Jefas y Jefes de Hogar es demostrarle que la ciencia puede ayudar a solucionar la crisis, no a corto pero sí a largo plazo.

**-Se supone que los países más desarrollados ya lo demostraron, ¿no?**

-Pero hay que demostrarlo en cada país.



No creo que valga el decir "nosotros hacemos buena ciencia y ya vendrá el gobierno que la use". Está el ejemplo de muchos países que tienen buena ciencia y son tremendamente injustos, explotadores, y que no construyen buenas sociedades. Evidentemente hay una Argentina posible para la cual muchos han venido trabajando y en la que la ciencia no es necesaria porque acepta el modelo de exclusión, de periferia, de país agroexportador... y ese país no necesita hacer ciencia. Mejor es que se gaste ese dinero en que no se mueran los chicos. Ahora, una Argentina capaz de aunar su capacidad política, de tirar todos para adelante, esa sí necesita ciencia. Porque la ciencia no tiene el poder mágico de que si es buena va a modificar la sociedad. Si la sociedad tiene la voluntad de cambiar, entonces necesita ciencia, y comprometida.

**-Cambiando de tema, ¿cómo ve la nueva gestión de la UBA?**

-Quiero destacar el posicionamiento del nuevo rector ante el Consejo Interuniversitario Nacional, que leí en los diarios. La idea de que él represente al conjunto de la Universidad de Buenos Aires, y no a un partido político, es sumamente valorable. La lógica de los partidos le ha hecho mucho daño al sistema universitario. De

todas maneras, me parece que la Universidad tiene los claroscuros típicos de la Argentina. Estoy afuera de la institución y quiero pensar que hubo cambios importantes en cuanto a los planteos éticos. Pero hay que tener en cuenta que, si bien es necesario un saneamiento moral en la Universidad, en este momento eso sólo no justifica una gestión. No alcanza. La gestión actual va a ser exitosa si logra canalizar todos los cambios que la sociedad reclama y repensar la institución de un modo responsable.

**-¿Qué otros temas debería repensar el sistema universitario?**

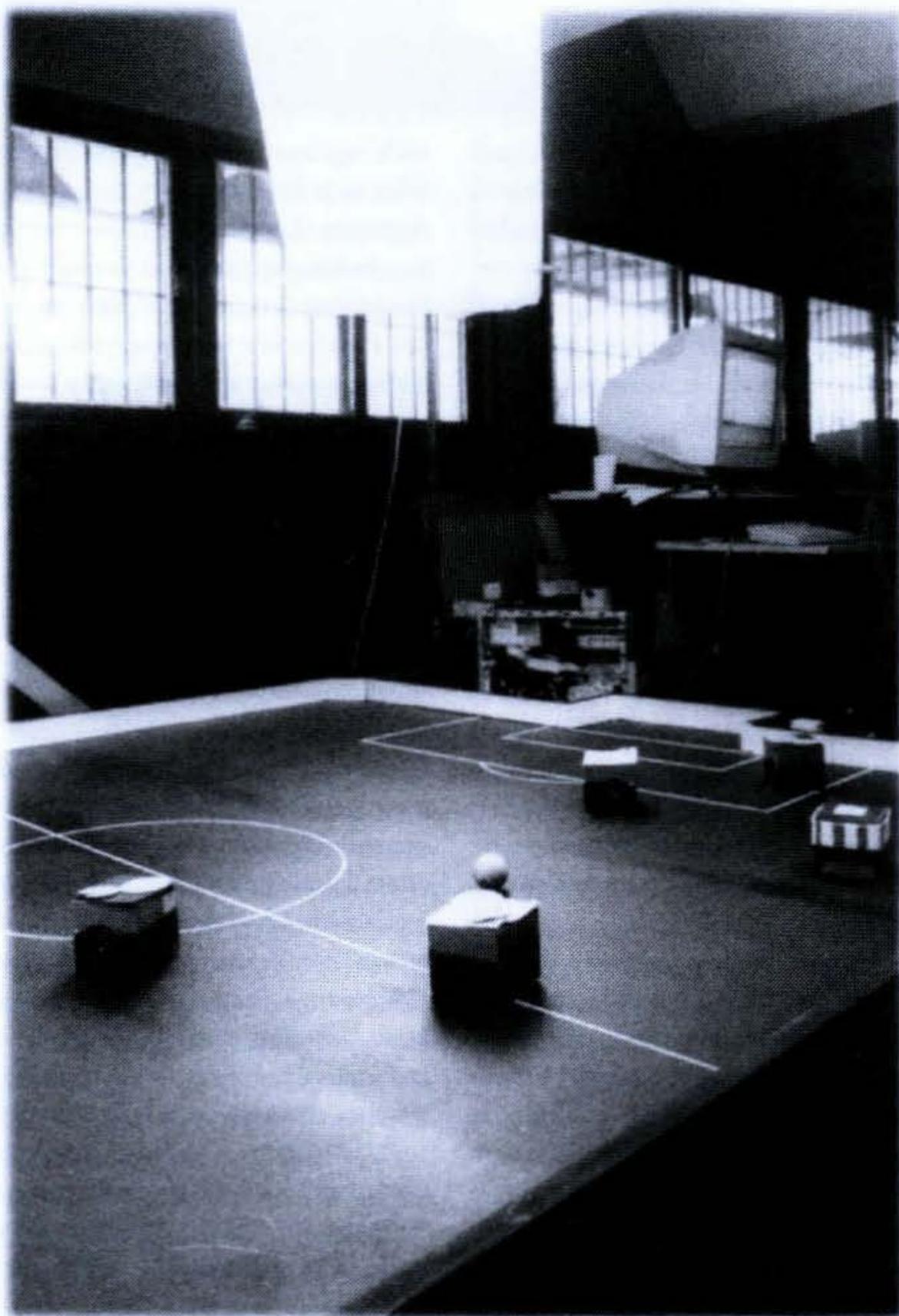
-Debemos ser conscientes de que todo el sistema está funcionando mal. En las universidades argentinas hay que sacarse la careta de una vez por todas. No se puede seguir eludiendo la discusión de que en el promedio no llegan a graduarse 2 de cada 10 chicos que entran a las carreras. En las facultades de ingeniería, por ejemplo, se gradúan el 6 por ciento de los que ingresan. Estas cosas las hemos oído siempre y también oímos a quienes argumentaron que la responsabilidad es sólo del gobierno. Bueno, la realidad es que esto no puede ser así. Yo no sé cuál es la solución pero sí sé que es una estafa para el país. ■

Después de Corea

# Robótica post mundial

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

*Hace apenas cuatro meses la Argentina hacía su debut en el Mundial de Fútbol de Robots en Corea. Luego de una destacada actuación que le permitió obtener el bronce en una de las categorías de la competencia, el equipo de investigadores de Exactas volvió a la facultad con nuevos proyectos.*



Luego de la euforia despertada por el mundial de fútbol, la atención de la hinchada volvió a los problemas que la vida cotidiana presenta por fuera de la cancha. En el caso robótico también. La performance de los representantes nacionales en el evento organizado en Corea por la Federation of International Robot-soccer Association (FIRA) fue destacable, sobre todo si se tiene en cuenta que la Argentina realizó su debut este año. A pesar de no tener experiencia en este tipo de competencias, el equipo del Departamento de Computación (DC) de Exactas llegó a los cuartos de final en una de las categorías que involucraba robots físicos y alcanzó el tercer puesto en una de juego virtual.

Corea representó un antes y un después muy concretos para los integrantes del proyecto UBA-SoT (Soccer Team). El momento previo a la competencia es casi un año de arduo trabajo para desarrollar los sistemas robóticos adecuados para participar en las categorías de robots reales (MiroSot) y de robots virtuales (SimuroSot). La etapa posterior al mundial comienza con varios proyectos cuyo horizonte está mucho más allá del perímetro de una cancha.

“Ahora estamos rediseñando el proyecto, del cual se van a abrir diferentes líneas de investigación y desarrollo -explica Juan Santos, director del proyecto UBA-SoT-. Una parte del equipo está trabajando en el desarrollo de un robot pro-

FACULTAD de

CIENCIAS  
EXACTAS  
y NATURALESCARRERAS  
DE GRADO

BIOLOGÍA

COMPUTACIÓN

QUÍMICA

FÍSICA

MATEMÁTICA

GEOLOGÍA

CS. DE LA ATMÓSFERA

OCEANOGRAFÍA

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PALEONTOLOGÍA

Ciudad Universitaria

Pab. II, C1428EHA,

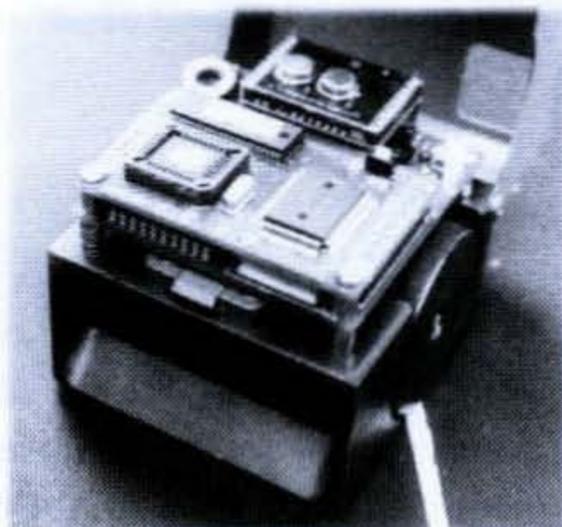
Capital Federal

Departamento de Alumnos

4576-3339

Dirección de Orientación Vocacional

4576-3337

<http://www.fcen.uba.ar>

pio. Esta idea surge de observar un mercado totalmente huérfano en Latinoamérica, que tiene que salir a comprar robots al exterior.”

Los autómatas utilizados este año son de la empresa coreana Yujin Robotics, para los cuales el equipo de la UBA desarrolló un sistema de visión que causó muy buena impresión a los fabricantes. “Después de que participamos en el mundial, nos invitaron a jugar en la empresa. En principio se mostraron interesados, les gustó el sistema de visión que desarrollamos”, comenta Hugo Scolnik quien se encargó de coordinar el equipo junto a Santos.

Otro de los proyectos en danza en el DC es el de organizar algún evento de robot-soccer a nivel local. Flavio Scarpettini, uno de los tesistas que se encargó de “entrenar” y “dirigir” a los robots virtuales, es uno de los que impulsa esta idea.

#### Analizando el juego

“Lo que me sorprendió muchísimo de Corea (el equipo campeón) es que podía controlar los robots a enorme velocidad. No impresionaba por la calidad del juego, sino por la tecnología mecánica. Algunos goles eran increíbles, porque a lo mejor había un hueco y venía un robot a una velocidad supersónica”, recuerda Scolnik. “Con respecto a los alemanes y austríacos, otras dos potencias, la técnica era de atropellar todo. Me parece que lamentablemente hay una diferencia entre ganar y hacer cosas inteligentes”.

El equipo argentino supo de antemano que la velocidad sería su talón de Aquiles al momento de poner a jugar los robots de Yujin. Estos autómatas pueden ir, en teoría, a una velocidad máxima de 240 centímetros por segundo. Pero hay muchos factores que hacen imposible alcanzar esa velocidad sin que antes derrapen los robots: las ruedas laterales resbalan y los autómatas, de forma cúbica, se caen sobre su cara posterior. Andrés Stoliar, uno de los encargados de trabajar para que el hardware de los “jugadores” funcionara adecuadamente, considera que todavía hay mucho por desarrollar para que los autómatas puedan responder más eficientemente a las órdenes emitidas por la inteligencia que los mueve. “Nosotros manejábamos los robots a un tercio de la velocidad máxima. Quizás haya que cambiar el modo de controlarlos para poder usarlos más rápido. Tenemos que ir probando”, comenta Stoliar.

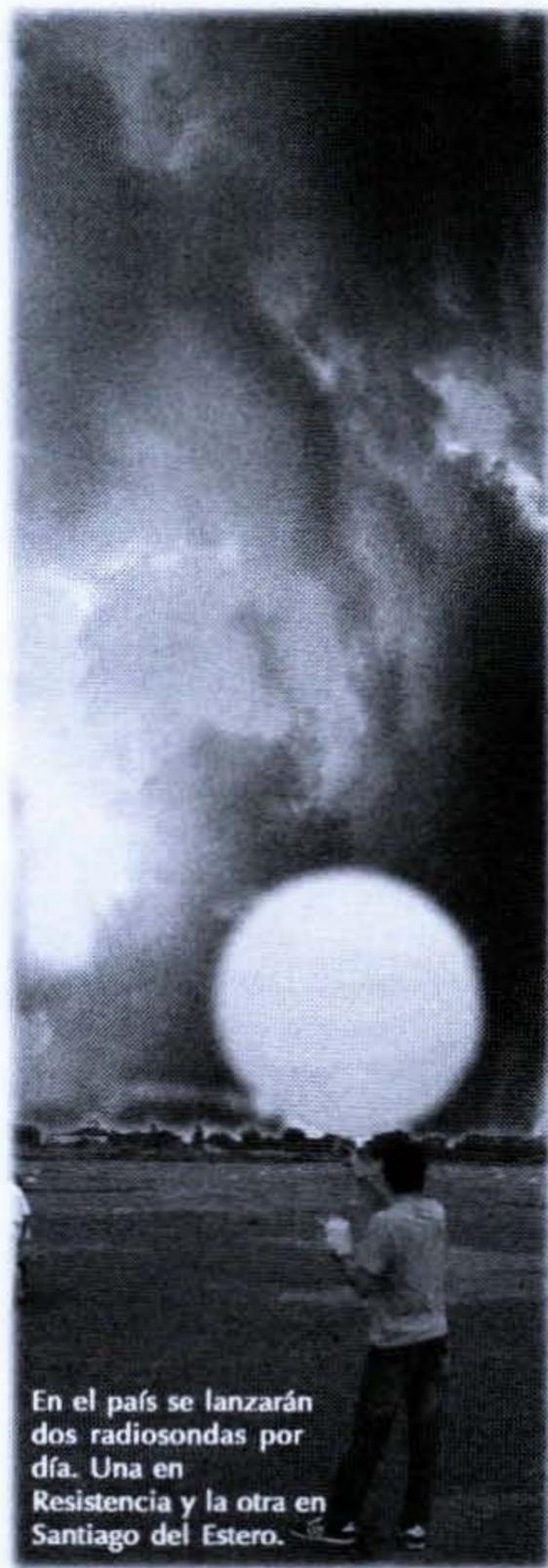
El panorama cambió bastante para los integrantes de UBA-SoT después de debutar en el mundial. En un principio la idea era aumentar la base de conocimiento y desarrollar nuevas ideas en robótica e inteligencia artificial dentro de los límites de la cancha de fútbol, algo que se logró ampliamente y se pudo demostrar en Corea. Ahora, los objetivos que se proponen en el DC exceden al fútbol de robot, pero de todas formas no descartan la posibilidad de participar el año que viene en el mundial que se llevará a cabo en Austria. ■

Inédito relevamiento del clima en el Norte argentino

# Lluvia de datos

por Cecilia Draghi [cdraghi@bl.fcen.uba.ar](mailto:cdraghi@bl.fcen.uba.ar)

*Durante tres meses un proyecto de la Organización Meteorológica Mundial registrará datos del Norte de Argentina y de otras cuatro naciones de la región para afinar futuros pronósticos. La información de nuestro país será centralizada en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) del CONICET y en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN)*



En el país se lanzarán dos radiosondas por día. Una en Resistencia y la otra en Santiago del Estero.

Un proyecto de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) tomará datos durante tres meses del Norte de Argentina -entre otros países- para mejorar los futuros pronósticos de la región. La iniciativa denominada por su sigla V.A.M.O.S. cuenta con uno de los dos aviones caza-huracanes norteamericanos para espiar peligrosos sistemas de nubes responsables de no pocas catástrofes en la zona. La nave también oteará una corriente de aire húmedo proveniente del Amazonas, que produce lluvias en la Cuenca del Plata. En tierra firme, por su parte, se lanzarán radiosondas y se instalarán cientos de pluviómetros para medir la precipitación. Todos los datos de nuestro país serán centralizados en el CIMA y el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la FCEyN de la Universidad de Buenos Aires. Otros cuatro países también participan del experimento financiado por organismos mundiales.

“Desde noviembre de 2002 hasta febrero de 2003 se registrarán diferentes indicadores que contribuirán a mejorar las futuras predicciones del tiempo y del clima”, asegura la doctora Matilde Nicolini, investigadora responsable en Argentina de esta iniciativa, en la que también participan Bolivia, Paraguay, Perú y Brasil. “Una medición más completa permitirá entender y pronosticar mejor los alertas me-

eteorológicos. De este modo se podrá prevenir a la población de los eventos climáticos severos que suelen causar millonarios daños económicos e incluso pérdidas de vidas humanas”, observa la investigadora Carolina Vera, la única argentina

## Información por doquier

Una red de 600 pluviómetros nuevos en Sudamérica, la mitad de ellos diseminados por el norte y litoral de Argentina permitirá medir las precipitaciones. “Si bien durante tres meses se llevarán los registros, los aparatos tienen una vida útil de dos años, es decir que si la gente lo desea puede continuar la medición”, precisan las investigadoras.

No sólo es importante contar con colaboración voluntaria de los pobladores, sino también conocer de antemano cuál es la situación en las diferentes provincias. “Por ejemplo, la administración provincial del Agua del Chaco y la Subsecretaría de Recursos Naturales de Formosa ya cuentan con redes pluviométricas y afortunadamente han aceptado colaborar con entusiasmo en el experimento. Es crucial saber estas situaciones para no superponer instrumental, y sumar los que existen con los pluviómetros que el experimento proporciona”, subrayaron.



que integra el panel internacional de VAMOS (Variability of American Monsoons System), programa dependiente de la OMM. "Medir mejor es costoso y excede los recursos de un solo país. Por este motivo, este experimento realizado conjuntamente por cinco naciones y financiado en gran parte por organismos internacionales, brinda una oportunidad única", añade la especialista desde el centro donde será la base de operaciones de esta investigación que cuenta con el aporte del Servicio Meteorológico Nacional, de diversos organismos provinciales e internacionales y de los que deseen sumar su colaboración voluntaria.

### ¿Cómo será el estudio?

Este experimento tiene tres patas. Dos de ellas basadas en tierra firme como la instalación en el país de 300 pluviómetros, junto con el lanzamiento diario de dos radiosondas y no menos de doce globos pilotos en distintos puntos estratégicos.

El tercer aporte proviene del cielo, en todo sentido. "La agencia norteamericana NOAA (Administración Nacional Atmosférica y Oceánica) dona 100 horas de vuelo de uno de sus dos únicos cazahuracanes, lo que equivale a 400 mil dólares", indica la doctora Celeste Saulo, responsable del proyecto de medición en Argentina. Esta vez, el avión WP-3D -equipado con radares en la trompa, cola y fu-

### Base de datos



Santa Cruz de la Sierra, en Bolivia, es el corazón del fenómeno meteorológico y también de la campaña. Allí, por ejemplo, aterrizará y despegará el avión cazahuracanes norteamericano. Y será el epicentro del proyecto mundial, a donde se enviarán todos los datos recogidos por las distintas bases en los diferentes países participantes del experimento. En Argentina toda la información del país será centralizada en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y el CIMA de la FCEyN, pabellón 2 (2 piso) de la Ciudad Universitaria. Tel. 4787-2693 todos los días de 9-18hs, o a [salljex@at.fcen.uba.ar](mailto:salljex@at.fcen.uba.ar).

selaje e instrumental de alta precisión- no alcanzará huracanes sino que sorteará riesgosos sistemas nubosos donde se registran precipitaciones torrenciales, granizos, descargas eléctricas y hasta tornados. Es más, estos sistemas, llama-

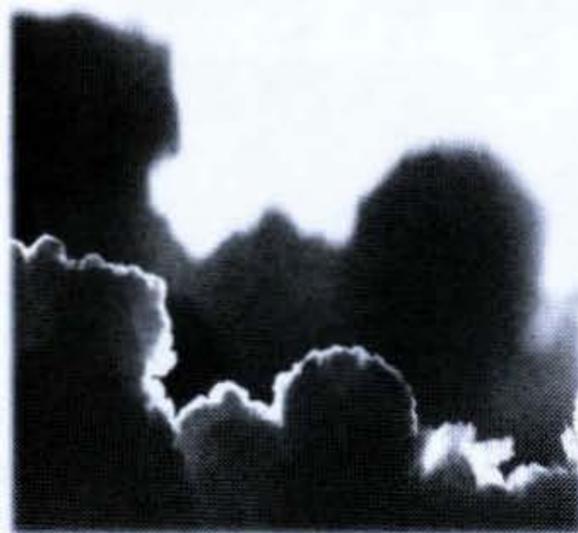
dos convectivos, son tan peligrosos que no serán atravesados por el avión sino que éste volará a través de flancos. "Argentina es uno de los pocos lugares en el mundo con estos sistemas tan violentos y de gran magnitud que pueden provocar verdaderas catástrofes", coinciden en resaltar.

No sólo datos de este verdadero infierno aportará este caza-huracanes que llevará a bordo a no más de 12 personas -entre experimentada tripulación y científicos invitados-, sino que sobrevolará un curioso fenómeno denominado *Low Level Jet*. Se trata de un chorro de aire húmedo que sopla como mínimo a 42 kilómetros por hora provocando lluvias a su paso. Esta masa de aire ubicada a los mil metros de altura viene de lejos, más precisamente del Atlántico tropical. Estos vientos cálidos y húmedos ingresan a través del Amazonas, se topan con la Cordillera de los Andes y se desvían hacia la Cuenca del Plata.

"Conocer a fondo sus características permitirá predecir mejor las precipitaciones, que en general registran su peor intensidad por la noche. Esto es raro porque en el Amazonas ocurren por la tarde. Si bien existen hipótesis al respecto, este experimento aportará una información crucial", subraya Vera.

### En tierra firme

Durante los tres meses de la prueba serán lanzadas dos radiosondas por día,



### Monzón autóctono

Contra lo que habitualmente se cree, no sólo Asia sufre monzones, es decir lluvias torrenciales en verano y estación seca en invierno, sino que América tiene el suyo. "Las características monzónicas son muy evidentes desde el Amazonas hasta el norte de Argentina, pero extrañamente en la zona noreste de nuestro país llueve todo el año", indica Carolina Vera. Entre los motivos de esta rareza, las teorías apuntan a señalar al fenómeno *Low Level Jet*, es decir un chorro de aire húmedo proveniente del Atlántico tropical que causa lluvias en la Cuenca del Plata. "Este experimento permitirá entender el monzón sudamericano, cómo ingresa el vapor de agua a la Cuenca del Plata, cómo impacta en la hidrología de los ríos, entre otras cuestiones".

### Pasado promisorio

El Programa Mundial de Investigación del Clima a cargo de organismos internacionales sabe que la atmósfera no tiene fronteras y sus experimentos abarcan grandes regiones con diversos países involucrados. ¿Un ejemplo? "Durante diez años estudiaron el fenómeno climático de El Niño que se concentra en el Pacífico Tropical: instalaron boyas de medición desde la costa este de Asia hasta la costa oeste de Sudamérica", describe la investigadora Carolina Vera mientras muestra en el mapa la larga lista de puntitos que simbolizan las boyas a lo largo de kilómetros de extensión. "Esto resultó muy costoso y difícil de mantener porque son zonas con tormentas terribles, además no falta piratería porque el instrumental es valioso y por otra parte son combatidos por los pesqueros porque les molesta para realizar sus tareas", indica. Pese a todas las dificultades, los resultados de esta prueba en la que cooperaron diversos países no se hicieron esperar. "Cuando nuevamente se produjo El Niño en el 97 y 98 se pudo pronosticar el fenómeno con seis meses de anticipación y se elaboraron alertas meteorológicas más precisas", relata.

una en Resistencia y otra en Santiago del Estero. Este instrumental equipado con sensores de temperatura, humedad, presión y un GPS para brindar la ubicación, cuesta 200 dólares y se puede usar una única vez porque luego se pierde en el aire. Argentina antes arrojaba 10 por día, ahora solamente una debido a la crisis.

Otras de las fuentes de información de este estudio son los globos pilotos que miden la velocidad del viento. En 5 ó 6 lugares del país se lanzarán de 2 a 8 por día de acuerdo con las necesidades, según evaluaron.

En tanto, para medir las precipitaciones se instalarán pluviómetros a unos 50 kilómetros de distancia. "La idea es contar con la ayuda de pobladores de la zona en la tarea de recolección de datos", indican. ¿En qué consiste la labor? Todos los días, el voluntario mide la lluvia acumulada en el pluviómetro, lo vacía y anota el dato en una planilla que luego será retirada por algún maestro, policía o quien tome la posta. Esta propuesta ya cuenta con antecedentes. Durante una experiencia piloto en Bolivia, se logró una colaboración importante por parte de caciques de



tribus aborígenes y de pobladores rurales. Algunos no sabían leer, en estos casos junto con el pluviómetro se entregaba un papel idéntico para que allí dibujaran hasta dónde había caído la lluvia.

Cada uno, a su modo, aportará su parte desde el cielo y la tierra para este desafío que durará tres meses pero sus resultados perdurarán más allá. "Para predecir mejor, hay que medir mejor", insisten las investigadoras sin ocultar su entusiasmo ante esta posibilidad de contar en el futuro con un mayor caudal de información para afinar los pronósticos meteorológicos. Es que este experimento aportará un conjunto de datos de la zona norte argentina con una frecuencia temporal y una distribución espacial única. Es decir, una lluvia de datos jamás registrada. ■

Las enseñanzas del Maestro Ciruela

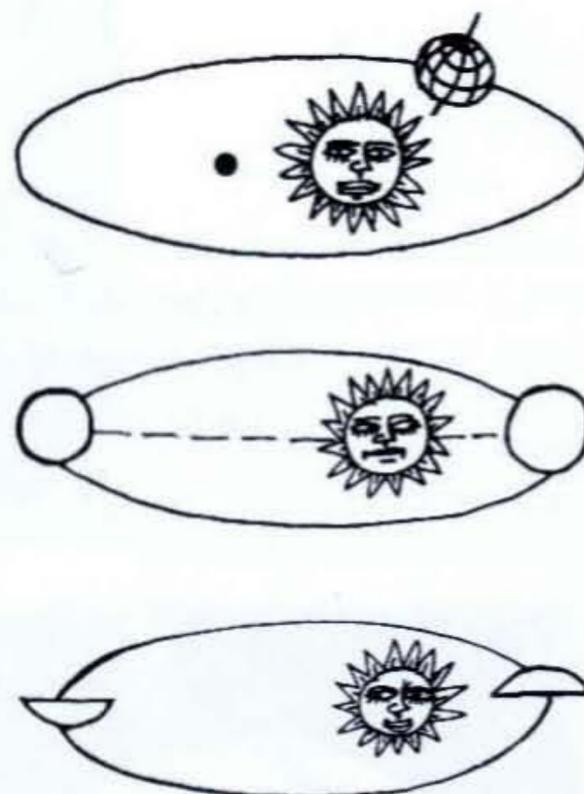
La conspiración de los informados

A veces pienso que la información es un arma despiadada cuando está en poder de los apresurados. A veces, pienso, la información tapon a al conocimiento. Miren si no. Un día arremetí en el aula con esta pregunta: ¿Cuánto vale el período de rotación de la Tierra alrededor del Sol? Cada uno respondió en un papelito, yo los recogí y leímos las respuestas. Muchos escribieron "no sé". Me alegré por la sinceridad. Un grupo nutrido respondió "24 horas", y otro menor "1 día". El grupo mayoritario escribió "365 días". Un par de eruditos anotaron con caligrafía desenvuelta "365 días y 1/4". ¡Uno sólo, entre los cuarenta y pico que eran, escribió simple y correctamente "un año"!

En otras oportunidades tuve que soportar detalladas explicaciones sobre la ingravidez del vacío: hay quienes pretenden que en el vacío los cuerpos son ingravidos y para explicarlo hacen esforzadas ensaladas

con botellas de Newton, naves orbitantes y viajes interestelares. Si no, nos presentan una historia que explica la cara oscura de la luna, el fuego solar, y toda una sarta de idioteces que no son invento puro sino diabólicas construcciones que los informados se afanan en esparcir.

Pero la frutilla de la torta, la que a mí más me impresiona, es la que disparan los informados ante esta sencilla pregunta: ¿por qué se producen las estaciones? Son muchas (quizás demasiadas) las personas que atribuyen el fenómeno a la excentricidad de la órbita terrestre. Los más informados suelen agregar: "la órbita terrestre es una elipse (elip-se) y la Tierra ocupa uno de sus focos. Luego, cuando la Tierra se acerca al Sol, en el perihelio, estamos en verano, y en el afelio -el tránsito más alejado- en invierno". Es extraño que ninguna de estas personas se dé cuenta de que tal explicación es incoherente con la realidad por todos conocida de



que cuando en el hemisferio norte es verano en el sur es invierno y viceversa. Es que creerán que los hemisferios giran en torno al Sol separadamente. ¿Creerán vivir en una Tierra partida?

¡CRASH!

Dos automóviles, de una tonelada cada uno, están por chocar de frente. Ambos marchan a 10 m/s. Si suponemos que el choque es totalmente plástico, el amasijo final habrá acumulado una energía de 100.000 Joules (pobrecitos los ocupantes). Así son los hechos. Pero... que tal si imaginamos (sólo imaginamos) que uno de los dos vehículos se hallaba detenido y el otro avanzaba hacia él a una velocidad de 20 m/s? (Es decir estudiemos el asunto desde un sistema de referencia fijo a uno de los dos automóviles). Según las leyes del movimiento relativo, esta consideración es exactamente igual a la anterior. Pero en este caso el amasijo se produce con una energía de 200.000 Joules. ¿Parece contradictorio, verdad? Por las dudas: si usted inevitablemente ha de chocar de frente, imagine -aunque sea en el último instante- que el encuentro se producirá de modo tal que ambos vehículos tengan la misma velocidad. ¡Y así los daños serán menores!



Explicación

La diferencia en la energía del choque aparece porque el sistema de referencia fijo a uno de los autos sigue moviéndose también después del choque. El amasijo entre los incantos, que quedó detenido en el pavimento, se sigue moviendo respecto del sistema de referencia elegido y consume 100.000 Joules de energía.

Frases Imperdibles

«Sabemos muy poco, y sin embargo es sorprendente que sepamos tanto, y es todavía más sorprendente que tan poco conocimiento nos dé tanto poder»



Bertrand Russell, Matemático y filósofo galés (1872-1970)

Plásticos biodegradables

# De la tierra vienes y en la tierra te desintegrarás

por Federico Kukso\*  
fedkukso@hotmail.com

*Un equipo de científicos de la UBA desarrolla plásticos que se desintegran en el suelo luego de treinta días de ser enterrados. La novedad es que estos plásticos se producen a partir de una bacteria muy común en los campos argentinos. Piel sintética e hilos de sutura son algunos de los productos derivados de estos bioplásticos.*



Existen en diversas formas y tamaños. Son maleables, livianos y están prácticamente en todas partes. Y tienen una peculiar característica: resisten en el tiempo. Los plásticos son derivados del petróleo y de gran utilidad para la construcción y el consumo pero a la hora de desecharlos se convierten en un problema: tardan entre cien y mil años en degradarse en el suelo y así constituyen una amenaza más que importante para el medio ambiente. Ante esta situación, un equipo de científicos de la Universidad de Buenos Aires logró desarrollar plásticos biodegradables, que se descomponen totalmente a treinta días de ser enterrados. El secreto está en las bacterias *Azotobacter chroococcum*, un microorganismo muy común en los campos argentinos.

“La idea surgió en 1991 cuando, como consecuencia del aumento de la contaminación ambiental, decidimos investigar la biodegradabilidad de los polímeros”, afirma la química Silvia Miyazaki, investigadora del Conicet y profesora adjunta de la cátedra de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la UBA.

El proceso de fabricación de estos bioplásticos, conocidos como polihidroxialcanoatos o PHA, comienza con el aislamiento de la bacteria, totalmente inocua y sin modificaciones genéticas. A estos microorganismos se los *alimenta* con melaza de caña de azúcar en tanques de fermentación de seis litros de capacidad y, a medida que las bacterias se duplican, empiezan a acumular el poliéster (plástico) dentro de su célula como material de reserva, de la misma manera que el ser humano acumula lípidos. A los cinco días de fermentación, las bacterias producen casi un 80 por ciento de su peso en el material. Luego, se centrifugan y se extrae el poliéster en forma de polvillo, ya exento de bacterias. De ahí, se pasa a una extrusora, una máquina en la que con aire caliente se lanza el compuesto a un molde para confeccionar láminas y paneles plásticos.

El resultado es un material con las mismas propiedades fisicoquímicas que los plásticos convencionales. Con una salvedad, claro: son totalmente biodegradables ya que se descomponen en dióxido de carbono y agua luego de treinta días de ser enterrados en el suelo. “La ventaja que tienen estos plásticos, además de su total desintegración, es que son completamente atóxicos, termoplásticos y altamente resistentes a los

cambios de temperatura”, afirma Miyazaki. Y agrega: “Si varió el peso molecular y regulo la cantidad de monómeros (moléculas sencillas que tienen la propiedad de encadenarse entre sí) en la cadena molecular, puedo cambiar sus propiedades mecánicas y obtener plásticos más rígidos, como para hacer botellas, o más flexibles, para obtener bolsas de residuos”.

Una de las aplicaciones más próximas de estos plásticos no contaminantes se encuentra en la agricultura y la agroindustria. Se los puede usar en envases de agroquímicos o embalajes de alimentos terminados, acolchamiento (mulching), protección de cultivos de heladas, impermeabilización de embalses, tuberías de riego y drenaje, entre otros tantos destinos posibles.

### Un material revolucionario

La palabra plástico proviene del griego *plastikos*, que significa moldeable. Son materiales constituidos por largas cadenas de moléculas llamadas polímeros, a la vez formados por grandes moléculas (macromoléculas) encadenadas.

El primer plástico surgió como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos, cuando se ofrecieron diez mil dólares a quien produjera un sustituto del marfil para la fabricación de bolas de billar. El premio lo ganó John Hyatt, quien inventó el celuloide disolviendo celulosa, un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol.

A lo largo de las décadas siguientes aparecieron de forma gradual más variantes de este material que revolucionaría la construcción, la moda y el transporte. En 1930, surgió el nailon y el acrílico. En 1940, el poliéster y el plástico de mayor uso en la actualidad, el polietileno.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la producción de polímeros a gran escala se aceleró y, salvo por una pequeña caída durante la crisis del petróleo de 1973, no dejó de crecer desde entonces. La elaboración mundial de plástico se incrementó de las cinco millones de toneladas producidas en 1950 hasta cerca de 80 millones en 1997. Hoy, aproximadamente el 60 por ciento del plástico se usa en empaques, desechados antes del año de uso.

Si bien existen más de cien tipos de plásticos, los más comunes son sólo seis: PET (polietileno tereftalato), utilizado en envases de gaseosas y cintas de video y audio, PEAD (polietileno de alta densidad), PVC (cloruro de polivinilo) para hacer caños y envases de aceite y bebidas sin gas, PEBD (polietileno de baja densidad) con el que se hacen bolsas de residuos, PP (polipropileno), material de las jeringas descartables, y PS (poliestireno) para producir platos, cubiertos, bandejas descartables.

### El palo en la rueda

“El hombre buscó un material que durase en el tiempo, y lo logró. Ahora debe encontrar una forma de degradarlo”, manifiesta la investigadora quien dirige el equipo compuesto por cinco científicos.

Silvia Miyazaki, que cuenta con un doctorado en agronomía, durante siete años estudió en Japón la síntesis de aminoácidos y aprendió las técnicas con las que hoy desarrolla los plásticos biodegradables de origen bacteriano.

El proyecto que dirige Miyazaki, subsidiado por la Unión Europea y la Universidad de Buenos Aires, cuenta con ciertos obstáculos para emprender una producción masiva de estos nuevos materiales. “Los costos -explica la científica- todavía no dan. A nivel mundial son el doble de lo que cuestan los plásticos convencionales, especialmente por la materia prima”. Sin embargo, no pierde la esperanza: “como nosotros utilizamos la melaza, nuestros costos últimamente bajaron muchísimo casi equiparándose a los del plástico convencional”.

Otro inconveniente es la capacidad de las máquinas en la que se cocinan los plásticos. Frente a los fermentadores de seis litros de capacidad con que cuenta el laboratorio, los utilizados en las grandes fábricas de plástico convencional varían entre mil y diez mil litros de capacidad.

Entretanto, los científicos vislumbran nuevas aplicaciones para sus productos en un área con mayor impacto social que la agricultura: la medicina. Junto a investigadores del Hospital Italiano desarrollan piel sintética e hilos de sutura a partir de los bioplásticos. “Desarrollamos una variante de estos compuestos, completamente atóxicos, que se ponen sobre las heridas y lentamente se degradan mientras las células humanas van creciendo”, explica la investigadora. Además, pueden utilizarse para la liberación lenta de fármacos de forma subcutánea.

“La idea es que en un futuro estos plásticos biodegradables lleguen a reemplazar a los convencionales”, afirma con esperanza Miyazaki. La tarea no es fácil: ni productores ni consumidores conocen las alternativas. Y peor aún: “muchos creen que bacteria es sinónimo de enfermedad, y eso es totalmente falso”, asegura la investigadora.

El petróleo dentro de muy pocos años comenzará a escasear y, quizás, sus derivados paulatinamente se irán encareciendo. Entonces, esta alternativa posiblemente acabará por reemplazar al contaminante y no perecedero plástico convencional, ya que, como Miyazaki sentencia, “la necesidad es la que obliga, siempre”. ■

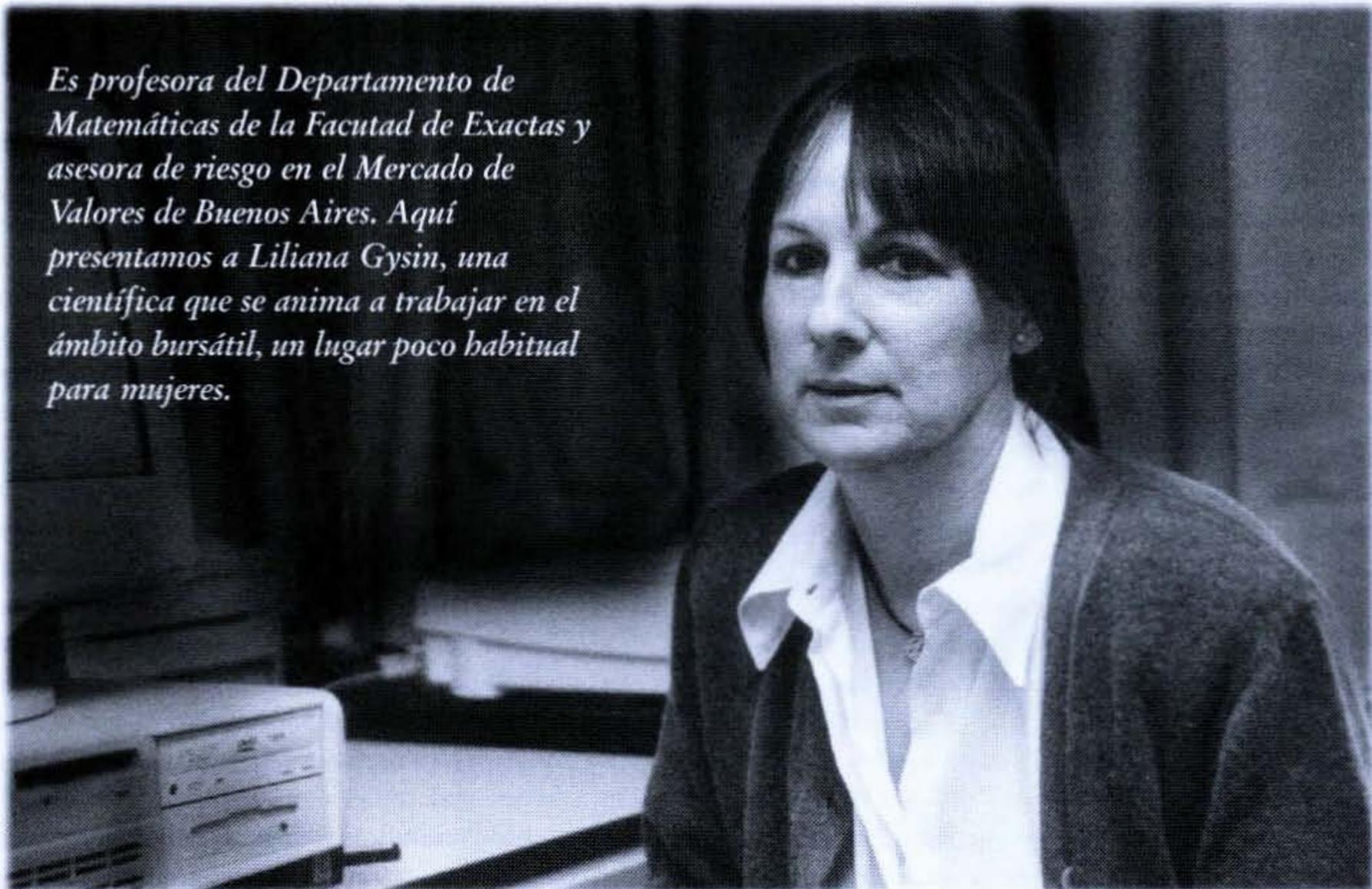
\* Estudiante de Ciencias de la Comunicación, UBA. Alumno del Curso de Periodismo Científico 2002 de la FCEyN - UBA

Liliana Gysin

# La mujer de la Bolsa

por Verónica Engler  
vengler@bl.fcen.uba.ar

*Es profesora del Departamento de Matemáticas de la Facultad de Exactas y asesora de riesgo en el Mercado de Valores de Buenos Aires. Aquí presentamos a Liliana Gysin, una científica que se anima a trabajar en el ámbito bursátil, un lugar poco habitual para mujeres.*



- ¡Portate bien, o llamo al hombre de la bolsa! -Con esta frase, hace algunas décadas, los adultos solían atemorizar a los infantes para lograr que fueran obedientes bajo amenaza.

Por suerte, hoy en día pocos padres acuden a este tipo de imágenes simbólicas para lograr que su prole no haga demasiadas travesuras mientras crece. Sin embargo, en la actualidad, el "hombre de la bolsa" suele atemorizar a los mayores. Pero en este caso no se trata de un homínido secuestrador de niños, sino de caballeros trajeados que circulan por la city porteña comprando y vendiendo acciones al mejor postor. El Mercado de Valores es el mar de adrenalina en el que día a día se sumergen estos hombres que, para el común de la gente, representan a esa entidad fantas-

magórica que es el "mercado".

Sí, definitivamente la tierra de las finanzas está llena de hombres, y una gran mayoría de ellos provienen del campo de la economía. Por eso Liliana Gysin es doblemente rara en la arena bursátil: es mujer y matemática. Pero ella considera que esa sensación de extrañeza que puede producir su presencia -por fémica y científica- en el ámbito de las finanzas, poco a poco va desapareciendo. Tanto las damas como quienes provienen de las llamadas "ciencias duras" van hallando puestos estratégicos en los mercados de valores de todo el mundo. Esta es la tendencia que Gysin, egresada de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA, ha comenzado a observar en los últimos años.

## Letras y números

La imagen de esta "mujer de la bolsa" no atemoriza, se ve firme y a la vez dócil. Su vestimenta y el escaso maquillaje que hay sobre su rostro marcan un estilo sobrio, que se acentúa cuando su voz se dispone a desandar el recorrido que la llevó hasta esa oficina luminosa del Instituto Argentino de Mercado de Capitales (IAMC), en donde se desempeña como asesora de riesgo.

Mientras enciende un cigarrillo, sus ojos celestes miran hacia adentro y hacia el pasado para recordar a una de las personas que más la marcaron en su paso por la Facultad y por quien aún siente una gran admiración: el profesor emérito de la UBA Luis Santaló. "Es quizás uno de los pocos grandes matemáticos que yo conocí más

de cerca, y tenía esto que tienen casi todos los grandes, que es esa humildad, ese sentarse al lado del estudiante, y plantearle algún problema para estimularte a resolverlo como si él no supiera cómo hacerlo. Después te dabas cuenta de que a él le había salido mucho antes, pero no importaba, esa era su forma sencilla y humilde de ayudarte a aprender”, rememora la profesora de matemáticas.

Cuando finalizó el secundario, a principios de los años 70, Gysin ya tenía cierta orientación vocacional hacia las matemáticas, y fue su hermano, estudiante de química en aquel momento, quien la condujo hasta la puerta de la FCEyN, donde haría primero el profesorado de matemáticas. Luego de casarse, y mientras criaba a sus tres hijos junto a su esposo, continuaría con la licenciatura y el doctorado.

Aparte de su afición por los números, la asesora de riesgo desde muy joven cultivó su amor por las letras —como lectora y como escritora—, algo que le permite no sólo poder escribir material bibliográfico sobre la enseñanza de las matemáticas, sino también poesías de vez en cuando. De hecho, Gysin pasó la segunda mitad de la década del 90 dedicada a redactar material pedagógico y didáctico en el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, luego de que saliera la Ley Federal de Educación.

### Algo de historia

Para hacer honor a la verdad, habría que decir que la relación de Gysin con los quehaceres financieros comenzó en su más tierna infancia, cuando observaba el trajinar acelerado de su padre, agente de bolsa, quien la inició, casi sin darse cuenta, en el *métier* de la compra y venta de acciones.

Pero fue recién al regresar de Alemania, a mediados del año 92, luego de una

estadía de más de dos años en Europa, cuando ella empezó a realizar trabajos de asesoría para el Mercado de Valores local, lo que no le impidió continuar desempeñando una de las tareas que más placer le dan: la docencia. “A mí me gusta muchísimo dar clases, cuando estaba en Alemania, era lo que más extrañaba de Argentina”.

Mientras su marido —físico— realizaba su post-doctorado en Bonn y sus hijos iban a la escuela, Gysin tomaba clases, daba conferencias, seminarios y realizaba trabajos de investigación. Aquellos años en tierras germanas marcaron profundamente a toda la familia, no sólo porque tuvieron la posibilidad de relacionarse con personas de diversas culturas, sino porque estuvieron en el momento y en el lugar justos para poder presenciar uno de los hechos que cambiarían la historia de la humanidad: “Fue una experiencia muy interesante porque fue justo cuando cayó el Muro de Berlín. Se notaba esa mezcla de miedo que tenían algunos, los que estaban de acuerdo y los que no”. El mundo, entonces, abandonaba su geografía bipolar mientras algunos profetas del Tercer Milenio decretaban el fin de la Historia.

### Por el camino del borracho

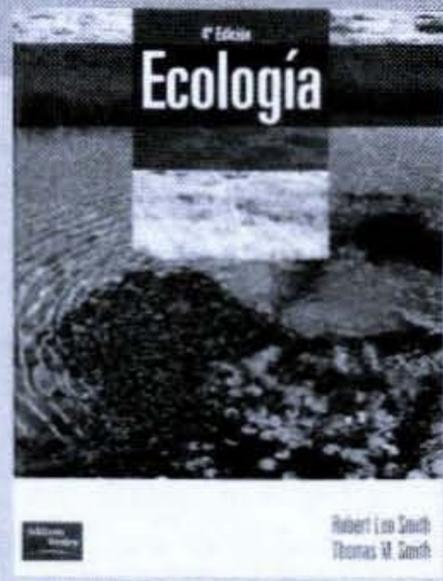
Cuando un borracho va a dar un paso no se acuerda cómo dio el paso anterior. Esa misma carencia de “historia” reciente es lo que de alguna manera define el proceso estocástico. Este tipo de procesos juegan un papel fundamental en cualquier tema de aplicación donde sea necesario considerar modelos matemáticos que tomen en cuenta factores aleatorios, porque es una técnica de análisis de datos que predice resultados en base a probabilidades. “Las variables aleatorias tienen suficiente información ellas como para no

necesitar saber su historia, por eso se llama ‘el camino del borracho’ a este tipo de cálculos muy útiles para utilizar en el mercado de capitales”. Gysin destaca a los modelos estocásticos como una de las herramientas más potentes que tiene un matemático a la hora de ingresar en el terreno de las finanzas.

Si bien esta parece una zona fértil para los científicos, también se trata de algo completamente diferente a lo que una persona egresada de la FCEyN se puede imaginar como investigación aplicada. “Los tiempos de trabajo son distintos, en la Facultad vos te manejas con tus tiempos: lees, buscás, te equivocás, es algo que vos manejas en función de las ganas, no es que trabajes menos o más, pero vos manejas el ritmo. Acá el ritmo te viene impuesto desde afuera”. El tema del manejo del tiempo es una de las grandes diferencias que Gysin puede observar entre el trabajo académico y el que realiza en el Mercado de Valores. La rapidez es uno de los requisitos diarios para actuar en el ámbito bursátil. Otra de las cuestiones que la matemática destaca es el problema comunicativo, los interlocutores en la city no suelen ser científicos, y si lo son, provienen de las ciencias económicas. “La primera vez que me senté a charlar con un economista me parecía que era un chanta, que no me estaba diciendo nada. Eso me pasó en el ministerio también, después uno tiene que aprender a escuchar, porque hablan de otra forma. Te lleva mucho tiempo poder empezar a entenderte con el otro”, advierte Gysin, quien con años de práctica ha logrado desarrollar nuevas aptitudes para el diálogo, y aclara: “No se trata de que un lenguaje sea mejor que el otro, sino de que son diferentes. Uno va adaptando su lenguaje a un lenguaje grupal, pero es un aprendizaje muy interesante”. ■

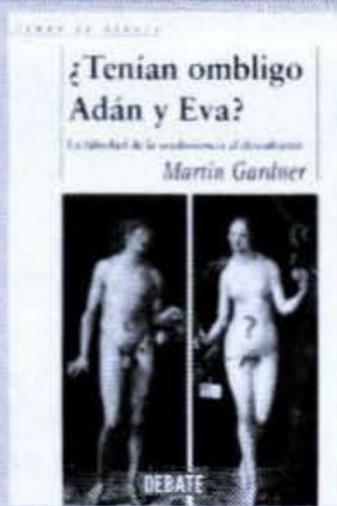
**Ecología 4ª Edición**

Robert Leo Smith, Thomas M. Smith  
Addison Wesley  
Madrid 2001, 664 páginas.



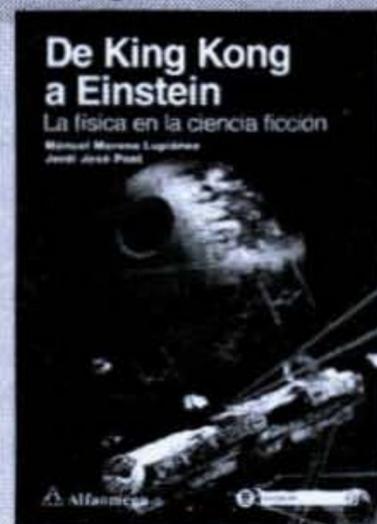
**¿Tenían ombligo Adán y Eva?**

**La falsedad de la pseudociencia  
al descubierto**  
Martin Gardner  
Madrid, 2001  
Editorial DEBATE, 399 páginas.



**De King Kong a Einstein**

**La física en la ciencia ficción**  
Manuel Moreno Lupiáñez  
y Jordi José Pont  
Bogotá, 2001  
Alfaomega, 864 páginas.



*Ecología* es un libro de texto ideal para al estudio de la ecología general. Contiene una introducción a la ecología, una descripción de las condiciones abióticas del medio y de la interacción de los organismos con el ambiente, y partes dedicadas a las poblaciones, a las comunidades y a los ecosistemas, concluyendo con una completa guía de los tipos de ecosistemas existentes. Especialmente preparado para estudiantes universitarios, cada capítulo comienza con la enumeración de los objetivos temáticos, y concluye con un resumen y preguntas de repaso.

En esta 4ta edición de *Ecología*, Smith y Smith introdujeron no sólo actualizaciones, sino cambios respecto a la organización y estilos anteriores, logrando hacerlo más accesible. Se acortó el texto y se modificó su énfasis reflejando el objetivo principal del libro. La información cuantitativa se encuentra en la sección "Cuantificando la ecología". Además, una nueva sección de ecología aplicada al final de cada parte del libro, muestra al lector la importancia que tiene para la vida real los conceptos de ecología que se han aprendido. La excelente edición en tapa dura, la gran cantidad de fotos y las ilustraciones a cuatro colores hacen de este libro un objeto muy atractivo, que invita a adentrarse en el fascinante mundo de la ecología.

Las teorías más ridículas, las creencias más absurdas, las prácticas más grotescas tienen millones y millones de adeptos en todo el mundo. Y su número va en aumento. Pero por suerte los seres racionales, los amantes de la lógica, los científicos y los escépticos tienen con qué divertirse: *¿Tenían ombligo Adán y Eva?* es un libro desopilante.

En los 30 artículos que componen su obra, el prolífico Martin Gardner nos propone un entretenido recorrido por otras tantas aventuras de la estupidez humana. Desde los fundamentalismos religiosos, hasta el relativismo posmoderno, pasando por la teoría freudiana de los sueños, la creencia en los ovnis, la Nueva Era y la reflexología, Gardner no deja títere con cabeza, apelando nada más que a una pequeña cuota de sentido común. Esa es la única arma que usa y la única que necesita.

Este libro desafiante y provocador, en que el autor no disimula su indignación ante las falsedades y patrañas intelectuales, es el último de una saga de más de 70 libros dedicados a la divulgación de la ciencia, el análisis de los más variados temas relacionados con la ciencia y la tecnología, y sobre todo, la refutación de la pseudociencia. Y sin duda alguna en esta pieza, *¿Tenían ombligo Adán y Eva?*, Martin Gardner pone todo su oficio.

Clark Kent nunca hubiera imaginado que su probabilidad de padecer hemorroides pudiera llegar a analizarse en un texto tan erudito como *De King Kong a Einstein*. Moreno y José, dos doctores en física, expertos en cuestiones cosmológicas, han perpetrado este atentado contra el aburrimiento valiéndose del inocente Terminator y la glamorosa princesa de La Guerra de las Galaxias.

La ciencia ficción, desde Flash Gordon hasta Jurassik Park, ha sido pródiga en ideas y fantasías científicas, generalmente contrarias a las leyes del universo. En este libro se convierte en excusa para una inolvidable lección de física. Que quede claro: los autores no critican la ciencia ficción, la aman, la disfrutan, y en esta oportunidad hacen con ella un recorrido entretenido e imaginativo por todos los temas de la física. No hay área de la ciencia del universo, desde la mecánica de fluidos hasta las fuerzas nucleares, que no sea tratada simple y didácticamente para analizar alguna proeza del super-héroe que le toque en gracia.

El trabajo de investigación es formidable, la minuciosidad y los detalles con que nos presentan los ejemplos del comic, la novela, la televisión y el cine no dejan lugar a dudas sobre el gozo por la fantasía que Moreno y José no yerran en entregarnos.

## Un golpe a los libros Represión a la cultura durante la última dictadura

Hernán Invernizzi y Judith Gociol

Buenos Aires 2002

Eudeba, 360 páginas.

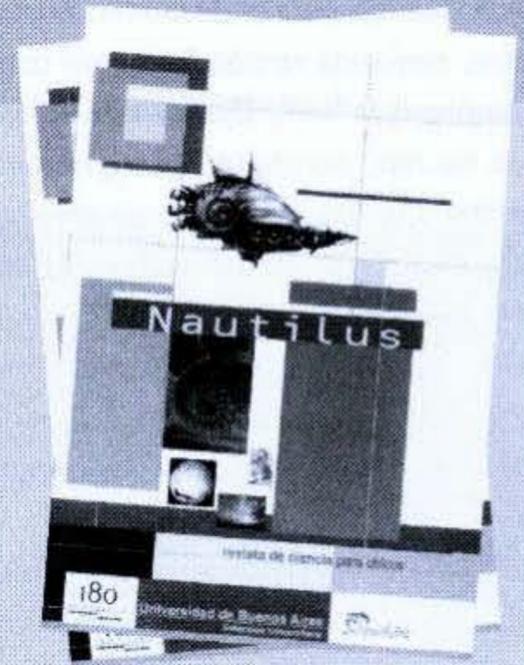


Con ciertos temas uno nunca termina de perder la capacidad de asombro y *Un golpe a los libros* colabora ampliamente para eso. En realidad, el verdadero origen del asombro es la última dictadura militar, cuya política de represión cultural es el objeto de este libro.

Nacido de la colaboración entre la Defensoría del Pueblo y la Dirección General del Libro y Promoción de la Lectura –ambos de la Ciudad de Buenos Aires– *Un golpe a los libros* es un excelente testimonio del plan sistemático que inició el gobierno de Videla utilizando las bases legales sentadas por el gobierno de Onganía. El material que reunieron Hernán Invernizzi y Judith Gociol para fundamentar la hipótesis de la existencia de un plan de aniquilación de la cultura “comunista” (eufemismo para definir casi todas las expresiones de la cultura), abunda en precisión y detalles, conjugando documentos oficiales, testimonios orales, artículos de intelectuales destacados, y un completísimo etcétera.

Desde libros de poesía y de enseñanza de idiomas, hasta publicaciones de ciencias y crítica cultural, casi nada escapó a la escrutinio tan metódica como irracional del Estado militar. Pero hoy se puede contar con detalles porque, como se ocupan en reconocer con amargura los represores, la guerra cultural no la ganaron las botas.

## Revista *Nautilus* *Hay ciencia para chicos*



Ya hace tres números que la revista *Nautilus* está cubriendo un espacio que la universidad había relegado: la divulgación dedicada a los más chicos. De la mano de su director y *alma mater*, el biólogo Eduardo Wolovelsky, el Centro Cultural Rector Ricardo Rojas, de la UBA, edita esta publicación dedicada a variedad de temas científicos. Lejos de estancarse en meras descripciones o en lo supuestamente noticioso, *Nautilus* avanza hacia terrenos que no sólo ayudan a descubrir sino también a pensar acerca del conocimiento.

Si alguien busca en la revista algún “¿sabías que...?” o, por qué no, un “había una vez...”, no lo va a encontrar. Entre los objetivos de este proyecto cuenta el de trabajar el discurso sin formas diferenciales que lo acerquen al “cuentito”, y sin por eso resignar la posibilidad de que el resultado sea entretenido.

¿Quién lee *Nautilus*? La pregunta la responde su director: “La revista la leen, en su mayoría, chicos de 10 a 14 años. Según pudimos sondear, muchas veces llegan a ella en forma autónoma, pero también tenemos el testimonio de padres que la comparten con sus hijos, y lo mismo para los maestros”.

Las notas, que van siendo testeadas con diversos chicos a medida de que se editan, están a cargo de profesionales de diversas áreas: ciencias, letras y filosofía, entre otras. El criterio con que se diseña la revista tiene una especial consideración. “Queremos que *Nautilus* sea una pequeña obra de arte –cuenta Wolovelsky–, por eso trabajamos con un artista plástico y vamos construyendo los diseños junto con los textos”. No está demás decir al respecto que *Nautilus* se imprime a todo color y con una excelente calidad de papel.

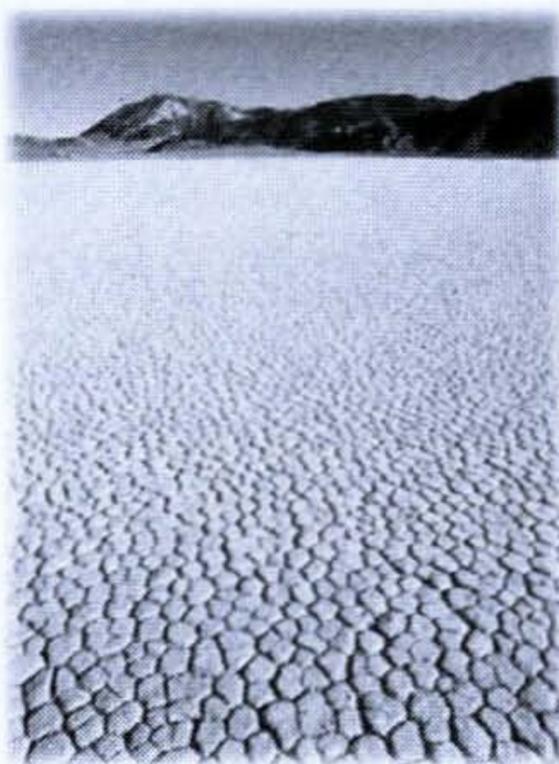
En el último número –que ya se encuentra disponible– puede leerse una nota que habla de la perseverancia en la investigación científica y trae a colación la figura de El Coyote, el incansable acechador del correccaminos. La sección Exploradores del conocimiento repasa el legado de dos exploradores que son mucho más que nombres de calles: Alexander Von Humboldt y Amado Bonpland. También hay información acerca de los mapas, en la sección Imágenes de la ciencia, y un viaje a la mítica biblioteca de Alejandría.

Quien quiera encontrarse con esta publicación por la más que módica suma de \$2.-, puede comunicarse con la siguiente dirección electrónica: [ubaprof@rec.uba.ar](mailto:ubaprof@rec.uba.ar).

## Cumbre fue la de Río

Esta vez le tocó a la sudafricana ciudad de Johannesburgo ser la anfitriona de la Cumbre para el Desarrollo Sustentable, conocida románticamente como Cumbre de la Tierra. Después de 9 días, y sus noches, donde no se escatimaron peleas, insultos, chicanas y aprietes, sus participantes (entre los que se cuentan 100 jefes de estado de todo el mundo) postularon un plan de acción mínimo y, por si fuera poco, no vinculante. Las dos medidas (posibles medidas) más importantes son: el aporte de la Comunidad Europea de 1400 millones de euros destinados a obtención de agua potable y saneamiento en Africa y Europa oriental y la ratificación del Protocolo de Kioto por parte de Rusia y Canadá. Lo que no se determinó es cuándo se efectivizarán esas medidas.

"Johannesburgo es parte de un pro-



ceso. Estamos creando un marco para el desarrollo sustentable. No se conseguirá de un día para el otro", declaró el secretario general de las Naciones Unidas, Kofi Annan, ante el malestar generalizado. La

impresión más clara es que nadie se fue satisfecho de la cumbre; y más todavía, muchos se fueron ofendidos. El blanco preferido de todos los insultos fue Colin Powell, el secretario de estado norteamericano, quien llevaba la voz cantante del país más contaminante del planeta. La recurrente posición de Powell —a quien le tocó hablar inmediatamente después del ovacionado representante palestino— de negarse a apoyar las medidas tendientes a disminuir la emisión de gases invernadero, generó tal abucheo por parte de diplomáticos y activistas de ONGs, que el cierre de su discurso se volvió inaudible.

En la lista de los más perjudicados están, una vez más, los países tercermundistas, que se fueron, en el mejor de los casos, con promesas imprecisas. Mucho menos de lo poco que se obtuvo en la anterior cumbre, en Río de Janeiro.

## A brotar, que es primavera

Exactamente la semana del 21 de setiembre, la revista *Nature* dio a conocer un trabajo de dos expertos en fisiología vegetal —uno argentino, el otro norteamericano— que descubrieron cómo hacen las plantas para saber cuál es el momento indicado para florecer. Los investigadores afirman que los vegetales se valen de un gen denominado *constans*, que les permite medir la cantidad de horas de luz del día.

"La clave ambiental que utilizan las plantas para florecer en el momento adecuado es el largo del día, que varía en forma predecible durante el año —explicó uno de los autores del estudio, el doctor Marcelo Yanovsky—. Cuando el día se alarga es sinónimo de que se viene la primavera; cuando se acorta, de que llega el otoño."

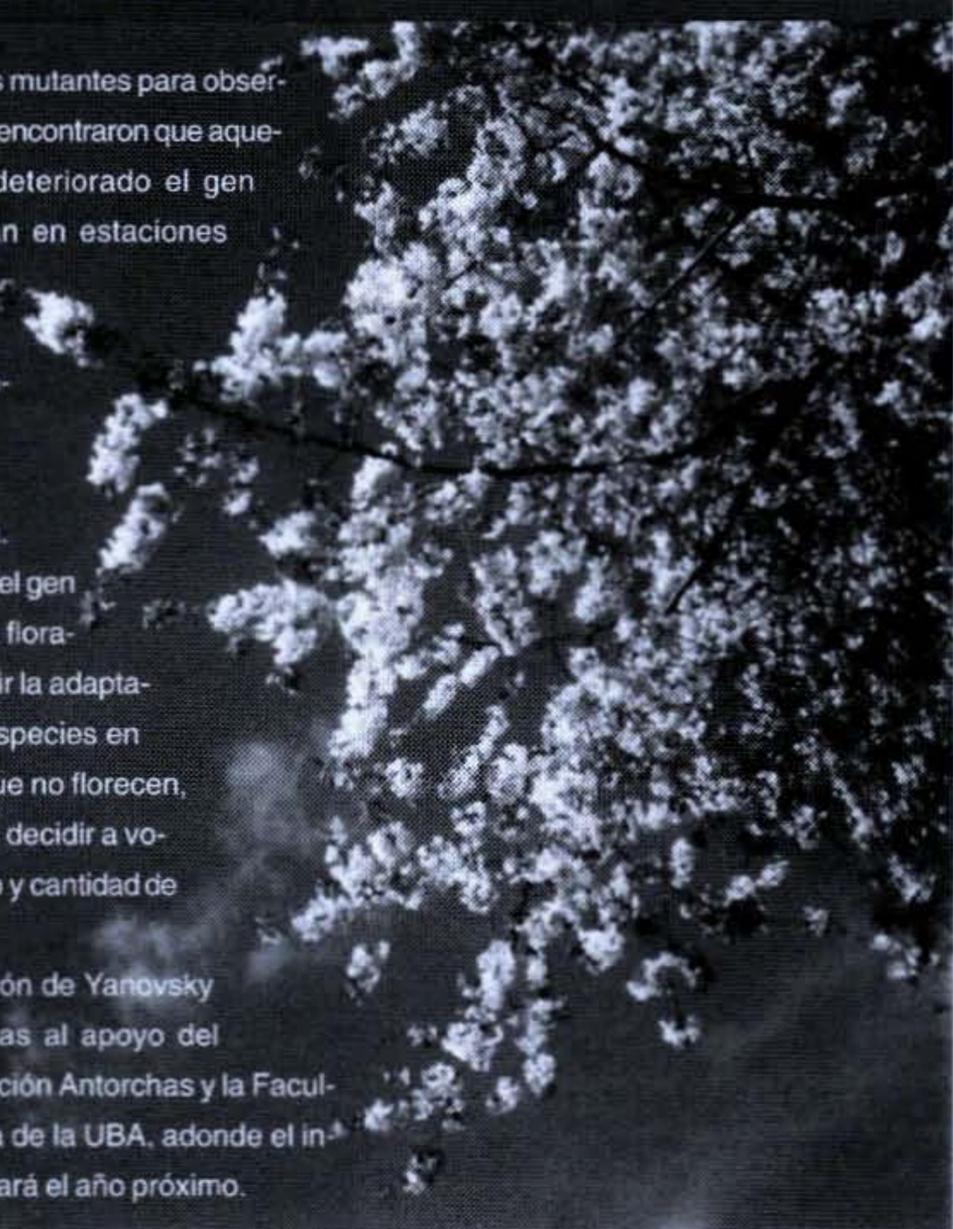
Yanovsky, de 33 años, doctor en Ciencias Biológicas de la UBA, realizó el descubrimiento en el Instituto de Investigación Scripps de San Diego, Estados Unidos, junto a su colega Steve Kay. Allí, los científicos

emplearon plantas mutantes para observar qué pasaba. Y encontraron que aquellas que tenían deteriorado el gen *constans* florecían en estaciones poco oportunas.

El descubrimiento tiene potenciales implicaciones de interés para la agricultura.

La manipulación del gen responsable de la floración puede permitir la adaptación forzosa de especies en regiones en las que no florecen, o la posibilidad de decidir a voluntad el momento y cantidad de floraciones.

La investigación de Yanovsky fue posible gracias al apoyo del Conicet, la Fundación Antorchas y la Facultad de Agronomía de la UBA, adonde el investigador regresará el año próximo.





## Nació la primera ternera clonada de la Argentina



Pampa, la primera ternera clonada de la Argentina, nació el 6 de agosto último, fruto de un proyecto de la empresa Biosidus, iniciado hace seis años. Sin embargo, los trabajos concretos comenzaron en marzo de 2001, cuando terminó de instalarse el laboratorio. "La rapidez con que se obtuvieron los resultados probablemente constituya un record mundial, teniendo en cuenta que sólo cuatro países realizaron experiencias similares", señala el doctor Lino Barañao, profesor de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y asesor del proyecto.

La idea es que este clon produzca, en su leche, proteínas humanas que serán transformadas en medicamentos de costo accesible. Y ahora se espera el nacimiento de vacas que son clones de Pampa y tienen incorporado un gen de la hormona de crecimiento humana (HGH). "Como la inserción es al azar, es necesario contar con un cierto número de animales -entre 15 y 20- para asegurar que varios de ellos produzcan más de un gramo por litro, que es el nivel adecuado para la purificación

comercial", afirma Barañao. Biosidus actualmente comercializa HGH producida en células animales de cultivo. Pero la extracción a partir de la leche de vacas transgénicas abaratará considerablemente el producto.

Por ser un clon, ¿Pampa está destinada a una vejez prematura? Barañao explica que el tema del envejecimiento de los clones deriva de una confusión respecto de las alteraciones en la longitud de los telómeros -extremos de los cromosomas que se acortan en cada división-. Estas alteraciones fueron detectadas originalmente en la oveja Dolly, el primer mamífero clonado.

"Otras experiencias realizadas en vacas clonadas revelaron que la longitud de los telómeros puede ser, incluso, mayor que lo normal", destaca el investigador, y agrega: "Por otra parte, el tamaño de los telómeros determina cuántas veces se pueden dividir las células en cultivo pero no tiene relación directa con los procesos de envejecimiento, ya que en la práctica su longitud excede la necesaria para el normal reemplazo de los tejidos".

### INVITA EXACTAS

El sábado 7 de septiembre pasado la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales se llenó de un público menudo: la mitad eran chicos de 3 a 19 años, la otra mitad chicos de 20 a 60. El motivo de la reunión fue una feria de ciencias llamada "Invita Exactas 2002".

El evento fue organizado por un grupo de estudiantes y profesores reunidos con dos objetivos: "mostrar lo que hacemos para entender lo que defendemos" -tal fue el slogan-, y divertirse. Ambos se cumplieron.

El menú fue muy variado, entre otras, hubo charlas con estos títulos: "¿Se puede oír la forma de un tambor?"; "El secreto mejor guardado de la magia"; "Computadora, ¡nunca lo lograrás!"; "El láser, qué es y para qué sirve". Pero el gran despiole transcurría en el patio central. Ahí un físico se la pasaba haciendo explosiones y hablando en patodonalés con el público cuando se llenaban sus pulmones de helio. Otro científico hacía crecer cráteres de volcán (en miniatura) haciendo centellear los ojos de los espectadores. Había de todo para tocar: lupas, microscopios, osciloscopios y varios scopios más.

Pero la frutilla de la torta consistía en formar un equipo de seres humanos y joystick en mano, desafiar un picado de fútbol al equipo de robots inteligentes del Departamento de Computación. Los goles de los humanos (que perdieron todos los partidos) se escuchaban desde Aeroparque.

Invita Exactas es la segunda vez que se realiza, y con el mismo éxito. Sus organizadores tienen página de web -[www.invitaexactas.com.ar](http://www.invitaexactas.com.ar)- y de seguro en el 2003 nos volverán a invitar.

### HORMONA QUE SACA LAS GANAS DE COMER



Sentir saciedad sin haber comido es el ideal de toda persona a quien le pesen los kilos de más. Y el interés de los científicos por explicar los mecanismos del hambre sigue en ascenso, al ritmo del avance de esa epidemia llamada obesidad que, según las últimas estimaciones, afecta a mil millones de personas en el mundo.

Una hormona, generada en el tracto gastrointestinal de los mamíferos después de comer, y en cantidades proporcionales a las calorías ingeridas, parece promover la sensación de saciedad, y podría tener aplicaciones para controlar el apetito, según señala un equipo de investigadores de Gran Bretaña, Australia y los Estados Unidos en la revista *Nature*.

Los investigadores inyectaron el compuesto, un péptido bautizado como YY3-36, en voluntarios sanos, y observaron que redujo la ingesta en un 60% y la sensación de hambre en un 40%. Es decir, la hormona "engañó" al cerebro haciéndole creer que la persona había comido, y éste envió la sensación de saciedad.

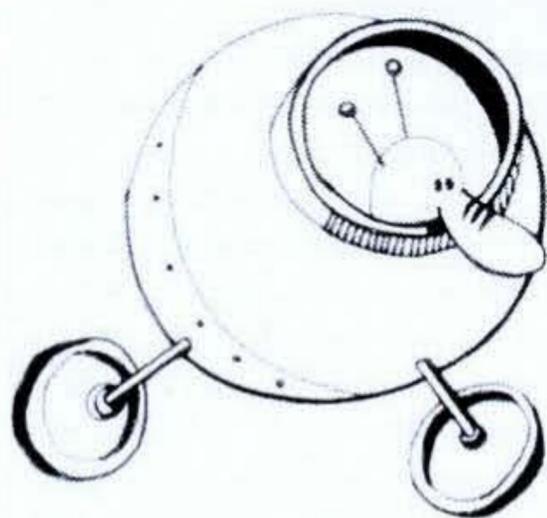
Hasta el presente se conocen varias hormonas que participan en la compleja maquinaria del apetito. Entre ellas se encuentra la leptina, que se genera en el tejido graso y cuya concentración en sangre no se relaciona con la comida ingerida sino con la cantidad de tejido adiposo del individuo. Según Marcelo Rubinstein, profesor de la FCEyN e investigador del Conicet, "el péptido hallado, si se genera en forma proporcional a la ingesta, parece ser un mecanismo regulatorio más rápido que la leptina". El investigador destaca la importancia del hallazgo "desde el punto de vista del conocimiento de la fisiología de la saciedad". El posible desarrollo de una molécula que actúe de manera similar y quite las ganas de comer es todavía especulativo.

Vacas mutiladas

# El Absurdo de la Demostración

por Guillermo Giménez de Castro\*  
guigue@craam.mackenzie.br

*La carne argentina, de reconocimiento mundial, parece haber ampliado sus horizontes a escala galáctica. A juzgar por la bibliografía OVNI, seres extraterrestres atacan subrepticamente a nuestro ganado, cual cuatrerros cósmicos, y les extirpan órganos con precisión quirúrgica. Nacida en Puerto Rico en los 70 –e instalada posteriormente en los EEUU– la historia de las vacas mutiladas también pasó por la Argentina.*



La matemática es la ciencia hipotético-deductiva por excelencia. Esto quiere decir que parte de un grupo de axiomas –también llamados postulados o hipótesis– y a través de la inferencia lógica se consigue deducir teoremas que son incluidos en el cuerpo de la disciplina y pueden ser usados como hipótesis para demostrar nuevos teoremas.

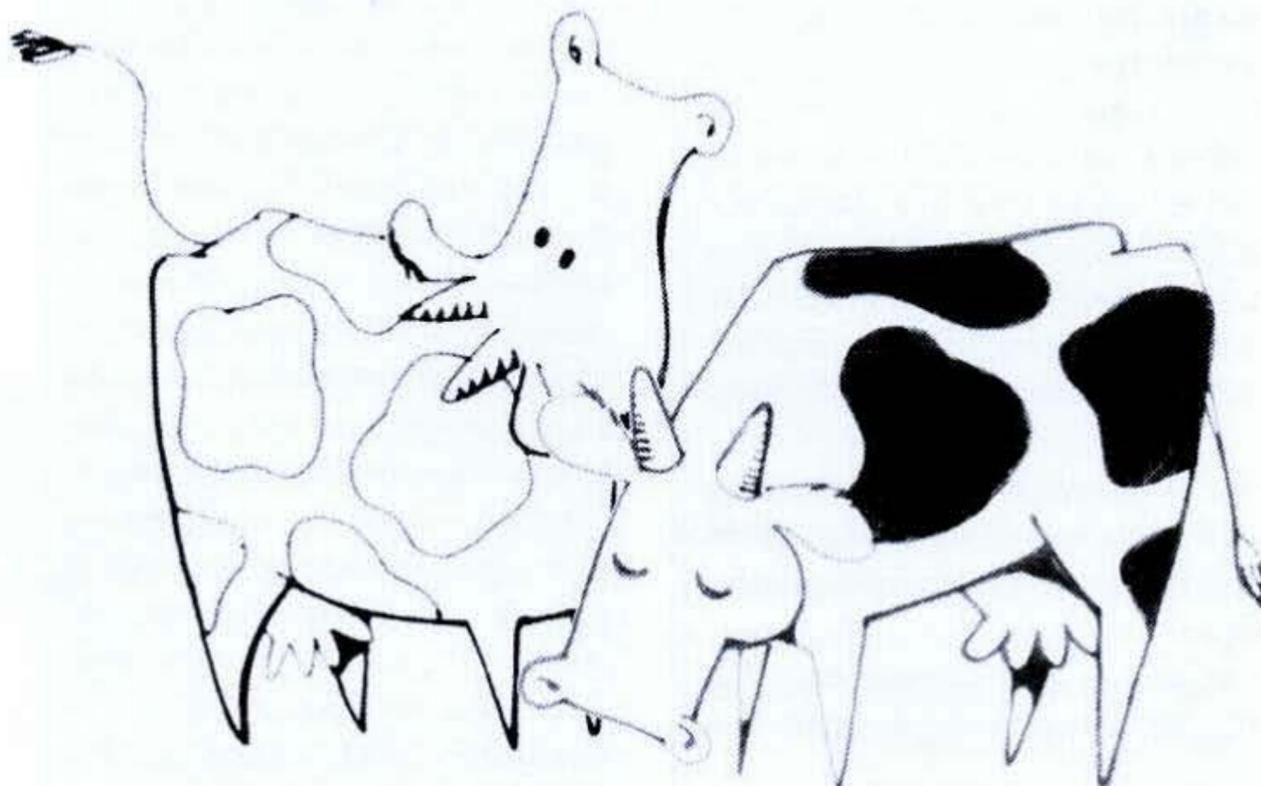
Una de las formas de inferencia es la llamada “reducción al absurdo”. Consiste en negar la tesis (lo que se quiere demostrar) y, razonando a partir de esa premisa,

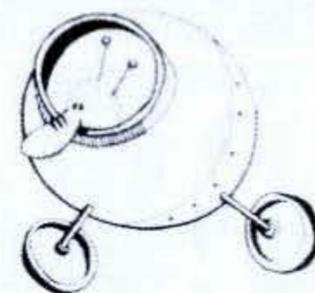
inferir la negación de una hipótesis; lo que es un absurdo ya que las hipótesis son verdaderas. La conclusión es que se llegó al absurdo por afirmar que la tesis es falsa; entonces, la tesis debe ser verdadera.

¿Qué tiene que ver todo esto con la historia por la aparición de vacas mutiladas? Las vacas fueron efectivamente mutiladas, no lo podemos negar. En un primer momento no se conocía el autor ni los motivos de las muertes y las mutilaciones, ni la metodología aplicada para extraer con cierta precisión los órganos blandos de los animales. El misterio envolvía la historia. Entonces aparecen los cazadores de OVNI, y aplican de forma ligera la reducción al absurdo. En primer lugar, demuestran que algunas explicaciones tradicionales (el accionar de una secta, el ataque de perros salvajes, etcétera) no responden a las características lógicas del caso (ausencia de señales de presencia humana o grandes carroñeros). Seguidamente, se sienten autorizados a lanzar las más fantásticas afirmaciones.

**Entonces, ¿fue un ET cirujano?**

El razonamiento se puede resumir de la siguiente forma. Tesis: los cortes fueron hechos por las fauces de animales carroñeros. Deducción: los cortes con una mordida de animal deberían ser irregulares y exagerados. La observación –que en





este caso debe ser incorporada al conjunto de las hipótesis— nos muestra que los cortes tienen “precisión quirúrgica”. Llegamos a un absurdo. Entonces debemos negar nuestra tesis, causante del absurdo. En este caso, la que decía los cortes habían sido realizados por animales carroñeros.

El problema radica en que, a partir de esta última afirmación, los OVNIólogos montan un castillo de arena de alturas colosales. Ejemplo: como los cortes no pudieron ser realizados por animales entonces fueron realizados con algún instrumento, cuya tecnología es desconocida para nuestra ciencia, y operado por seres extraterrestres que vienen a la Tierra para realizar experimentos y alteraciones genéticas con el fin de perpetuar su propia raza acosada por una larga guerra en su planeta de origen.

En realidad, el misterioso caso de las vacas mutiladas ha sido resuelto en cuestión de días, no por OVNIólogos, sino por los investigadores del SENASA y del INTA. Las vacas mueren de muerte natural—cosa que sucede en forma cotidiana en nuestras pampas—, y los cadáveres son atacados por un roedor llamado vulgarmente “ratón hocicudo”, que ataca las partes blandas que estén a su alcance dejando como huella algo similar a un corte que no es para nada prolijo se lo mira con la cercanía necesaria.

En los EEUU, por ejemplo, la historia del ganado mutilado tiene más de 25 años. En 1979 el FBI encomendó a su agente Kenneth Rommel una investigación sobre casos de mutilaciones de ganado en Nuevo México, trabajo que le demandó un año entero. Su autor publicó posteriormente el informe—recomendable por su claridad y profesionalismo— con sus investigaciones y conclusiones ([http://](http://www.parascope.com/articles/0597/romindex.htm)

[www.parascope.com/articles/0597/romindex.htm](http://www.parascope.com/articles/0597/romindex.htm)). Rommel, estudió presencialmente 12 casos, y tuvo oportunidad de indagar sobre el centenar restante ocurrido en los 4 años anteriores y otros 15 que tuvieron lugar durante el año que duró su trabajo. Su conclusión fue que se trataba de carroñeros. La sintomatología de los animales atacados era extremadamente parecida a los casos de la Provincia de Buenos Aires.

#### El invento de Occam

La línea deductiva de Rommel se encuadra en lo que en ciencias es llamado “Navaja de Occam”. Este es un modelo que siguen todos los científicos, atribuido al filósofo William of Occam, del siglo XIV. La idea es que la solución más simple, la que contenga menor cantidad de elementos innecesarios, debe ser la verdadera. El principio trabaja como una navaja afilada que elimina las impurezas. En el caso de la investigación en Nuevo México, Rommel partió de la base de que antes de llegar a cualquier conclusión fantástica debía negar convincentemente la causa más plausible: animales carroñeros. Veamos sus argumentos, derivados a su vez de entrevistas con especialistas:

a) Los animales carroñeros se alimentan generalmente de los órganos más blandos: ojos, lenguas, anos, ubres, penes, etcétera.

b) Aunque parezca increíble, los expertos dicen que estos animales son capaces de hacer incisiones precisas retirando un órgano completo sin dañar otros, por ejemplo. Incluso, en muchos casos, sólo las lupas o microscopios puede diferenciar el corte de un cuchillo del de una zarpa o una boca especializada.

c) La sangre se coagula cuando el animal muere. Si algo de sangre aún queda

líquida, el carroñero se encargará de tomarla. Estos animales, por otra parte, limpian completamente el área.

d) Conclusión: no hay razones para negar como causa a los animales de carroña.

Esta explicación, extremadamente sencilla, funciona para todos los testimonios que he leído de los casos de la nacionales. Y hay un detalle más, también indicado en el estudio de Rommel: las partes que sufrieron mutilaciones estaban del lado expuesto del animal, nunca debajo del mismo. Esta consideración resulta importante. Los animales de carroña no tienen fuerza suficiente para desplazar a un animal muerto. Luego, sólo comen lo que está expuesto. ¿Por qué aquellos ET cuya tecnología sobrepasa tan infinitamente a la nuestra, no son capaces de hacer cortes debajo del animal? Espero que el lector vaya entendiendo como funciona la navaja de Occam.

Tal vez Rommel, el SENASA y el INTA estén aún equivocados en sus conclusiones pero eso no le da pie a nadie a afirmar que son ET o animales fantásticos los culpables. La ciencia es una de las aventuras más fantásticas que ha emprendido la humanidad. Todos los días millares de investigadores en todo el mundo se debaten con problemas cuyas soluciones seguramente nos llevarán por nuevos rumbos. No precisamos de seres fabulosos, porque cualquier problemática científica es de por sí excitante. Todos estamos tentados a encontrar explicaciones facilistas y preconceptuosas (hoy en día justificar a través de ET es un perconcepto). Pero sólo usando sabiamente la Navaja de Occam es que sabremos que cada paso dado es firme. Y podremos entonces seguir, un poco a tientas, avanzando. Como hasta ahora. ■

\* Investigador del Centro de Radio Astronomía y Astrofísica del Instituto Presbiteriano Mackenzie - San Pablo, Brasil.

# Generala Libre y No Tan Libre



por Pablo Coll\* [pecoll@dc.uba.ar](mailto:pecoll@dc.uba.ar)  
 y Gustavo Piñeiro\*\* [pineiro@datamarkets.com.ar](mailto:pineiro@datamarkets.com.ar)

El juego de la generala pertenece, junto al truco y al dominó, al Olimpo de los juegos de salón de la cultura argentina. Como no somos muy respetuosos de las divinidades del Olimpo local, nos dedicaremos a analizar variantes de la generala que incurren en sacrílegos cambios pero le agregan una buena cuota de diversión.

La Generala Libre (GL) surgió a partir de la idea de uno de los autores de esta columna y fue desarrollada por miembros del "Club Euclides", un club de matemática creado por un grupo de estudiantes secundarios, entusiastas participantes de las Olimpiadas de Matemática, y muchos de los cuales son ahora alumnos y graduados de nuestra Facultad. En las reuniones de este club se discutían problemas de matemática y otras ciencias y se jugaba a diversos juegos grupales.

¿Qué libertad se arrojan los jugadores de GL? La de diseñar sus propios dados. Sin salirse de los cinco dados de forma cúbica, pueden colocar los números que deseen en cada cara con el objetivo de hacer más puntos en el juego que conserva las reglas tradicionales. Por ejemplo, podrían diseñarse cinco dados con todas las caras cubiertas con números seis. Esto nos garantizaría 55 puntos de la generala servida, 105 puntos de la generala doble servida y 30 al seis, asegurándonos 190 puntos que no es poco para la generala tradicional pero sí para la libre. En un reciente torneo, los jugadores que obtuvieron los tres primeros puestos diseñaron dados que junto con la estrategia con que jugaron promediaron más de 300 puntos en tres partidos que duró el torneo. Por otra parte, agregando algunos números cinco a los dados se pueden obtener el poker, el full, y puntos en el cinco; idealmente  $45 + 35 + 25 = 105$  más. Pero todavía no alcanzamos a los 300 puntos por partido. ¿Cómo eran los dados diseñados por estos jugadores para promediar más de 300 puntos por partido?

La Generala No Tan Libre (GNTL) es una variante de la generala libre donde la libertad para diseñar nuevos dados esta limitada por la cantidad de puntos que hay originalmente en el conjunto de cinco dados. Se

pueden rediseñar los dados pero usando solamente los 105 puntitos que hay en los dados originales. Si pongo muchos seises voy a tener que compensar poniendo muchos unos para que se conserven la cantidad de puntos. Se puede admitir que haya caras sin puntos y en ese caso podría llegar a tener 17 números seis repartidos entre los cinco dados. Pero, ¿es eso lo mejor? Es dudoso. ¿Cuál sería entonces la mejor estrategia para la GNTL?

Finalmente, la Generala Totalmente Libre (GTL) permite diseñar dados de cualquier cantidad de caras, con cualquier cantidad de cada uno de los números (eso sí, uno solo por cara). Podríamos tener dados de una, dos, y hasta mil trillones de caras, siempre con números del uno al seis. ¿Cuál es la mejor estrategia en este caso?

## Soluciones del número anterior

8	6	8		3	8	4
5		2	5		3	0
5	1		8	6	8	0
	5	5	5		1	
1	5	5	4	2		2
4	6	8		5	2	3
4	7		8	6	8	1

\*Licenciado en Matemática y docente del Departamento de Computación - FCEyN.

\*\*Licenciado en Matemática - FCEyN.