

# EXACTA mente

La revista de  
divulgación  
científica

## Entrevista

Matias Zaldarriaga  
un genio suelto  
en Boston



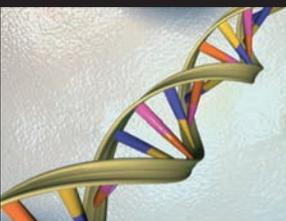
## Internet

El atlas  
ambiental de  
Buenos Aires



## Genes

Basura en el  
ADN



## Energía eléctrica

# ¿Cuándo termina la crisis?



ISSN 1514-920X



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

# Todos los libros en español para tu formación



Curtis • Barnes • Schnek • Flores

## Invitación a la Biología

6ª Edición en Español - 2006

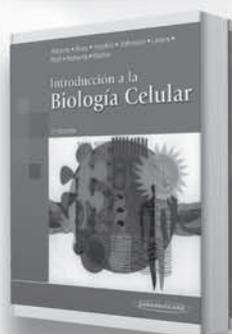
Un tomo de 768 páginas.  
Encuadernación rústica.  
Formato 22x28cm.  
ISBN 950-06-0447-7

## Principios de Química

Los caminos del Descubrimiento

3ª Edición - 2006

Un tomo de 990 páginas.  
Encuadernación cartóné.  
Formato 22x28 cm.  
ISBN 950-06-0080-3



Alberts

## Introducción a la Biología Celular

2ª Edición - 2006

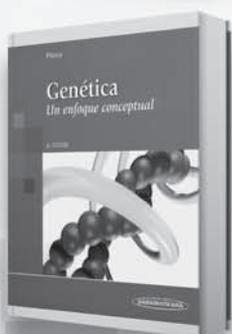
Un tomo de 842 páginas.  
Encuadernación rústica.  
Formato 23x27cm.  
ISBN 84-7903-523-4

## Microbiología Clínica

Prats

Edición - 2006

Un tomo de 366 páginas.  
Encuadernación cartóné.  
Formato 21x28cm.  
ISBN 84-7903-971-x



Pierce

## Genética

Un enfoque conceptual

2ª Edición - 2006

Un tomo de 812 páginas.  
Encuadernación rústica.  
Formato 23x27cm.  
ISBN 84-7903-889-6

Koolman • Röhm

## Bioquímica

Texto y Atlas

3ª Edición - 2005

Un tomo de 488 páginas  
con 215 figuras en color.  
Encuadernación rústica.  
Formato 12x19cm.  
ISBN 950-06-1252-6



Watson • Baker • Bell •  
Grann • Levine • Losick

## Biología Molecular del Gen

Incluye CD-Rom

3ª Edición - 2006



Un tomo de 776 páginas.  
Encuadernación rústica.  
Formato 19x27 cm.  
ISBN 84-7903-505-6

EDITORIAL MEDICA  
**panamericana**

La Salud, nuestro proyecto editorial.

✉ Librería: Marcelo T. de Alvear 2145 - C1122AAG Buenos Aires, Argentina

☎ (011) 4821-2066 📠 (011) 4821-1214 @ info@medicapanamericana.com

## Consejo editorial

### Presidente

Jorge Aliaga

### Vocales

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

## Staff

### Director

Ricardo Cabrera

### Editor

Armando Doria

### Jefe de redacción

Susana Gallardo

### Redactores

Cecilia Draghi  
Gabriel Stekolschik

### Colaboradores permanentes

Pablo Coll  
Guillermo Mattei  
Daniel Paz  
Gustavo Piñeiro  
Simón Tagtachian

### Colaboran en este número

José Cañiza  
Florencia Kleiman  
Fernando Terreno  
Pablo Teso

### Diseño gráfico

Pablo Gabriel González

### Fotografía

Juan Pablo Vittori  
Paula Bassi

### Impresión

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

### EXACTamente

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

UBA-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.

Ciudad Universitaria, Pabellón II,

C1428 EHA Capital Federal

Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464,

4576-3337, fax: 4576-3351.

E-mail: revista@de.fcen.uba.ar

Página web de la FCEyN:

<http://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

### La pata que falta

El Gobierno Nacional ha lanzado un Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Bicentenario 2006-2010) que tiene como uno de sus aspectos centrales aumentar en un 50% en ese período la cantidad de investigadores. Ese objetivo se plasma en un ingreso importante de nuevos Investigadores y Becarios al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). El ingreso de nuevos investigadores es necesario para revertir el envejecimiento del sistema, producto de las políticas de los años anteriores, y que llevaría, si no se actúa rápidamente, a la desaparición de la investigación en el país en un futuro cercano. El objetivo de aumentar la cantidad de investigadores es claramente acertado, si bien no queda claro si la realidad del sistema actual permite formar nuevos investigadores al ritmo que están pretendiendo las autoridades nacionales, simplemente porque no hay ni suficientes alumnos queriendo hacer investigación ni suficientes investigadores para formarlos.

Por otra parte, el Estado, a través de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), genera mecanismos que permiten incorporar equipamientos modernos, para recuperar el atraso histórico, y realiza convocatorias para la obtención de subsidios que, en términos de lo que es la inversión local, son por montos importantes.

La incorporación de recursos humanos y de equipamiento y subsidios pueden ser consideradas como dos de las patas necesarias para mejorar la situación del país en Ciencia y Tecnología. Quiero llamar la atención en lo que para mí es la pata que falta para que las demás acciones tengan sentido: la inversión en infraestructura y mantenimiento edilicio. Es notorio que ni el CONICET ni la ANPCyT están dispuestos a invertir en adecuar los lugares donde trabajan los investigadores o en generar otros nuevos donde puedan trabajar los investigadores y becarios que se quiere incorporar. El CONICET, por ejemplo, ha difundido una nueva política de Institutos que pretende que una importante cantidad de sus investigadores trabajen en las Universidades Nacionales y al mismo tiempo incrementar la cantidad que se desempeña en sus institutos, pasando del actual 30% al 80% en poco tiempo. Eso implica la constitución de nuevos Institutos conjuntos entre el Conicet y las universidades. Pero el CONICET no está dispuesto a acompañar esa política con una participación en los gastos que esos institutos demandan a la Universidad. Se supone que las universidades nacionales deben tener recursos para poder mantener la infraestructura y el mantenimiento. Pero este no es justamente el caso en las universidades más grandes, como La Plata o Córdoba, y mucho menos en la más grande, la Universidad de Buenos Aires. En nuestra Universidad, a diferencia de las nuevas Universidades del interior y del conurbano que cuentan con edificios construidos en los últimos años y con una asignación presupuestaria por alumnos mucho mayor, la obsolescencia de los edificios es cada vez más notoria, y a esto se suma el interés de los nuevos investigadores y becarios de formarse en nuestras aulas y laboratorios.

Es necesario, por lo tanto, que el Estado entienda que el objetivo que se ha planteado solamente puede ser viable si se asignan los recursos necesarios para que las universidades nacionales más postergadas puedan realizar importantes inversiones en sus edificios. Solo para dar una idea de lo que se habla, en la década del 60, cuando la Universidad tuvo su época de oro y se creó la dedicación exclusiva que motorizó la investigación, el Estado se planeó la construcción de una nueva Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA en la Ciudad Universitaria. Construir los 100.000 mts<sup>2</sup> de edificios que hoy tenemos, y que fueron producto del impulso, entre otros del Decano Rolando García, implicó, a valores de hoy, más de 150 millones de dólares. Hoy la Facultad ha elaborado un Plan de Obras 2006-2010 que demanda menos de 18 millones de pesos. El país está en condiciones de hacer inversiones de esta magnitud para que su política de Ciencia y Técnica sea efectiva. Hace falta decisión política.

**Jorge Aliaga**

Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**EDITORIALES** 6

► **Una apuesta al diálogo**

La editorial de Alejandro Katz abre las puertas a la ciencia, la filosofía, la historia y la política contemporáneas, buscando el equilibrio y la interacción entre disciplinas enfrentadas históricamente.



**INTERNET** 9

► **Atlas ambiental**

El cruce de datos de la biología, la física, la geología y la arquitectura, entre otras áreas, brinda una perspectiva inédita de la ciudad porteña y sus alrededores. Ya puede navegarse en Internet.



**GENÉTICA** 12

► **Genoma basura**

Un 98 por ciento del genoma humano se compone de secuencias que no se usan para fabricar proteínas. Se pensaba que no servían para nada, sin embargo, algunas cumplen funciones importantes.



**TECNOLOGÍA** 16

► **Restauración con láser**

El láser, importante aliado en el rescate de obras de arte afectadas por el paso del tiempo, se pone a prueba en China con el tratamiento de los guerreros de terracota de la dinastía Qin.

**PANORAMA** 20

► **Crisis de energía eléctrica**

La crisis de energía ya se hace sentir. Sin embargo, las posibilidades energéticas a mediano y largo plazo de la Argentina parecen muy buenas, planificación mediante.



**ENTREVISTA** 24

► **Cerebro for export**

El físico argentino Matías Zalzarriaga, que vive en Boston desde hace 10 años, es uno de los "genios 2006", premio que otorga la Fundación Mac Arthur de los Estados Unidos.



**COMPETENCIAS** 28

► **Se anotaron un poroto**

La popular germinación de semillas de *Phaseolus vulgaris* permitió a alumnos del "Lengüitas" obtener el primer premio en la Feria Juvenil de Ciencias y Tecnología de Buenos Aires.



**COMPORTAMIENTO** 32

► **Mantidos**

Sexo en la mantis religiosa. El "tatadiós", como se conoce a la mantis por estas tierras, decapita al macho durante la cópula, y después de una actividad sexual de muchas horas, se devora al descabezado.

**CORREO** 35

► **Los lectores opinan**

En este número, alumnos de Didáctica de la Ciencia postulan que los docentes no nacen, se hacen.



**EDUCACIÓN** 36

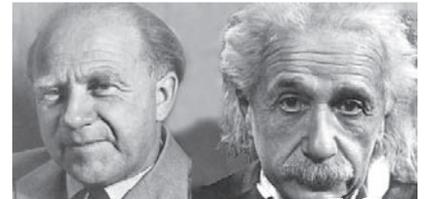
► **Ciencia en el aula**

Especialistas en didáctica de la Ciencia hacen algunas propuestas sobre posibles maneras de introducir el conocimiento en las aulas de la escuela media.

**NOBELES** 40

► **ARN, proteínas y galaxias**

En Medicina, el tema galardonado fue el ARN de interferencia. En Física, los estudios para entender el origen de galaxias y estrellas. En Química, los estudios del proceso en que se copia la información genética para sintetizar proteínas.



**EPISTEMOLOGÍA** 43

► **¿Tiene problemas filosóficos la ciencia?**

La ciencia tiene problemas filosóficos y la filosofía de la ciencia (con la colaboración de la historia y la sociología de la ciencia) intenta responderlos.



**PREGUNTAS** 44

► ¿Es lo mismo el polo magnético que el polo geográfico? ¿Qué hacer con las pilas? Los especialistas responden.

**VARIIDADES** 45

► El maestro ciruela relata una experiencia como propuesta para convertir a cuarenta "alcauciles" en alumnos participativos.



**MICROSCOPIO** 46

► Novedades, hallazgos y noticias del ámbito científico.

**BIBLIOTECA** 48

► Los libros y las colecciones más recientes que se ocupan de explicar la ciencia al público o de reflexionar a fondo sobre la búsqueda del conocimiento.

**JUEGOS** 50

► Acertijos y propuestas ingeniosas que desafían la inteligencia.

# EXACTAS

## UBA



## Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

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

Ciudad Universitaria  
Pabellón II, C1428EHA  
Capital Federal  
[www.fcen.uba.ar](http://www.fcen.uba.ar)

**BIOLOGÍA**

**COMPUTACIÓN**

**QUÍMICA**

**FÍSICA**

**MATEMÁTICA**

**GEOLOGÍA**

**OCEANOGRAFÍA**

**TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**CS. DE LA ATMÓSFERA**

**PALEONTOLOGÍA**



Katz Editores

# Una apuesta por el diálogo

por Armando Doria | [mando@de.fcen.uba.ar](mailto:mando@de.fcen.uba.ar)

***Levantando el concepto de “editorial de pensamiento”, Alejandro Katz propone con su emprendimiento abrir las puertas a la ciencia, la filosofía, la historia y la política contemporáneas pero sin entrar en conflictos, sino buscando el equilibrio y el valor de la interacción entre algunas disciplinas enfrentadas históricamente.***



En la mayor parte de los países centrales, una buena cantidad de editoriales le dedican muchos, muchísimos títulos a la ciencia. En especial, a la divulgación científica. Y no es ninguna novedad que convertir la ciencia en *best seller* puede representar un camino llano: la tradición fue generando todo un mercado específico y rendidor.

En la Argentina no hay grandes mercados estables para Darwin, el Big Bang o los nanotubos pero, de forma incipiente, los libros empiezan a llegar a las librerías. Lejos estamos de la tradición divulgativa de lenguas como el inglés, lo que no quita que las posibilidades de contar la ciencia existan y pueda hacerse de muy buena forma.

Alejandro Katz hasta hace poco tiempo era director de Fondo de Cultura Económica en la Argentina, una megaeditorial de origen mexicano con una rica historia. Pero, después de 20 años en el Fondo, Katz emprendió un cambio de rumbo significativo: en abril de 2006 fundó su propia editorial, Katz Editores. En pocos meses armó un catálogo de 30 libros de autores internacionales referentes en sus áreas —todos de lengua extranjera— presentados con un excelente diseño. Gran y ecléctico lector, como bien le cuadra a cualquier editor, Katz eligió, dentro de las tres docenas de libros publicados, dedicarle varios títulos a las ciencias, tanto en su

práctica pura como en su plano filosófico. Entre ellos, “Por qué es única la Biología”, de Ernst Mayr, “La Matemática del siglo XX”, de Piergiorgio Odifreddi y “El legado de Darwin”, de John Duprè.

**Usted, por su experiencia a nivel internacional, tiene una visión macro de las posibilidades editoriales y optó por comenzar su proyecto con traducciones de importantes títulos de ciencia en lengua extranjera. ¿Cómo ve el panorama de la divulgación en castellano y, en particular, en nuestro país?**

La divulgación científica no existe en la industria editorial argentina. Más allá de algún proyecto que ha tenido muy buena posibilidad a raíz de uno de sus títulos y, más específicamente, de la exposición mediática de su autor. Pero no podemos decir que hay divulgación desde la industria editorial. Y eso es muy grave.

**Puede que no haya industria editorial que levante trabajos locales de divulgación, pero la divulgación existe pese a los pocos canales que le ofrecen.**

Creo que la divulgación científica en la Argentina tiene los méritos y los déficit que tiene la mayoría de las cosas que se hacen en el país. Considero que siempre ha tenido una producción asistemática, que está más valorizada como idea que como práctica, lo cual quiere decir que la idea es apreciada por mucha gente en términos ideológicos pero no es una idea apreciada por la sociedad. Creo que somos incapaces de hacer los aprendizajes adecuados para hacerlo del modo más correcto

**¿Cuál sería el modo más correcto?**

Hay países con muy larga tradición en divulgación científica de los que podríamos aprender mucho, pero acá sucede que cada vez que hay un proyecto de divulgación científica se arranca desde cero suponiendo que aquellos que lo inician tendrán la idea original y la que resultará bien. Esto generó que no haya habido continuidad, como posiblemente muchas áreas de la producción editorial. Para que exista verdaderamente divulgación es necesario que resulte de la interacción entre el sistema universitario, la industria editorial y el sector público como estimulador del uso de trabajos de divulgación.

**¿Suena más fácil hacer divulgación en Inglaterra o Estados Unidos, donde**

**la ciencia ocupa un lugar destacado tanto en calidad como en cantidad de producción?**

Es cierto, la mayor parte del conocimiento hoy se produce en inglés, y eso crea una masa crítica vinculada con el conocimiento que favorece la aparición de intermediarios de ese conocimiento.

**¿Podemos hacer nosotros divulgación original en una medida diferente a la que hacemos ciencia original?**

Quizás sí. Deberíamos explotar capacidades que tenemos en el sistema universitario, en el sistema editorial, en el sistema educativo que no nos permiten crear ciencia en una proporción mayor pero que nos permitirían difundir la ciencia de un modo mucho mejor al que lo hacemos.

**Ahí debe intervenir necesariamente la política.**

Lo que pasa es que tenemos un Estado que nunca mostró una alta voluntad de construcción de ciudadanía. La difusión de las ciencias es, en mi opinión, una herramienta de creación de ciudadanía. Quiero decir: no es sólo poder leer el diario e interpretar las noticias lo que permite tomar decisiones críticas y razonadas, sino que es entender cuál es el universo en el que vivimos, el mundo en el que estamos y el pensamiento con el que construimos el futuro. Y eso es la ciencia. Si el estado no está comprometido con la ciencia ni con la ciudadanía, el panorama es complicado.

**También hay responsabilidad de las empresas.**

La industria editorial no tiene una capacidad de constituirse en uno de los pilares del conocimiento complejo. Hay que decir que, en nuestro país, esta industria se encuentra deteriorada. Y una consecuencia es que no sabe mirar a los productores de contenidos disponibles para convocarlos y enseñarles a hacer las cosas de otro modo. Tampoco tiene interés en hacerlo, ni un compromiso a mediano o largo plazo con el conocimiento. Hay editoriales de muy buena calidad, pero son excepciones, no tienen una cuota de participación en el mercado que las convierta en las editoriales que marcan las tendencias. A su vez, el sistema científico muchas veces se encierra en sí mismo y no está estimulado institucionalmente para producir materiales de difusión.

**En el caso de los científicos que di-**



**vulgan, hay un par que tienen buenos contratos con las editoriales, lo que les permite hacer divulgación paga y el resto es completamente amateur.**

Es que la divulgación no tiene ningún valor desde el punto de vista curricular, del prestigio académico. Los científicos no obtienen el más mínimo beneficio económico, y el dedicarse a hacer divulgación no les aporta ningún puntaje motivador para el concurso de un cargo.

**Más allá de los actores directos, desde la intelectualidad humanística suele existir rechazo hacia las ciencias, y esa intelectualidad es la que está a cargo de las revistas, suplementos y programas culturales. De hecho, es difícil encontrar temas científicos en publicaciones culturales, como si la ciencia no formara parte de la cultura.**

Es curioso, porque si uno piensa en el desarrollo de la editorial Eudeba, por ejemplo, el diseño original lo hizo un ingeniero químico, Arnaldo Orfila, que en ese tiempo era director del Fondo de Cultura Económica en México. Él pidió una licencia al consejo directivo para, a pedido de Silvio Fondizi, rector de la UBA, diseñar una editorial universitaria. Y el primer director de Eudeba es un matemático: Boris Spivacov. Y ese vínculo entre la ciencia y la edición fue muy estrecho durante mucho tiempo. Algo ha provocado una fractura. Por supuesto, podemos decir que fue la dictadura, porque siempre queda bien decirlo, y de algún modo tendremos razón. Pero, ¿qué otra cosa provocó la fractura, en términos de comunicación, de intereses opuestos y comunes, vínculos,

expectativas? ¿Por qué se ha producido un distanciamiento entre la sociedad y el sistema científico, las humanidades y la ciencia, y de qué modo se puede reparar? Habría que estudiar por qué se dio ese distanciamiento.

**¿Ve viable el avance de las dos áreas en forma separada?**

Estoy persuadido de que ninguna de las dos modalidades puede ser exitosa si está aislada de la otra. No puede haber pensamiento filosófico si no hay un vínculo fluido con las ideas científicas. No puede haber producción científica si no se entienden algunas de las bases del pensamiento filosófico, de las humanidades, de la historia, de la sociología. No puede haber buena sociología si no se entiende el mundo que la ciencia está pensando para nosotros.

**¿Esta convicción suya se puede ver en su catálogo?**

Por supuesto. De algún modo, es lo que nos lleva a construir un catálogo en el que lo que hay es comunicación y no conflicto. Hay filosofía, historia, pero también hay filosofía de la ciencia y divulgación de la ciencia. Hemos puesto en contacto, desde un mismo espacio editorial, que un espacio catalográfico y de creación de afinidades, cosas que habitualmente están muy separadas. Y claro que no somos los primeros en hacerlo, Eudeba lo hizo a su manera y Alianza también lo hizo en sus buenas épocas, pero no es una práctica habitual.

**¿Puede darnos un ejemplo de algún libro de su catálogo que cumpla con esa apertura?**

Un ejemplo es el libro de Ernst Mayr, "Por qué es única la Biología", que no sólo es

un libro para biólogos sino que lo es para cualquiera que esté tratando de pensar su propia práctica intelectual, entender el mundo.

**¿Usted se propone que los libros de Katz Editores puedan llegar en cualquier sociedad hispanohablante?**

Estamos probando si podemos trabajar sobre el idioma y no sobre el territorio. Creo que hoy es posible hacer una editorial idiomática: la fluidez de las comunicaciones, no sólo para la gestión de una editorial sino también para la creación de intereses intelectuales de un idioma más allá de la situación territorial. Hace 20 años, los temas que preocupaban en España no tenían nada que ver con los de Argentina, o los de México, y estaban mucho más separadas entre sí las comunidades lectoras, que, a su vez, son las comunidades académicas. Hoy los intercambios cotidianos permiten que una persona que trabaja aquí determinado tema lo pueda hacer junto con cinco más de Barcelona, de México o de Bogotá; no necesariamente con los que están cerca físicamente sino intelectualmente. Así se construyen comunidades que permiten pensar un proyecto que sea de dimensión idiomática.

**¿Y cómo manejan las particularidades de las comunidades lectoras de cada país?**

Cuando tomamos decisiones de contratación, lo que nos importa es la articulación de cada título nuevo con los que ya están en el catálogo y con los que van a estar. Y también que ese título tenga interés para una comunidad lectora que no sea una comunidad local ni regional. Si bien no hay



una absoluta armonía entre los intereses de todos los países hispanohablantes, como tampoco la hay en los procesos políticos, económicos y sociales, en lo relativo al conocimiento hay más afinidad que en otros aspectos de la vida pública.

**¿Cuándo llegan los textos originales en castellano?**

Estamos por empezar a editar autores en nuestro idioma, de distintas nacionalidades, siempre buscando a aquellos que participen de la creación del conocimiento o su difusión en una dimensión que no sea local. No porque crea que lo local no merece atención, sino porque hay muchas editoriales que están volcadas a lo local.

**Usted hizo toda una carrera en una editorial gigante como Fondo de Cultura, y ahora tiene en sus manos un proyecto de las dimensiones opuestas, muy personal. ¿Lo siente como su propia biblioteca?**

Yo diría que allí donde hay un editor que actúa verdaderamente como tal, finalmente lo que aparece es un texto propio. Habrá cosas más veladas, cosas exhibidas, y ese texto tiene necesaria relación con quien lo escribe. Pero, a la vez, hay que ser muy cuidadoso. Un gran editor español, Carlos Barral hizo una de las editoriales más atractivas del idioma español pero a la vez fue un gran quebrador de editoriales. En algún momento hizo una reflexión con la que un editor se tiene que ir a dormir y se tiene que levantar. Le preguntaron por qué siendo tan destacado había quebrado tantas editoriales y dijo: "Yo hice casi todo bien, pero cometí un error: confundí mi editorial con mi biblioteca". ─



## Atlas Ambiental de Buenos Aires

# La ciudad infinita

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

**En marzo de 2007 será presentado formalmente en sociedad el Atlas Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires, pero ya puede navegarse en Internet. El cruce de datos provenientes de investigaciones de biólogos, físicos, meteorólogos, geólogos, arquitectos, entre otros, brinda una perspectiva inédita de la ciudad porteña y sus alrededores.**

Todo lo que usted siempre quiso saber sobre la ciudad porteña y sus alrededores, pero jamás se animó a preguntar, encuentra hoy respuestas en el Atlas Ambiental de Buenos Aires (AABA), que a través de su sitio de Internet no sólo contesta los interrogantes más insólitos sino que fotografías, gráficos o mapas interactivos muestran en acción cómo fue creciendo la metrópoli en avenidas, líneas férreas, centros urbanos, desde el 1700 hasta hoy. También, con un mínimo movimiento de muñeca sobre el *mouse*, es posible observar en qué época del año hay más niebla, cuáles son los días con viento más fuerte, sobre qué capas geológicas se halla uno parado, qué familia de murciélagos puede encontrarse en el balcón y tipos de enfermedades que transmiten, o si algunas de las líneas de alta tensión eléctrica pasan cerca de su casa. Todo este material está preparado sobre la base de las últimas investigaciones de geólogos, físicos, geógrafos, biólogos, meteorólogos, arquitectos, sociólogos, entre otros especialistas argentinos que colaboran en esta tarea.

■ **Una lectura veloz del sitio requiere unas cinco horas, que crecen día a día por la nueva información que se agrega.**

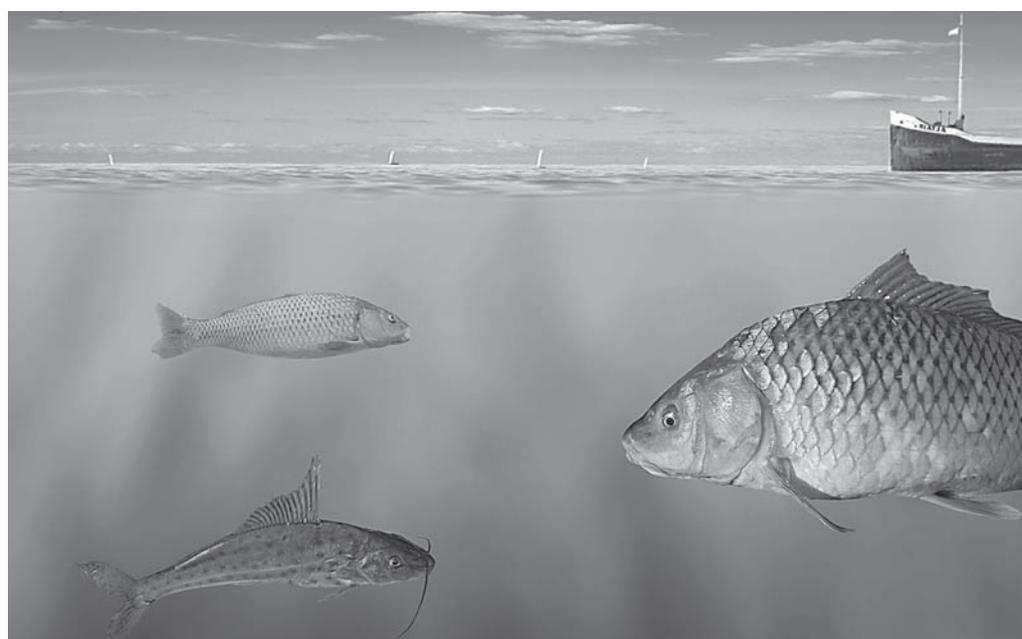
“Los científicos producimos trabajos académicos o *papers* que son muy importantes, pero siempre pensé que debíamos hacer una devolución de nuestras investigaciones más accesible a la sociedad. En este caso, el Atlas sirve para entender la ciudad de un modo integral y comprender cómo el

clima, la geología, la fauna, la flora urbana interactúan con la población”, plantea la doctora en geología, Paulina Nabel, directora de este proyecto impulsado por el Conicet, el Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UBA, y el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Con un simple contacto en Internet ya se puede visitar esta original usina de información que no encuentra demasiados sitios parecidos en la red. “Hay pocos Atlas ambientales desarrollados en el mundo. Uno de ellos es el de Berlín, que sirvió de modelo en nuestros comienzos. Otros son de Porto Alegre, Curitiba, Lisboa, y el más completo, que es el de Estados Unidos”, precisa el responsable de la edición y la comunicación, Hernán Bisman.

Más de 3.000 usuarios navegan a diario este sitio, que si se desea leerlo en forma veloz requiere unas cinco horas, y cada vez será necesario más tiempo porque un equipo de diez personas ingresa permanentemente información nueva. Ellos son expertos en hacer fáciles temas complejos, como los papers de unos sesenta científicos. No sólo trabajan con la palabra sino que aprovechan todas las posibilidades de Internet y le otorgan forma, movimiento, color y sonido, tarea a cargo de Jorge Alba Posse.

“Un producto como éste puede tener dos problemas. Uno es que le falte información, y otro es que le sobre o uno se pierda en el cúmulo de datos. Para evitar estos extremos, se busca que el investigador rescate los puntos más significativos y fundamentales



## Atlas de Nubes

Ya se está trabajando en la elaboración del “Atlas Satelital de Nubes SAC-C”, que estaría listo a fines de 2007 y será una referencia útil para estudiantes de meteorología y ciencias afines, así como para educadores en el nivel primario y medio, además del público en general.

La doctora Inés Velasco, el licenciado Alberto L. Flores y Luciano Vidal participan de este proyecto conjunto entre esta Facultad y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), que cede las imágenes y se hace cargo de los costos de la publicación.

¿Qué contendrá? “Nociones generales sobre la estructura, composición y circulaciones conducentes a los distintos tipos de nubes y de sistemas nubosos, así como de los principios físicos de la observación por sensores remotos, y de conocimientos mínimos de corrección de imágenes y de transformación de las mismas para mejorar su interpretación. Todos estos temas son organizados siguiendo un hilo director de acuerdo a un índice preelaborado”, precisa Vidal.



de su actividad”, subraya Nabel, sobre esta iniciativa –codirigida por el Planificador Urbano y Regional David Kullock– y cofinanciado fundamentalmente por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, a través del FONCYT, y por el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

### ■ *Es posible ver la conformación del sistema ferroviario con todos los ramales, las estaciones y el kilometraje*

#### Desplegando el Atlas

Geología, geomorfología, aguas, suelos, biota, clima, producción, patrimonio, gestión, urbanización, población, conformación, transporte y servicios son las catorce unidades temáticas en que está dividido el Atlas. De cada una de ellas hay conexiones o links a bibliografía como a otras páginas de Internet, y también se puede acceder a mapas SIG (con bases de datos e información georreferenciada), mapas interactivos, mapas para imprimir y mapas para el programa de visualización Google Earth. “Por ejemplo, en el caso de los mapas de nuestro sistema de información geográfica –explica Bisman–, uno posa el *mouse* sobre el Aeropuerto de Ezeiza y haciendo un “buffer” (acercamiento al área de influencia) se puede obtener información sobre la población, las estaciones de trenes o centros de salud más cercanos, medios de transporte para acceder al lugar, además de fotos del sitio”.

Otros de los caminos de ingreso conduce a las explicaciones sobre cada temática abordada, e incluso ante una palabra

técnica aparece la explicación, a modo de glosario *on line*. “Además de ofrecer conceptos generales de los distintos temas, es posible contactarse con los investigadores”, precisa Nabel.

Es una invitación para navegar por la ciudad y alrededores desde una perspectiva distinta. Supongamos que se desea saber con lujo de detalle cómo es esa parte del planeta que se halla bajo los pies porteños. Sin moverse de lugar, un gráfico de un corte del suelo lo sumerge al cibernauta en las entrañas de la tierra. Con un simple click se ingresa al sedimento Post–pampeano, con otro se viaja en el tiempo hasta la Formación Olivos, más profunda. Y ya sobre la superficie, se obtienen respuestas que ni siquiera había imaginado consultar. ¿Un caso? Es posible observar la conformación del sistema ferroviario con todos los ramales, su número de estaciones, el kilometraje parcial, total y hasta la medida de la trocha. Además de visitar los mapas interactivos en los que se pueden superponer capas temáticas y pedir tablas que aclaren esa superposición.

### ■ *“Está pensado para que tenga utilidad a la hora de tomar decisiones acerca del manejo del ambiente de la Ciudad”.*

Casi como un juego, otra ciudad de Buenos Aires empieza a crecer frente a nuestros ojos. “Se pueden obtener datos concretos sobre los barrios cerrados o *countries* y las villas de emergencia”, compara Bisman. Pero también es posible escuchar el canto de los pájaros característicos de la metrópoli, además de fotografías ilustrativas, fichas técnicas, la silueta del ave en escala,





junto con cuentos y leyendas acerca del animal. Tampoco la página se olvida de otros moradores menos simpáticos como las cucarachas. “Actualmente, se conocen 4.000 especies. Siete de ellas constituyen serias plagas. En Buenos Aires y alrededores nos acompaña la cucaracha rubia o alemana (*Blattella germanica*), la plaga más común de las casas. Las otras plagas domiciliarias son, por orden de importancia: la cucaracha americana (*Periplaneta americana*), la cucaracha café ahumada (*Periplaneta fuliginosa*) y la cucaracha oriental (*Blatta orientalis*)”, señalan los investigadores Alejandra Valverde y Francisco Crespo, ambos de la Facultad de Ciencias Exactas, junto con un pormenorizado informe y foto de cada una de ellas para identificar cuál es el huésped no deseado en nuestro hogar.

Este mar de información bien señalizado, y con faros que advierten problemáticas

y posibles soluciones, es recorrido por miles de usuarios de todas las latitudes: estudiantes primarios o cursantes de posdoctorados en Europa, urbanistas que precisan datos para sus proyectos, empresarios que requieren comprender mejor la ciudad, entre otros. “Todo este cuerpo de conocimiento está pensado para que tenga utilidad a la hora de tomar decisiones acerca del manejo del ambiente de la ciudad”, indica Nabel.

Si bien hoy es posible acceder al Atlas a través de Internet, recién en marzo de 2007 se completará la totalidad de la información para la primera etapa de esta iniciativa, que incluirá un libro y un CD-rom. Sus hacedores esperan que este emprendimiento continúe en el tiempo. “Todo este esfuerzo vale la pena si actualizan los datos en forma permanente. Por ejemplo, el Atlas de Berlín todas las semanas tiene novedades”, concluye Nabel. |

## En números

10 personas elaboran el Atlas.

60 investigadores aportan datos de primera calidad.

3.000 visitantes recorren el sitio diariamente.

3.500 usuarios se hallan registrados y reciben información diferenciada.

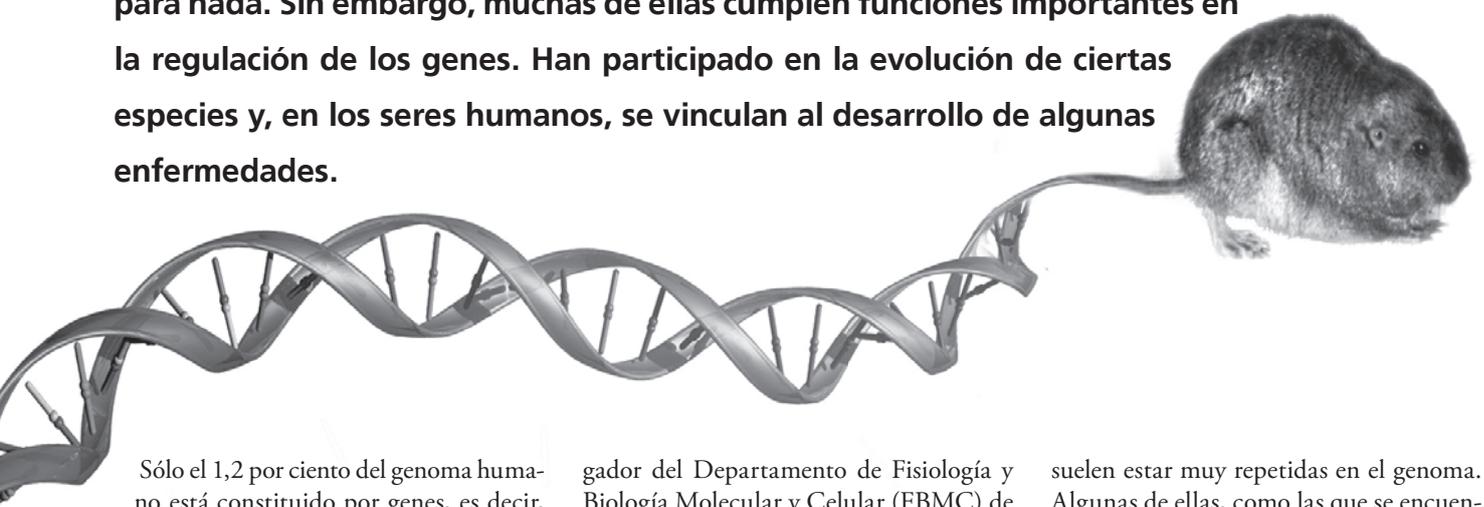
5 horas es el tiempo requerido para leer todo el sitio, sin usar los mapas interactivos

2007: finaliza la primera etapa del Atlas. Más precisamente en el mes de marzo.

# El lado oscuro del ADN

por Susana Gallardo | [sgallardo@de.fcen.uba.ar](mailto:sgallardo@de.fcen.uba.ar)

Un 98 por ciento del genoma humano se compone de secuencias que no se emplean para fabricar proteínas. Son como textos sin sentido que, en algún momento, se creyó que no servían para nada. Sin embargo, muchas de ellas cumplen funciones importantes en la regulación de los genes. Han participado en la evolución de ciertas especies y, en los seres humanos, se vinculan al desarrollo de algunas enfermedades.



Sólo el 1,2 por ciento del genoma humano está constituido por genes, es decir, secuencias de ADN que contienen la información para la fabricación de proteínas. Si a esto le sumamos las partes regulatorias de los genes, llegamos a un 33 por ciento. ¿Y el porcentaje restante? Sucesión de letras sin sentido, como un mensaje escrito por un demente. Por ello se habló de “ADN basura”, porque se pensaba que no servía para nada.

Lo cierto es que en las bacterias, por ejemplo, la porción de ADN no codificante es mínima, pero, a medida que se asciende en la escala biológica, esa porción aumenta. Por tal razón, los investigadores pensaron que algún rol debía cumplir, y que, tal vez, representara una ventaja evolutiva.

Hoy resulta evidente que el conocimiento de los genes, por sí mismo, no brinda la respuesta a las preguntas sobre la transmisión de información genética o sobre las bases moleculares de las enfermedades humanas. Y se ha comprobado que muchas de esas secuencias “basura” cumplen alguna función en la arquitectura del genoma.

Para el doctor Norberto Iusem, investi-

gador del Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular (FBMC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), “es despreciativo hablar de ‘ADN basura’, porque se está acumulando evidencia de que dichas regiones contienen genes –cuya presencia antes fue pasada por alto– que cumplen diversas funciones importantes para la célula. Una de esas funciones es la de regular la correcta expresión de otros genes, situados muy lejos, hasta en otros cromosomas. Además, para la investigación desempeñan un rol importante, pues sirven, por ejemplo, para identificar genes previamente desconocidos”.

Por su parte, la doctora Marta Mudry, investigadora del Conicet y del Departamento de Ecología, Genética y Evolución de la FCEyN, prefiere considerar las secuencias no codificantes, no como “basura”, sino como “ADN guardaespaldas”, un concepto acuñado hace unas décadas. “Si bien este término hoy ya no es muy empleado, hace referencia a una posible función, la de estar protegiendo algo, aunque todavía no sabemos exactamente qué”.

## Genes al por mayor

El hecho es que estas secuencias sin código

suelen estar muy repetidas en el genoma. Algunas de ellas, como las que se encuentran en los telómeros (en los extremos de los cromosomas), se repiten unas 3.000 veces. La longitud de los telómeros se vincula al envejecimiento y al daño celular.

Pero hay algunas secuencias no codificantes, denominadas satélites, que pueden repetirse millones de veces. “Es paradójico que algo que, aparentemente, no sirve para nada, esté repetido una gran cantidad de veces”, comenta la doctora Susana Rossi, investigadora del Instituto de Fisiología Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE/Conicet).

Rossi aporta un ejemplo de cómo una secuencia no codificante cumplió un rol importante en la evolución. “Hace millones de años, una de estas secuencias se insertó muy cerca de un gen que codifica la amilasa, una enzima que digiere el almidón de los alimentos y los transforma en azúcares simples”, relata. De esta manera, esa secuencia permitió que el gen se expresara, y que las glándulas salivales comenzaran a secretar amilasa. Ello hizo posible, a su vez, que los primates reconocieran en la boca el gusto dulce de los hidratos de carbono.

“Este hecho implicó un cambio evolutivo, porque permitió incorporar nuevas fuentes de recursos”, consigna la investigadora.

Siguiendo con la evolución, también se pensó que esas secuencias repetitivas, tal vez, podrían relacionarse con la formación de nuevas especies dentro de un género de individuos.

■ ***“Es paradójico que algo que, aparentemente, no sirve para nada, esté repetido una gran cantidad de veces”.***

Se habla de especies cuando los individuos de una de ellas no pueden cruzarse con los de otra, o, si se aparean, no tienen descendencia fértil. Un ejemplo conocido es el de la mula, que es producto del apareamiento entre el caballo y el asno, dos especies diferentes.

Hay distintos mecanismos para que surja una nueva especie. En algunos casos, debido a una modificación en el ambiente, una población queda dividida en dos grupos, que sobrellevan una historia evolutiva diferente, con cambios que les permiten adaptarse a sus respectivos ambientes. Pero hay casos en que, dentro de una población que comparte un mismo ambiente, se producen modificaciones que hacen surgir una barrera reproductiva. Por ejemplo, los cambios en el cariotipo, es decir en el número, forma y distribución de los cromosomas, pueden conducir a la formación de nuevas especies.

**Tras la huella del tuco-tuco**

Susana Rossi quiso comprobar que las secuencias satélites cumplían un rol en el surgimiento de nuevas especies. Para ello eligió a unos roedores denominados tuco-tuco, que se distribuyen en la zona meridional de América del Sur, y constituyen uno de los grupos más diversos entre

los mamíferos, con un total de 60 especies registradas. Entre ellas, la variación en el número de cromosomas puede ir de 10 hasta 70.

Esta enorme variación despertó interrogantes acerca del mecanismo que la generó. Para averiguarlo, era necesario seguir el rastro de esos cromosomas y de las secuencias satélites a lo largo de la historia evolutiva de los roedores en cuestión.

“El genoma de un organismo es un territorio lleno de huellas de distintos tipos y edades”, detalla Rossi. Las huellas antiguas son porciones de ADN que los organismos heredaron de sus ancestros lejanos, y se conservaron hasta la actualidad. Las más recientes se originaron con posterioridad a la divergencia de los grandes grupos y, por lo tanto, pertenecen a conjuntos más acotados de individuos.

■ ***“El genoma de un organismo es un territorio lleno de huellas de distintos tipos y edades”.***

“Si uno quiere establecer la edad de un grupo de organismos, tiene que considerar el concepto de reloj molecular, que designa las sustituciones ocurridas en el material genético como una medida del tiempo transcurrido”, explica Rossi. Hay períodos en que la tasa de sustitución es alta, y, en otros, el proceso es más lento. Si las mutaciones afectaron a los genes, pudieron haber causado que los individuos no fueran viables. Los cambios en las secuencias satélite, en cambio, no afectan a los genes, por ello no inciden en la supervivencia de las poblaciones.

Si uno quisiera ver las relaciones entre miembros de una familia, habría que tomar las últimas “pisadas”, aquellas que permiten establecer relaciones entre parientes

muy cercanos, de unas pocas generaciones. Por ello, los cambios o polimorfismos en las secuencias satélites pueden servir para determinar la filiación de una persona, o si una muestra de ADN pertenece a un sospechoso de haber cometido un crimen (Ver Huellas genéticas en la escena del crimen).

“Hace varios años descubrimos en el genoma de los tuco-tuco ciertas secuencias que, por sus características, parecen tener un origen viral, más precisamente, se trataría de un retrovirus, como el del sida”, relata Rossi. “Esa secuencia, replicada en millones de copias, la encontramos en distintas ubicaciones en los cromosomas”, detalla.



Según la investigadora, esa amplificación de la secuencia debe haber favorecido la inestabilidad de la forma y el número de los cromosomas. Esas secuencias podrían tener mutaciones en forma azarosa, porque los cambios serían inocuos para el individuo. “Con sorpresa, hallamos que esas mutaciones no fueron azarosas, sino que se produjeron en determinadas regiones, y se encuentran conservadas a lo largo de la evolución”, señala Rossi. La ubicación de una secuencia en distintos cromosomas puede favorecer la recombinación entre ellos y causar inestabilidad.

“La conclusión del estudio –afirma– es que esas secuencias satélites estarían vinculadas a la variabilidad de los cromosomas y, en consecuencia, al surgimiento de nuevas especies”.

Las secuencias satélites pueden ser empleadas por los investigadores con distintos fines. Por ejemplo, para acercarse a un gen desconocido que gobierna una determinada función, es decir, sabiendo de antemano qué le pasa a un individuo (es decir, visualizando el fenotipo) que tiene mutado el supuesto gen. “El truco que el investigador usa es hallar una secuencia de ADN física y genéticamente ligada al gen buscado, que se emplea como marcadora”, explica Norberto Iusem. Estos marcadores pueden ser unidades cortas, repetidas muchas veces en fila india y que se usan como punto de partida para explorar las zonas vecinas en el genoma.

■ ***El ARN no codificante contiene una fracción que consiste en secuencias de genes antisentido, que impiden la síntesis de determinadas proteínas”.***

“Como resultado de esa exploración bioinformática (y acá cobran importancia los resultados de los megaproyectos como el Genoma Humano) es posible identificar genes responsables de determinados fenotipos y de enfermedades –cuando el gen se encuentra mutado– tanto en plantas como en animales, incluyendo la especie humana, asegura el investigador”. Obviamente, estos hallazgos básicos han tenido gran impacto en aplicaciones prácticas en la medicina y la agronomía

**ADN no codificante y patologías**

La proporción de regiones no codificantes aumenta junto con la complejidad de los organismos. En bacterias (procariotas), las secuencias no codificantes representan sólo el 10 por ciento del genoma. En eucariotas (organismos que poseen células con núcleo diferenciado), la cosa cambia: en los unicelulares, las regiones sin mensaje aparente representan entre un 10 y un 40 por ciento del total. En los invertebrados, entre un 70 y un 90 por ciento. En mamíferos, el 98 por ciento.

De ese 98 por ciento, el 27 por ciento comprende las partes no traducidas de los genes, los intrones; un 25 por ciento corresponde a elementos regulatorios, que incluyen secuencias de ARN; el 46 por ciento restante se compone de secuencias repetitivas, satélites, minisatélites y microsateélites.

Las moléculas de ARN no codificante, que no son empleadas para fabricar proteínas, se sintetizan sólo en determinados tejidos o en ciertas etapas del desarrollo embrionario, y han sido implicadas en mecanismos que afectan los distintos niveles de la transmisión de la información genética: la transcripción o copiado de la secuencia de ADN, y la traducción (empleo de la secuencia como molde para la síntesis de una proteína).

En cuanto a su función reguladora, las moléculas de ARN tienen una gran ventaja frente a las proteínas: la expresión de ARN

sin la traducción consume menor energía, y puede ser degradado más fácilmente que las proteínas.

Una fracción significativa del ARN no codificante consiste en secuencias antisentido de genes. Se trata de secuencias complementarias a las de ciertos genes, por lo que la unión de esa molécula con el ARN mensajero impide que pueda traducirse en una proteína.

Dentro de las porciones no codificantes del genoma se encuentra lo que se conoce como ARN de interferencia, que motivó el Premio Nobel de Medicina 2006 (ver nota Nobel 2006 en este número). La función de estas secuencias es silenciar algunos genes, y la observación de los efectos de ese silenciamiento ha permitido a los científicos entender su función.

■ ***Se han hallado secuencias de ARN no codificante en regiones asociadas al autismo, la bipolaridad y la esquizofrenia.***

También, la dilucidación de este proceso puso en evidencia que ciertas moléculas de ARN, llamados micro ARN, regularían naturalmente la expresión de los genes por el mecanismo de interferencia, controlando así la producción celular de proteínas.

Pero un aspecto interesante del ARN



Los tuco-tucos transcurren casi toda su vida bajo tierra, en cuevas sinuosas y ramificadas, a escasa profundidad y con varias entradas.

## Huellas genéticas en la escena del crimen

Pero el ADN no codificante no sólo tiene influencia en la formación de nuevas especies, sino que sirve también para determinar la identidad de la huella del sospechoso de un crimen.

Los seres humanos somos un 99,9 por ciento idénticos desde el punto de vista genético, pero el 0,1 por ciento, aunque parezca una cantidad muy pequeña, suma un total aproximado de 3 millones de nucleótidos, que están ordenados de una forma particular en cada individuo y son los que establecen las diferencias. Estas no se distribuyen al azar, sino que se hallan en regiones específicas y constituyen una huella genética individual.

Como el ADN no codificante tiene mayor proporción en el genoma, hay mayor probabilidad de que las mutaciones se produzcan en esas zonas. Los cambios que no afectan a los genes “no se notan”, porque

no influyen en el individuo. Como no tienen consecuencias, se acumulan a lo largo de la evolución, y son las que aportan la mayor variabilidad al genoma. Esas variantes, denominadas polimorfismos, son empleadas para identificar, por ejemplo, al culpable de un delito, porque la muestra hallada en la escena del crimen coincide con el ADN del sospechoso.

Para la identificación de personas no se emplean las secuencias satélite, sino los minisatélites, con una longitud menor, y mayor número de polimorfismos. Este ADN presenta una gran variabilidad entre individuos en lo que respecta al número de repeticiones en cada lugar. Los miembros de una misma familia se pueden diferenciar por el número de repeticiones de un fragmento de ADN. La localización de secuencias repetitivas permite establecer marcas en la molécula

de ADN y conformar un mapa del cromosoma.

“Las secuencias no codificantes comenzaron a usarse en 1980 con el fin de generar perfiles individuales”, señala el doctor Daniel Corach, director del Servicio de Huellas Digitales Genéticas, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA, e investigador del Conicet.

En la década de 1990 comenzaron a emplearse los microsátélites, unidades de 2 a 7 variaciones, que pueden estar ubicadas dentro de la secuencia de un gen. “Ahora la tendencia es usar secuencias que varían en un solo nucleótido, se llaman SNP (sigla en inglés para polimorfismos de un solo nucleótido)”, comenta el investigador.

“A medida que se fue avanzando en las técnicas, se empezó a reducir el fragmento a analizar”, asegura Corach.

no codificante es que está involucrado en un grupo de enfermedades humanas, que incluyen desórdenes neurológicos y del comportamiento así como algunas formas de cáncer. En efecto, se han hallado secuencias de ARN no codificante en regiones asociadas con el autismo, el trastorno bipolar y la esquizofrenia.

“En pacientes con esquizofrenia, se han identificado dos genes, denominados DISC1 y DISC2 (*disrupted in schizophrenia*): el primero codifica una proteína que se relaciona con otras proteínas expresadas en el sistema nervioso, mientras que el DISC2 produce una serie de secuencias transcritas que no tienen potencial de codificación. Se ha propuesto que este gen podría estar involucrado en la regulación de la expresión del primero”, explica la doctora Liliana Dain, profesora en el Departamento de FBMC de la FCEyN, e investigadora del Centro Nacional de Genética Médica, dependiente del ANLIS.

También se identificaron secuencias de ARN no codificante que podrían contri-

buir en la patogenia de trastornos congénitos como los síndromes de Prader-Willi, de Beckwith-Wiedemann o de Angelman. La característica de estas enfermedades es que involucran zonas del genoma que están “marcadas” (sujetas a *imprinting*), y denotan su origen parental.

El síndrome de Prader-Willi se origina en alteraciones que causan la inactivación de ciertos genes paternos ubicados en el cromosoma 15. Los niños que padecen este mal tienen obesidad y retraso mental. En cambio, los que sufren el síndrome



Con un total de 60 especies, los tuco-tuco son uno de los grupos de mamíferos más diversos.

de Angelman tienen hiperactividad y son muy delgados, además de retraso mental. “Son dos enfermedades en las que está afectada la expresión de genes, generalmente por supresión de una parte del genoma. En Prader-Willi, están afectados los genes paternos; en Angelman, los maternos”, señala Dain.

La enfermedad de Beckwith-Wiedemann (que, entre otros síntomas, presenta gigantismo) se vincula, al igual que algunos tipos de cáncer, a ciertas anomalías genéticas en un conjunto de 13 genes maternos y 4 paternos del cromosoma 11.

Para bien o para mal, las secuencias sin mensaje ocupan la mayor parte de nuestro genoma, y de los mamíferos en general. Si bien se pensó que no servían para nada, cada vez se le encuentran más funciones.

“El ADN no codificante podría compararse con un altillo, donde uno guarda objetos que no usa, y, en algún momento, uno puede subir y encontrar algo que pueda tener alguna utilidad”, concluye Rossi. |

Restauración con láser

# Iluminando las huellas del tiempo

por Pablo Teso\* | [pablo\\_teso@yahoo.com.ar](mailto:pablo_teso@yahoo.com.ar)

*La restauración es una instancia que actualmente se aborda sólo si no hay más opciones. El láser se convirtió desde hace un par de décadas en un importante aliado en el rescate de obras de arte afectadas por el paso del tiempo, y sus delicadas y efectivas posibilidades se pusieron a prueba en China con el tratamiento de los guerreros de terracota de la dinastía Qin. Uno de los padres de la técnica de este tipo de restauración, el físico estadounidense John Asmus, habló con Exactamente sobre las ventajas y desventajas de aplicar el láser.*

Como ocurre muchas veces con los descubrimientos y avances científicos, son impredecibles los alcances, aplicaciones y utilidades que llegarán a tener. No llama la atención, entonces, que el láser haya diversificado sus campos de aplicación que van hoy desde cortar gruesas chapas de acero hasta efectuar delicadas operaciones en los ojos, o desde grabar y reproducir música en un CD hasta guiar el vuelo de misiles.

Pero una de las aplicaciones más interesantes del láser es la que vincula a esta tecnología con el arte. En efecto, el láser, que alcanza un elevado grado de precisión y efectividad, es la técnica elegida para que ciertas esculturas valiosas puedan recuperar aquella belleza que la pátina del tiempo

se encargó de ocultar. Y los guerreros de terracota de la dinastía Qin ya están en la lista de los futuros beneficiarios de la técnica.

**Bombas atómicas y canales venecianos**  
El acercamiento de la tecnología láser con la restauración se produjo a comienzos de los 70 cuando el físico estadounidense John Asmus fue requerido, desde Italia, para hacer unas copias holográficas de unas estatuas venecianas que estaban deteriorándose con cierta rapidez. “La intención era que realizáramos estas fotografías tridimensionales para poder llevar un registro preciso del avance del deterioro en las estatuas”, recordó Asmus, del Instituto para las Ciencias Físicas Puras y Aplicadas de la Universidad de California.

El físico, que en el mes de agosto estuvo en la Argentina ofreciendo un ciclo de conferencias sobre aplicaciones de la fotónica en arte y conservación, historió: “Nuestro conocimiento sobre el láser y el procesamiento de imágenes estaba relacionado con un proyecto espacial, de principios de la década de 1960, que estudiaba la posibilidad de propulsar naves en el espacio a partir de explosiones nucleares. Pero en 1963, tras la prohibición de este tipo de pruebas atómicas en el espacio, el proyecto quedó cancelado”.

Asmus y su grupo prosiguieron entonces sus investigaciones sobre láser aplicándolo a modelización y simulaciones en computadoras. Y fue esta experiencia y

los conocimientos acumulados en aquellos años lo que le permitieron a Asmus convertirse en un pionero de la aplicación del láser en la restauración y un referente mundial sobre este tipo de intervenciones. Al poco tiempo de terminar con los registros holográficos, comenzó a desarrollar y perfeccionar un procedimiento para remover incrustaciones en estatuas de mármol utilizando el láser.

■ ***Se procura intervenir lo menos posible sobre los objetos, y las estrategias apuntan a reducir los efectos negativos del paso de los años.***

#### **Más vale prevenir**

Al igual que cualquier objeto material, las obras de arte como las pinturas y esculturas, se ven afectadas por el paso del tiempo. Esto, que es aplicable a todo bien cultural tangible, interesa y preocupa a mucha gente que considera importante conservar, de la mejor manera, estos objetos que forman parte del patrimonio de la humanidad.

A diferencia de lo que ocurrió en otros tiempos, la tendencia actual de acción sobre los bienes de valor cultural, como obras de arte y objetos arqueológicos o arquitectónicos, promueve más la conservación que la restauración. Se procura intervenir lo menos posible sobre los objetos y todas las estrategias apuntan a evitar o reducir los efectos negativos del paso de los años. Sin embargo, a pesar de ello, en ocasiones no queda otra alternativa que la intervención directa sobre el objeto.

Si bien las técnicas involucradas en el proceso de restauración de una obra son tan específicas y singulares como la obra misma, es posible considerar tres etapas básicas: limpieza, consolidación y reintegración (ver recuadro “Manos en la obra”). Es en la primera de estas etapas en que la técnica del láser ha mostrado los beneficios de su aplicación.

#### **La importancia de ser coherente**

Para poder entender por qué resulta útil su empleo, es conveniente mencionar algunas características de este particular tipo de luz. El láser es luz coherente. Se la define así debido a que los fotones emitidos en este tipo de radiación viajan en igual dirección, tienen la misma frecuencia y transportan una cantidad de energía equivalente. Este

efecto se produce a través de un proceso conocido como emisión estimulada y, como consecuencia de esta coincidencia en dirección, frecuencia y energía, la intensidad de la radiación se amplifica (ver recuadro “Un estímulo para emitir”).

El medio activo donde se lleva a cabo este proceso de emisión estimulada puede ser sólido, líquido o gaseoso, y la radiación obtenida, de baja, media y alta potencia. Además, puede emitir tanto en la franja de radiación visible como en el infrarrojo y el ultravioleta.

Si bien el tipo de láser utilizado en restauración depende de las necesidades específicas, el más difundido y aplicado es el denominado Nd-YAG, un láser que utiliza como medio activo un material sólido conocido como “granate de itrio y aluminio”, que contiene iones de neodimio. Son de media y alta potencia y emiten en infrarrojo, en luz visible y en ultravioleta. Además, puede ser pulsado o continuo, aunque el primero es el de mayor uso. Otro que está dando buenos resultados es el llamado láser de excímeros, basado en mezclas de gases nobles con flúor o cloro.

■ ***Esta aplicación reemplaza al uso de abrasivos o químicos, más peligrosos para la conservación de las piezas.***

En todos los casos es muy importante controlar la fluencia del pulso, esto es, la energía por unidad de superficie que es posible transferir. Esta es una de las ventajas de la limpieza con láser frente a otro tipo de técnicas. Para remover el material indeseable es necesario poner en juego una cierta cantidad de energía, que en los procesos abrasivos o químicos no es fácil de controlar. La extracción mecánica del material realizada, por ejemplo, con un bisturí, puede venir acompañada de rayones o daños en el sustrato. Por su parte, en la aplicación de diluyentes, el grado de absorción y penetración de estos líquidos es difícil de limitar. La emisión láser, por sus características, permite fijar con precisión, parámetros como fluencia y direccionalidad.

La aplicación requiere de un análisis previo del tipo de suciedad a remover y del sustrato donde esta se encuentra. Los ensayos preliminares permiten ajustar las



#### **Manos en la obra**

Limpieza, consolidación y reintegración constituyen las etapas básicas de una intervención. La primera busca eliminar aquellos materiales que, a lo largo del tiempo, se han ido acumulando sobre la superficie del objeto. Estas sustancias tienen orígenes diversos. Algunas, como el polvo o el hollín, son claramente externas a la obra y provienen del ambiente en el que estuvo expuesta. Otras, en cambio, son inherentes a la obra misma como es el caso de los barnices que aplicó el artista y que, con el correr de los años, se oscurecen, pierden brillo y opacan la pintura subyacente.

En la segunda etapa, la de consolidación, se intenta mantener la integridad de la obra. En ocasiones es el primer paso de una intervención ya que el material puede presentar poca cohesión y una marcada tendencia a disgregarse. En una última fase se intentará, si es conveniente, cubrir lagunas, reintegrar faltantes y recuperar colores, buscando equilibrar estéticamente la obra y rescatar su significado.

## El “medidor de mugre”

La aplicación de un pulso de láser para remover algún tipo de suciedad superficial viene acompañada de un chasquido característico. La intensidad de este sonido se relaciona con el nivel de suciedad que presenta la superficie. Sobre esta idea funciona el “medidor de mugre”, como llama de entre casa Gabriel Bilmes al dispositivo que permite registrar in situ y en tiempo real el grado de limpieza de láminas metálicas durante el proceso de bobinado.

El equipo, denominado ELMES I, dispone de un láser Nd-YAG pulsado infrarrojo, con 1064 nanómetros de longitud de onda, duración del pulso 20 nanosegundos y frecuencia de 3 Hz. La detección del sonido se realiza con un micrófono ubicado convenientemente y que envía la información a un sistema de procesamiento de la señal. La amplitud de la señal originada en el desprendimiento del material da una medida del nivel de limpieza. El dispositivo, primero en su género, está operando en la planta Siderar de Ensenada.



condiciones de la intervención y encontrar el valor óptimo de energía necesario para la limpieza. La experiencia muestra, por ejemplo, que en las esculturas de piedra, los pulsos muy cortos (del orden de unos pocos nanosegundos) pueden tener un efecto negativo al provocar microfisuras y alterar la porosidad del sustrato.

■ ***La incidencia del láser remueve la capa de suciedad superficial. El material removido se volatiliza.***

Por otro lado, los pulsos largos (en el orden de los milisegundos) traen aparejados efectos térmicos indeseables, como el calentamiento excesivo de las capas superficiales. Afortunadamente, tanto la duración como la frecuencia de los pulsos se pueden ajustar de manera de lograr una limpieza controlada y selectiva. Así, es posible trabajar sobre superficies frágiles o débiles, eliminando capas de pocos micrones de espesor sin afectar a las capas que están debajo.

### Tres en uno

¿Cómo actúa el láser durante el proceso de limpieza? “La acción del pulso tiene un efecto múltiple”, explica el

doctor Gabriel Bilmes, especialista en láser del Centro de Investigaciones Ópticas de La Plata. “En primer lugar, la incidencia del pulso de luz remueve la capa de suciedad superficial. Además, en forma casi simultánea, y debido a la energía que se pone en juego, este material removido se volatiliza”.

Pero hay algo más, dice Bilmes: “La aplicación del pulso produce un pequeño chasquido, un sonido particular que cambia su frecuencia según el tipo de superficie sobre la que actúa, lo que permite registrar cuándo fue removida la suciedad y se ha llegado al sustrato”. Este efecto sonoro llevó a Bilmes y su equipo a desarrollar un sistema de control de limpieza de superficies aplicable a procesos industriales (ver recuadro “El medidor de mugre”).





En general, la capa de suciedad superficial suele ser más oscura que el sustrato, y esto trae una ventaja adicional al hacer que la limpieza con láser resulte un proceso “autocontrolado”. La explicación está en que cuando los materiales más oscuros absorben la radiación y se desprenden, dejan expuesta una superficie más clara que refleja la nueva luz incidente sin absorberla.

### Un trabajo chino

En ocasiones es necesario tomar mayores recaudos durante la intervención, sea por la fragilidad del objeto o por su valor cultural. Es el caso del tratamiento que se está realizando sobre los famosos Guerreros de Terracota de la dinastía Qin (siglo III AC). Este espectacular nicho arqueológico, descubierto accidentalmente en 1974 en la ciudad de Xi'an, perteneciente a la pro-

vincia china de Shaanxi, está conformado por una gran cantidad de piezas entre las que se destaca la réplica, en tamaño real, del ejercito imperial. Guerreros, carruajes, armas y caballos están fabricados en arcilla cocida y constituyen la “custodia” en el mausoleo de Qin Shihuang, primer emperador de China.

### ■ Se estima que el trabajo de restauración de los miles de guerreros terminaría recién en el año 2080.

John Asmus, convocado por el gobierno de ese país para asesorar y coordinar los procesos de restauración con láser, explicó: “Se utiliza un láser al que se adiciona un sistema de monitoreo que envía la información a una computadora. Allí se comparan los datos con la información, previamente incorporada, sobre pigmentos y colores y, si se detecta alguna alteración, corta automáticamente”. Esta maravillosa muestra del arte funerario chino, que incluye miles de piezas de cerámica, hierro y bronce, es de tal magnitud que, de acuerdo a la tecnología actual, se estima que el trabajo de restauración quedaría concluido recién en el 2080.

A pesar de ser tan versátil, el láser tiene sus limitaciones. Por ejemplo, algunas pruebas sugieren que no es conveniente usarlo con ciertos pigmentos, como el bermellón, porque los ennegrece. Además, su aplicación está condicionada por el sustrato que, si es oscuro, puede verse afectado. Otra de las limitaciones, no tanto técnica como económica, es el costo de los equipos. Al respecto, Bilmes señala: “Un equipo básico cuesta unos veinte mil dólares y, si se piensa en sistemas como los usados en Europa para limpiar catedrales, se alcanzan los cien mil. Los costos en Argentina son muy altos y frente a los presupuestos de los que se dispone, conviene evaluar muy bien sus posibles aplicaciones.”

Pero, más allá de las cuestiones económicas, a medida que la ciencia avance, y se conozca con más profundidad la manera en que interactúa el láser con la materia, se irá perfeccionando esta inteligente forma de “echar luz sobre el pasado”. ▣

*\*Profesor de Física en la Escuela Técnica ORT. Cursó Introducción a la Divulgación Científica en 2006*

## Un estímulo para emitir

La emisión de luz tiene su origen en las transiciones que experimentan los electrones de los átomos, al pasar de un nivel energético a otro. En un átomo en su estado fundamental los electrones se ubican en niveles alrededor del núcleo. Cuando alguno de estos electrones recibe energía del exterior puede pasar a un nivel superior. Esta nueva situación, con el electrón “fuera de su lugar”, se conoce como estado excitado. Esto se mantiene durante un tiempo sumamente breve ya que el átomo tratará de volver a su estado fundamental y, para que ello ocurra, el electrón deberá “devolver” la energía que anteriormente recibió. Por tanto, cuando el electrón “caiga” a un nivel de menor energía, emitirá un cuanto de luz. Este cuanto o paquete de energía luminosa recibe el nombre de fotón. Según el salto que deba dar el electrón será la energía asociada al fotón y como la energía se relaciona con la longitud de onda y ésta con el color de la luz resulta que a distintas transiciones corresponde luz de diferentes colores.

La luz que emite una lamparita común se origina en las variadas y azarosas transiciones de los electrones que forman parte de los átomos del filamento. Los fotones allí emitidos van en todas direcciones y con diferentes energías.

En el láser, en cambio, los átomos son llevados a estados excitados pero la vuelta al estado fundamental y la correspondiente emisión del fotón, es estimulada por otro fotón de igual característica. Ambos fotones tienen la misma energía, viajan en igual dirección y como consecuencia se amplifica la intensidad de la radiación. Si se logra que gran cantidad de átomos emitan por estimulación, la emisión resultante es intensa, direccional y de un solo color. Cuando una radiación tiene estas características se dice que es coherente.

## Crisis de energía eléctrica

# ¿Cuál es el camino?

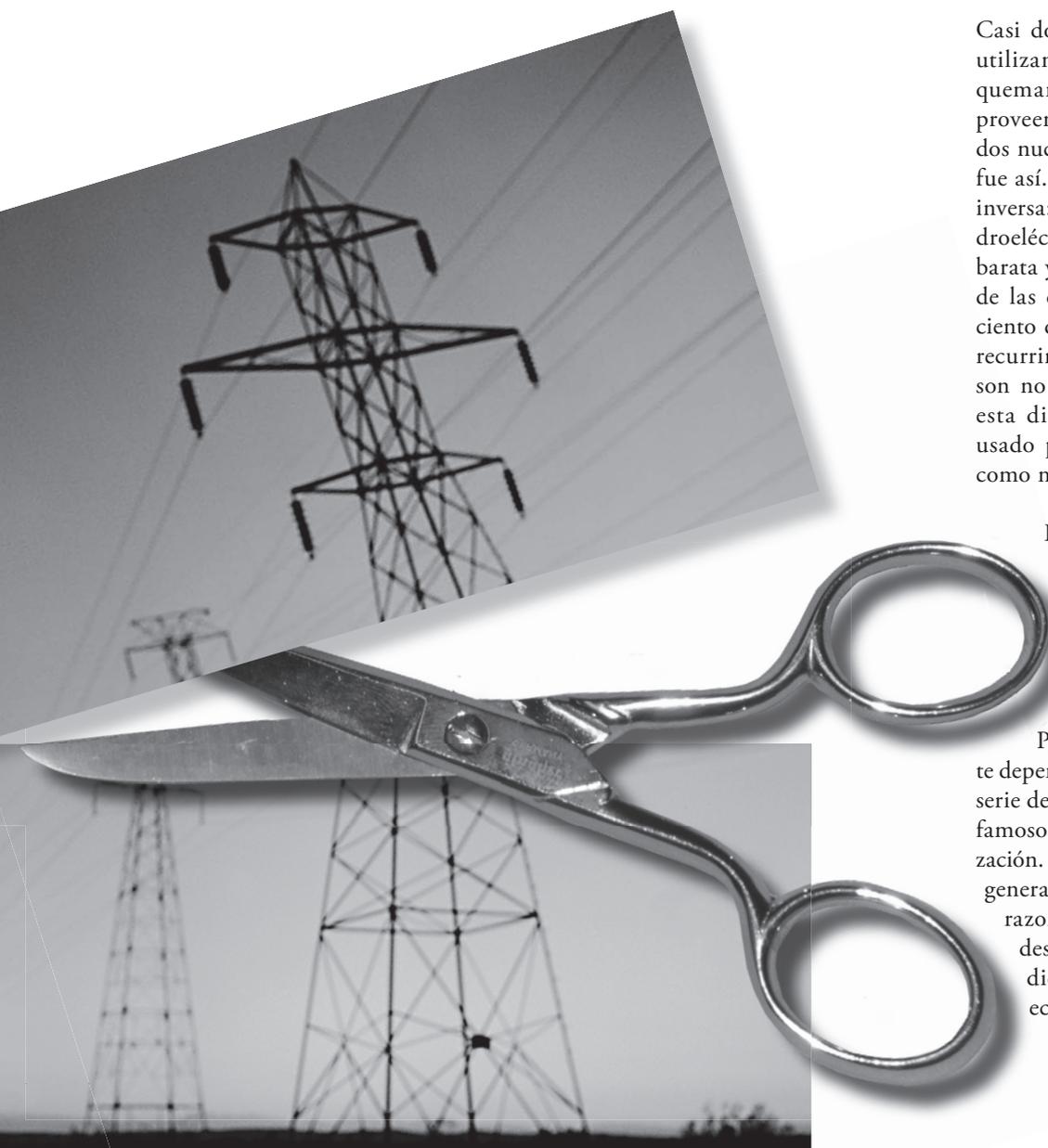
Fernando Terreno\* | fecosol@arnet.com.ar

***Desde hace algunos meses comenzaron los rumores y posteriores desmentidas oficiales sobre una posible situación de crisis de energía eléctrica para el verano 2007. Con Atucha II sin funcionar, demanda mayor a la de otros años y sin planificación de por medio, todas las soluciones que resuenan apuntan sólo a la coyuntura. Sin embargo, las posibilidades energéticas a mediano y largo plazo de la Argentina parecen muy buenas, planificación mediante.***

Casi dos tercios de la electricidad que utilizamos en la Argentina se produce quemando petróleo y gas. El resto lo proveen centrales hidroeléctricas y las dos nucleares. Sin embargo, no siempre fue así. En 1990, la situación era casi la inversa: había una gran participación hidroeléctrica, con su provisión de energía barata y renovable. Con la contribución de las centrales nucleares, casi 60 por ciento de la electricidad se producía sin recurrir a los combustibles fósiles, que son no renovables y contaminantes. A esta distribución por tipo de recurso usado para la generación se la conoce como matriz energética.

En los últimos quince años se observa un cambio en la matriz: gran crecimiento de la generación térmica sobre las otras, especialmente a partir de gas natural.

Para llegar a esta situación de fuerte dependencia del gas, concurrieron una serie de factores: "En el 89, se dieron los famosos cortes rotativos y vino la privatización. El sector privado vio que convenía generar electricidad a partir del gas, por razones de precios, y se empezaron a desarrollar estos nuevos proyectos", dice el doctor Daniel Montamat, economista y ex secretario de Ener-



gía de la Nación (1999–2000). A esto se suma que las centrales de generación a gas tienen un corto plazo de ejecución y un menor costo de instalación, lo que las hace interesantes para inversores privados y para paliar situaciones de emergencia.

Al ser consultado, otro ex secretario de Energía (1986–1988), el ingeniero Jorge Lapeña, agrega algunos aspectos técnicos: la aparición de una tecnología nueva de generación de energía eléctrica a partir del gas, que es la del ciclo combinado (ver infografía “¿Qué es una central de ciclo combinado?”), cuya eficiencia termodinámica casi duplica los valores anteriores y la existencia de yacimientos de gas con 37 años de reservas en 1989. Las reservas expresan la cantidad de hidrocarburos encontrados y en condiciones de extraerse, divididos por el consumo anual.

■ **“Como geólogo estoy convencido de que en el país tenemos más gas que petróleo”, Víctor Ramos.**

#### **La demanda de energía crece y falta gas**

Si bien los especialistas coinciden en que los combustibles fósiles están lejos de acabarse, nuestras reservas comprobadas de gas y petróleo han caído a diez años o menos, y para mejorarlas se necesita invertir en búsqueda y exploración.

El doctor Víctor Ramos, profesor en el Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, destaca: “Como geólogo, estoy convencido de que el país tiene buenas reservas de gas; tenemos más gas que petróleo. Lo que hace falta es invertir para encontrarlo: o invierte el Estado o invierten las compañías privadas”, y agrega: “Es cierto que estamos en una posición comprometida, pero las reservas no son una medida absoluta. No se termina el petróleo, sino el petróleo más barato de los yacimientos que explotamos hasta ahora”.

Pero la demanda de energía eléctrica crece en forma continua, impulsada por el crecimiento de la economía, por un lado, y por requerimientos tecnológicos y de confort, por el otro, con el agravante de que hace más de cinco años que no se construye una central eléctrica nueva de tamaño significativo.

A su vez, el Sistema Interconectado Nacional registró en junio de 2006 el pico máximo de demanda de electricidad de nuestra historia, 17.037 megavatios. Esto muestra que el sistema eléctrico del país está operando muy cerca del límite, ya que tenemos una potencia disponible de 18.000 megavatios.

Es posible que entre 2007 y 2010 se presenten situaciones críticas en forma habitual, dependiendo mucho de las lluvias, del nivel de los ríos y de que no salga de servicio ninguna máquina grande. Un entrevistado del sector distribución, que pidió no ser identificado, lo resumió así: “La opción es prender velas al santito o prender velas para alumbrarnos”.

#### **Diversificar es la tarea**

Con el panorama descrito, resulta evidente la necesidad de aumentar la oferta de energía eléctrica y de usar fuentes alternativas para su provisión. En la generación eléctrica, es posible reemplazar combustibles fósiles por otras fuentes, básicamente la hidráulica y la nuclear. Desafortunadamente, no hay otras opciones.

“Habiendo un potencial hidroeléctrico muy importante, sería sabio tratar de agotar primero estos recursos”, sintetizó Ramos, a la vez que consideró poco sensato quemar gas para producir electricidad en lugar de utilizarlo para hacer sustancias y materiales orgánicos de mayor valor agregado.

Luego está la energía nuclear, que a pesar de estar rodeada de temores, ocupa casi 80 por ciento de la matriz eléctrica de Francia y más de 50 por ciento de la de Suecia y Bélgica, países muy preocupados por su medio ambiente. Además, la Argentina tiene una experiencia exitosa con las dos centrales en funcionamiento, Atucha I y Embalse.

De cualquier manera, la coyuntura aprieta y la única forma de atender los requerimientos energéticos en el corto plazo es asegurar el aprovisionamiento de gas natural mediante el acuerdo en gestión con Bolivia, junto con la revisión de exportaciones directas e indirectas de gas, que van en sentido contrario a nuestras necesidades.

#### **Las obras planificadas**

Para aumentar la oferta de energía, el Plan Energético Nacional 2004–2008 contem-



La Central Nuclear Atucha II debería estar terminada en 2008; aportará 765 megavatios.

pla cuatro obras principales: completar la Central Nuclear Atucha II (765 megavatios en 2009), elevar la cota de la Central Hidroeléctrica Yacyretá (1200 megavatios en 2008), la construcción de dos Centrales Térmicas a gas (2007, 800 megavatios cada una) y obras complementarias de líneas de transmisión.

■ **“Si hoy no comenzamos a construir centrales hidroeléctricas, dentro de cuatro o cinco años vamos a sufrir más”.**

El 17 de agosto de 2006, se abrieron los sobres de la licitación de estas centrales a gas, por lo que se estima que podrán entrar en servicio a fines de 2008. El actual secretario de Energía de la Nación, ingeniero Daniel Cameron, estimó que Atucha II podría entrar en pruebas en 2009 y en servicio definitivo en 2010, durante el relanzamiento del Plan Nuclear.

De todas ellas, las que con toda seguridad entrarán primero en servicio son las centrales alimentadas a gas. En ese sentido, la situación es similar a la de 1990 en todo lo que significa falta de previsión y planificación. “Tenemos un drama y es que la energía siempre ha sido rehén del corto plazo político”, acota Montamat.

El Programa Nacional de Biocombustibles lanzado por el gobierno en 2004 apuntaba igualmente a diversificar la oferta de energía primaria de nuestro país. De él deriva la ley 26.093 de Biocombustibles promulgada en mayo de 2006, que regula la producción y uso de estos combustibles y establece que, a partir de 2010, el gasoil y las naftas que se comercialicen deben incluir cinco por ciento como mínimo de componentes de origen agropecuario, biodiesel o bioetanol. Si bien los biocombustibles tienen asegurado su lugar como reemplazo del petróleo en su uso a nivel

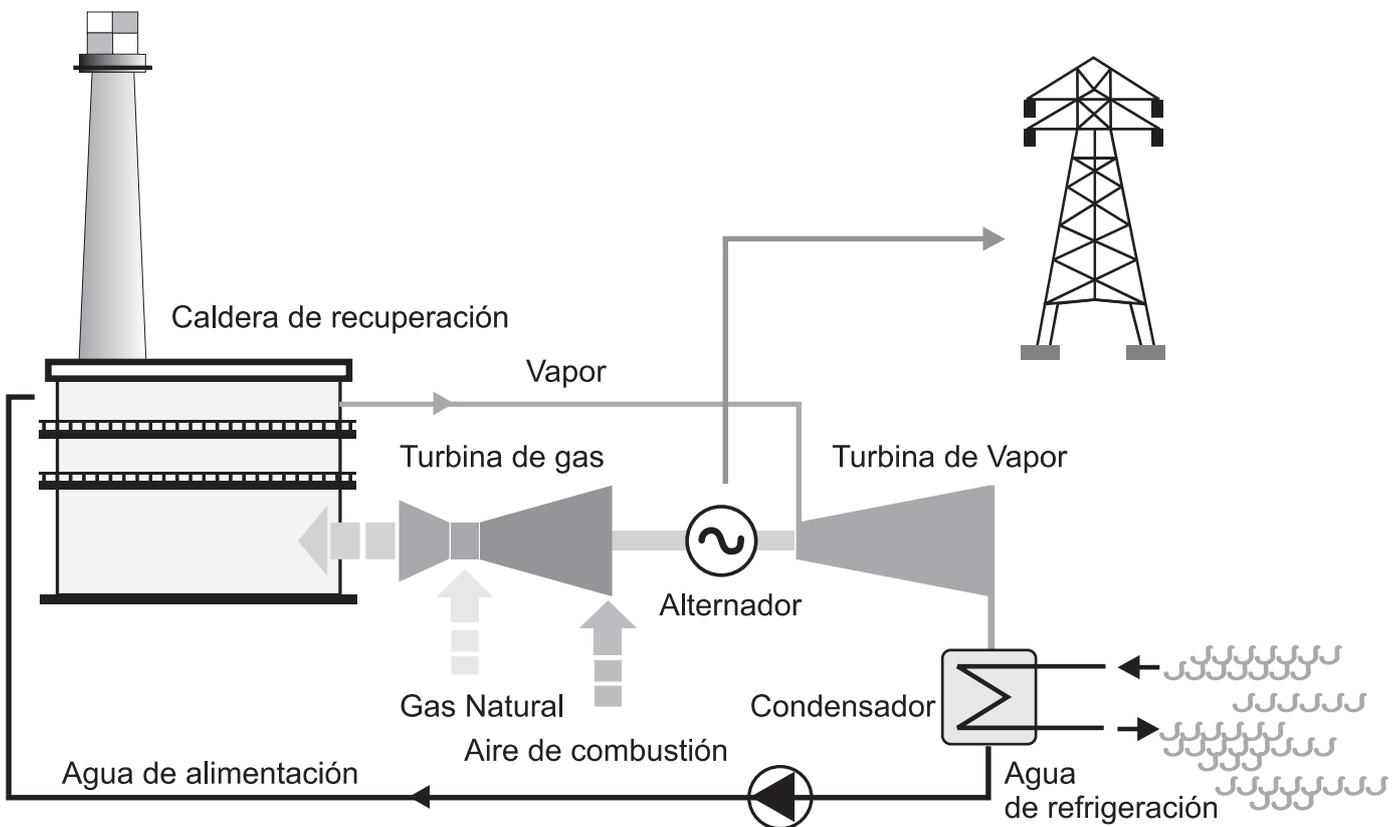
automotor, su utilización para generar electricidad no es conveniente desde el punto de vista económico.

**Estrategias para el futuro**

Todas las opiniones coinciden en la necesidad de alinearse detrás de un plan consensuado, como una estrategia de desarrollo del Estado, que tenga continuidad independientemente del signo político del gobierno. Con actores privados y con el Estado haciendo lo que no hacen aquellos, pero bajo su dirección estratégica.

“Tenemos que empezar hoy en exploración y construir centrales hidroeléctricas. Esas cosas llevan tiempo –entre cinco y siete años para que empiecen a dar frutos– y si no tenemos conciencia hoy de esto, dentro de cuatro o cinco años vamos a sufrir más”, acota Ramos y agrega: “Necesitamos como un motor dentro del Estado, algo así como era Agua y Energía en su momento”. Agua y Energía era el organismo que centralizaba

**¿Cómo es una central de ciclo combinado?**



Una turbina a gas natural similar a la de los aviones acciona un alternador. A su vez, los gases de escape son usados para calentar una caldera y producir vapor, que acciona una turbina. Esta turbina a vapor puede a su vez accionar un segundo generador o colaborar para mover el primero, como en la figura. De este modo, se duplica el rendimiento, pues con el mismo combustible se obtiene el doble de potencia y energía. Hasta el advenimiento de los ciclos combinados, las centrales a gas sólo incluían la primera etapa y su eficiencia era muy baja.

## Algunas cifras de referencia

Potencia total disponible en la Argentina: 18.000 Mw  
Potencia Central Hidroeléctrica Itaipú (Brasil): 14.000 Mw  
Potencia Central Hidroeléctrica Tres Gargantas (China): 18.200 Mw \*

Energía anual generada Itaipú (Brasil) año 2000: 93.000 Gwh  
Energía anual generada Tres Gargantas (China) : 85.000 Gwh \*  
Energía anual generada en la Argentina año 2005: 90.000 Gwh

\*Central más grande del mundo cuando esté montada la última turbina en 2009.

la construcción de diques y centrales hasta su desaparición en la década del 90.

Lapeña enfatiza la necesidad de ejecutar en lo inmediato lo que está en marcha por parte del gobierno y, para el largo plazo, sugiere juntar a la materia gris a trabajar en forma organizada, y hacer un Plan Energético que llegue hasta 2020 o más allá.

Con algunos matices, hay consenso entre los especialistas en que las actuales energías alternativas no son adecuadas para sustituir la generación eléctrica fósil en las grandes potencias que se necesitan. Todas juntas –solar, geotérmica, eólica, mareomotriz, etc.– representan hoy menos del uno por ciento de la energía en el mundo.

Si bien la energía hidroeléctrica es el remedio más adecuado para el problema de la generación eléctrica, las características de estos proyectos hacen que sólo puedan ser llevados adelante por el Estado.

En el orden económico-financiero, estas instalaciones necesitan la mayor inversión inicial a igualdad de tamaño. Si bien una vez construidas las centrales el costo de la energía producida es muy bajo, la amortización es a largo plazo, lo que desalienta generalmente a inversores privados.



Central Atómica Atucha II

El plazo de construcción también es largo, lo que hace que diques y represas sean poco interesantes para los líderes políticos, que generalmente privilegian objetivos cortos. El bajo costo de la hidroelectricidad se contraponen a los intereses de los operadores privados de centrales térmicas, puesto que les fija un menor precio de base en el mercado eléctrico.

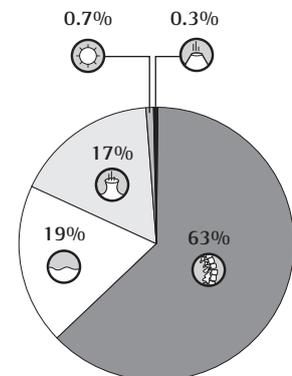
Con relación a las objeciones ecologistas, podemos decir que, si bien no hay grandes obras energéticas sin impacto ambiental, las hidroeléctricas son en este sentido las más amigables para el medio ambiente, tanto más en el largo plazo. Hay algunos proyectos con impacto grande, incluso con algunos aspectos negativos, pero los positivos, como la regulación de los ríos, el riego y el control de las inundaciones son evidentes.

Sin embargo, algunos grupos ecologistas tratan a la hidroelectricidad como si fuera igualmente contaminante que una usina que quema gas o petróleo, lo que es tremendamente más dañino. Tal vez sea suficiente analizar el funcionamiento actual de El Chocón, Futaleufú, Salto Grande y otras centrales, para tomar debida nota de las ventajas de su energía limpia y barata.

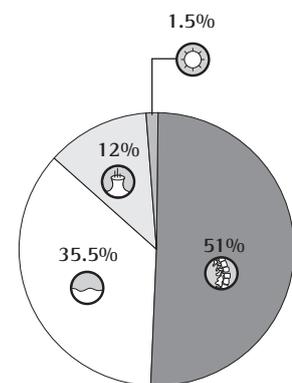
En el caso de la energía nuclear, las opiniones recogidas hacen mucho hincapié en que sus posibilidades dependerán tanto de cuestiones técnicas como de nuestra capacidad de hacer un debate maduro y libre de presiones sectoriales sobre todos los aspectos involucrados. Es de desear que el país, que ya tiene experiencia en este sentido, pueda tomar decisiones autónomas en este campo, que respondan a sus reales intereses y necesidades.

## Contribución de cada fuente al consumo eléctrico

### en el mundo



### en la Argentina



## Referencias

- Energía Hidráulica
- Energía Nuclear
- Combustibles Fósiles
- Energía Solar
- Energía geotérmica

Las aguas de nuestros ríos están ahí, esperando que las utilicemos. No tiene sentido continuar produciendo energía eléctrica quemando gas y petróleo. Teniendo el recurso del agua, no se justifica seguir improvisando. No hay otros caminos para salir de la dependencia del gas natural y los combustibles fósiles, al menos, en la producción de energía eléctrica. |

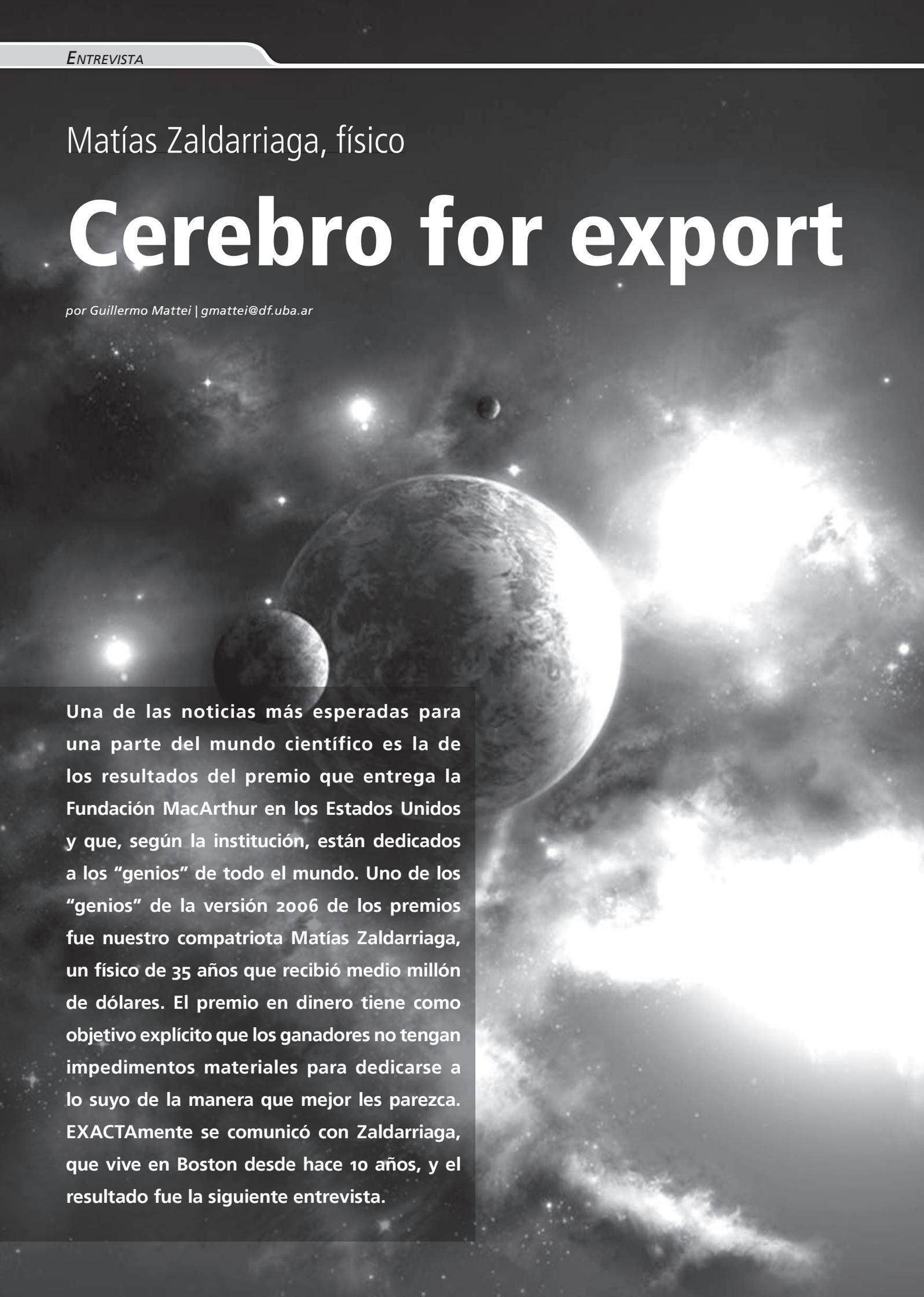
\* Ingeniero mecánico, trabaja en mantenimiento e ingeniería de planta (Cursó Introducción a la Divulgación Científica en 2006)

Matías Zaldarriaga, físico

# Cerebro for export

por Guillermo Mattei | [gmattei@df.uba.ar](mailto:gmattei@df.uba.ar)

Una de las noticias más esperadas para una parte del mundo científico es la de los resultados del premio que entrega la Fundación MacArthur en los Estados Unidos y que, según la institución, están dedicados a los "genios" de todo el mundo. Uno de los "genios" de la versión 2006 de los premios fue nuestro compatriota Matías Zaldarriaga, un físico de 35 años que recibió medio millón de dólares. El premio en dinero tiene como objetivo explícito que los ganadores no tengan impedimentos materiales para dedicarse a lo suyo de la manera que mejor les parezca. EXACTAMENTE se comunicó con Zaldarriaga, que vive en Boston desde hace 10 años, y el resultado fue la siguiente entrevista.



**En algunas crónicas periodísticas acerca del premio que la Fundación MacArthur te otorgó en setiembre de 2006 se menciona que un profesor tuyo del secundario y la serie “Cosmos”, de Carl Sagan, serían responsables de tu inclinación por la Física.**

Si, es así. Tuve un profesor en el Belgrano Day School, que trabajaba en el acelerador TANDAR de la Comisión Nacional de Energía Atómica, y que siempre me contaba lo que hacía. Una vez fui a visitar el TANDAR y me mostró todo lo relacionado con su trabajo. Eso fue una de las cosas que más me motivaron. También, de chico, me gustaban los programas de la televisión relacionados con los temas de la Física.

**El premio MacArthur, un subsidio de medio millón de dólares sin ningún condicionamiento más que el de avanzar en la línea que tu creatividad así lo indique, ¿qué representa para vos?**

En particular, este premio lo tomo como una responsabilidad porque es al revés de otros subsidios. En general me daban fondos para que hiciera algo en particular pero, en este caso, no me piden nada. Me dicen: “nosotros creemos en que vos vas a usarla lo mejor posible, tomá, andá, gastala y no me tenés que explicar qué harás con esa plata”. Es una gran responsabilidad. Hay que hacer algo con eso.

**Tenés doce años de trabajo –en parte descriptos por casi una centena de publicaciones científicas y sus cinco mil citas que realizaron otros tantos investigadores– alrededor de esa radiación fósil denominada Fondo Cósmico de Microondas que nos baña desde los orígenes del Universo. ¿Cómo describirías tus aportes al respecto?**

Los describiría como predicciones de lo que deberíamos esperar ver al analizar los datos observacionales, sobre todo los últimos. Uno de los temas en los que yo trabajé mucho en mis comienzos es en el de la polarización de la radiación de fondo y esto fue algo que empecé con Diego Harari en mi trabajo de tesis de licenciatura en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Hicimos unos cálculos de lo que se debería esperar encontrar en determinados modelos y después los continué en el Massachusetts Institute of Technology para doctorarme bajo la dirección del profesor Uros Seljak. Nos dimos cuenta de que midiendo la

polarización de la radiación de fondo es posible obtener información acerca de si hay o no en el Universo un fondo de ondas gravitacionales, si hay ondas gravitacionales dando vueltas que generan una estructura. Eso es ahora lo que los físicos experimentales están tratando de buscar para ver si realmente ese fondo de ondas gravitacionales, que muchos modelos predicen, está ahí.

**Vos y Uros Seljak diseñaron un código numérico (CMBFast) que permite computar varias propiedades del fondo cósmico de microondas. ¿Podés ampliar?**

Eso es otra cosa que hice en mi doctorado. Es un programa, entre otros disponibles hoy, que se usa para hacer esas cuantificaciones. Lo que pasó es que nos dimos cuenta de que, para usar los datos en la determinación de parámetros cosmológicos, tales como la edad del universo o la cantidad de materia, la computadora tenía que poder calcular más o menos rápido para ciertos valores dados de esos parámetros a observar. Nosotros advertimos que la manera en la cual todo el mundo estaba haciendo estas cuentas malgastaba mucho tiempo de cómputo porque, en realidad, una parte del cálculo correspondía a una función analítica conocida previamente. Luego, rescribiendo todo de otra manera, una parte del cálculo era resoluble analíticamente en lugar de numéricamente, con lo cual, fijando al principio del algoritmo esa propiedad, la computadora no lo tenía

que calcular inútilmente y así toda la operación resultaba muchísimo más rápida que antes.

**¿Vos tenés una manera de explicar cómo te diste cuenta de que podías usar ese atajo analítico para simplificar los cálculos?**

Bueno, con Uros nos dimos cuenta de que podía servir porque estábamos acostumbrados al manejo analítico de esa cuenta. Yo ya trabajaba de esa manera con Diego Harari. Esa motivación nos condujo al atajo: nos dimos cuenta de que si escribíamos las ecuaciones de la manera en que uno las describiría si las tuviera que resolver a mano, podía ganar en simplicidad. La cuestión es, básicamente, que hay dos escalas temporales involucradas en el problema. El universo tiene catorce mil millones de años de antigüedad pero la radiación de fondo nos trae una imagen del universo a los 300 mil años posteriores al Big Bang. Mezclar esas dos escalas en el cómputo no es bueno. Luego, nosotros encontramos una manera de separar el problema en dos partes: qué es lo que estaba pasando en ese momento y cómo la vemos nosotros ahora. Y esa separación hace que sea posible escribir el código de modo de ganar rapidez en el cómputo. Nosotros elaboramos un código con las anteriores características, se lo dimos al resto de los investigadores en el tema para que manejaran esta versión simplificada y tuvimos gran repercusión.





**¿Cuáles fueron las aplicaciones más relevantes del CMBFast y los resultados obtenidos?**

Los astrofísicos que diseñan los experimentos son quienes mejor provecho sacan del empleo de este código. Nosotros se lo dimos sin pedir nada a cambio por lo que no figuramos en los *papers* como autores... pero se encontraron un montón de cosas: la edad del universo, el valor de la densidad cercano a la densidad crítica –que es a que hace que las superficies de igual tiempo no sean curvas–, la cantidad de materia oscura, la cantidad de materia normal... todas esas cosas se ven usando este programa. Yo lo usé para estimar algunos parámetros del Universo e hice el análisis de combinar varios experimentos, pero la mayoría de las cosas es trabajo de los físicos experimentales.

**¿Cómo imaginás una proyección a corto, mediano y largo plazo sobre lo que te interesa investigar?**

Yo ahora estoy trabajando en un tema un poco diferente: la época en la cual se formaron las primeras estrellas. La radiación de esas estrellas ionizó todo el hidrógeno que hay en el universo, que representa la mayoría de los átomos presentes. Pese a que no sabemos bien cuándo y cómo

pasó, resulta que, tal vez, sea posible hacer observaciones de esa época usando la línea de 21 cm del hidrógeno que, aparentemente, podríamos detectar. En eso es en lo que estoy trabajando ahora, en entender lo que esperamos observar. Hay varios experimentos que se están construyendo. Se necesita un área de un kilómetro cuadrado lleno de telescopios, lo cual es un montón... los prototipos por ahora alcanzan solo una fracción de lo necesario. Uno de los primeros proyectos, todavía no hay ninguno terminado, está en Australia y estoy conectado vía la Universidad de Harvard con ellos. Últimamente estoy pensando en eso.

**Probablemente sea prematuro que con sólo treinta y cinco años de edad y doce de carrera científica hayas meditado introspectivamente acerca cómo es tu forma de pensar a la hora de producir conocimiento, pero ¿arriesgarías una opinión acerca de cómo es tu estrategia intelectual para encarar los problemas? ¿Manejás ideas, conceptos, imágenes ?**

Sí, no lo pensé mucho... En general, lo que pasa es que si hay algo que no me sale, que no me funciona, que me parece que tiene que ser de una manera y no sale así, no me deja tranquilo. Muchas veces, en realidad, lo que es muy útil para mí es hablar con otras personas porque explicarles las cosas a otros muchas veces te permite darte cuenta vos mismo de algún error en la línea de pensamiento. Luego, en general, trato de discutir mucho con otros y hasta que no encuentre la manera, no paro. En general, hacer la cuenta no es lo prioritario para mí. La cuenta es lo último. A veces empiezo a hacer la cuenta y concluyo prematuramente que no va a funcionar, y otras veces advierto que va a funcionar antes de hacerla, y entonces me aburre hacer la cuenta... No me focalizo en la cuenta.

**¿Cómo es tu equipo de trabajo en Harvard?**

Tengo unos cinco estudiantes de doctorado que trabajan conmigo y otros tantos posdocs.

**¿Estás dando clases?**

Sí, tengo que dar clase en una carga horaria más o menos parecida a la de Argentina.

Ahora estoy dando la materia Relatividad General pero, por ejemplo, también puedo dar una introducción al electromagnetismo.

**¿Estás en condiciones de hacer un balance de la formación de los físicos del Departamento de Física de Exactas?**

A mí me parece que el nivel de la licenciatura está muy bien, no tengo nada que reprochar al respecto. Incluso, cuando yo vine acá a Harvard, había estudiantes de otros países y yo no tuve ningún problema; al contrario. La verdad es que hace diez años que me fui de Argentina pero hasta este momento no hay nada o muy poco que observar respecto a la formación de nuestros físicos.

**¿Por qué tomaste la decisión de irte a hacer un doctorado fuera del país?**

Mmm.. básicamente me parecía que había más oportunidades, que iba a aprender más, que iba a estar en contacto con más gente si me iba de Argentina que si me quedaba. Yo creo que para hacer el doctorado sí hay mucha diferencia en la formación: el acceso a la gente, las últimas cosas que están pasando, los últimos datos... Me parece que es más difícil desde Argentina que en el MIT. Todo está pasando acá, el que está a lado tuyo está descubriendo algo, los estudiantes están todos trabajando en la última cosa. No sé ahora pero, en su momento, en Argentina siempre pasaban cosas que te desconcentraban, como que se lo llevaban a de la Rúa... Yo qué sé, te perdés un poco, te sacan atención. Acá también pasan cosas pero, como yo no soy “nativo”, no me importan.

**¿Cómo es un típico día tuyo? ¿Cuántas horas pasás en la universidad?**

La verdad que un montón. Pero no siempre en la universidad. Como que siempre estuviera conectado, siempre pensando en algo o discutiendo ideas por e-mail con alguno, o por teléfono con otro. En general, así es la mayoría de la gente: trabaja un montón. Uno le manda un e-mail a alguien a la noche y siempre te contestan inmediatamente. Yo estoy bastante tiempo en la universidad pero también trabajo en casa. No son veinticuatro horas porque tengo que dormir y hacer algunas otras cosas más, pero cerca de eso.

# OJO CON MATÍAS

El doctor Esteban Calzetta es profesor asociado del Departamento de Física de la Facultad de Exactas, además de ser investigador principal del CONICET. En el segundo cuatrimestre de 2006 dictó la materia Cosmología y, en consecuencia, fue el encargado de exponer el tradicional "Coloquio Nobel" —que ilustra el tema y el significado de cada uno de estos premios anuales en el campo de la Física— y el campo de investigación involucrado este año era precisamente el de la Cosmología y, más específicamente, el tema de estudio de Matías Zaldarriaga.

Calzetta explica: "Este año estamos todos muy contentos porque Matías ha sido reconocido con la beca Mac Arthur. Lo notable es que este reconocimiento no cae del cielo sino que lo es a un trabajo de gran solidez y de una consistencia absolutamente excepcional. Trabajo que empieza cuando Matías era un alumno de la licenciatura en Ciencias Físicas aquí mismo. Matías hace ese trabajo con nuestro colega Diego Harari y también empieza su doctorado con él para, después de un par de años, continuarlo en Estados Unidos.

"Matías y Diego —continúa Calzetta— ya habían hecho contribuciones que hoy siguen siendo fundamentales y que casi diez años después siguen siendo citas bibliográficas obligadas. Fundamentalmente, porque ellos empujaron una metodología de trabajo sobre el tema de las pequeñas fluctuaciones que tiene el mapa de las distribuciones de temperatura de la radiación cósmica de fondo con métodos analíticos que estaban en contraste con los dominantes, que eran de cálculo numérico forzado. Efectivamente, una parte importante después del trabajo de doctorado de Matías en Estados Unidos, fue lograr la síntesis de las dos cosas, generando un código computacional que incorporaba resoluciones analíticas de cosas que antes se resolvían solo en forma numérica. Si bien esto conducía a los mismos resultados, lo hacía de una manera muchísimo más eficiente y rápida, bajando el tiempo de computadora en un dígito. Esta ventaja produjo una verdadera revolución en este campo de estudio porque así resultó muy fácil generar modelos teóricos y testarlos. Las investigaciones aumentaron su ritmo de producción en el tiempo de ahorro de las corridas computacionales... o sea que

permitió testear diez veces más modelos. Eso solo, lo pone a Matías en el tope de cualquier análisis de impacto sobre el conocimiento disponible que uno quiera hacer. Lo interesante es que, desde el punto de Matías, esa es sólo una de las cosas que hizo; es decir, él siguió haciendo aportes igualmente importantes. En lo que se refiere al estudio de la característica de la radiación llamada polarización, Matías también es un innovador y provocó una nueva revolución en el campo porque permite ver de una manera más limpia la vinculación de la polarización con procesos de interés astrofísico.

"Y Matías sigue: cada vez que se mete en un tema es garantía de contribución trascendente. De ahí que este reconocimiento a su trabajo sea más que obvio y lo coloca en una jerarquía de reconocimiento científico para pocos", concluye Calzetta.

La cronología del reconocimiento, vía los premios Nobel, en el estudio de la radiación cósmica de fondo, arranca con una injusticia. George Gamow, el físico de origen ruso quien fuera el primer teórico en predecir en 1946 el fenómeno, no tuvo un Nobel. El primer Nobel fue para los estadounidenses Arno Penzias y Robert Wilson por el descubrimiento experimental de la radiación y a Robert Dicke por sus estudios teóricos en 1963. El segundo premio Nobel del tema fue el que se acaba de otorgar en octubre del 2006 por las comprobaciones experimentales del satélite COBE, de las cuales la más difundida es la que demuestra que esa radiación tiene pequeñas variaciones o fluctuaciones por sobre el valor de la temperatura de tres grados kelvin que la caracteriza, en algunos microkelvins. Esta propiedad fue muy precisamente cuantificada por la sonda WMAP en el año 2002. Una prospectiva de los premios Nobel futuros podría incluir los eventuales hallazgos de la sonda Planck, que se lanzará el año entrante.

Pero trabajar en estos temas científicos implica pasar necesariamente por los trabajos de Matías Zaldarriaga, que ya son lectura obligatoria para cualquiera que quiera contribuir a este tema. ¿Sería arriesgado especular acerca de si en la historia de los premios Nobel de la radiación cósmica de fondo el trabajo de Matías Zaldarriaga también ocupará un lugar?

## SEMANAS DE LAS ciencias

FACULTAD de CIENCIAS EXACTAS y NATURALES  
Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar

### CALENDARIO 2007



#### • Semana de la FÍSICA:

11, 12 y 13 de ABRIL



#### • Semana de la MATEMÁTICA:

30 de ABRIL; 2, 3 y 4 de MAYO



#### • Semana de la BIOLOGÍA:

12, 13, 14 y 15 de JUNIO



#### • Semana de la QUÍMICA:

15, 16 y 17 de AGOSTO



#### • Semana de la COMPUTACIÓN:

12, 13 y 14 de SEPTIEMBRE



#### • Semana de las CIENCIAS DE LA TIERRA:

3, 4 y 5 de OCTUBRE



Las actividades se realizan en el Pabellón I y II de Ciudad Universitaria.

Para mayor información comunicarse al Tel: 4576-3337/3399. int. 47

Por correo electrónico:  
semanas@de.fcen.uba.ar  
www.fcen.uba.ar

Un clásico de todos los tiempos

# LA GERMINACIÓN DEL POROTO

por Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar

*La popular combinación de frasco, algodón, papel secante y semillas de *Phaseolus vulgaris* fue el modelo experimental que permitió a un grupo de alumnos de 5º año del “Lengüitas” obtener el primer premio en la Feria Juvenil de Ciencias y Tecnología de la ciudad de Buenos Aires. Pero, ¿qué más nos puede entregar la histórica germinación del poroto?*



El anuncio sorprendió a propios y a ajenos. Semáforos inteligentes, celdas electroquímicas circulares, sistemas de generación de energía, robots, controles multiuso y otros tantos dispositivos, mecanismos y aparatos de enorme utilidad y singular diseño habían hecho lo posible para mantener el tradicional primado de las escuelas técnicas en la competencia porteña. Pero no pudieron. Esta vez, debieron ceder el primer puesto –y el derecho a disputar la presea nacional– a un modelo experimental que sobrevive a los cambios curriculares, y que evoca momentos inolvidables de la infancia. Tal vez sea por eso que, cuando el locutor oficial terminó la cuenta regresiva hacia el premio mayor, en la boca de muchos de los presentes se dibujó una sonrisa nostálgica. O, quizás, las miradas cómplices que algunos creyeron percibir en el instante en que se anunciaba el trabajo ganador, se debieron al orgullo compartido que provocaban los frutos que estaba ofreciendo la escuela pública. Pero, sea por lo que fuere, la reivindicación de la experiencia del poroto parecía dejar felices a todos.

## Parte de la cultura

Como los primeros palotes o las tablas de multiplicar, la germinación del poroto es una vivencia ineludible durante el paso por la escuela. Más temprano que tarde, quien tenga la posibilidad de asistir al colegio aguardará expectante, día tras día, a que aparezca la radícula, y luego, si la pelusa negruzca no atenta contra el éxito de la experiencia, observará cómo los cotiledo-

nes se abren para permitir el crecimiento de la plúmula o gémula, que dará origen al primer par de hojas. Último bastión del papel secante, el clásico experimento “de biología” convive con los primeros atisbos de curiosidad infantil, y con el intento de los maestros por explicar conceptos tales como “tropismo”, “respiración” o “fotosíntesis”.

Pero, pese a su potencial pedagógico, la germinación quedó en el recuerdo como un entretenimiento para chicos: “Cuando nos propusieron trabajar con el poroto hubo un poco de tensión, porque nos parecía poco serio, era algo que habíamos hecho en la primaria”, confiesa Bruno Alvisio, uno de los estudiantes premiados.

La elección del modelo experimental no fue caprichosa, sino que tuvo que ver con una realidad bien conocida por quienes desempeñan sus actividades en la esfera pública: “El laboratorio está completamente desprovisto, así que tuve que plantear una experiencia que permitiera aplicar el método científico con un presupuesto mínimo, y los gastos se prorratearon entre los alumnos”, señala Rubén Muzio, doctor en ciencias biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, investigador del Conicet, y asesor del proyecto estudiantil.

### La semilla

Todo comenzó el día en que Liliana Carella, profesora de Física de la Escuela Normal Superior en Lenguas Vivas “Sofía Spangenberg” (ex Kennedy), más conocida como “el Lengüitas” (una manera de diferenciarla del prestigioso y más antiguo “Lenguas Vivas”), apareció con los formularios de inscripción. Ella también da clases en una Escuela Técnica: “Allá participan todos los años en la Feria, y los trabajos que presentan son espectaculares”, comenta.

Pero para el Lengüitas era la primera vez, y los pronósticos eran poco alentadores: “Este es un bachillerato con buena formación científica, pero escasa si se la compara con la de las escuelas técnicas”, opina Carella. No obstante, doce alumnos aceptaron el desafío. “Es el grupo de estudiantes que está cursando el Bachillerato Internacional, un programa que se desarrolla en escuelas de todo el mundo, y que ellos realizan como actividad extracurricular”, explica Claudia Gorin, profesora de química, y tutora de la experiencia.

Pero el principio no fue nada fácil. A la falta de equipamiento, y a la resistencia a aceptar la germinación del poroto como modelo experimental –“pensábamos que poníamos mucho esfuerzo en algo que no valía la pena”, admite Alvisio–, se agregó una dificultad de último momento: la fecha de la Feria coincidía con la del viaje de egresados. Finalmente, tres alumnos no viajaron y presentaron el trabajo en la competencia.

### ■ *Los estudiantes vincularon el crecimiento del poroto con la realidad local: como radiación UV y contaminación de las aguas de la región.*

#### Modelo argentino

Distó mucho de ser un entretenimiento para chicos. Por el contrario, fue un diseño experimental que, con creatividad, precisión y rigurosidad, reunió elementos de la Física, la Química y la Biología para un objetivo ambicioso: evaluar el efecto de la lluvia ácida, los metales pesados y la radiación ultravioleta (UV) sobre el desarrollo biológico. “Yo me limité a proponer el modelo, a generarles preguntas, y a orientarlos en la búsqueda de la información. Ellos hicieron el resto”, consigna Muzio.

En ese contexto pedagógico, los chicos decidieron vincular el experimento con la realidad local. Para ello, por ejemplo, utilizaron las concentraciones de plomo presentes en el Riachuelo. También, calcularon la cantidad de energía que incide en Buenos Aires en forma de radiación UV, a partir de los valores de ozono que brinda la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, y del porcentaje de días nublados registrados en distintas localidades de la Provincia de Buenos Aires por el Servicio Meteorológico Nacional.

Asimismo, para que los ensayos se aproximaran a las condiciones reales, resolvieron juntar agua de lluvia para utilizarla en los tratamientos. Entonces, se dedicaron a regar y a irradiar los porotos, y a contar la cantidad de hojas, a evaluar su coloración, y a medir la longitud de tallos y raíces, y la biomasa producida. “Las mediciones se hicieron día por medio, a lo largo de un mes, en el recreo de las diez de la mañana, y se repetían varias veces, para disminuir el error”, explica Bruno Alvisio. “Cuando tocaba hacerlas durante el fin de semana, yo venía con mis amigos”, agrega.

#### Área de cultivo

La Feria Juvenil de Ciencias y Tecnología



Varios ejemplares de la planta del *Phaseolus vulgaris*, comúnmente conocido como poroto, creciendo en el típico frasco recubierto en su interior con papel secante.



es un evento organizado por el Ministerio de Educación en cada una de las provincias. Forma parte de las Actividades Científicas y Tecnológicas Juveniles (ACTJ), un área de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT) que busca despertar la vocación científica en los jóvenes, y que promueve el desarrollo de proyectos de investigación científico-tecnológicos en el ámbito de las escuelas de todo el país.

■ **Este año, en la Ciudad de Buenos Aires, concursaron 38 proyectos de distintos colegios.**

Todos los años, los alumnos de los colegios que deciden participar en el evento arman su *stand* y, a lo largo de cuatro días, efectúan demostraciones, ofrecen explicaciones, y contestan las preguntas del público asistente. “Al principio nos daba un poco de vergüenza, no te voy a mentir, porque quienes se acercaban al *stand* se reían de nuestra germinación del poroto”, reconoce Martina Guarnaschelli, otra de las estudiantes que integran el grupo. “Pero también sentíamos mucho orgullo por haber hecho el trabajo, y por estar defendiéndolo”, dice emocionada.

El jurado sólo está presente durante una de esas cuatro jornadas. Recorre los puestos evaluando las presentaciones e interrogando acerca de la metodología utilizada y las

conclusiones obtenidas para, finalmente, otorgar un puntaje. “Lo que destacaron de nuestro trabajo fue su minuciosidad”, señala Melina García, otra de las alumnas que eligió concurrir a la Feria, en lugar de viajar a Bariloche.

El último día, se anuncian los ganadores y se entregan los premios.

**Anotate este poroto**

Este año, en la ciudad de Buenos Aires hubo 38 proyectos concursantes que compitieron en una categoría única, que incluye a las ciencias naturales, exactas y sociales, y a la ingeniería y la tecnología. “Lo importante para mí era no ser el peor”, declara Bruno.

Los seis primeros trabajos ganaban el derecho a competir en el nivel nacional, donde se dirime qué escuela concurrirá a la Feria Internacional de Ciencia e Ingeniería, que se realizará en mayo de 2007 en los Estados Unidos. “Después, cuando empezamos a recorrer la muestra, tomamos conciencia de que podíamos estar entre los diez primeros”, cuenta Melina.

El día de la premiación, después de desarmar los stands, los alumnos de todos los colegios participantes, junto con sus docentes, familiares y amigos, se reunieron para escuchar el veredicto. Entonces, un locutor oficial empezó a anunciar a los ganadores, comenzando por el noveno puesto. Primero decía el nombre de la

escuela, y después el título del trabajo. “Cuando vimos que anunciaba el quinto lugar, y que todavía no nos había nombrado, nos dijimos que nuestro trabajo no podía ser tan malo como para no recibir nada”, recuerda Melina.

Pero ya se había dado a conocer el segundo puesto y, a esa altura de los acontecimientos, los tres representantes del Lengüitas se sentían invadidos por la desazón: “Habíamos perdido las esperanzas”, dicen. No obstante, relata Melina, en ese momento Bruno decide hacer una broma: “Nos dijo que iba a buscar el premio, y encaró hacia el estrado”, recuerdan. “Y entonces —continúa Melina—, mientras Bruno se estaba acercando adonde estaban las autoridades, escuchamos el nombre de nuestro trabajo”.

“Primer lugar: la germinación del poroto”, dice Martina imitando al locutor. Y todos se ríen.

**Los frutos**

Acaso porque era la primera vez que participaban del evento o, a lo mejor, porque no esperaban tanto de la desprestigiada germinación del poroto, para el grupo de estudiantes del Lengüitas, la experiencia de la Feria de Ciencias fue mucho más que conseguir un primer premio. Fue, también, una primera vez: “Me di cuenta de que tenía un montón de herramientas de las que nunca había tomado conciencia. Cosas de mí que no conocía. Por ejemplo, que podía expresarme bien, y tener un lenguaje técnico”, descubre Martina. “Me sorprendió que a otras personas les pareciera interesante algo que había hecho yo”, admite Bruno. Para Melina, en tanto, lo novedoso fue haber podido mostrar su trabajo afuera de la escuela: “Siempre nos quedamos adentro del colegio, y todo lo que hacemos no sale de acá”, reclama.

Excepto por la presencia de una cámara perteneciente a un programa educativo de televisión, ningún otro medio de comunicación reflejó el encuentro juvenil de ciencia: “Cuando un adolescente comete un desmán sale en todos lados”, se indigna Liliana Carella.

Pero, a los pibes, la falta de reconocimiento social no parece importarles demasiado. Ellos están contentos por su primer premio o, quizás, por su primera vez. |





**CIENTIFICOS**  
**INDUSTRIA ARGENTINA**

El programa de la ciencia vuelve a la televisión pública con nuevos informes, secciones y columnistas.

Con la conducción de Adrian Paenza.

**LUNES 20.00 hs**

 **CANAL 7**

Sexo en la mantis religiosa

# Morir en el intento

por Florencia Kleiman | fkleiman@ege.fcen.uba.ar

***Si muchos de aquellos que les dan atribuciones humanas a los animales tienen mal vista a la araña viuda negra, porque elimina al macho inmediatamente después de la cópula, mejor no saber qué opinan de la mantis religiosa. El "tatadiós", como se conoce a la mantis por estas tierras, decapita al macho durante el momento mismo de la cópula, y después de una actividad sexual de muchas horas, se devora al descabezado. Sobre estos intrincados –a primera vista– caminos de la evolución del comportamiento, tienen explicaciones investigadores de la Universidad de Buenos Aires y de Nueva York.***

Un artículo publicado recientemente por investigadores de la Universidad Estatal de Nueva York propone que el macho de la mantis religiosa –tatadiós, mamboretá– va por la reivindicación de sus derechos sexuales. Básicamente, el petitorio de estos machos exige poder sobrevivir a la cópula. Y es que en estos insectos –de la Familia Mantidae, integrada por numerosas especies–, es habitual que las hembras decapiten y devoren a sus amantes durante el acto sexual.

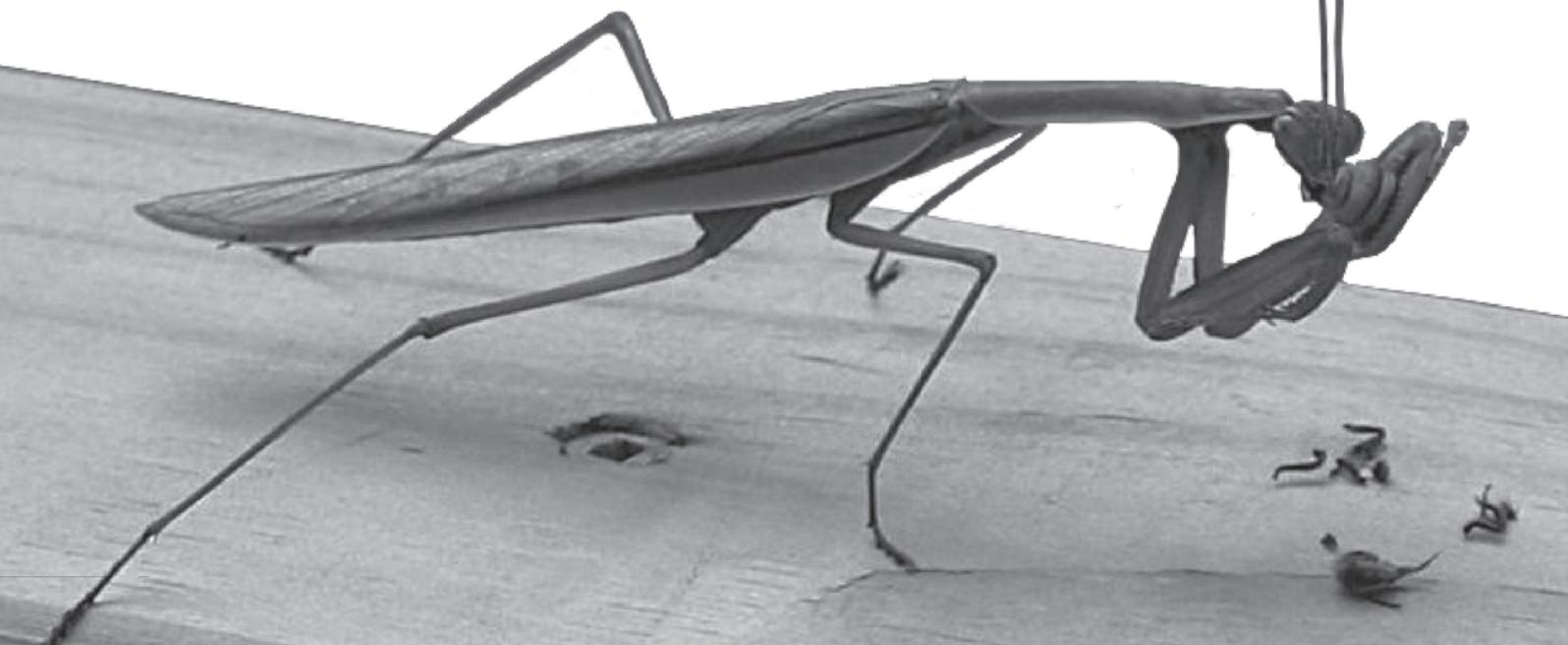
El canibalismo sexual en la mantis religiosa es común, y los beneficios de este comportamiento para las hembras son claros: cuando se alimentan más o mejor, dejan más descendencia. Así, el problema de encontrar alimento en el ambiente

se ve resuelto en el momento en que un macho de mantis comienza el galateo. Sin embargo, en contraste con estos claros beneficios nutricionales para la hembra, la posibilidad de que el macho también se vea beneficiado es incierta.

## ¿Cómplice o víctima?

Existen dos hipótesis principales o modelos para explicar el canibalismo sexual de las hembras mantis: el modelo del "conflicto sexual" y el de la "complicidad del macho". Si el costo del canibalismo (para el que es devorado) excede los beneficios, existe un *conflicto*; pero, si los beneficios son mayores, hay *complicidad*. Las desventajas son evidentes. El canibalismo elimina la posi-

bilidad de que un macho pueda aparearse repetidas veces, y dejar así descendencia en reiteradas ocasiones. Sin embargo, podría pensarse que un macho estará dispuesto a sacrificarse si no tiene mayores posibilidades de futuros apareamientos, y si su valor como alimento le asegura a su compañera que podrá dejar una descendencia más numerosa. Esto último puede ser cierto, pero la realidad es que el macho de la mantis puede aparearse más de una vez, y con estas evidencias, la hipótesis de la existencia de un conflicto sexual ha sido la más aceptada en el



ámbito científico.

El comportamiento de la mantis ha quitado el sueño a más de un investigador, y, a pesar de que se ha aprendido mucho, hasta ahora no se había intentado responder experimentalmente si los machos evitan ser deglutidos, o si se ofrecen con la manzana en la boca. Este fue justamente el aporte de los biólogos Jonathan Lelito y William Brown, quienes diseñaron un experimento para poner a prueba cómo se modifica el comportamiento precopulatorio del macho de la mantis china (*Tenodera aridifolia sinensis*) dependiendo de la factibilidad de ser devorado por la hembra.

Estudios previos sugieren que el riesgo de ser engullido es mayor cuando la hembra está hambrienta, o cuando el macho se acerca de frente. Por ese motivo, las variables que se estudiaron en esta oportunidad fueron el nivel de hambre de la hembra y la orientación de aproximación del macho. Para ello, los investigadores experimentaron con un grupo de hembras nacidas y criadas en el laboratorio, a las que se les permitió comer hasta saciarse, y otro que tuvo que ayunar en disconformidad durante los cuatro días previos al ensayo. Por otro lado, los machos vírgenes utilizados fueron obligados a cortejar a las hembras “cara a cara” en un caso, y acercándoseles por detrás en el otro. Una vez lista e iluminada la arena experimental, los pícaros científicos apagaron todas las demás luces, y se dedicaron a observar sin ser vistos.

#### Devórame otra vez...

Los resultados de este estudio, publicados en la revista *The American Naturalist*, indicaron que tanto el nivel de hambre de la hembra como la orientación de aproximación del macho tuvieron efecto sobre el comportamiento y la decisión final del potencial occiso. Con frecuencia, los machos se alejaban volando de sus deseosas amantes cuando éstas estaban hambrientas, y los candidatos no podían descifrar si el brillo en la mirada de sus doncellas se debía a que olían romance en el ambiente, o pizza. Por otro lado, los machos se acercaban a las hembras hambrientas mucho más lentamente que a las bien alimentadas, y mostraron la misma conducta cobarde (o precavida, según quien haga el análisis) cuando se acercaban de frente.

Los machos que pudieron aparearse durante el experimento, y vivieron para contarlo, podrían testificar gustosos que el miedo a ser devorados no se esfumó al terminar

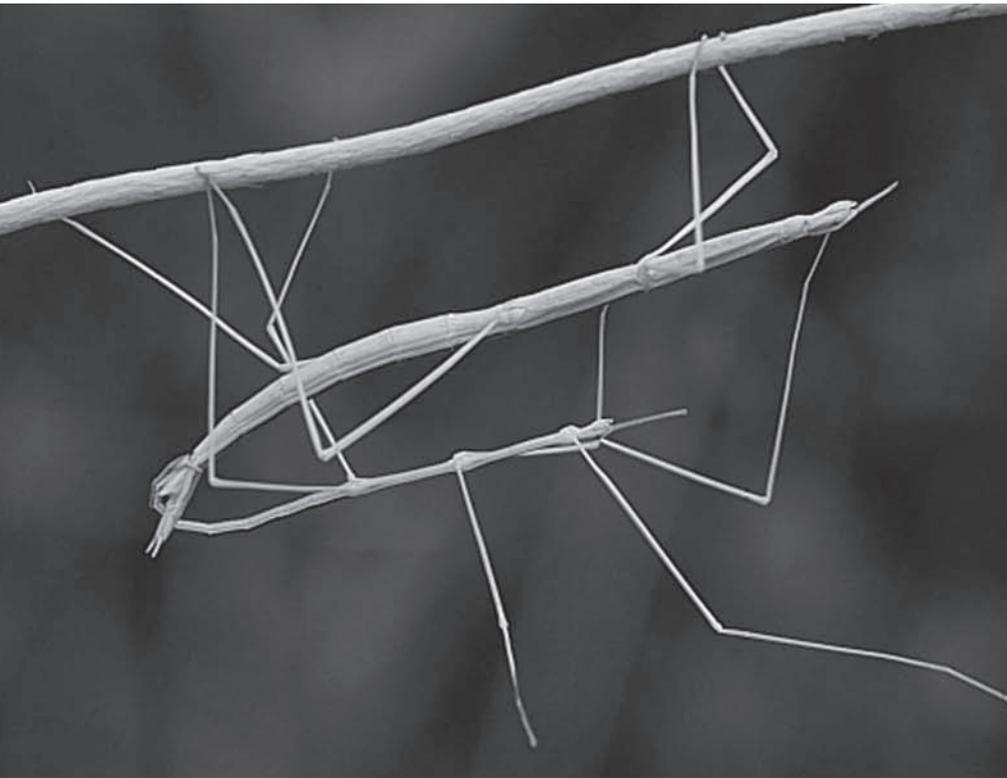
## Perder la cabeza por el sexo

La mantis religiosa debe su nombre a la posición que adopta para cazar a sus presas. Para alimentarse, este insecto recoge sus patas anteriores ante la cabeza, asemejando un rezo. Este comportamiento es característico tanto de hembras como de machos. En cambio, el canibalismo sexual se da únicamente en hembras. Cuando esto ocurre, la hembra, de mayor tamaño que el macho, apresa a su compañero con las espinas de sus patas anteriores raptoras, y luego comienza a alimentarse por el cuello, decapitándolo. Los machos pueden iniciar la cópula durante el acto de canibalismo, y la decapitación estimula el comportamiento sexual debido a que se produce una desinhibición neuroencefálica de los patrones de movimiento copulatorio. “La decapitación no sólo no interrumpe la cópula sino que la hace más eficiente y duradera”, explica el doctor Héctor Maldonado, profesor e investigador en la FCEyN. Maldonado recuerda los primeros estudios fisiológicos realizados por Roeder en la década del 30 para comprender este mecanismo: “Al seccionarse la conexión entre el ganglio supraesofágico y el primer ganglio nervioso torácico del ma-

cho, se produce un aumento en la frecuencia de potenciales electrofisiológicos registrados sobre estos nervios, que son los que controlan la actividad fálica del macho”. En coincidencia con este incremento en la actividad electrofisiológica, se observa un “comportamiento de desinhibición y superactividad sexual”, comenta el investigador. “El comportamiento copulatorio es un comportamiento rígido, desencadenado de acuerdo a un patrón estereotipado. Cuando la cópula se inicia se produce una desinhibición natural; la decapitación acentúa esa desinhibición”, señala.

A fines de 1960, Maldonado trabajó con mántidos en Venezuela. Aunque sus investigaciones se centraron en los mecanismos de localización y caza de presas, son numerosas sus observaciones sobre el comportamiento sexual de estos insectos, ya que los criaba para realizar ensayos: “La forma de asegurar la reproducción era cortándoles la cabeza a los machos con una tijera; esto era casi un método para garantizar una cópula eficiente. Esos encuentros sexuales duraban aproximadamente 12 horas, y una cópula normal –sin decapitación– unas dos horas”, concluye.





### Curriculum vitae

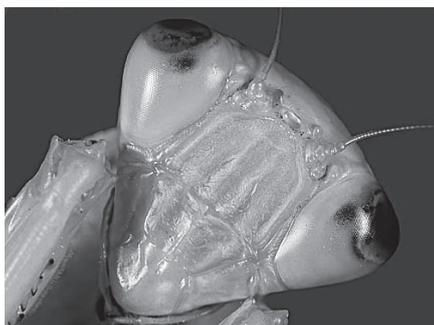
- Existen mundialmente descritas unas 1.800 especies de mántidos
- Comúnmente se llama mantis religiosa (“praying mantis” en inglés), a todos los mántidos, pero este nombre es también el asignado a una de las especies (*Mantis religiosa*)
- El movimiento de ataque es tan rápido (50 milisegundos) que resulta imperceptible para el ojo humano
- Sus enemigos incluyen aves, murciélagos, arañas y víboras. Los insectos utilizan el camuflaje, el comportamiento críptico, reacciones deimáticas o movimientos sigilosos como mecanismos de defensa
- Su sistema auditivo percibe sonidos en el rango de los 25–60 kHz, que es la frecuencia utilizada por los murciélagos para la ecolocalización

la cópula. El tiempo post cópula que los machos permanecieron montados sobre las hembras fue, en promedio, de 86 minutos cuando sus compañeras pertenecían al grupo de las ayunadas, y se redujo a 28 minutos en el grupo de las bien alimentadas. Algunas hipótesis, planteadas por otros investigadores, sugieren que desmontar a las hembras es más peligroso que seguir sobre ellas, y que por eso, al hacerlo, los machos se alejan volando rápidamente, con el fin de ponerse a salvo de sus voraces amantes.

Según Lelito y Brown, los machos de mantis no contribuyen a que sus compañeras los capturen con sus patas raptoras; por el contrario, a medida que el riesgo aumenta, se vuelven más cautos al aproximarse, lo que indica la existencia de un conflicto entre sexos, más que un mutuo acuerdo al canibalismo sexual.

#### La elección del macho

En ciencia, las hipótesis de trabajo se sostie-



nen siempre y cuando no aparezcan nuevas evidencias en su contra. Sin embargo, cuándo una evidencia es en efecto una evidencia puede ser tema de debate. Para la doctora Lorena Pompilio, profesora de Biología del comportamiento en la Facultad de Psicología y becaria postdoctoral en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA, “el trabajo es interesante, pero falta un estudio sistemático que pruebe cómo se modifica la probabilidad de ser predado en función de la estrategia elegida por el macho”. Según la investigadora, “los autores encuentran que el macho presenta un patrón de comportamiento diferente cuando la hembra tiene hambre y, si bien está probado que a mayor nivel de hambre, mayor probabilidad de canibalismo, lo que falta probar es si los cambios comportamentales que encuentran en el macho están asociados a reducir el canibalismo”, que es lo que daría peso al modelo de conflicto sexual.

A modo de ejemplo, la investigadora propone: “Según este estudio, el tiempo que el macho permanece montado sobre la hembra luego de la cópula es mayor cuando ésta está hambrienta, y esta evidencia es interpretada como una estrategia del macho por evitar ser canibalizado. Sin embargo, dado que no existe ningún estudio que confirme esta hipótesis, también se podría pensar lo contrario: que el macho permanece más tiempo montado a la hembra para facilitar ser canibalizado”.

Actualmente, Pompilio desarrolla una línea

de investigación que pretende, entre otras cosas, responder las mismas preguntas que se hicieron Lelito y Brown, con algunas diferencias en el diseño. “Lo que hago es permitir que el macho elija, por ejemplo, entre una hembra que comió y otra que no comió, y observo con cuál decide aparearse. Este tipo de diseño evita que las conclusiones se basen en suposiciones”, explica Pompilio. Sus investigaciones tienen como finalidad entender las estrategias de selección de pareja del macho mediante el estudio de claves—qué variables son tenidas en cuenta a la hora de decidir con quien aparearse—, y dilucidar si en ese proceso se encuentran implicados aspectos de aprendizaje. “Supongamos una situación en la que un macho ve que una hembra trata de canibalizar a otro macho versus una hembra que no está haciendo nada. ¿Va a intentar aparearse con la que trató de comerse a otro macho o va a elegir a la que, por lo menos, le ofrece la duda?”, propone la investigadora. “Se espera que los resultados de estos experimentos sustenten uno de los dos modelos propuestos”, concluye. ▣

## Educación superior y cambio de paradigma: del mito a la ciencia.

Una idea preconcebida es la de considerar que la capacidad docente es un don innato: "¡Hay gente que puede enseñar y gente que no!".

Lo cierto es que la gente aprendía, a pesar de que no existía la didáctica, de la misma manera que la gente sobrevivía cuando no existían las ciencias de la salud. Lo diferente ahora es que podemos hacerlo mejor porque tenemos el conocimiento científico.

La didáctica de las ciencias es un campo de conocimiento con una comunidad científica que publica periódicamente en revistas especializadas, con líneas de investigación definidas y un cuerpo de conocimientos consensuado que desarrolla teorías con el objetivo de mejorar la educación de la población.

Por otro lado, la "superstición" generalizada considera además que la enseñanza es un talento que se tiene o se practica sin la necesidad de una formación académica. Por supuesto que una persona que solo conoce de una ciencia natural no puede enseñar de otra de la que solo ha leído un poco, por eso el CEFIEC tiene tanto valor agregado.

Pero una persona que no es naturalmente un buen docente, puede llegar a serlo, formándose en didáctica y encontrando su estilo docente a partir de reflexiones sistemáticas y compartidas.

Nadie en su sano juicio se dejaría operar por un cirujano que sepa mucho de anatomía pero realice las operaciones intuitivamente. ¿Por qué, entonces, debemos confiar plenamente la formación académica de nuestros futuros científicos a capacitadores intuitivos?

Ahora, para armar un plantel docente sin conocer a cada uno de los aspirantes personalmente y por anticipado, se debe elegir siempre a grupos interdisciplinarios con científicos didactas de las ciencias para investigar-enseñar, ya que es el alcance genuino de su formación académica e investigadores especialistas para que aporten los contenidos actualizados de su disciplina.

¿Por qué existe una diferencia fundamental entre ambos grupos? Los investigadores en ciencias naturales están tan familiarizados con su disciplina, que hablan de ella en un lenguaje lleno de tecnicismos, apropiado para la comunicación entre pares pero muy distanciados del conocimiento del principiante y de su capacidad para entenderlo; mientras que un especialista en enseñanza de las ciencias analiza los conocimientos previos del alumnado, sus hipótesis alternativas y sus errores revalorizándolos en una actividad de enseñanza genuina.

La Facultad debe actualizar su paradigma educativo no basándose en la intuición, sino argumentándolo desde la ciencia.

*Martín E. Calderón y otros alumnos, graduados y docentes del Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC).*



- ⊗ Exactas va a la escuela: charlas gratuitas de divulgación científica y paneles de investigadores de la Facultad de Exactas en los colegios.
- ⊗ Programa de Experiencias Didácticas: prácticas en los laboratorios para alumnos secundarios.
- ⊗ Visitas y recorridos por los laboratorios de la Facultad.
- ⊗ Charlas sobre cada una de nuestras carreras.



La Dirección de Orientación Vocacional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA organiza todas estas actividades pensadas para alumnos de los últimos años de los colegios secundarios. Con distintas prácticas, todas ellas apuntan a difundir las carreras de ciencias entre quienes estén próximos a realizar su elección vocacional.



Para más información, los directivos de escuelas, los docentes o los alumnos pueden comunicarse con nosotros al 4576-3337 o por correo electrónico a [dov@de.fcen.uba.ar](mailto:dov@de.fcen.uba.ar)

Enseñanza en la escuela media

# Ciencia en el aula

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

*¿Los conocimientos brindados en el aula sirven para la vida cotidiana? ¿Es posible enseñar y aprender Ciencia sin encontrarle una utilidad manifiesta? Estos interrogantes, que despiertan el análisis de los especialistas en Didáctica de la Ciencia, encuentran algunas respuestas en la voz de investigadores del área de la Facultad de Exactas preocupados por cómo introducir el conocimiento en las aulas de la escuela media.*

Ignacio, con 14 años, tiene en sus manos el mundo... virtual. Con sólo mover sus dedos en el videojuego elige el mejor auto de Fórmula 1, se calza el casco y se lanza a vivir el vértigo de la pista. O, si no, lidera una batalla con enemigos a los que abate uno a uno. Imágenes espectaculares y efectos especiales lo transportan a una y otra realidad. Sólo puede distraer su atención el sonido de una llamada en su celular, con el cual hablar por teléfono pasó a ser un detalle más. Es que este aparato cada vez más minúsculo puede sacar fotos, mandar mensajes de texto, y siempre hay más posibilidades para el asombro.

Por su parte, Pedro, de la misma edad, por razones económicas no accede tan fácilmente a ese mundo, pero lo conoce, lo mira por televisión.

Ambos están bombardeados por los avances tecnológicos, aunque sean impactados de distinta forma. También los dos adolescentes poseen otro punto en común: asisten como alumnos regulares al colegio. Ellos estudian para prepararse porque serán los tan mentados “hombres del mañana”. La ciencia, sin duda alguna, ocupa un papel fundamental en esta formación. ¿Y qué encuentran hoy de ciencia en el aula?

“En algunos temas, la disociación que existe entre lo que ocurre en la escuela y lo que tiene lugar en el mundo real es dramática”, define Elsa Meinardi, del Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. “El gran desafío de la didáctica es cómo conectar los saberes para que sirvan para la vida. Este es uno de los objetivos del movimiento mundial ‘Ciencia para todos’”.



Desde que se despierta, un chico hoy está atravesado por la ciencia de un modo inigualable, si se imagina cómo era el amanecer de un niño hace 200 años. ¿Cómo, entonces, lograr en el aula alfabetizar en ciencia y tecnología? Se trata de un verdadero reto, al que no le faltan obstáculos que abarcan problemas en las propias disciplinas a enseñar, curriculares, institucionales, de formación docente y de los intereses particulares de los chicos, según enumeran los especialistas.

■ ***Cada vez es más considerable el esfuerzo de los profesores para lograr captar el interés de los alumnos***

La preparación que reciben los futuros docentes muestra puntos débiles. “En el magisterio hoy aprenden Física, Química, Biología, junto con sus Didácticas, en materias cuatrimestrales”, indica la licenciada Andrea Revel Chion, del CEFIEC. En este sentido, Leonor Bonán, docente e investigadora del mismo centro de estudios, agrega: “En general, las reformas educativas quedan en el nivel declarativo y nunca se estiman los procesos para llevarlas a buen puerto. En muchos casos, las políticas de capacitación para adaptarse a los cambios son insuficientes, tanto en la oferta como en los tiempos necesarios para que los docentes se capaciten”.

Por su parte, Meinardi señala otras fallas de base. “Los lineamientos curriculares dispuestos por el Ministerio de Educación de la Nación son muy difíciles de entender. En algunos casos requerirían un traductor”, puntualiza. A todo esto se suman “los escollos que existen en el camino para generar conocimientos de alto vuelo en todas las edades y con todos los contenidos”, enfatiza Agustín Adúriz-Bravo, docente e investigador de la misma casa de estudios. Y otro argumento se escucha con mayor insistencia en los últimos tiempos: “Cada vez es más considerable el esfuerzo de

los profesores para lograr captar el interés de los alumnos”, dice Alejandro Drewes, docente de la Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias de la Escuela de Humanidades de la Universidad Nacional de San Martín.

■ **Crisis nacional**

Pasar al frente sorteando estas dificultades no es tarea sencilla. Pero además hay que atravesar otro dato de la realidad: la crisis socioeconómica nacional. “Cuando se dice que el 40 por ciento de la población del país está por debajo de la línea de pobreza, eso implica que gran parte de los alumnos provienen de familias empobrecidas, donde no está claro el rol de la educación, ni que ésta puede cambiar la vida”, indica Meinardi. Este concepto ausente es, a su criterio, una de las razones de la abulia reflejada en el aula. “Uno de los elementos que puede llevar a la falta de interés por el colegio es que se desconoce a la educación como vehículo de inserción social. Es un beneficio a largo plazo y lo que hoy impera es el deseo de la satisfacción inmediata”, señala.

Más allá de las escasas expectativas de los chicos con respecto al futuro que le puede ofrecer la escuela, el presente también exhibe desazón entre los docentes. “La escuela está estructurada para recibir a alumnos que vienen con cierta formación de sus hogares. Debido a la crisis, esta situación se deterioró. El chico no responde como se espera, y el docente se encuentra desconcertado. No hay —enfatiza Meinardi— una

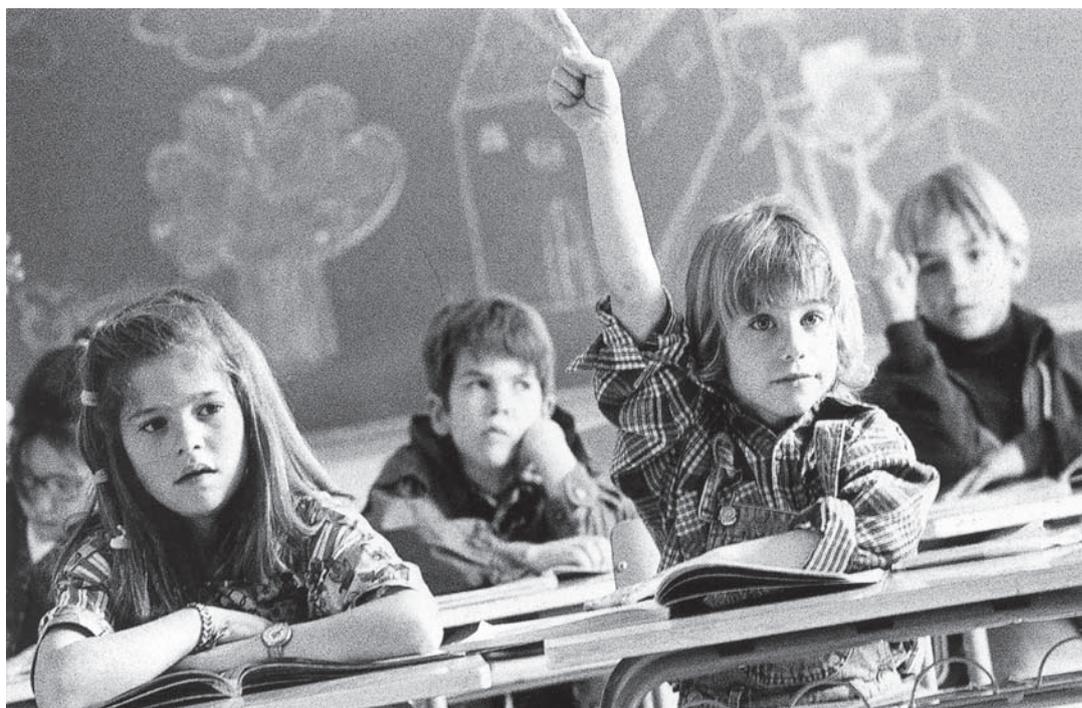
Didáctica para una situación de crisis”.

Brindar herramientas en este campo es uno de los objetivos que se ha fijado el equipo de esta especialista. Es más, actualmente trabaja en la planificación de las clases de docentes de escuelas que atienden a sectores vulnerables (ver recuadro “Chicos en riesgo”). “La idea es enfocar la enseñanza de manera que tenga sentido para estos chicos, que le sirva para la vida”, subraya. Por ejemplo, este año se hace especial hincapié en la salud reproductiva, un tema de gran significación en edades escolares si se considera que “en nuestro país el 20 por ciento de los embarazos a lo largo de un año corresponden a adolescentes”, precisan Meinardi, Bonán y Revel Chion en un trabajo que analiza los problemas detectados en esta área.

■ ***Una de las grandes falencias actuales es que se muestra el conocimiento científico como acabado, terminado y verdadero***

■ **Aparato reproductor bajo estudio**

Para saber cómo aborda la escuela los conocimientos del aparato reproductor humano, Revel Chion analizó los programas de estudio y puso a prueba a 24 estudiantes de 16 a 18 años, del último año de dos escuelas privadas de enseñanza media, una de ellas situada en la ciudad de Buenos Aires con una matrícula reclutada



de sectores medios y bajos. La otra, en tanto, ubicada en la provincia bonaerense con alumnos de clases alta.

En la Argentina, hasta hace unas cuatro décadas, el sistema reproductor no formaba parte de los contenidos de ciencia en la educación secundaria. Esto cambió en cuanto a textos se refiere. Actualmente, desde primero y hasta noveno año de la Educación General Básica (EGB), el tema de reproducción está presente en los Contenidos Básicos Comunes. “Sin embargo, los estudiantes manifiestan serias confusiones o errores”, indica el trabajo. Por ejemplo, no pueden ubicar los ovarios en un esquema o los identifican como las trompas de Falopio.

■ *Uno de los elementos que puede llevar a la falta de interés por el colegio es que se desconoce a la educación como vehículo de inserción social.*

Estas fallas no se podrían adjudicar a la falta de información, pero ésta se transfiere al aula con “proposiciones que obviamente se encuentran conectadas de

un modo lógico, pero que sólo enuncian contenidos, donde lo que está ausente es la explicación”, señala. Este modo de presentar los datos se repite año tras año, según detecta Revel Chion. Esta reiteración “lleva a bloquearse y a negarse a escuchar ‘otra vez lo mismo’” por parte de los alumnos, sin que adquieran verdaderos conceptos que les sirvan para tomar medidas en la realidad.

“La metodología sigue siendo descriptiva. Y esto habilita al chico a operar fundamentalmente con la memoria. Pero esto no sirve si se pretende realizar una alfabetización científica que sirva para la vida”, señala la especialista. No es raro entonces, según su experiencia, que un alumno recite una lección acerca de la replicación del virus HIV, causante del SIDA, y las formas de prevenirse. Pero luego, al consultársele al mismo estudiante cómo se cuida él de esta enfermedad, contesta: “No uso preservativos porque mi novia toma anticonceptivos”.

Esta evidente confusión no resulta indiferente al equipo de Meinardi, Bonán y Revel Chion, que propone una intervención didáctica diferencial. “La mera descripción –coinciden–, tal vez suficiente

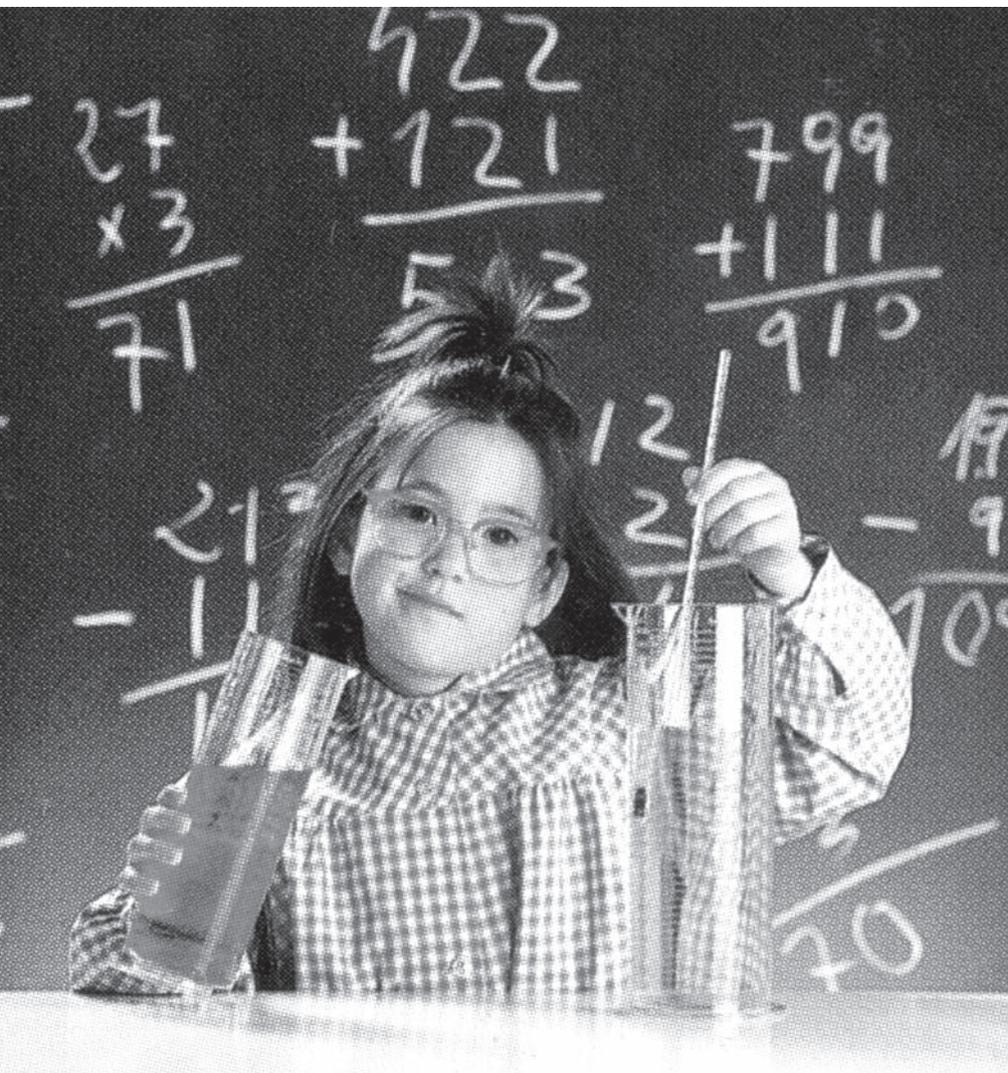
para abordar los órganos del sistema reproductor, no lo es en absoluto para lo referido a la anticoncepción y las enfermedades de transmisión sexual. Se requiere de experiencias de aprendizaje en las que los alumnos identifiquen cuáles son los problemas posibles, analicen cada caso y ensayen respuestas contextualizadas”. ¿Cómo hacerlo? La propuesta didáctica incluye varios pasos como una puesta en común entre todos los alumnos de los conocimientos sobre el tema, plantear la información de modo que puedan rever los errores expresados, modificar los puntos equivocados y fundamentar el cambio. Y básicamente, la actividad debe conducir a la reflexión y al planteo de situaciones particulares en las que expresen cuál es el método a aplicar en diferentes circunstancias que pueden darse en la vida cotidiana.

■ *Hasta hace unas cuatro décadas el sistema reproductor no formaba parte de los contenidos de ciencia de la asignatura Anatomía y Fisiología.*

#### Problemas en otras disciplinas

Mientras en Biología el aparato reproductor pone en evidencia dificultades de aprendizaje, en Física y Química también hay asignaturas pendientes. Una de las propuestas para hacer frente a estos problemas es el enfoque CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) que va más allá de la enseñanza enfocada en las “tradicionales” fórmulas y ecuaciones propias de esas disciplinas. Esta visión “permite contextualizar la ciencia a través de brindar la dimensión ambiental, histórica, social y filosófica de los contenidos que enseña”, explica Drewes. Él junto con la profesora Lucía Iuliani iniciaron un proyecto de investigación en 2001 que incluye un estudio comparativo de cómo se emplea este modelo CTS en la enseñanza de Física y Química en los niveles EGB3 y Polimodal en escuelas de la provincia de Buenos Aires y en Institutos de Barcelona de nivel equivalente. En ambos casos se pudo detectar “una considerable ausencia de objetivos CTS explícitos en las propuestas curriculares oficiales”.

En cambio, los conocimientos geológicos figuran desde la Reforma Educativa en la curricula, pero poco es lo que llega a clase.



## Chicos en Riesgo social

“A nuestra escuela acuden en su gran mayoría adolescentes provenientes de Villa 15, más conocida como Ciudad Oculta, Villa Pirelli, Barrio Piedrabuena y Los Perales; el noventa por ciento de nuestra población está en riesgo, lo que llamamos riesgo social. Son hijos de familias de muy pocos recursos y algunos de ellos casi en situación de chicos de la calle. La verdad es que nuestros chicos se acercan a la escuela por diferentes factores, sin lugar a dudas el comedor es uno de los más importantes. Sin embargo, existe aún en el imaginario de las clases más bajas y más aún de los que provienen de países limítrofes como Perú, Bolivia y Paraguay, la idea de la Escuela Media como posibilidad de ascenso social ligado al empleo; otros en cambio encuentran un lugar de encuentro distinto con los adultos, un espacio donde las diferencias no son castigadas y donde la confrontación con el mundo del adulto no es penalizada”, describe Mario Franchi, director de la Escuela de Enseñanza Media N°2 Distrito Escolar 20 GCBA

¿Cuáles son los problemas con que tropieza a la hora de enseñar ciencias?

La enseñanza de las ciencias en escuelas con poblaciones en riesgo social está bastante relegada porque existen muchos prejuicios al respecto; el más claro pasa por pensar que nuestros chicos no pueden acceder a un conocimiento tan complejo como el de las ciencias, y otro, menos explícito, es que de acceder al mismo no les sería útil. Esto influye y es determinante a la hora de diseñar los planes de estudio, de crear la infraestructura necesaria para nuestras escuelas (los laboratorios de ciencias quedan en un segundo o tercer plano en el momento de asignar espacios), escasez de textos escolares, bibliografía específica, videos, etc. Todo esto es un cóctel que influye en las decisiones que toman los docentes cuando seleccionan los contenidos y en la forma en que se presentan. Sin embargo, nuestros alumnos llegan a la escuela con muchos interrogantes, muchas dudas y con algunas ideas en temas de la salud y enfermedad que, en ocasiones, resultan perjudiciales para la adopción de medidas preventivas. Por eso es muy importante tener en claro el sujeto al que vamos a dirigir la propuesta, su contexto, indagarlo, cuestionar y cuestionarse; porque aquellas cosas que entendemos como obvias no lo son tanto. Este tema debería reformularse tanto en la formación docente de grado como en las instancias de capacitación y perfeccionamiento.

¿Cómo logran enfrentar las dificultades y salir adelante?

En los casos de embarazo adolescente y de alumnas madres que llegan a la escuela con sus hijos, se ha flexibilizado el régimen de asistencia para ellas y en estos momentos está en plena construcción una salita donde puedan dejar sus hijos al cuidado de personal especializado para no ver afectada su escolaridad. Por otro lado, llevamos a cabo un Proyecto llamado ALA (Alumnos con Libertad Asistida) para brindar apoyo a los chicos que están con problemas judiciales y así poder continuar con sus estudios.

“Los docentes a lo sumo pueden seguir un libro de texto, pero no tienen ninguna clase de formación para llevar adelante esos estudios. No hay tradición de enseñanza de geología”, indica Bonán.

Esta disciplina, como cualquier otra, presenta controversias que constituyen una de las maneras de producción de conocimiento. “Cualquier teoría supone la propuesta de un determinado modelo, que se pone a prueba y se contrasta con el paradigma anterior. Sin embargo, una de las grandes falencias actuales es que se muestra el conocimiento científico como acabado, terminado y verdadero. Los libros de textos, en pos de la enseñanza del conocimiento actual, no destacan las controversias pasadas. Y pasan en general desapercibidas para los estudiantes de todo nivel”, observa.

■ *Los libros de textos, en pos de la enseñanza del conocimiento actual, no destacan las controversias pasadas. Y pasan en general desapercibidas para los estudiantes de todo nivel.*

Rescatar las controversias no sólo sirve para comprender el modo de construcción del pensamiento científico, sino que es un buen ejercicio a realizar por los estudiantes, según sugiere. Estas dificultades no sólo las halla Bonán en la enseñanza media sino también en la universitaria.

Cómo lograr que los conocimientos aprendidos en la escuela por Ignacio o Pedro les sirvan para la vida es un tema que sigue desvelando a la Didáctica de las Ciencias. Ésta, como toda disciplina que se precie, dedica sus mayores esfuerzos a la investigación. Y sus resultados son puestos a prueba en el aula. Esas intervenciones producen cambios, que también deben ser analizados. “Es muy importante que los colegios tengan vínculos con lugares donde se hace investigación. Esto se está comenzando a hacer en el país”, indica Bonán. En este sentido, una nueva posibilidad se abre en el horizonte. “La Argentina fue elegida por la UNESCO para generar una red de didáctica en la ciencia. Esto significa un mayor apoyo y al mismo tiempo un gran desafío”, coinciden en destacar. ■

Los premios 2006 de la Academia

# ARN, proteínas y galaxias

*Los estadounidenses acapararon los Nobel de ciencias. Cinco científicos se llevan los tres galardones de la Academia Sueca de este año. Dos de ellos compartieron el de Medicina por su descubrimiento, en 1998, de que el ARN de doble cadena suprime la expresión de los genes de manera muy específica. Un par de astrofísicos recibieron el de Física por "sus intentos por entender el origen de las galaxias y las estrellas". En Química, el único consagrado recibió el premio por sus estudios sobre el proceso en que se copia la información genética para dar lugar a la síntesis de proteínas.*



Los científicos estadounidenses Andrew Fire y Craig Mello fueron premiados por demostrar la existencia de una maquinaria celular que interrumpe esa circulación de información genética en la célula: la interferencia de ARN. "Lo que hace este mecanismo es interferir entre el proceso de transcripción y el de traducción. Es decir, el gen se sigue expresando, pero el ARN mensajero es degradado y, por lo tanto, no se produce la proteína", explica la doctora Anabella Srebrow, investigadora

del IFIBYNE-Conicet en el Laboratorio de Fisiología y Biología Molecular (LFBM) de la FCEyN.

La inusual juventud del descubrimiento premiado -hace apenas ocho años que Fire y Mello publicaron su hallazgo- pone de manifiesto su singular importancia: "No sólo revolucionó la práctica cotidiana en los laboratorios desde el punto de vista metodológico, sino que también inspiró la identificación de nuevos tipos de ARN

que pueblan las células, cuya existencia y función ni se imaginaban”, señala el doctor Alberto Kornblihtt, investigador del mismo laboratorio, y profesor de la FCEyN.

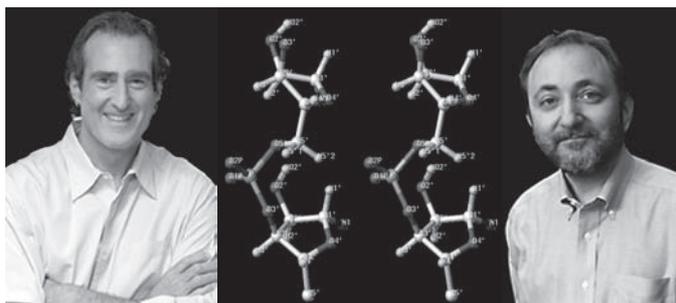
Podría decirse que la historia del descubrimiento comienza en 1990, cuando Richard Jorgensen, investigador de la Universidad de Arizona, incorporó el gen responsable del color morado a unas petunias del mismo color, esperando obtener un tono más oscuro. Pero, cuando las flores se abrieron, estas eran blancas. El mecanismo que producía este “silenciamiento” del gen responsable del color se planteó entonces como un misterio. Dos años después, mientras trabajaba con el hongo *Neurospora crassa*, el italiano Giuseppe Macino observó un fenómeno similar, al que denominó *quelling* (palabra inglesa que significa represión).

Finalmente, después de una serie de experimentos con el gusano *Caenorhabditis elegans*, Fire y Mello pudieron deducir que era la interferencia producida por ARN de doble cadena la responsable de silenciar los genes. “Creo que Macino debió haber sido incluido entre los premiados, pues sus trabajos en *Neurospora* fueron vitales para el descubrimiento del ARN de interferencia”, opina el doctor Norberto Iusem, director del Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular de la FCEyN, insinuando que la ciencia norteamericana tendría un peso nada despreciable en las decisiones de la Academia sueca.

Los experimentos de Fire y Mello, que demostraron que la inyección de ARN de doble cadena al gusano *C. elegans* producía el silenciamiento del gen homólogo, plantearon la hipótesis de que la interferencia de ARN constituiría un mecanismo de defensa de la célula contra los virus cuyo material genético es ARN. De hecho, en algunos organismos se ha demostrado que este tipo de infección viral activa inmediatamente la maquinaria de interferencia, que destruye el ARN del virus permitiendo la supervivencia celular. Estos resultados estimularon a varios grupos de investigación para comenzar a trabajar con el virus del HIV, cuyo material genético es ARN.

De igual modo, ya se piensa en aprovechar el conocimiento que se tiene del mecanismo de interferencia de ARN, para aplicarlo al silenciamiento de genes responsables de enfermedades como el cáncer.

En cualquier caso, mientras la comunidad científica coincide en que el descubrimiento que llevó al Nobel tiene un enorme impacto en la investigación biomédica, todavía persisten algunos inconvenientes técnicos a la hora de pensar en futuras aplicaciones terapéuticas. El principal: cómo introducir el ARN interferente en las células del paciente.



Craig Mellow y Andrew Fire

### Copiado de genes

El Nobel de Química fue para el estadounidense Roger Kornberg por sus estudios sobre el proceso en que se copia la información genética para dar lugar a la síntesis de proteínas, y por haber obtenido la estructura de la enzima responsable.

El laureado, que trabaja actualmente en la Universidad de Stanford en Palo Alto (California), obtuvo una fotografía (cristalografía de rayos X) de una molécula: la ARN-polimerasa, que cumple un papel central en el copiado del ADN. La molécula fotografiada pertenece a una levadura, un microorganismo eucariota, es decir, que posee un núcleo celular diferenciado, al igual que los seres humanos, los animales en general y las plantas, y a diferencia de las bacterias, que no lo poseen.

La pregunta obligada es por qué Kornberg fue el único ganador si, en realidad, son muchos los laboratorios que en los últimos años han trabajado para desentrañar los procesos de transcripción. “Por un lado, se premia su trayectoria, porque hizo numerosas contribuciones en el tema”, señala la doctora Paula Cramer, investigadora del Departamento de Biología y Fisiología Molecular y Celular de

la FCEyN. Y prosigue: “Por otro lado, él pudo proveer la foto de la estructura de la enzima, que no es un detalle trivial. Obtuvo esa imagen no sólo de la molécula aislada sino con el ADN y el ARN al mismo tiempo, y lo logró con la polimerasa de la levadura, que es un modelo más sencillo que la de un mamífero”.

La transcripción de la información almacenada en el ADN es central en todos los seres vivos. Esa información es copiada y transformada en una molécula denominada ARN mensajero, que transporta los datos fuera del núcleo, al lugar de la célula donde se fabrican las proteínas, componentes fundamentales de todo organismo vivo.

Asistida por factores de transcripción, la ARN-polimerasa reconoce el sitio de inicio de transcripción de un gen, separa las hebras de ADN, y copia una de ellas en ARN. Pero en cada etapa del proceso, las proteínas que participan pueden ser diferentes.

“En todas las células del cuerpo, la polimerasa es la misma, pero son distintos los factores con los que interactúa, o la combinación de ellos, y eso determina que un gen sea ‘visto’ en un tejido y no

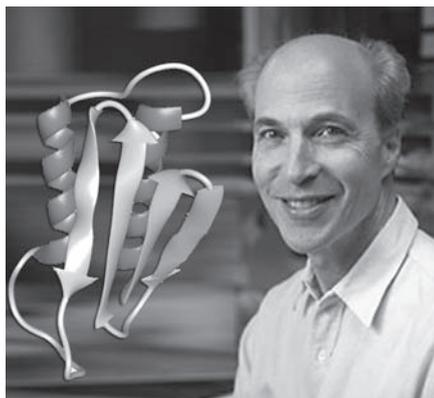
en otro”, detalla Cramer, y agrega: “La célula, de algún modo, calla ciertos genes o los oculta en determinados tejidos o situaciones”.

Hay proteínas que están presentes en un tejido y que son capaces de unirse al ADN en la región de inicio de la transcripción, o promotor. Este consiste en una secuencia de ADN idéntica en todas las células, ya sea en el riñón o en la célula epitelial. “Supongamos que el promotor fuera un idioma, habrá proteínas que entiendan el idioma y lo reconozcan, pero otras, en ciertos tejidos, no lo entienden y, por lo tanto, no reconocen la secuencia”, compara la investigadora. Así, la transcripción de los genes en cuestión no tiene lugar.

Kornberg encontró numerosos componentes del proceso de transcripción. “Una contribución importante fue el descubrimiento del complejo mediador, un conjunto de proteínas cuyo rol es transferir señales positivas o negativas a los factores de transcripción, a la polimerasa y a otros compuestos. De este modo, quedaron establecidos los tres componentes esenciales que regulan la transcripción en eucariotas: los factores de transcripción, el mediador y la polimerasa”, explica Cramer.

Pero el gran avance se produjo en 2001, cuando describió la estructura de la polimerasa de ARN en la levadura. “Kornberg logró una resolución, un detalle, que no es muy frecuente”, comenta la investigadora.

Según Cramer, “tener la estructura de esta proteína es esencial, del mismo modo que lo es para un cirujano conocer la geografía o la distribución de las arterias del cuerpo, si no, no podría operar”, y concluye: “Además, este conocimiento permitiría, en el futuro, diseñar drogas que modifiquen el accionar de la polimerasa.”



Roger Kornberg, premio de Química

### Entender un poco más el Cosmos

Desarrollar una teoría no es poca cosa, y menos aún cuando intenta explicar cómo se formó el Universo. Tal es el caso de la teoría de la gran Explosión o Big Bang. Un verdadero desafío, pero otro no menos arduo es probar en la práctica la validez de algunos de sus argumentos, sobre todo, cuando el terreno experimental es el mismísimo Cosmos. Esta difícil tarea emprendieron hace décadas los astrofísicos norteamericanos, John C. Mather y George F. Smoot, que obtuvieron el Nobel de Física.

Los trabajos de Mather, del Centro Goddard Space Flight de la NASA, y de Smoot, catedrático de la Universidad de California en Berkeley, están basados en mediciones aportadas por el satélite Explorador de la Radiación Cósmica de Fondo (COBE, según sus siglas en inglés), que permitieron confeccionar, a principios de los 90, el mapa del Universo en sus primeros momentos -astronómicamente hablando-. Si la teoría del Big Bang calcula que la gran explosión que dio origen al Cosmos ocurrió hace 13.700 millones de años, la imagen que obtuvieron “muestra cómo era a los 389.000 años de edad”, según Mather. Para Smoot, esa imagen “en términos humanos, correspondería a la de un embrión de unas pocas horas de vida”.

Mather y Smoot dirigieron el proyecto COBE -con más de mil científicos- en un esfuerzo que llevó 15 años desde que se propuso hasta que fue lanzado. El emprendimiento fue a lo grande, y los resultados también. “Las mediciones de COBE marcaron un salto cualitativo, tanto en precisión como en detalle, respecto de toda medición anterior”, destaca el profesor Esteban Calzetta, del departamento de Física de la FCEyN.

En esta bisagra, se puede ver el comienzo de una nueva disciplina: la cosmología de precisión. En este sentido, el doctor Juan Pablo

Paz, del mismo departamento universitario, coincide: “Antes de los datos aportados por el COBE había muy pocos resultados experimentales que permitieran poner a prueba modelos teóricos. Este experimento transformó la cosmología en una ciencia de precisión”.

Los científicos lograron probar con el COBE “la existencia de la radiación cósmica de fondo, una de las primeras y más importantes predicciones de la teoría de Big Bang”, coinciden los especialistas.

“La radiación cósmica de fondo es un baño de estática que llena el Universo”, explica el doctor Calzetta. Por su parte, Paz precisa: “En sus comienzos, el Universo era más chico y más caliente que el actual, y las partículas chocaban todo el tiempo a altísima energía. Los protones y electrones estaban cada uno por su lado. No había posibilidad de que se formaran átomos”.

Pero tal como indica la teoría de la Gran Explosión, la temperatura luego baja y el panorama cambia radicalmente. “Alrededor de los 300 mil años de edad, el Universo se va enfriando y los protones y electrones se combinan formando átomos neutros, átomos de hidrógeno. Pero los fotones quedaron libres. Precisamente, la radiación de fondo son los fotones que han viajado durante miles de millones de años por el Cosmos sin toparse con nada. Son una reliquia”, indica Paz.

Esta “pintura” es posible gracias al COBE, entre otras posibilidades. “Entre otras cosas, el estudio de la radiación cósmica de fondo permite investigar de qué está hecho el Universo, cuál es la densidad total de materia, si existen o no la materia oscura y la energía oscura y cuándo se encendieron las primeras estrellas”, concluye Calzetta. Los datos aportados por COBE luego fueron corroborados por otros satélites de última generación. ─



George F. Smoot y John C. Mather, de Física

# ¿Tiene problemas filosóficos la ciencia?

por: Gregorio Klimovsky y Guillermo Boido | [gboido@mail.retina.ar](mailto:gboido@mail.retina.ar)

Podríamos comenzar por exponer aquí una apología de la ciencia, de su papel a la vez cognoscitivo y estético, de la importancia de sus aplicaciones tecnológicas, de su gravitación actual en el desarrollo de las sociedades modernas. Después de lo cual quedará en claro la relevancia de preguntas tales como la de *por qué hay que creer (o no)* en lo que sostienen los científicos en el ámbito de la matemática, la física, la biología o la sociología. Nos podemos preguntar también *con qué clase de entidades* tratan las disciplinas científicas o bien *de qué modo es posible aumentar nuestro conocimiento a partir del ya obtenido*. Todas estas preguntas tienen un carácter filosófico.

En efecto, la primera de ellas se vincula con el problema de cómo fundamentar el conocimiento científico, es decir, de cuál es la fuente de las verdades científicas, y por tanto es de carácter *epistemológico*. En filosofía, la epistemología o gnoseología trata precisamente acerca del origen, la estructura y el alcance del conocimiento. La segunda pregunta atañe a la cuestión filosófica acerca de cuáles son los objetos o entidades que estudia determinada disciplina científica: tiene un carácter *ontológico*. Efectivamente, la *ontología* remite al estudio de las entidades, objetos y hechos que estructuran la realidad. Finalmente, la tercera pregunta se refiere a la estrategia que emplean los científicos para lograr nuevos conocimientos a partir de otros ya adquiridos, y tiene, entonces, un carácter *metodológico*. A partir de estas tres preguntas, hemos ingresado así en una disciplina de particular vigencia en la actualidad: la *filosofía de la ciencia* (término que a veces se sustituye, particularmente entre nosotros, por *epistemología*).

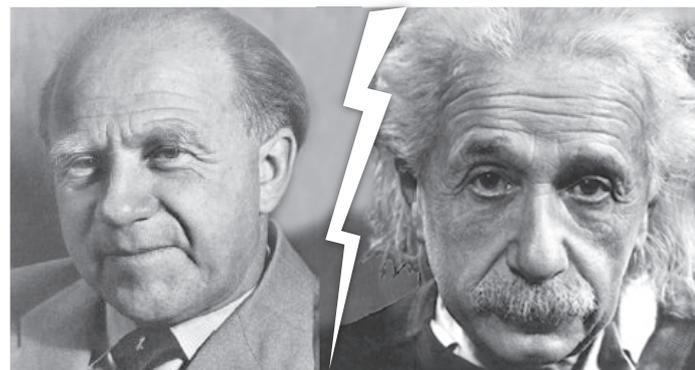
Es un tanto asombroso advertir la diversidad de opiniones en materia de respuestas a preguntas filosóficas tales como las que nos hemos formulado. Consideremos por ejemplo algunas de ellas, de carácter ontológico, pertinentes para la matemática: *¿de qué trata la matemática?* O bien: *¿qué son los objetos*

matemáticos, es decir, los puntos, las rectas, los conjuntos, las funciones? *¿Existen* tales objetos? Pero, si existen, *¿dónde* existen? Un filósofo de la matemática afirmará, por caso, que los objetos de la matemática no son distintos de los objetos de las ciencias fácticas (la física, la química, la biología, la sociología) y que, por tanto, la fuente de la creencia en la verdad de las proposiciones matemáticas no difiere de la que nos permite garantizar la verdad de las proposiciones de aquellas ciencias. En el extremo opuesto, por el contrario, otro filósofo nos dirá que existe una separación drástica entre los objetos matemáticos y aquellos de los que se ocupan las ciencias fácticas, y en particular que hablar acerca de “verdades matemáticas” y “verdades fácticas” es referirse a nociones completamente diferenciadas.

En el ámbito de la llamada “matemática pura” o “formal” podría decirse que ella trata con sistemas deductivos o estructuras carentes de significado: la matemática pura sería una suerte de “ciencia vacía” que no hace referencia a ninguna clase de entidades que pudiésemos hallar en la naturaleza o la sociedad. Pero en las ciencias fácticas, aquellas que se ocupan de *hechos*, ocurre lo contrario, y allí se presenta el problema filosófico del *realismo*. La posición realista sostiene que las teorías científicas fácticas aspiran a describir la realidad, y en particular que las entidades no directamente observables de las que se habla en ciencia (átomos, valencias, genes) verdaderamente *existen*. Los *antirrealistas* lo niegan. De particular importancia es la posición no realista llamada *instrumentalismo*, según la cual las teorías científicas tienen solamente por objeto operar al modo de instrumentos que permiten predecir fenómenos del mundo observable a partir del conocimiento de otros. La controversia entre realistas e instrumentalistas ha sido tema siempre presente en la historia de la filosofía de la ciencia. A

principios del siglo XVII, motivó el debate sobre el heliocentrismo de Copérnico entre el realista Galileo y los teólogos de su época, quienes exigían que se adoptase una posición instrumentalista ante la teoría copernicana. Ésta sería entonces un mero instrumento para el cálculo astronómico destinado a predecir, por ejemplo, las posiciones de los planetas, pero no una descripción *real* del mundo físico. Como señalara cierta vez Werner Heisenberg, ya en el siglo XX, una teoría científica es solamente “un conjunto de símbolos” destinados a predecir fenómenos y no más: la ciencia no puede acceder a ninguna clase de “realidad objetiva”. Afirmaciones como ésta despertaban la oposición de Einstein, típico representante del realismo científico moderno.

Estos pocos ejemplos bastan para dar una respuesta positiva a la pregunta que sirve de título a nuestro comentario: la ciencia *tiene* problemas filosóficos y la filosofía de la ciencia (con la colaboración de la historia y la sociología de la ciencia) intenta responderlos. Desde luego, muchos científicos sostienen que el estudio de los problemas filosóficos de la ciencia debe quedar en manos de los filósofos, y que a ellos compete solamente “hacer ciencia” sin necesidad de incursionar en tales problemas. Esta posición es perfectamente legítima, pero conviene recordar que casi todos los grandes protagonistas de la historia de la ciencia han abordado la consideración de cuestiones filosóficas y que, en muchos casos, éstas han orientado sus investigaciones estrictamente científicas. |



## ¿Es lo mismo el polo magnético que el polo geográfico?



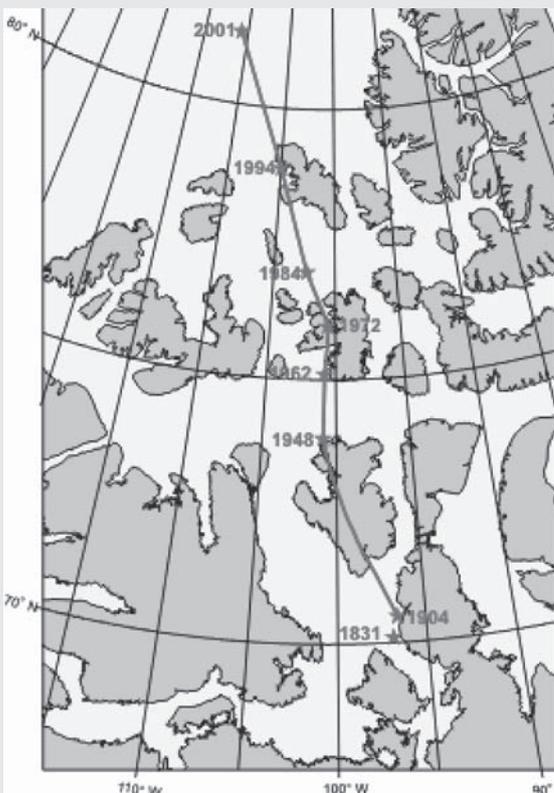
Responde el doctor Augusto Rapalini, profesor adjunto del departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN e investigador del Conicet

El polo geográfico es el punto en la superficie del planeta por donde sale el eje de rotación terrestre. El magnético es aquél hacia el cual apunta la brújula. También se lo podría definir como el punto donde las líneas de fuerza del campo magnético son verticales. Es decir, si uno está parado en el polo norte magnético, una brújula debería apuntar hacia abajo.

Polo magnético y polo geográfico no necesariamente coinciden. De hecho, la mayor parte del tiempo no lo hacen. El magnético se desplaza continuamente. Sin embargo, si se hace el promedio de las posiciones del polo magnético a lo largo de diez mil años o más, se ve una coincidencia aproximada entre ambos polos.

Además, en forma no regular, los polos magnéticos invierten su polaridad. El último cambio se produjo hace unos 780 mil años. Actualmente, algunos piensan que podríamos estar yendo hacia una inversión, que se concretaría en un plazo de 2000 a 3000 años, que es el tiempo que tarda ese proceso, que no ocurre de un día para el otro. La suposición de que nos acercamos a una inversión se debe a que, en los últimos 150 años, la intensidad del campo magnético total de la Tierra ha disminuido alrededor de un 10%. De todos modos, esto no es definitorio, pues el campo magnético ha fluctuado en su intensidad de manera continuada a lo largo de la historia del planeta.

Pero ¿qué sucedería durante una inversión de los polos? La geometría del campo magnético se perdería. Pero el comportamiento es imprevisible: se pueden llegar a tener cuatro polos o aún más. Y la intensidad del campo sería bastante más débil.



Quienes se verían afectados por una inversión de la polaridad serían, entre otros, los animales que utilizan el campo magnético para orientarse, por ejemplo, algunas aves migratorias. Lo mismo les sucedería a ciertas especies de bacterias. Además, la disminución de la intensidad del campo magnético reduciría la protección de nuestro planeta al bombardeo de partículas solares y cósmicas y, de este modo, afectaría las comunicaciones y, eventualmente, la salud.

*Migración del polo norte magnético desde 1831. Se observa una aceleración marcada del proceso (información del Geological Survey of Canada). Aproximadamente entre 1904 y 2001 se desplazó unos 1000 kilómetros (alrededor de 10 kilómetros por año), aunque en los últimos años, el desplazamiento fue de cerca de 40 kilómetros por año.*

## ¿Por qué existe igual cantidad de machos que de hembras?



Responde Juan Carlos Reboreda, doctor en Ciencias Biológicas, profesor e investigador del Departamento de Ecología, Genética y Evolución, FCEyN

La mayoría de las especies mantienen una proporción similar de machos y de hembras. Un macho puede fertilizar muchas hembras, y de esta forma tener muchos más hijos que si se aparea con sólo una hembra, pero una hembra no produce más hijos por aparearse con varios machos. Por lo tanto, parecería ser más ventajoso desde el punto de vista reproductivo que una especie tuviese una mayor proporción de hembras que de machos. ¿Por qué no ocurre esto? Supongamos que en una población hay un macho cada veinte hembras. En este caso, los machos van a dejar en promedio 20 veces más descendientes que las hembras. Si es ventajoso tener hijos, la selección natural favorecerá a aquellas hembras que tiendan a producir mayor prole masculina, con lo cual cada vez habrá más varones en la población; es decir, la proporción de machos aumentará progresivamente. En forma semejante, si en una población hay 20 machos por cada hembra, las hembras dejarán en promedio 20 veces más descendientes que los machos ya que sólo uno de cada 20 machos podrá fertilizar a una hembra mientras que todas las hembras se reproducen. En este caso, será más ventajoso producir mayor prole femenina y la proporción de hembras en la población aumentará. Las ventajas de producir mayor número de individuos de un determinado sexo desaparecen cuando el número de machos y hembras en la población es el mismo. Así ninguno de los sexos es escaso y por lo tanto ninguno tiene mayor éxito reproductivo. En definitiva, la proporción de sexos alcanza un equilibrio "evolutivamente estable" cuando su relación es 1 a 1. Por eso encontramos igual cantidad de machos y de hembras en casi todas de las especies.

## Las clases del maestro Ciruela

# Bollito de papel

Dar clase debe ser placentero. Si usted, mi estimado colega, no consigue que ese encuentro diario con esas jóvenes almas sea gratificante para todos, sobre todo para usted, entonces mi querido amigo, debe poner en marcha el plan B.

Todo docente debe estar equipado con algún arma secreta, y un par de medidas extremas que le permitan revertir esas situaciones de displacer que pueden tener consecuencias insospechables.

Le voy a contar qué hice un día, harto de soportar una situación crónica. Era un grupo como de 40 alcauciles (podría decir maniqués, o rocas). No había pregunta que arrancase una mísera respuesta a estos mármoles, mire usted. Ni fácil, ni difícil, ni tonta, ni absurda. No había broma que les sacara una sonrisa, ni una mueca. Probé con los mejores chistes que tenía, y nada. Dar clase en esa aula, créame, era un oprobio. Consulté con mis colegas y todos coincidían: "Es el grupo más apático en años". Pero eso no me conformaba. Necesitaba que la situación cambiara.

Un día, cansado de dialogar con el pizarrón, y al borde de un ataque de nervios, respiré hondo, tomé fuerza y decidí poner en marcha el último recurso. Teníamos que empezar a desarrollar el tema "sonido", les anuncié que íbamos a realizar un experimento muy importante. Tomé una hoja A4, 80 gramos, hice con ella un bollito que cupiera en un puño y les expliqué el protocolo. "Jóvenes—dije con solemnidad—, voy a arrojar este bollito de papel hacia arriba, y lo voy a recuperar en mi mano. A la vista de todos, sin ningún misterio. Sube y baja, nada más. Pero mientras esté en el aire, mientras no esté en contacto con mi mano, tenemos que gritar con toda la fuerza. Hay que comenzar el grito exactamente cuando el papel abandone mi mano, y hay que callar abruptamente justo cuando lo atajo". Las estatuas me miraban como si les estuviese contando mis diálogos con los ángeles, y yo ya me imaginaba que el experimento fracasaría estrepitosamente. Aclaré la garganta, tomé aire, y allá fue a volar el bollito.

Quedé como un idiota ridículo. Grité cual gol de visitante en la hinchada local. Solo. Pero no me desmoralicé. "No, muchachos. Tienen que gritar todos, y fuerte. Si no, el experimento no va a salir. Se trata de un fenómeno muy interesante. Pero sólo van a poder advertirlo si siguen al pie de la letra las instrucciones. Tienen que gritar todos. Vamos de nuevo".

La segunda vez fuimos seis o siete los ridículos. Pero entre ellos ya había tres que se animaron y gritaron en serio, como correspondía, largando los bofes. "Vamos todos, si no, el experimento no funciona, el rebote de la reverberancia no alcanza la amplitud media de la formante y la potencia de la frecuencia máxima colapsa", dije.

La tercera vez que arrojé el bollito de papel al aire, el griterío fue considerable, y el cierre abrupto, casi coral. "Va bien, polluelos. Pero el fenómeno sigue sin producirse. Vamos, esta es la última, se los prometo, van a ver que sale".

La cuarta fue apoteótica. Cuando terminó el grito y los últimos ecos ya se habían apagado los ojos de mis ex estatuas brillaban con fulgor. Había en esas miradas una mezcla de intriga y satisfacción.

—Bien. Salió. Por fin salió. ¿Lo escucharon?

—Qué, profé. Yo no escuché nada.

—Qué había que escuchar— apuntó otro.

—Cómo... no me digan que no pudieron oírlo—dije tímidamente—. ¿No escucharon algo así como cuarenta desorbitados gritando?

No voy a decirles que a partir de aquel episodio las cosas cambiaron radicalmente. Pero en adelante fue más soportable. Cada vez que llegaba a las siete menos cinco, algún estudiante me hacía algún comentario, o incluso algún silencio, pero ahora lleno de humanidad. Y cuando les hacía una pregunta remataba: contesten, que si no, los hago gritar. Reían, y ahora contestaban.

Para

## Debatir



*"Chernobyl puede haber costado a quienes viven en Ucrania y Bielorrusia hasta varias semanas de expectativa de vida. Las cosas habrían sido muy diferentes si hubieran vivido en el área de inundación de un río en el que se derrumbara una gran represa. En ese caso habrían perdido toda su expectativa de vida. Esa forma de energía renovable puede ser mucho más mortífera que la nuclear". James Lovelock, científico británico*



## Segundo Festival de Cine y Video Científico "Cinecien 06"

El 3 y 4 de noviembre de 2006 se realizó el Capítulo Argentino del Segundo Festival de Cine y Video Científico del Mercosur "Cinecien 06", con más de 60 producciones provenientes de todo el país. Las películas premiadas seleccionadas participaron de la versión Mercosur que se desarrolló en Río de Janeiro durante el mes de diciembre y cuatro de ellas obtuvieron premios.

El evento fue organizado conjuntamente por el Departamento de Artes Audiovisuales del IUNA y la Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (SeCyT), y contó con el apoyo del Instituto Nacional de Artes Audiovisuales de la Argentina (INCAA).



Se anunció para el año próximo que los premiados del capítulo Argentino Cinecien 07 contarán con recursos para sus producciones. Otras de las novedades es la iniciativa por parte de los organizadores de producir un formato de 13 programas para el canal estatal.

Además de proyectar las películas que participaron de la competencia, durante las dos jornadas se realizaron mesas redondas acerca del papel de la TV y las nuevas tecnologías en la divulgación científica, así como sobre las políticas gubernamentales de ciencia y su difusión. Hubo encuentros entre realizadores audiovisuales e investigadores, y se presentaron avances del documental sobre la vida y obra de César Milstein, dirigido por Ana Fraile—sobrina nieta del premio Nobel— y producido por la SeCyT.

El premio en el Área Científico-técnica fue para "Sistema aéreo para uva para consumo en fresco" (Daniela Martín y Pablo Sureda). Premio Biomédico: "Plantas silvestres comestibles" (Liz Rapoport, investigación: Eduardo Rapoport). Premio Humanístico Social: "Atrapados en el fin del mundo" (Eduardo Sánchez, investigación: Pablo Wainschenker y Fernando Moyano).

Menciones: al mejor Video Educativo: "Mensajeros del Espacio", (Cristina Raschia, investigación: Beatriz García). Video Científico Técnico: "Sensor de Humedad Suelos" (CREACOM, de la Universidad de San Juan, investigación Carlos Schugrensky). Área Biomédica: "Uruguay natural y el consenso de Washington", (Mariano Aiello y Kristina Hille. Investigación: Mariano Aiello y Kristina Hille. Área Humanístico Social: "El Toro por las Astas" (Susana Nieri).

## Computación olímpica

El sábado 11 de noviembre, en forma simultánea con varios países latinoamericanos, se llevó a cabo en el Departamento de Computación de Exactas la competencia de la *Association for Computing Machinery*, que nuclea a gente de la industria y la ciencia de la computación.

Uno de los equipos que representaron al Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, el integrado por Alejandro Deymonnaz, Pablo Heiber y Francisco Roslan logró el primer puesto en la competencia "2006 ACM-ICPC South America Contest outside Brazil", y el segundo lugar considerando en su conjunto los resultados de toda Sudamérica.

Los resultados son más que gratificantes si se tiene en cuenta que participaron 326 equipos de 170 facultades de casi todos los países sudamericanos.

Además del mencionado, otros dos equipos de la Facultad quedaron en las primeras posiciones: Leandro Groisman, Luciano Quintabani y Santiago Pérez ocuparon el tercer puesto en la subregión "Sudamerica outside Brasil" y el sexto en toda Sudamérica. Por su parte, el equipo integrado por Claudio Freire, Diego Gavinowich y Matías Goldin obtuvo el 4to. lugar en la subregional y el 7mo. en el campeonato sudamericano. Finalmente un grupo de estudiantes de la Universidad de La Plata, logró ubicarse en el noveno lugar.

## Konex para recordar a Sadosky

A casi un año y medio de su muerte, la Fundación Konex destinó su premio de Honor al matemático Manuel Sadosky. La estatuilla fue recibida por su esposa, Kutun Troise, quien, muy conmovida, dijo: "Si Manuel estuviese aquí, diría: 'Esta distinción no la merezco'. Pero yo sé que la merece".

Don Manuel, recordado no sólo en

Exactas como un gran matemático y una pieza fundamental para el desarrollo de la ciencia nacional, fue homenajeado en la ceremonia de premiación que se realizó en la Ciudad Cultural Konex y en la que se entregaron las distinciones anuales de la Fundación, y que en esta oportunidad significaron 17 Konex de Platino para personalidades de la Universidad de Buenos Aires.



## Dos Houssay para Exactas

Con la participación de varios funcionarios del Ministerio de Educación de la Nación, el 30 de noviembre la Secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva hizo entrega de los premios Bernardo Houssay a la investigación científica y tecnológica. Dos investigadores y un ex decano de Exactas recibieron el premio.

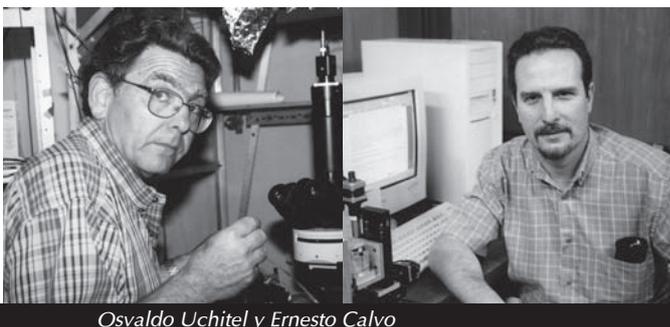
En la ceremonia participaron el Ministro Daniel Filmus, el Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Tulio Del Bono, el Secretario de Políticas Universitarias, Alberto Dibbern, y el Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Eduardo Charreau.

El Houssay es el premio anual a la producción de nuevos conocimientos, nuevas tecnologías y a la formación de recursos humanos. Se entrega en cinco áreas del conocimiento y tres categorías para cada una de ellas: Trayectoria; Consolidado, y al Investigador Joven.

Los ganadores se llevaron una medalla, un diploma y un cheque por diez mil pesos para financiar un viaje para asistir a un congreso académico internacional.

Entre los premiados se encuentran los doctores Ernesto Julio Calvo y Osvaldo Daniel Uchitel, ambos investigadores de la FCEyN. Calvo recibió la mención en la categoría Ciencias Exactas y Naturales y Uchitel en la de Ciencias Biológicas y de la Salud, ambos como Investigadores consolidados. También recibió un Houssay el ex decano de Exactas, el doctor Héctor Torres, del INGEBI/Conicet.

Nacido en Argentina, Houssay vivió entre 1887 y 1971. Fue el mentor y organizador del Instituto de Fisiología de la Escuela de Medicina, sus trabajos contribuyeron decisivamente al conocimiento de las causas de la diabetes; obtuvo el premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1947.



Osvaldo Uchitel y Ernesto Calvo

## Homenaje a Ricardo Chidichimo, desaparecido de Exactas



El martes 21 de noviembre, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales entregó el diploma correspondiente a Ricardo Darío Chidichimo, desaparecido el 20 de noviembre de 1976.

Chidichimo era estudiante de Exactas y había aprobado todas las materias de la licenciatura en Meteorología poco tiempo antes de ser detenido y posteriormente desaparecido a manos de las fuerzas represivas de la última dictadura

militar, pero su título nunca había sido tramitado

El acto de entrega se realizó en el Aula Magna del pabellón II de la Facultad con la asistencia de ex compañeros de Chidichimo, organismos de derechos humanos, docentes y alumnos de Exactas. El título lo recibieron el padre y la hija de Chidichimo de manos del decano Jorge Aliaga.

Eugenia, su hija, leyó dos emotivos poemas escritos por la madre de Chidichimo dedicados a su hijo. Justamente su madre –que no pudo presenciar el acto por haber sufrido un accidente la víspera– fue quien se acercó a las autoridades de Exactas durante el acto recordatorio del Golpe de 1976, en marzo pasado, e informó que su hijo había terminado la carrera de Meteorología, lo que posibilitó el trámite del título.

## Exactas con la sociedad

La Facultad de Ciencias Exactas asignó los Subsidios Exactas con la Sociedad a 12 proyectos de trabajo que se presentaron a la convocatoria en 2006. El monto total asignado fue de \$88.000, dinero que los equipos destinarán al desarrollo de emprendimientos nuevos o al fortalecimiento de los ya existentes.

Los subsidios forman parte de la política de extensión de la Facultad y reúnen a grupos de investigación con diversos actores, en función de las necesidades detectadas en la comunidad, para transformar la realidad social, económica, productiva y educativa, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población.

La mitad de los proyectos aprobados tienen que ver con trabajos en salud pública, especialmente en prevención de parasitosis, contaminación del agua, nutrición y transmisión del mal de Chagas. Otros abordan la innovación didáctica y la enseñanza de la computación en contextos desfavorables, la educación ambiental; y uno de los grupos trabaja en conjunto con una empresa recuperada por sus trabajadores, la ex Zanón, hoy FASINPAT, de la provincia de Neuquén. Este último proyecto desarrolló un tipo de cerámicas autolimpiantes que la fábrica comercializará y cuyo mayor interés está en la posibilidad de que sean usadas en instituciones públicas como hospitales o escuelas.

Un dato interesante es que dos de los proyectos ganadores serán dirigidos por estudiantes de la facultad.

**El mito de la monogamia  
La fidelidad y la infidelidad en los  
animales y en las personas**

David Barash - Judith Eve Lipton  
Madrid, 2003

Siglo Veintiuno de España Editores, 396 pág.



Este libro es sólo para valientes. No importa que sea ameno, entretenido, excitante, atrapante y divertido. Lo que importa es que le cuenta algo que usted no quiere saber ni escuchar. La monogamia no existe, al menos como nos gustaría que existiese. Con prolijidad, con desapasionamiento, pero sin eludir los conflictos morales que estas consideraciones crean, Barash y Lipton (famoso biólogo y divulgador, uno; psiquiatra, la otra) destiejen este mito creado a partir de los deseos de las personas pero alejado de la realidad.

La psicología evolutiva posee el potencial explicativo de las conductas sexuales animales, incluidos –especial y sorprendentemente– los seres humanos. Los autores recopilan y describen los resultados de cientos de experimentos y observaciones –muchos de ellos desarrollados por el mismo Barash– y demuestran que poseer múltiples parejas es lógico y “natural”, mientras que poseer una sola no lo es.

Tanto en humanos como en animales, engañar a la pareja es algo común en ambos sexos. Nuestras conductas tienen explicaciones biológicas más que culturales. Las técnicas de ADN brindaron bases sólidas para la especulación científica, el marco teórico lo puso Darwin, y en adelante, la fisiología del comportamiento es una ciencia exacta. Aunque no nos guste.

**Las constantes de la naturaleza**

John D. Barrow

Madrid, 2006

Crítica, (Drakontos), 368 páginas.



Este libro lo obligará a repensar todo. Somos una mota de polvo flotando en un vastísimo universo, macanudo. Pero en esa mota de polvo estamos nosotros, mirándolo y mirándonos. La diferencia de tamaño entre ese universo gigante y nuestro insignificante planeta es poca cosa comparada con la gigantesca casualidad (si se trata realmente de una casualidad) de que nosotros existamos para poder observar un universo observable por nosotros.

Al caer los dados, salieron los números de las constantes de la naturaleza: la velocidad de la luz, la constante de Planck, la de gravitación universal, y otras pocas, muy pocas, más. Y se armó el universo, y aparecimos nosotros. Los números de las constantes podrían haber sido cualesquiera; sin embargo, fueron los que son. Podrían haber diferido en una milésima, en una millonésima de lo que son; en ese caso, ya no estaríamos acá.

A partir de este razonamiento se plantea un nuevo principio antrópico duro de roer. Barrow es un divulgador excelente. No sólo va a sorprenderlo, conmoverlo, alarmarlo, asustarlo, lo va a llevar de paseo por las fronteras del conocimiento. Usted se va a sorprender, para empezar, de que podamos estar formulándonos ciertas preguntas. No deje de leer este libro delicioso, e intente sobrevivir a la experiencia.

**Introducción a la geología**

Andrés Folguera, Víctor A. Ramos y

Mauro Spagnuolo

Buenos Aires, 2006

EUDEBA, 150 páginas.



Una historia de la Tierra bien contada, con simplicidad y soltura. Una historia que describe un planeta singular cubierto por una delgada cáscara desmembrada cuyos pedazos se desplazan lentamente. Así de simple es la historia que de golpe y porrazo explica los misterios más antiguos de sus recientes habitantes. La tectónica de placas es la clave que arma el rompecabezas, y de pronto todo encaja.

Andrés Folguera, Víctor A. Ramos y Mauro Spagnuolo escriben y coordinan el trabajo de un grupo considerable de autores: Pablo Leal, Vanesa Litvak, Alfonsina Tripaldi, Fernando Miranda, Alicia Folguera, Tomás Zapata, Marcelo Zárate, Marcela Chichowolski, Beatriz Aguirre Urreta y Emilio González Díaz. La obra completa posee una unidad admirable que no es fácil de lograr, ya que aborda temas de aparente disparidad como geología planetaria, formación del paisaje, cordilleras, montañas, volcanes, evolución, vida, registro fósil, recursos energéticos, petróleo, gas, recursos naturales, agua, hielo, eras geológicas, calentamiento global, glaciaciones. Sin embargo, una y otra vez el discurso retorna a la explicación primigenia que organiza y da sentido a la obra, acompañado de los dibujos claros y didácticos de Ana Zamorano Graffigna.

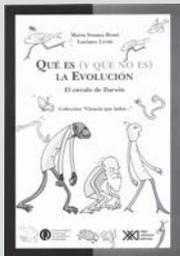
Sin duda, se trata de una obra indispensable para comprender las revoluciones del conocimiento.

## Qué es (y qué no es) la Evolución El círculo de Darwin

María Susana Rossi y Luciano Levin

Buenos Aires, 2006

Siglo Veintiuno Editores, 132 páginas



Todo sucede en una noche en el Museo de Ciencias Naturales. A partir del momento en que Marcos descubre que no podrá salir del edificio, comienzan a suceder extraños fenómenos, cobran vida personajes del pasado, y una presencia amenazante aporta una dosis de suspenso. Así, a través de un relato que atrapa, Susana Rossi y Luciano Levin explican la teoría de la evolución, o, mejor dicho, hacen que la explique su creador, el mismo Charles Darwin, junto con otras figuras representativas, como Thomas Huxley, Ernst Mayr o Stephen Jay Gould. Todos ellos se esmeran en transmitir al joven Marcos los conceptos centrales, y responder sus interrogantes, que bien podrían ser las preguntas del lector. También integran el elenco Florentino Ameghino y Eduardo Holmberg, dos figuras emblemáticas de las ciencias y las artes argentinas, que son así revalorizadas.

Con un relato ameno y un diálogo vivaz los autores acercan al público una teoría que, aceptada en el ámbito científico, sigue siendo, aún hoy, materia de debate, sobre todo en lo que respecta a su enseñanza en las escuelas públicas.

Este libro, que combina la ciencia con la ficción y el suspenso, resulta una herramienta ideal para internarse en el tema de la evolución así como para actualizar el debate en torno a esta teoría y a la controversia con el creacionismo.

## Colección “¿Querés saber?”

### Gangui a full



Con dos nuevas entregas, esta vez de los mismos autores: Alejandro Gangui (“El Big Bang”, ver EXACTAMENTE nro. 35) y Viviana Bilotti en las ilustraciones, la colección infantil de EUDEBA “¿Querés saber?” se posiciona en el mercado editorial con una fuerte personalidad y calidad indiscutible.

No son pocas las características que abonan sus bondades: los

temas siempre elegidos por su sonoridad en el ideario popular dentro del amplio espectro de los temas científicos, el ajuste conceptual de los contenidos que no colisiona en lo más mínimo con la capacidad de comprensión de un niño de seis años en adelante. El tratamiento amable y confianzudo que al lector menudo atrapa sin reparos, y las ilustraciones sugerentes, artísticas, libres, coloridas que le abren al relato una dimensión más por la que pasear la imaginación infinita de los lectores iniciados.

“¿Querés saber qué es el Universo?” es un paseo de escalas múltiples. Comienza en la Tierra y el cielo visible pero enseguida salta al límite final del universo infinito. ¿Cómo? El texto se pasea por las estrellas de diferentes razas y edades, galaxias y agujeros negros. No falta la aventura del choque de las galaxias ni la imprevista visita de los cometas.

“¿Querés saber qué es el Big Bang?”, por su parte, le cuenta a los chicos qué es y qué no es la gran explosión. Los grandes, cuya generosidad paternal les hace leerle a sus hijos antes de dormir, quedarán agradecidos por la lección aprendida. Los que no, deberán soportar que los chicos sepan más que ellos, algo a lo que uno no se acostumbra muy fácilmente. Gangui es especialista en bigbanes, pero en “¿Querés saber?” demuestra que también es especialista en hacer síntesis simples, sencillas, claras y concretas de ideas sofisticadas y espinosas. Y apuesta a que los niños son capaces de aceptar nuestras dudas, nuestras ignorancias, lo que lo convierte en un ejemplo bastante a contramano de la mayoría de los libros infantiles que muestran un mundo de adultos absolutamente acabado y agotado.

Tanto el pincel de Bilotti como la pluma de Gangui han captado la esencia de la colección: abrir una ventana en la imaginación de los niños para que entre un cachito del universo. En lugar de achicar el espacio, se agiganta.

# La prueba del nueve

por José A. Cañizo

Hace tiempo se enseñaba en los colegios una curiosa forma de comprobar si el resultado de una división que uno ha hecho a mano es correcto. Se llama “la prueba del nueve”.

Digamos que hemos hecho una división de números enteros positivos, por ejemplo 8.058 entre 237. Hemos obtenido 34 (exacto, sin resto) y queremos comprobar que está bien. Desde luego, podemos multiplicar 34 por 237 y ver si da 8.058, pero para números grandes eso es largo y pesado, así que es útil disponer de una forma más rápida. La prueba del nueve consiste en tomar el número inicial, aquí 8.058, y sumar sus cifras, y hacerlo de nuevo hasta que quede una sola cifra:  $8+0+5+8=21$ ,  $2+1=3$ . Nos quedamos con el tres y hacemos lo mismo con los otros dos números, el divisor y el supuesto cociente:  $2+3+7 = 12$ ,  $1+2 = 3$  y  $3+4 = 7$ .

Ahora multiplicamos los dos números de una cifra que acabamos de obtener, 3 y 7, y repetimos el proceso:  $3 \times 7 = 21$ ,  $2+1 = 3$

Como da tres, que es lo mismo que obtuvimos al realizar el proceso con el dividendo (8.058), la prueba es correcta para esta división. Si obtenemos algo distinto la prueba dice que la división está mal.

Un segundo ejemplo: 836.652 entre 678. Creemos que da 1.244. ¿Es verdad?

$836.652: 8+3+6+6+5+2 = 30$ ,  $3+0 = 3$   
 $678: 6+7+8 = 21$ ,  $2+1 = 3$   
 $1.244: 1+2+4+4 = 11$ ,  $1+1 = 2$

Como  $3 \times 2 = 6$ , que no es el primer 3 que obtuvimos, la prueba dice que la división está mal (el resultado correcto es 1.234, con el cual la prueba sí funciona).

Por algún motivo, al hacer la prueba en

un papel solían escribirse los números dentro de los huecos que quedan al hacer dos trazos formando una X (los tres que se obtienen de dividendo, divisor y cociente) y el de multiplicar divisor por cociente). Recuerdo que de pequeño, cuando ya estaba harto de multiplicar números para ver si las divisiones de los deberes estaban bien, mi padre me enseñó esta forma de comprobarlo. Al día siguiente se lo enseñé al profesor en clase, y me dijo que “bueno, está bien, pero es mejor que hagas las multiplicaciones para aprender”. Pienso que es justo al revés: primero, esta prueba enseña que pueden

inventarse formas más interesantes de hacer las cosas. Y, además, tiene cierto misterio si uno se pregunta por qué debería funcionar. Si uno se pregunta eso, enseña mucho más que todas las multiplicaciones y divisiones que uno pueda hacer.

¿Y por qué funciona? De hecho, ¿cómo puede saberse que funciona? ¿Siempre que la prueba sale bien la división es correcta? ¿Siempre que sale mal significa que está mal hecha? ¿Es posible modificar la prueba para divisiones que no sean exactas (con resto)?

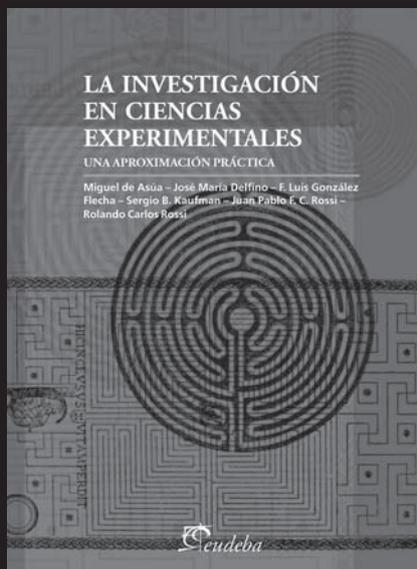
## Soluciones del número anterior

2	☛			☛	3	☛	☛	☛	☛	☛	☛
☛	2	1		2		☛	4	5	☛	6	☛
				☛		2			☛		2
☛	☛	☛	☛			☛		3	☛	3	☛
☛	5		☛	3	3	☛	5	☛		2	
☛		2	☛			☛	☛	3		1	
☛				☛	3				☛		
☛	3	1		3	☛		1		☛	5	☛
☛			☛		3	☛		2		☛	☛
	☛	3				☛	5	☛		2	
1	3	☛		2	4	☛	4	☛		3	
		☛		☛	☛				☛	☛	☛



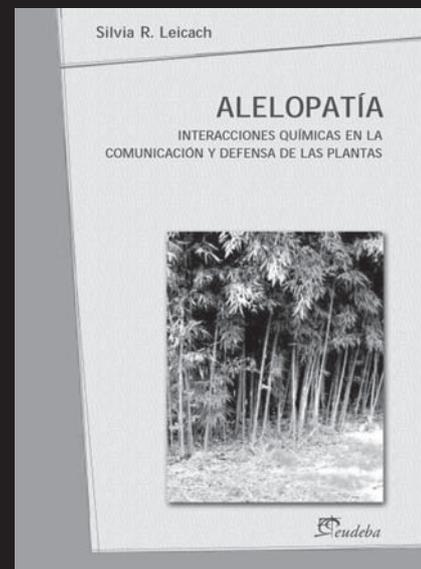
**Aprendiendo química orgánica.**  
Alicia Fernández Cirelli - Mónica Deluca - Cecile du Mortier.

Este manual apunta a la comprensión de los conceptos básicos de la química orgánica. Apuesta fundamentalmente al razonamiento y no a la memoria, y pretende que el alumno pueda predecir el comportamiento de una sustancia conociendo su estructura. La presentación de los temas fue pensada para que el lector comprenda su importancia en el contexto de cualquier disciplina relacionada con las ciencias naturales y de la salud.



**La investigación en ciencias experimentales. Una aproximación práctica.**  
Miguel de Asúa - José M. Delfino - F. Luis González Flecha - Sergio B. Kaufman - Juan Pablo F. C. Rossi - Rolando Carlos Rossi

Este libro llena un espacio vacante: el de un manual que abarque y unifique las principales cuestiones que habitualmente se agrupan bajo el título de «metodología de la investigación». La novedad de *La investigación en ciencias experimentales* es que ofrece un tratamiento articulado en un solo volumen de temas que por lo general están repartidos en textos de estadística, de filosofía de la ciencia, y en guías de laboratorios.



**Aleopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de las plantas.**  
Silvia R. Leicach

La aleopatía, como parte de la biología química, abarca el estudio y la decodificación del lenguaje químico utilizado en las interacciones de los organismos de las plantas terrestres con su entorno. Este libro analiza la estructura, el origen, la forma de liberación y los posibles roles biológicos de los diferentes grupos de productos naturales involucrados en interacciones alelopáticas con el fin de agregar las bases moleculares a la explicación que la ecología tradicional tiene para distintos procesos.



**colección  
ciencia joven**

Una expedición al mundo subatómico | Números combinatorios y probabilidades | Las plantas entre el suelo y el cielo | Introducción a la geología | Biomateriales | Reproducción humana | La física y la edad de la información | Biodiversidad y ecosistemas | 100 años de relatividad | Entre el calamar y el camello | Por los senderos de la noche | La física de los instrumentos musicales | La intimidad de las moléculas de la vida | El lenguaje de las neuronas | Biología marina | El universo de las radiaciones | Construyendo con átomos y moléculas | Evolución y selección natural | El aire y el agua en nuestro planeta | Respuesta inmune | Contaminación y medio ambiente.

EDITORIAL UNIVERSITARIA DE BUENOS AIRES S.E.M.

Librería Central: Av. Rivadavia 1571/3 (C1033AAF) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Tel.: 54 11 4383-8025  
ventas@eudeba.com.ar. www.eudeba.com.ar. Sede Ciudad Universitaria: Pabellón III Subsuelo. Tel.: 4780-0281

**Aviso**  
**TENARIS Siderca**