

# EXACTA

## mente

La revista de  
divulgación  
científica

### Entrevista

Daniel Bes, un  
teórico Crítico



### Biología

El reino de los  
hongos



### Tendencias

GRID: una  
compleja trama



Dossier

Campo

## Marea soja



ISSN 1514-920X



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

## Consejo editorial

### Presidente

Jorge Aliaga

### Vocales

Sara Aldabe Bilmes  
Guillermo Boido  
Guillermo Durán  
Pablo Jacovkis  
Gregorio Klimovsky  
Marta Maier  
Silvina Ponce Dawson  
Juan Carlos Reboresca  
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

### Colaboran en este número

Guillermo Boido  
Alberto Caselli  
Celia E. Coto  
Gregorio Klimovsky  
María Eugenia Monge  
Carla García Nowak  
Gabriel Rocca

### Diseño gráfico

Pablo Gabriel González

### Fotografía

Juan Pablo Vittori  
Paula Bassi  
Diana Martínez Llaser

### Impresión

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

### EXACTamente

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

UBA-Facultad de Ciencias Exactas y  
Naturales.

Secretaría de Extensión, Graduados  
y Bienestar.

Ciudad Universitaria, Pabellón II,

C1428 EHA Capital Federal

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

4576-3337, fax: 4576-3351.

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

Página web de la FCEyN:

<http://exactas.uba.ar>

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

## EDITORIAL

### El año en marcha

En el número anterior de *Exactamente* se daban a conocer, a través del artículo "De Exactas al colegio", las actividades que la Facultad se proponía organizar en el marco del año de la enseñanza de las ciencias. Con la mitad del año transcurrido, podemos hacer un balance parcial de los resultados del "Programa de enlace escuela, ciencia y universidad".

Una parte de este programa consistía en dar continuidad a las actividades que se han venido realizando en los últimos años. En ese sentido, se han realizado con éxito las semanas de las ciencias y las diversas actividades organizadas desde la Dirección de Orientación Vocacional.

Pero también hemos visitado seis escuelas durante el primer semestre con el programa "Ciencia en Marcha". Este es un proyecto destinado a que los alumnos de los últimos años del secundario o polimodal participen de actividades especialmente diseñadas para ellos con el propósito de que los involucren activamente en una búsqueda de preguntas y respuestas por medio de la experimentación. Guiados por un grupo de científicos y educadores, los alumnos llegan a sus propias conclusiones y se acercan al modo crítico y riguroso que caracteriza al pensamiento científico. El vínculo interinstitucional establecido con cada escuela por "Ciencia en Marcha" se mantiene a través de un sitio web con actividades de seguimiento, cuatrimestrales, posteriores a la visita y a la participación de los interesados en actividades que propone la Facultad.

También hemos avanzado en el diseño del programa "Ingresantes", destinado a atacar los problemas relacionados con el pasaje del nivel medio al universitario, donde se conjugan las dificultades derivadas de la masividad del Ciclo Básico Común (CBC) y las trabas académicas que se acarreamos como producto de una deficiente enseñanza inicial y media en matemática y ciencias naturales. En primer lugar, se invitará a los inscriptos a la UBA para el año 2009 que se hayan anotado en carreras de Exactas a participar de charlas similares a las que actualmente se brindan a los alumnos que terminan el CBC. Esta actividad se realizará a principios de diciembre de 2008 y en ellas los alumnos podrán tomar contacto directo con la Facultad, conocerán su ámbito, sus características particulares y recibirán información específica sobre las carreras que van a cursar. En segundo lugar, se ofrecerá también un Curso de Nivelación de matemática del nivel medio, de carácter optativo y con evaluación diagnóstica, a dictarse durante febrero de 2009. Este curso será dictado por docentes designados por la Facultad y estará diseñado en conjunto con el CBC con el objetivo de ayudar a los estudiantes a disminuir la brecha existente entre la enseñanza media recibida y los contenidos de las materias Matemática y Álgebra del CBC. El objetivo que perseguimos es disminuir la pérdida de matrícula -en algunas carreras, muy significativo- de alumnos que no logran incorporarse al nivel universitario, ya sea por falta de información, motivación o apoyo.

Seguramente, con el año finalizado, llegará el momento de evaluar a qué objetivos llegamos y cuáles intentamos cumplir y no pudimos.

**Jorge Aliaga**  
Decano de la Facultad de  
Ciencias Exactas y Naturales



**INVESTIGACIÓN 6**

► **Población de América**

Con la ayuda de simulaciones físico-matemáticas, los físicos estiman que el hombre demoró unos 2000 años en poblar Sudamérica. También intentan develar el destino de los desaparecidos durante la última dictadura militar.



**TENDENCIAS 10**

► **GRID: una compleja trama**

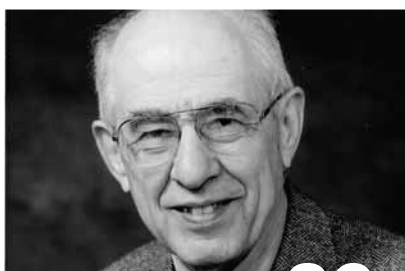
La computación distribuida propone compartir recursos en una red de computadoras con una excepcional capacidad computacional y de almacenamiento.



**ENTREVISTA 14**

► **Un teórico crítico**

Daniel Bes es un pionero de la física nuclear argentina, que trabaja en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Si bien su campo es el teórico, militó intensamente en favor de que la ciencia sea aplicada al desarrollo del país.



**EPISTEMOLOGÍA 20**

► **Realismo científico, II parte**

Controversia entre realistas e instrumentalistas: ¿las teorías científicas describen el mundo, o son, en cambio, meros instrumentos para realizar predicciones?



**DOSSIER SOJA 21**

► **Las penas son de nosotros**

Un modelo basado en el monocultivo beneficia sólo a los grupos privados. La pérdida de otras actividades productivas, la degradación del suelo y los efectos sobre los ecosistemas y la biodiversidad representan un costo para toda la sociedad.



**26**

► **El boom hace crack**

El modelo de producción agropecuaria en nuestro país sufrió profundas transformaciones a partir de la década del 90. Se trata de un modelo de producción sin agricultores y con escasa presencia de trabajadores rurales, advierten los especialistas.



**30**

► **Se presume culpable**

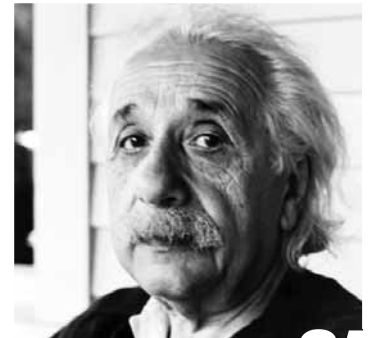
El herbicida más utilizado en la Argentina es acusado de ocasionar daños al medio ambiente y a la salud en zonas rurales próximas a los sembrados.



**HISTORIA 32**

► **Noventa años de Reforma Universitaria**

En 1918 se sentaron las bases de una forma de gobierno universitario compartido entre profesores y estudiantes. Para éstos últimos, la experiencia dejaba en claro que las futuras transformaciones que demandaran las universidades deberían garantizarse con su participación.



**VARIEDADES 35**

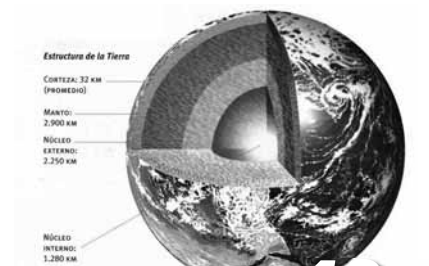
► **Las enseñanzas del Maestro Ciruela**  
Física versus Matemática.



**MICOLOGÍA 36**

► **El reino de los hongos**

Conviven a diario con el hombre. Ventajas y desventajas de una relación compleja.



**ENSEÑANZA 40**

► **La Tierra en los manuales escolares**

Los manuales de enseñanza media en el área de las Ciencias de la Tierra muestran una propagación de conceptos confusos o erróneos. El profesor de la FCEyN José Sellés Martínez delinea un mapa de los principales malos entendidos en la enseñanza de temas geológicos.

**PREGUNTAS 44**

► Los científicos responden qué es un volcán, por qué estornudamos, y por qué el helado no tiene olor.

**MICROSCOPIO 46**

► Novedades, hallazgos y noticias del ámbito científico e institucional.

**BIBLIOTECA 48**

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

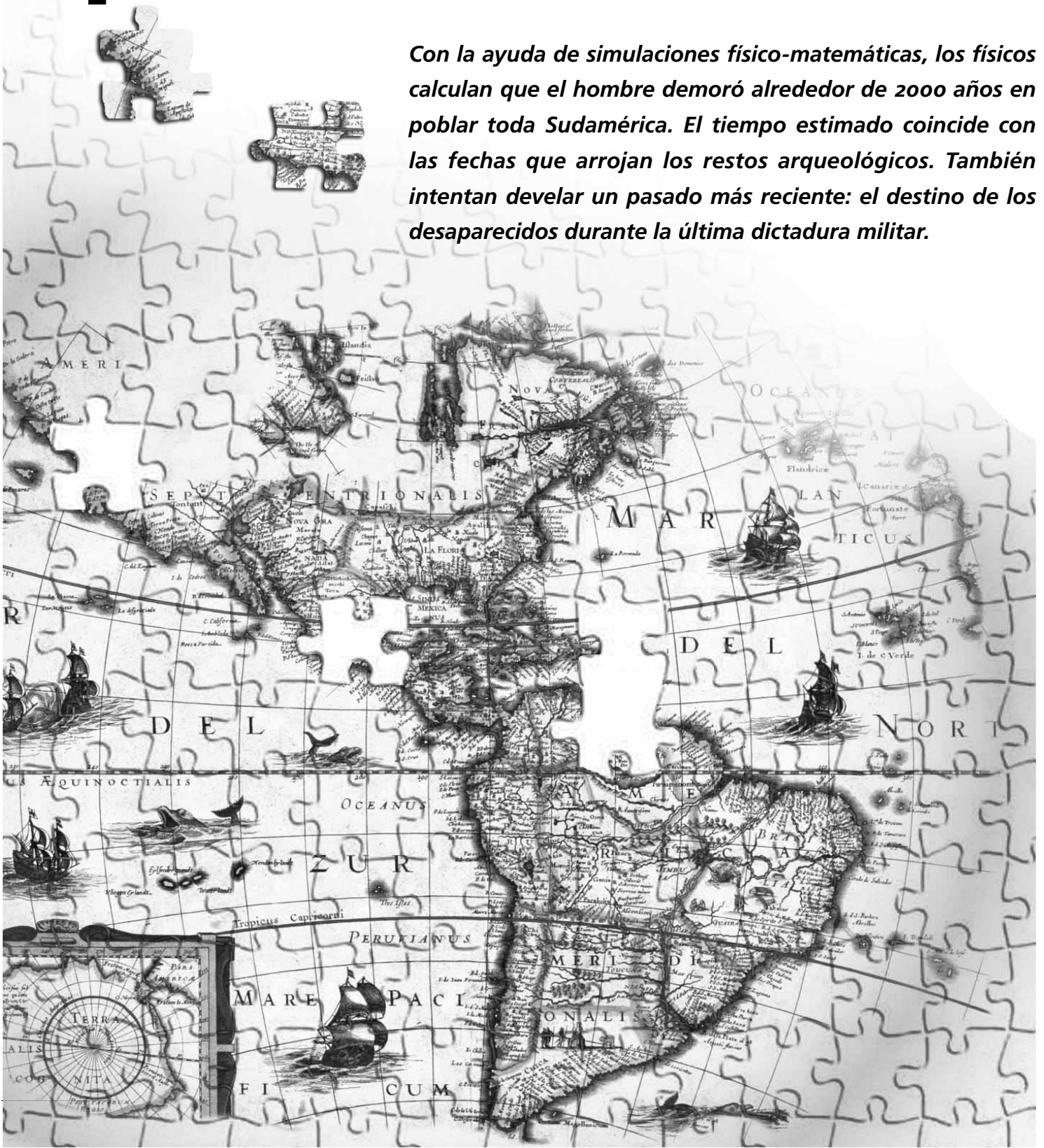
Población de América

# Modelo para armar



Cecilia Draghi | [cdraghi@de.fcen.uba.ar](mailto:cdraghi@de.fcen.uba.ar)

*Con la ayuda de simulaciones físico-matemáticas, los físicos calculan que el hombre demoró alrededor de 2000 años en poblar toda Sudamérica. El tiempo estimado coincide con las fechas que arrojan los restos arqueológicos. También intentan develar un pasado más reciente: el destino de los desaparecidos durante la última dictadura militar.*



Por un instante haga un viaje en el tiempo. Remóntese a casi 20 mil años atrás, bien al norte del continente americano, más precisamente del lado que mira a Asia, lo que hoy es Alaska. Esa región, según distintas teorías científicas, fue la puerta de ingreso de nuestros antepasados lejanos cuando, por primera vez, pisaron América. En verdad, el continente americano era el último pedazo de territorio continental del planeta que faltaba ser habitado por el *Homo sapiens*, más de 40 millones de kilómetros cuadrados de superficie para andar y descubrir. Paisajes hermosos de ríos surcando montañas los habrán maravillado, y también inquietado, porque ante sus ojos había una sucesión de obstáculos a sortear.

Obtener el alimento de cada día siempre fue difícil, y más aún para estos cazadores recolectores, que debían echar mano a lo que encontrarán a su paso. Además, tampoco faltaban los predadores, las competencias entre familias, las adversidades climáticas y las enfermedades. Sin duda no debe haber sido fácil, pero lo lograron y llegaron al punto más austral del planeta, Tierra del Fuego. Ahora bien, ¿cuánto tardaron?

Para contestar esta pregunta, físicos y arqueólogos reconstruyeron las pisadas humanas por estas latitudes. Las numerosas huellas fueron analizadas en modelos virtuales de computación para recrear las diferentes situaciones posibles del pasado. “A través de modelos físicos, determinamos cuánto tardó en llegar el hombre desde el Estrecho de Bering (al norte de América) hasta el extremo sur de Sudamérica, teniendo en cuenta distintas condiciones. El tiempo estimado, unos 6.000 años, coincide con las fechas que arrojan los restos arqueológicos hallados en el extremo sur del continente”, señala la doctora Ana Osella, directora del laboratorio de Geofísica Aplicada y Ambiental (GAIA) del departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA.

Desde que se sigue el rastro de cómo se movió el *Homo sapiens* por el planeta, todos los caminos parecen provenir de África.



La depresión más importante de América, 150 metros bajo el nivel del mar. Grabados geométricos asociados a pinturas en un farallón del Bajo de San Julián, provincia de Santa Cruz (Foto F. Ramírez Rozzi, CNRS).

ca. Allí estaría el punto donde comenzó la primera vuelta al mundo, de acuerdo con los restos arqueológicos más antiguos encontrados. De ahí, habría partido hacia los otros continentes, y fue el americano el último que pisó, aunque al parecer lo hizo con un ritmo diferente al resto. “Lo que estamos viendo es que hay una capacidad innata en nuestra especie —y quizás en nuestro género— por dispersarse. Pero parece que a medida que salimos de África, el *tempo* y la dinámica parecen agilizarse. América, y Sudamérica en particular, son los casos ‘testigos’ para ello”, señala José Luis Lanata, docente de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA.

No todo está como era entonces. El paisaje de América no es el mismo que hace poco menos de 20 mil años. “La evidencia de la dispersión humana en América del Norte y Central indica que poblaciones de cazadores recolectores ingresaron a través de Beringia, un puente terrestre que unía América con Asia en distintos períodos durante el Pleistoceno final, hace entre 18 y 20 mil años”, señalan los físicos Osella, Claudio Dorso y Luis Martino, y el arqueólogo Lanata, todos de la UBA, en la prestigiosa revista *Physical Review*.

### Un viaje de 6.000 años

Todo camino empieza con un primer paso. Y éste no fue la excepción a pesar de que se tardaron 6.000 años en llegar al último punto continental. Si bien no se descarta que nuestros antepasados hayan usado vías acuáticas para avanzar por este

territorio virgen, pudieron perfectamente arribar caminando. “Recordemos que Bering, en esos momentos, no existía. No había separación entre América y Asia. Era una tundra en la cual vivían muy pocos seres humanos”, historia Lanata desde Inglaterra, donde es profesor en la cátedra Simón Bolívar del Centro Leverhulme para el Estudio sobre la Evolución Humana de la Universidad de Cambridge.

Cómo era el paisaje de entonces y cuántas dificultades presentaba al paso del *Homo sapiens* fueron algunas de las diversas de cuestiones que debieron barajar los científicos para construir este viaje virtual de nuestros antepasados. “Para saber cómo pudo ser este proceso de dispersión de nuestra especie en América, estamos tratando de comprender aspectos muy básicos. Por ejemplo, si pudieron pasar por las costas del Pacífico antes de esperar que se formara el corredor entre los glaciares que cubrían la actual Canadá. Los modelos que hicimos prueban que es posible, aun cuando la evidencia arqueológica es poca para confirmar esto”, remarca Lanata, y destaca que “otro punto importante, y sobre el cual se basan los modelos que hemos efectuado, se relaciona con la capacidad de sustento de los diferentes ambientes americanos entre 18.000 y 10.000 años atrás, y cómo pudieron crecer las poblaciones de cazadores-recolectores que las habitaron”.

En este sentido, los investigadores observaron el presente y lo compararon con el ayer. “Cada ambiente —señala Lanata— permite un máximo de población, que noso-

## Los desaparecidos de Tucumán

tros tomamos de datos etnográficos de poblaciones actuales que viven en ambientes semejantes. Esto nos permite modelar el dinamismo de la dispersión humana en el continente. Obviamente, cuanto más alta es la tasa de crecimiento, más rápido se llena de gente, pero hay un límite para ello, que lo da la capacidad de sustento de cada ambiente”.

Veinte mil años es muchísimo. En efecto, en relación al presente, ni el paisaje ni el clima del pasado son los mismos, como señalan los paleoecólogos encargados de estudiar las condiciones ambientales del ayer. Esto influye también en las posibilidades de recursos que podrían obtener para alimentarse. Por ejemplo, si estaban malnutridos tenían riesgo de enfermarse, y no alcanzaban una buena tasa de crecimiento. En tantos miles de años, hombres y mujeres enfrentaron épocas de bonanza y de hambruna, que favorecieron su expansión, o, por el contrario, la restringieron.

Tomemos sólo un ejemplo para observar algunas de las distintas cuestiones que estos investigadores consideran. Uno de ellos es que un individuo, al momento de nacer, tiene 50 por ciento de posibilidades de ser de un sexo u otro. Si es mujer, tiene un 90% de probabilidades de ser activa a la hora de procrear. A esto se combina la expectativa de vida, y reproductiva, que en el caso femenino abarca entre los 12 y los 30 años. Y se le agrega la posibilidad de tener éxito reproductivo, con una frecuencia de dos años entre un parto y otro. Con cada uno de estos factores trabajan determinados métodos probabilísticos. Por cierto, un rompecabezas en el que cada parte requiere una preparación especial previa, antes de ser combinada con otras.

“Los físicos –explica Osella– estamos acostumbrados a estudiar cómo fluye un líquido en un medio poroso bajo ciertas condiciones. Uno asemeja estos modelos a los obstáculos con que nuestros antepasados se toparon, como ríos, montañas, fenómenos atmosféricos, y cómo los grupos humanos los fueron sorteando, sumado a tasas de crecimiento, muerte y demás”.

“Hace un tiempo, en el curso que doy de física computacional, una alumna me contó la tarea que estaba realizando con el doctor Pablo Coll y el Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF) para colaborar en la formalización y sistematización del trabajo de esa organización. En la charla, a los dos se nos ocurrió inmediatamente que la solución podía plantearse con la construcción de una red, que es una forma de representar distintos tipos de relaciones”, relata el doctor Claudio Dorso, director del Laboratorio de Física Estadística Computacional del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) e investigador del Conicet.

“¿Ustedes creen que una herramienta de redes puede ayudarlos en su investigación antropológica?, le pregunté a la gente del EAAF. Y enseguida dijeron: sí”, recuerda Inés Caridi, la estudiante en cuestión, y hoy doctora en física con una beca postdoctoral para investigar el tema. “En agosto de 2006 empezamos a trabajar con un primer conjunto de datos de 913 desapariciones en Tucumán”, precisa.

Desde 1985, el EAAF trabaja en identificar restos de personas desaparecidas entre 1974 y 1983 en el país. Si bien han logrado reunir numerosos datos, nunca alcanza, pues no es tarea sencilla reconstruir cómo fue el día después del secuestro. “Ellos –señala Dorso– nos dan una base de datos con muchos agujeros, con información que se desconoce, y nosotros intentamos completarla”.

Fecha y lugar de desaparición, edad, militancia, profesión, trabajo, y toda la información existente es la materia prima que se analiza en este original modelo teórico. “Con los datos que nos aporta el EAAF, se pueden construir grupos relacionados entre sí con el objetivo de detectar aquellas personas que pasaron por el mismo centro clandestino de detención”, ejemplifica Dorso. Técnicamente se trata de un algoritmo, conocido

por su sigla en inglés CGC, que se traduce como clusterización, crecimiento y coalescencia. “Estudiamos qué combinación de parámetros da mayor información y cuando ya no sirve más combinar porque no sólo no aporta nada nuevo sino que lleva a perder información”, puntualiza. Por su parte, Caridi indica: “Al detectar relaciones que no se habían considerado, este modelo permite explorar caminos nuevos, y sistematizar”.

En su oficina, Dorso muestra, en el monitor de su computadora, los gráficos que representan esta red de grupos a los que se les busca encontrar la conexión. Y, en especial, un caso que les llamó la atención. “Se había formado –señala– un grupo muy grande de 20 ó 30 desaparecidos correlacionados, pero cuya información sobre la militancia política era muy diferente. Le comentamos a la gente del EAAF que teníamos a un grupo muy dispar en un determinado lugar y no sabíamos si el modelo fallaba. Ellos nos dieron la respuesta: no fallaba el modelo sino que se trataba de un hecho histórico muy particular. Todos habían ido a un velorio de una persona muy conocida, y eso dio lugar a que luego toda esa gente desapareciera”.

En plena construcción, Dorso y Caridi siguen en su búsqueda casi detectivesca. “La idea es establecer correlaciones no evidentes, detectar relaciones aún no exploradas y que sirva para sugerir información faltante, así como formalizar preguntas concretas a personas entrevistadas vinculadas con los desaparecidos”, coinciden.

El EAAF colabora en distintos países. Actualmente trabaja en el problema de la Ciudad de Juárez en México, ubicada en la frontera con Estados Unidos, donde han hallado muertas a gran cantidad de mujeres, y sugirieron la posibilidad de aplicar este modelo de Tucumán, que “próximamente usaremos en otros lugares del país, como Mendoza”, detalla Caridi.



Todas estas posibilidades con sus correspondientes fórmulas son procesadas para que el monitor muestre cuadros y mapas que indiquen el camino seguido por el *Homo sapiens*. “Uno simula todas las opciones posibles y de este modo calcula cuánto demoró el hombre en llegar desde Alaska hasta Tierra del Fuego. Luego se comparan estos resultados con los datos que se obtienen de hallazgos arqueológicos. El tiempo estimado por los físicos coincide con las fechas que arrojan los restos arqueológicos, especialmente para Sudamérica”, agrega.

Distintos sitios arqueológicos y puntas de proyectil encontradas fueron algunas de las evidencias consideradas, “porque su distribución –explica Osella– da una idea de cómo fue la evolución de los habitantes en cada zona”.

### El embudo de Centroamérica

Si uno mira el mapa de América, encontrará dos puntos estrechos por donde debieron pasar nuestros antepasados. El primero es Bering, y luego de atravesar América del Norte y Central, se toparía, miles de años más tarde, con otro ajustado paso, a la altura de Panamá. “Estimaciones recientes del número mínimo inicial de población humana necesaria para que la dispersión en las Américas fuese exitosa calculan que debió ser entre 80 y 200 individuos”, indican Osella, Martino y Lanata. Pero para el segundo ceñido pasaje, la oleada migratoria debió ser más numerosa, según deducen los mismos investigadores. “Nuestras simulaciones arrojan que un mínimo de 600-700 individuos debieron arribar a El Darién (Panamá) en el momento de entrada a Sudamérica”, dicen los investigadores.

Menos de esa cantidad se hubiera extinguido en el intento, de acuerdo al modelo manejado. “Simplemente –indica Lanata–, cuando vemos el mapa, notamos cómo se va reduciendo el espacio desde el norte de México hasta llegar a América del Sur, es casi dramático. Esto fue así incluso durante los momentos en que el nivel de los mares descendió al final del Pleistoceno. Las



Manos en negativo en un farallón del Bajo de San Julián. (Foto F. Ramírez Rozzi, CNRS)

plataformas submarinas de Costa Rica y Panamá son profundas, por lo que, en esos momentos, sólo se expusieron unas centenas de kilómetros más de costas de las que hay actualmente. Y esto afecta la dinámica de las poblaciones de diferente manera; puede reorientarlas –redirigiéndolas hacia el norte–, haciendo que se acelere su dispersión, pues no hay espacio y recursos para mantener un crecimiento poblacional normal. La superficie pudo haber tenido, como mucho, 200 km de ancho –nada, para el espacio que habitan poblaciones de cazadores-recolectores”.

El *Homo sapiens* no se amilanó a pesar de que se estrechaba considerablemente su horizonte a la altura de Panamá, y que no sabía que tenía un ancho territorio por delante. Siguió su camino hasta llegar a Sudamérica, la que pobló, al parecer, en tiempo récord. “Creemos que fue un proceso rápido de dispersión, más que en el caso de América del Norte, y que pudo llevar como máximo 2.000 años, quizás menos, varios cientos de años menos”, apunta Lanata.

Esta velocidad de nuestros antepasados de habitar el último continente del planeta es un dato que lo convierte en una particularidad de estudio. “En general, -subraya

Lanata– se ha discutido el poblamiento de América como una sola cosa. Y los modelos que estamos produciendo parecen indicar que sería mejor considerar a Sudamérica como algo particularmente distinto, con su propia dinámica poblacional y propia trayectoria histórica”.

De puertas adentro, América del Sur parece haber tenido dos puntos estratégicos. “La onda de población va cubriendo todo el continente y sigue las condiciones de hábitat. Por ejemplo, la zona más poblada sería la Amazonia, por las posibilidades de sustento que ofrecía, y el corredor andino tarda más en poblarse por ser más árido, y ofrecer mayores dificultades”, grafica Osella. Asimismo, el modelo, entre sus cálculos, consideró el patrón genético. “Sabemos que cinco grupos genéticos ingresaron a América desde Asia. Estudiamos cómo sería su distribución en Sudamérica dado el efecto embudo del istmo de Panamá. Los resultados obtenidos coinciden con los restos arqueológicos”, indica Osella.

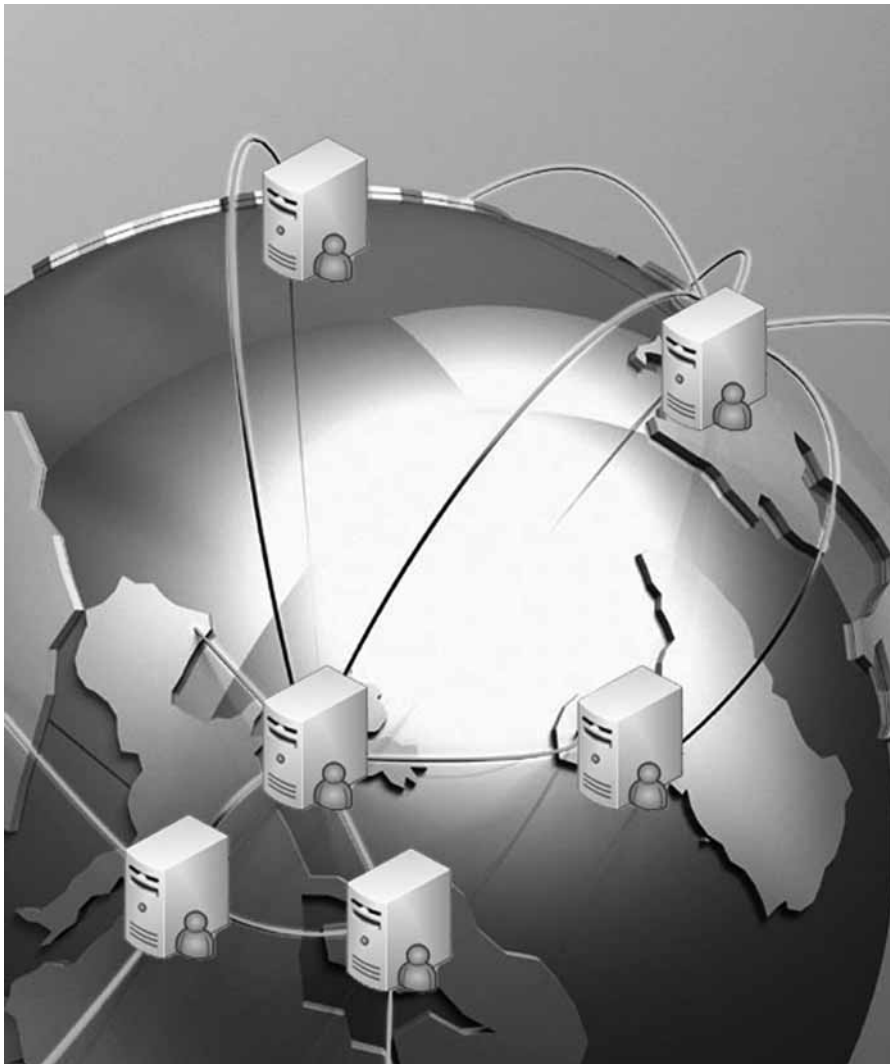
Sin duda, aquel *Homo sapiens* que comenzó su recorrido por América, jamás supo por dónde anduvo, ni qué le esperaba en el próximo paso, y, mucho menos, nunca imaginó el arduo trabajo que significa reconstruir sus huellas. |

Computación distribuida

# GRID: una compleja trama

Por Carla García Nowak [carlanowak@gmail.com](mailto:carlanowak@gmail.com)

***La gran demanda de procesamiento de datos que exige la investigación científica plantea la necesidad del uso de la computación distribuida. Este concepto propone compartir recursos en una red de computadoras con una excepcional capacidad computacional y de almacenamiento. ¿Estamos frente a una nueva revolución informática?***



En la película *Contacto*, la doctora Eleanor Ann Arroway busca señales de inteligencia extraterrestre mediante los radiotelescopios de Arecibo, Puerto Rico. Este film de ciencia ficción estrenado en 1997 toma elementos del proyecto SETI (por las siglas en inglés de Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre), diseñado inicialmente por la NASA para sondear señales que evidencien la presencia de seres inteligentes fuera de la Tierra.

Una versión actual de este proyecto es el SETI@home, que, para el mismo fin, requiere manejar una gran cantidad de datos y, en consecuencia, una enorme capacidad de procesamiento. No es suficiente con un solo operador que escuche las ondas de radio, como ocurre en la película. La solución a este problema viene de la mano de un sistema de computación distribuido denominado Grid.

*Grid Computing* (literalmente, “computación en malla”) es un conjunto de tecnologías que permite que computadoras y sistemas distribuidos por el mundo puedan verse como una única computadora, es decir, como una malla constituida por miles de puntos entrelazados.

Este nuevo paradigma de computación distribuida, propuesto por Ian Foster y Carl Kesselman a mediados de los ‘90, propone acceder de manera remota a recursos computacionales de otras máquinas.



En un artículo publicado en la revista *Investigación y Ciencia* en 2003, Ian Foster, director de la División de Matemática e Informática del Laboratorio Nacional de Argonne, y profesor de la Universidad de Chicago, puntualizaba que “la idea de computación distribuida no es cosa nueva, muchas de las ideas implícitas en los actuales sistemas en malla son anteriores incluso a Internet”.

Un sistema en malla consiste en una trama en la que las computadoras son los nudos que están interconectados por fibras que los entrelazan en el espacio virtual. En otras palabras, se trata de un conjunto de recursos de computación heterogéneos, geográficamente distribuidos, con una tecnología que permite utilizarlos como si fueran un único recurso.

“El propósito de quienes estamos desarrollando la informática en malla es virtualizar la computación y la información, de modo que cualquier persona o dispositivo pueda proporcionar servicios de informática a cualquier otra y lograr que todo ello se efectúe de forma segura y fiable”, destacaba Foster en el artículo.

El hecho es que las comunidades científicas precisaban técnicas que les permitieran a grupos de colaboradores integrados en distintas instituciones compartir recursos de forma controlada y bien organizada. Pero los científicos no son los únicos interesados en las posibilidades que ofrece la computación en malla. Desde el año 2000 son cada vez más las compañías que han buscado aplicaciones comerciales.

### Informática en malla

“Algunos dicen que el Emule, el Kazaa u otros programas para bajar música son una especie de *Grid*, pero el concepto es más amplio, ya que no sólo provee el entorno distribuido para compartir archivos, sino que es más bien como un mundo virtual en el que distintas organizaciones se conectan con todo un sistema que les provee los servicios para conectarse bien”, introduce el licenciado Pablo Turjanski, investigador del Departamento de Computación de la

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA.

Para este especialista en *mallas*, compartir recursos informáticos implica configurar una red de tal manera que las computadoras puedan utilizar recursos de las computadoras de la red como medio de comunicación.

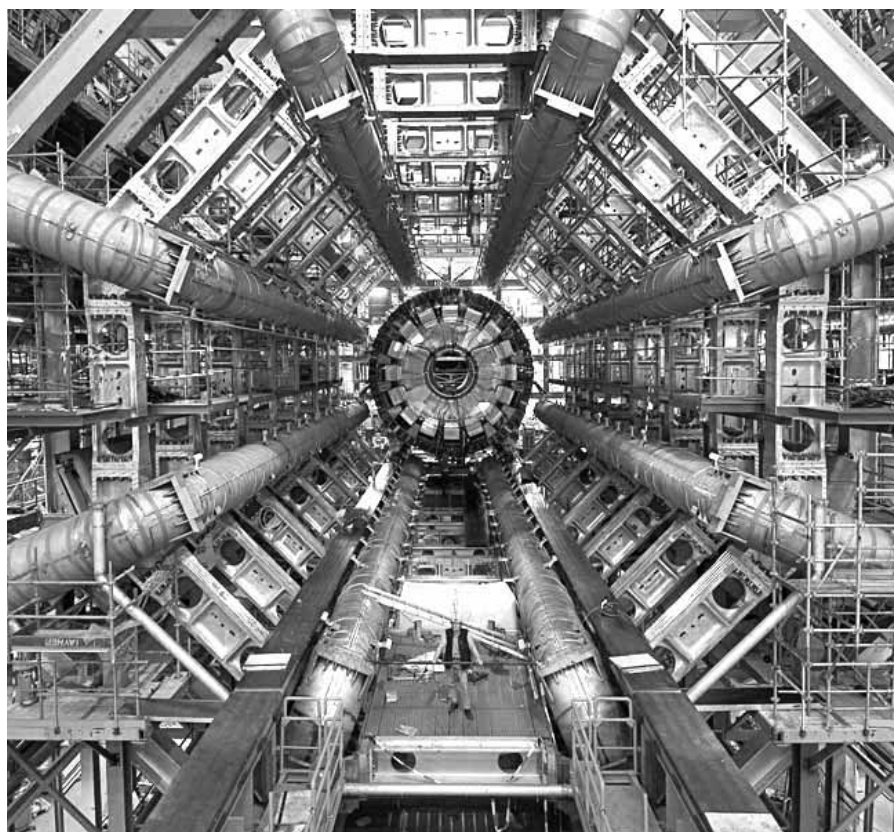
“Compartir recursos no significa sólo compartir archivos. Se trata de algo más amplio, como por ejemplo el poder de cómputos para hacer cálculos complejos, o el control de estaciones telescópicas a distancia. Es mucho más que pedir una película mediante un programa y bajarla en la máquina”, resaltó Turjanski.

Por su parte, el licenciado Diego Fernández Slezak, investigador en el mismo Departamento, señala que el Programa SETI es un gran ejemplo de aplicación *Grid*, en el que la gente puede sumarse al proyecto instalando en sus máquinas un programa que, cada vez que su computadora está in-

activa, se inicia, procesa datos y envía los resultados cuando termina de correrlos.

Pero ¿qué sucede cuando la información es demasiado grande? “En mi caso, la única manera que hoy en día tengo para hacer mi trabajo es usar *Grid*”, afirma el doctor en Física Ricardo Piegaia, investigador del Departamento de Física de la FCEyN-UBA y miembro del experimento Atlas, en el Consejo Europeo para la Investigación Nuclear (CERN).

Piegaia se presenta como usuario de *Grid* del CERN (<http://lcg.web.cern.ch/LCG>), y, desde ese lugar, explica las particularidades de la malla que están empleando los científicos que estudian altas energías y que se proponen presenciar el choque preciso de dos haces de partículas subatómicas, aceleradas hasta velocidades cercanas a la de la luz, capaces de recrear condiciones originarias del Universo y, probablemente, de develar algunos enigmas científicos fundamentales. Distintos experimentos que se



El detector ATLAS del CERN está ubicado en la frontera franco-suiza. En él, se producirá el choque de dos haces de partículas subatómicas y se recrearán las condiciones originarias del Universo.



Diagrama del acelerador de partículas LHC, de 27km de perímetro circular, ubicado a un centenar de metros de profundidad en Ginebra, Suiza.

pondrán en marcha en el CERN captarán un volumen de datos jamás pensado, que luego serán analizados por especialistas de todo el mundo.

“Hoy, si nosotros no usamos *Grid*, hay cosas que no podemos hacer. La cantidad de datos que saldrán del experimento en el CERN es tan grande que será imposible decir: yo accedo a los datos y luego los proceso en mi máquina”, resalta Piegaia.

### Petabytes

“Para que se den una idea, si guardamos los datos generados en los experimentos en CDS y los apilamos uno arriba del otro, la cantidad de datos que se producirán en un año equivaldría a una pila de cds que va de aquí a la Luna. Estamos hablando de un sistema de medición en petabytes, es decir, si un tera tiene 1000 gigas, y un peta son 1000 teras, es muchísimo”

En este sentido, Piegaia subraya que en el experimento ATLAS van a colisionar protones contra protones a muy altas energías, de manera que la energía de los protones se transforme en masa de nuevas partícu-

las. Así, al chocar partículas a muy altas energías, se producirán partículas de masas muy grandes, que aún nadie ha visto.

“Al producirse las colisiones durante el experimento, saldrán partículas volando para todos lados, y un enorme detector medirá cientos de miles de números, y habrá que transformar esos datos para poder reconstruir la información y saber qué sucedió con las partículas”, agrega el físico.

Mientras relata los detalles del trabajo que permitirá saber más sobre la física del universo, Piegaia intenta bajar a tierra la magnitud del procesamiento de los datos que deberán analizar. “Tendremos colisiones cada 25 nanosegundos, eso quiere decir 40 millones de colisiones por segundo”. Una solución para este volumen de datos son las redes *Grid*, que permiten almacenarlos y procesarlos.

“Es tal la cantidad, que no se pueden estar transmitiendo por todos lados. Estos serán almacenados en unos pocos centros, en el CERN, en Estados Unidos y en Australia, entre otros. Lo importante es que los datos quedan ahí repartidos en unos 20 lugares, que tienen la capacidad de recibir y

almacenar la información. Además, estos no se guardan en un solo lugar, sino que se replican y se dividen -no todos tienen todo-. Hay redundancias, para preservar la información que implicó tanto tiempo e inversión económica”, agrega.

Algunos investigadores de altas energías, como es el caso de Piegaia, escriben programas para poder procesar los datos -en principio imposibles de comprender- y transformarlos en información comprensible. Ahora bien, la pregunta que surge es: ¿cómo corren esos programas cuando los datos son tan abundantes?, ¿qué herramientas les facilita *Grid*?

“Supongamos -responde Piegaia- que yo preparo un programa para transformar la información cruda en información útil. Y tenemos en cuenta que hoy en día no puedo traer los datos a mi PC en Buenos Aires, ya que son demasiados. Entonces, preparo mi programa y lo mando a la *Grid*, que se ocupa de ver qué recursos y datos necesito, analiza la disponibilidad en ese momento, lo envía a donde haya menos espera, lo hace correr y, una vez finalizado el proceso, me manda el resultado. Son los programas los que van a los datos, y no los datos a los programas”.

Lo que le provee *Grid* es justamente compartir recursos para resolver la necesidad de análisis solicitada por el investigador. El software del sistema en malla *Grid*, denominado Globus, identifica lo que quiere y detecta qué computadora tiene el dato o qué computadora está menos ocupada para correr el procedimiento solicitado. Una vez finalizado, le manda el resultado o le avisa que ya dispone del análisis, si no es posible enviárselo.

“Es como una red eléctrica. Uno pide electricidad y no sabe desde dónde la mandan, si del Chocón, desde Yacretá o de dónde, ya que lo que hace la red es ver la disponibilidad y responder al requerimiento, sin que uno se entere, en el momento en que enciende la lamparita”, describe.

### El futuro llegó hace rato

Así, una red global de computadoras -una malla- proporcionará a miles de investigadores del mundo acceso a los datos almacenados y la potencia de procesamiento para analizarlos. Para acceder a *Grid*, lo único que necesitarán los científicos que participan del experimento es pagar a un prestador de servicios de Internet e Internet 2 (que es una Internet más rápida, y sólo para instituciones académicas).

En el mundo hay otras redes en funcionamiento no tan colosales como las de física de partículas pero que, con la tecnología *Grid*, abren nuevas oportunidades para promover, por ejemplo, proyectos de “e-ciencia”, que es hacer investigación sin importar las distancias, y de “e-salud”, que ayuda a realizar diagnósticos y seguimientos del paciente de manera remota.

Según los expertos, los requisitos son disponer de acceso rápido a las bases de datos, y una gran capacidad de almacenamiento de datos a largo plazo. Asimismo, es condición necesaria que exista una infraestructura y recursos humanos.

World Community *Grid* (WCG) es un ejemplo de ello. Se trata de un proyecto de computación distribuida con un poder de procesamiento que lo convierte en la tercera supercomputadora del mundo. Esta capacidad de procesamiento proviene de computadores que hayan instalado su

software, que aprovecha la CPU cuando no se está usando.

Según datos de World Community *Grid*, cada día de trabajo de esta red, integrada por 396.831 miembros, equivale, en promedio, a los resultados que se obtendrían en casi 122 años de trabajo de una computadora considerada estándar para la WCG

Argentina, con 1.370 miembros, aporta por día de trabajo el equivalente a 57 días de procesamiento, es decir, lo que se tardaría aproximadamente dos meses en procesar se lleva a cabo en un día.

### ¿La evolución de Internet?

“Yo creo que hoy *Grid* no está pensado para el público general, sino para algunas organizaciones virtuales de investigación”, resalta Turjanski.

En tanto, Slezak dice: “No me convence que sea la evolución de Internet. Puede ser que tecnológicamente sea la evolución de la red, pero no creo que esté previsto para el usuario común que quiere navegar y entrar a sus correos. La gente no tiene necesidad de *Grid*. No tiene necesidad de analizar o repartir tanta cantidad de datos como un físico de altas energías”.

Y concluye: “Para mí Internet y *Grid* son dos mundos distintos. En el segundo caso lo veo como una manera de compartir recursos en un mundo donde la gente trabaja junta o por lo menos tiene intereses comunes”.

Por su parte, Piegai cuenta su propia experiencia de cuando, en 1992, estaba como investigador invitado en el CERN: “En ese momento usábamos Internet y la web, sitios www científicos, para comunicarnos con otros investigadores y para transferir información. Si alguien me hubiera dicho que eso iba a tener una aplicación comercial espectacular, no le hubiera creído”.

Y agrega: “Ahora me pregunto en qué le va a resultar interesante a un ciudadano común la *Grid*, no lo sé, no lo veo, pero, como ya me equivoqué una vez, puedo equivocarme de nuevo”. □

- ⊗ 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)

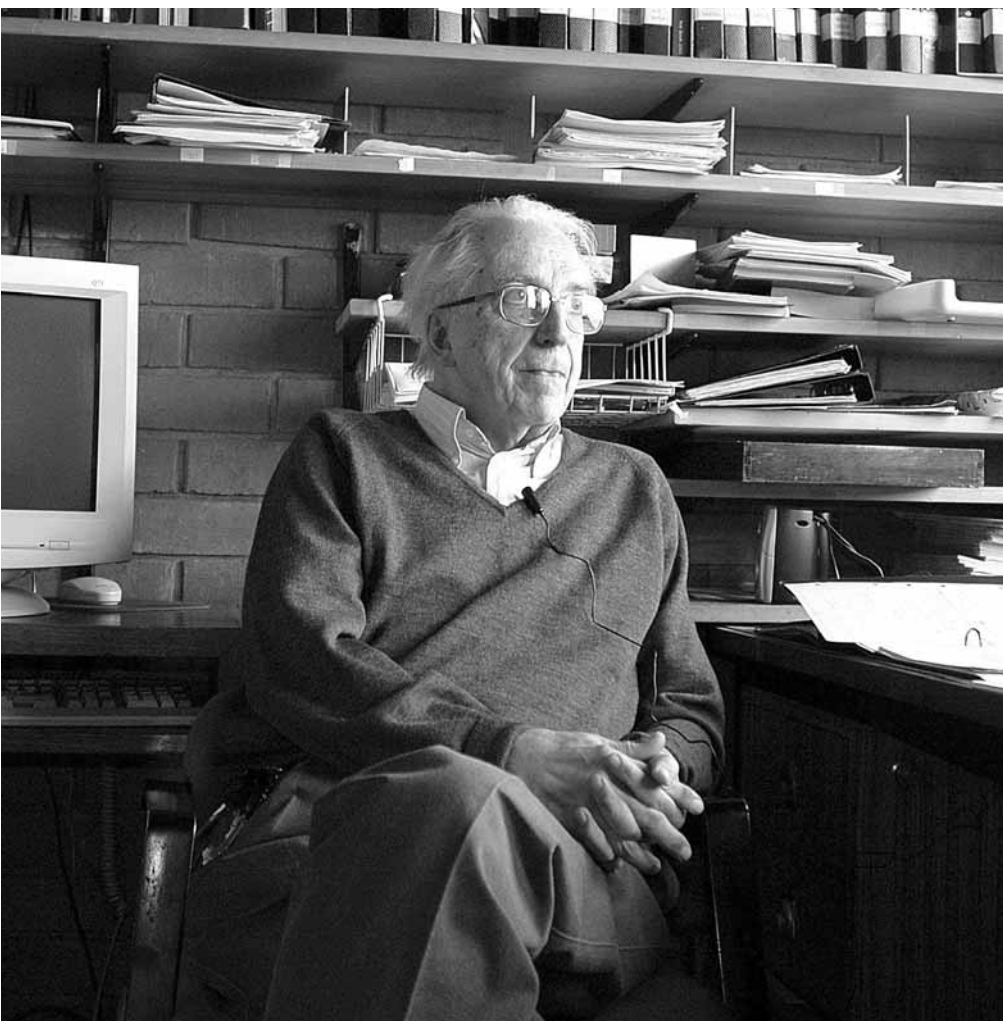


Daniel Bes

# Las misiones del científico

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

**Es un pionero de la física nuclear argentina, que trabaja en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Si bien su campo es el teórico, militó intensamente en favor de que la ciencia sea aplicada al desarrollo del país. Este crítico de la “religión científica” fue presidente de la Asociación Física Argentina y uno de los fundadores de la revista Ciencia Hoy. Trabajó en el prestigioso Instituto de Física Teórica Niels Bohr de Dinamarca y formó parte del Departamento de Física de Exactas cuando Giambiagi era su director. Como muchos de sus compañeros, debió abandonar el país en 1966.**



## ¿Por qué volvió a la Argentina?

Fue una de las decisiones más difíciles de mi vida. Estuve cuatro años en Estados Unidos, donde tenía un puesto con todo lo que uno pueda desear, pero la duda era terminar o no como emigrante. Todos los días nos preguntábamos con mi esposa qué debíamos hacer. Finalmente decidimos volver, y a principios del 71 me incorporé a la CNEA como investigador del CONICET. Una de las cosas que me inclinaron era que la CNEA había servido de refugio a varios ex alumnos míos. Posteriormente, durante muchos años pude pasar un par de meses en Europa o en Estados Unidos, lo que me exigía llegar al Norte cada vez con algo nuevo para mantenerme dentro de un ambiente de competitividad científica. Muchas veces, el problema en los países periféricos es que uno está muy solo y se va adormeciendo paulatinamente.

## ¿Y por qué no volvió a la Facultad?

Lamentablemente, la Facultad no era muy atractiva en ese momento. Estuve allí durante un periodo en el 73, pero fui dejado nuevamente cesante por la “misión Ivanishevich”. Durante los últimos años he dictado algunos cursos con mucho placer, pero no volví de forma permanente.

**Usted es crítico respecto de quienes aceptan el saber científico sin cuestionamientos, y al referirse a ello habla de “religión científica” ¿Qué es, entonces, un científico?**

Un científico es una persona que contribuye al desarrollo de la ciencia, para lo cual necesita tener una actitud crítica respecto de lo que “se sabe” hasta ese momento. Creo que existe una religión científica que está dada por una aceptación de lo que viene transmitido a través de una serie de jerarquías. La actitud del científico es poner siempre en cuestión lo que le enseñaron.

**En el marco de la religión científica ¿Einstein sería un profeta?**

Creo que sí. Como Maxwell, como Faraday, como Bohr y los otros creadores de la mecánica cuántica, de la termodinámica...

*“Me inclino por una Universidad organizada en departamentos y que, por ejemplo, en el de Física se enseñe tanto a los futuros científicos como a los tecnólogos. Pero también a médicos o filósofos.”*

**¿Eso dificulta los avances?**

Puede ser. Desde entonces, si bien ha habido cambios, los avances han sido más bien graduales. No ha habido un cambio sustancial que llamaríamos ‘revolución’. En este momento hay gente muy capaz, pero uno se hace preguntas sobre los verdaderos adelantos.

**¿Y cuál es la respuesta?**

La respuesta es ambigua. Por un lado, hay muchos desarrollos en un área de la física matemática que se llama Teoría de Cuerdas, que probablemente no se puedan verificar en forma experimental. Y una de las características de la física, que Galileo puso de manifiesto, es que toda



afirmación tiene que ser puesta a prueba. No hay verdades *a priori*. Hay que hacer la experiencia y verificar.

**Entonces, la Teoría de Cuerdas es una especulación teórica, y punto.**

Y punto. Es difícil que se pueda verificar, porque para ello se requieren máquinas cuya construcción no es concebible. Con la tecnología actual se necesitaría un ciclotrón con el diámetro de la Tierra para llegar a energías relevantes. La máquina grande futura es la del CERN (NdE: es un anillo subterráneo de 27 km. de circunferencia), que entra en funcionamiento este año o el que viene, y que sólo va a permitir conocer un poco más de lo que ya conocemos.

**¿Los científicos argentinos aceptan religiosamente las verdades?**

Creo que la Argentina tuvo altibajos en ese sentido. Como lo han analizado Halperin Donghi, Zanata y otros, desde 1930 la derecha católica ha tratado de reconquistar posiciones hegemónicas que había perdido desde 1880. La intervención de Ottalagano puede inscribirse dentro del conflicto ideológico entre grupos liberales y grupos de la derecha católica. Todas las purgas habidas en la Universidad, todas las rupturas institucionales, han constituido un impedimento muy grande para nuestro desarrollo intelectual. Parecería que los argentinos no podemos vivir sin tener un enemigo propio dentro del país, otro sector argentino a quien odiar. Creo

que eso nos perjudica mucho como país. No sucede en Brasil, ni en Chile, ni en países que están avanzando.

**Usted ha sostenido un permanente compromiso político en pos de acercar la ciencia a la sociedad. Sin embargo, no se ha manifestado muy de acuerdo con lo que postulaba Oscar Varsavsky en los años 70, en su libro *Ciencia, política y cientificismo*, en cuanto a que la misión del científico es la creación de una “ciencia politizada”.**

Varsavsky tenía una actitud crítica hacia la ciencia básica. Yo coincidí en que no es esperable que la ciencia básica en nuestro país transforme la economía. Pero sí es esperable que la ciencia básica transforme la enseñanza, y la enseñanza puede transformar la economía. Por ejemplo, creo que el nivel de las facultades de ingeniería de todo el país es flojo, y que eso se debe en parte a la ausencia de investigación en ellas y, coincidentemente, a que están integradas mayoritariamente por personal *part-time*. No digo que los ingenieros sean menos inteligentes que los físicos, digo que los más capaces no se dedican a trabajar en una facultad de ingeniería *full time*, salvo pocas y honrosas excepciones. En cambio, prácticamente todos los físicos trabajan en universidades, sobre todo nacionales, y la Argentina tiene en los departamentos de física una buena reserva que, si la organización de las universidades nacionales fuera menos deficiente, podría servir para ayudar a las facultades de ingeniería a alcanzar el nivel que no tienen en este momento. Bueno, eso es política con



mayúscula. Un cambio de esta magnitud en cómo se efectúa la enseñanza sería un hecho político, y solamente se va a conseguir si hay cambios políticos profundos.

**Usted propone utilizar a los científicos en la educación de tecnólogos e ingenieros...**

Efectivamente. Me inclino por una Universidad organizada en departamentos y que, por ejemplo, en el Departamento de Física se enseñe tanto a los futuros científicos como a los tecnólogos. Pero también a médicos o filósofos. Y los biólogos enseñen en la Facultad de Medicina y en la de Farmacia. Es un absurdo una Facultad de Medicina separada de la de Farmacia y de la de Odontología. No puede ser que Agronomía esté separada de Veterinaria. Salvo por el deseo de cada burocracia de mantener su quintita propia.

*“Creo que, desde el punto de vista social, los científicos tienen que poder llegar a la sociedad para explicar una serie de problemas que ellos conocen mejor”.*

**¿El científico puede hacer algo en este sentido?**

Sí, debe acercarse a la sociedad. Lo que hacen ustedes de tener una revista, lo que quisimos hacer en su momento con *Ciencia Hoy*. Los que la iniciamos teníamos en mente la Sociedad Brasileña para el Progreso de las Ciencias, que fue una de las instituciones donde se gestó la democratización de Brasil. Nosotros nunca tuvimos nada por el estilo. Creo que desde el punto de vista social los científicos tienen que poder llegar a la sociedad para explicar una serie de problemas que ellos conocen mejor.

**¿Los científicos deberían dedicar su trabajo a resolver los problemas del país, antes que los intereses de la comunidad científica global? ¿O eso es imposible**

**tal cómo está establecida la división del trabajo en la ciencia?**

Entiendo que el actual Ministro de Ciencia y Tecnología está empeñado en la aplicación de la ciencia para la producción. Ojalá tenga éxito. No sé si tiene presupuesto para hacer los cambios necesarios, o el poder político para hacerlo. Por otro lado, es difícil en esta interacción encontrar temas muy atractivos para los científicos. Hay industrias, pocas, que contratan científicos, pero les cuesta reclutar porque la clase de investigación que tienen que hacer los físicos que trabajan en la industria no está actualmente ligada con los temas internacionales más atractivos. Puede que esto no sea cierto en biología.

**Usted es un científico teórico, pero desde todas sus tribunas denuncia la escasa relación que hay entre la producción científica y el desarrollo...**

Sí, es cierto. Después de ocuparme de la divulgación, a través de *Ciencia Hoy*, la última oportunidad que tuve de llevar a cabo mis ideas en este sentido fue el desarrollo de la enseñanza de la ingeniería en la Universidad Favaloro.

**En los años 50 - 60 algunos pensaban que la gente debía formarse lejos de las universidades para estar “libre de prejuicios ideológicos”, y otros sostenían que la educación superior debía tener el monopolio estatal. Entiendo que usted comulgaba con estos últimos.**

Sí. No me gustaban los grupos pequeños, cerrados. No me importaba mucho que fueran estatales con tal de que fueran suficientemente amplios. Los sitios restringidos, los Princeton, creo que no son convenientes en nuestra etapa evolutiva. Me asusta la idea de un pensamiento uniforme. Creo que la presencia de distintas ideologías enriquece, mientras que una de ellas no quiera dominar sin reparar en los métodos. Creo que eso mantiene más viva a una institución.

### **No se trata de público o privado sino, más bien, de amplio?**

Creo que sí. Lo que sucedía es que la universidad privada no era capaz, y sigue no siéndolo, de mantener esa amplitud. Tanto si son universidades confesionales, como si el propósito es hacer dinero a costa de la calidad en la formación de sus alumnos.

### **¿Cómo se pudo llevar con la Universidad Favaloro en ese sentido?**

Una de las ventajas que tuvimos cuando hicimos el Departamento de Física en Exactas fue que no teníamos un lastre de profesores viejos, con los que necesariamente debíamos chocar. Ahí Giambiagi congregó a un grupo de gente que habíamos tenido buenas experiencias en el exterior, que sabíamos cómo funcionaba un departamento de física en sociedades desarrolladas científicamente. Eso facilitó mucho las cosas. En el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Favaloro la situación era parecida, porque debíamos empezar desde cero. Contábamos con el apoyo amplio del rector, un médico con un gran respeto por las ciencias básicas, y en especial por la física y la matemática. La presencia de ingenieros que hacían investigación en temas ligados a la medicina era una contribución valiosa. Allí conseguimos montar laboratorios experimentales, para enseñanza, tan buenos como los de Exactas, y que fueron fundamentales para impulsar la creatividad en los alumnos, un valor, en general, ausente de la universidad argentina.

### **¿Y en que quedó eso?**

Las autoridades administrativas cambiaron, y se dictaron disposiciones que acotaban mucho la libertad de todos. En esas condiciones no creí poder mantener el nivel que la Facultad había alcanzado. Por consiguiente, no se justificaba el gran esfuerzo que me demandaban mis tareas allí. Volví a trabajar con exclusividad en la CNEA, con un contrato del CONICET. Me quedó la satisfacción de haber podido comprobar la validez de mis ideas acerca de la importancia de los conocimientos básicos en ingeniería, a juzgar por el nivel de los primeros egresados y de su inserción laboral.



### **Desde su lugar en la CNEA ¿cómo pudo contribuir al desarrollo?**

Aquí los grupos de física básica contribuyeron sólo parcialmente al desarrollo de la energía nuclear. Cuando se creó la CNEA se pensaba que iban a tener más influencia. Después de la fantasía de Richter se empezó a hacer todo en forma más o menos tradicional, haciendo ciencia básica como habían empezado otros países. Pero cuando se desarrolló un poco más la producción, la interacción entre la parte aplicada y la parte teórica en la CNEA se debilitó. Creo que el área de producción no fue capaz de formular preguntas que los teóricos pudieran contestar, al menos en parte.

*“Una de las ventajas que tuvimos cuando hicimos el Departamento de Física en Exactas fue que no teníamos un lastre de profesores viejos, con los que necesariamente debíamos chocar.”*

### **¿Cuál es el futuro de la CNEA para usted?**

En un momento la CNEA se dividió en tres partes: la Autoridad Regulatoria Nacional, la NASA (Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima), que es la parte de producción, y una especie de depósito residual (la actual CNEA) donde quedó todo el resto.

### **¿Ese residuo incluye a los grupos de física teórica?**

Sí, nos incluye a nosotros. Los científicos básicos en general no nos fuimos porque,

salvo las universidades que ya tienen sus grupos formados, no había ningún sitio donde trasladarse. Pero mucha gente capaz, relacionada con desarrollos de ingeniería, se fue gracias a una política de retiros voluntarios, o sea, de estímulo a la emigración de los mejores.

### **¿Usted cree que a esto lo van a dejar morir?**

Yo creo que lo van a dejar jubilar. Ha entrado poca gente nueva al elenco estable de la CNEA. La edad promedio es muy grande. Por suerte hay un flujo de gente joven que viene del CONICET sin el cual nosotros, como investigadores básicos, hubiéramos muerto. Pero ahí hay un problema, porque es gente que, por su dependencia del CONICET, no puede tener funciones de tipo administrativo dentro de la CNEA, y ni siquiera pueden firmar la compra de un destornillador. Tengo esperanzas en que la nueva administración pueda solucionar estos y otros problemas.

### **Usted afirma que en nuestros países, países periféricos, la ciencia no debería estar orientada hacia objetivos específicos.**

Gran parte de la ciencia encauzada hacia fines específicos en los países desarrollados tiene orientaciones militares, que tampoco me gustan en países periféricos. La elección de los temas de investigación es un proceso difícil y peligroso.

### **¿No cree que una parte de la ciencia argentina podría focalizarse en la resolución de un problema social? Le cito el típico ejemplo del Chagas.**

Ese tema tuvo prioridad en el país desde

que yo recuerdo. He oído decir que hay más gente que vive del Chagas que la que se muere por el Chagas. Si se hubiera gastado una fracción de lo gastado en investigación del Chagas para cambiar los techos de paja de los ranchos por chapas de zinc, se habría terminado la enfermedad hace tiempo. Cosa que ya Salvador Mazza señalaba.

**Usted sostiene que, para transformar los productos de la ciencia en innovaciones comercialmente aptas, el énfasis debe ponerse en la educación superior y en la afirmación de niveles de calidad ¿Qué opinión tiene acerca de cómo se evalúa la actividad científica en nuestro país?**

Teóricamente, los institutos del CONICET están evaluados. Pero es un problema el hecho de que los evaluadores forman parte de otros institutos. Las evaluaciones deben ser completamente externas, lo que es difícil en comunidades relativamente pequeñas. Además, no conozco qué se hace con las evaluaciones. Se necesita premiar a aquellos que ofrecen la posibilidad de cambio, otorgando la financiación necesaria para que esos cambios puedan tener lugar. Y cerrar los grupos que están demasiado obsoletos.

*“En una democracia, toda la gente tiene que tener alguna base de conocimiento para hacerse una idea más fundamentada sobre políticas grandes del Estado. Políticas científicas macroscópicas, o incluso no científicas.”*

**En física ¿hay grupos obsoletos?**

Seguramente. En todas las ramas de la ciencia. Creo que hay muchos temas viejos que se siguen estudiando. Y eso es, en parte, consecuencia de la endogamia del sistema científico. En muchos Departamentos de Física, por ejemplo, la proporción de egresados de la misma institución ronda el 100%. En Exactas la situación es un poco mejor. La permanencia de los temas es favorecida porque las nuevas gene-

raciones se incorporan a los temas viejos. La endogamia no solo arruina el ganado.

**El hecho de que haya participado en la fundación de *Ciencia Hoy* supone un interés suyo en la divulgación científica. Sin embargo, no parece ser una revista destinada a todo público.**

Estoy de acuerdo en que ahora es así. No era el propósito inicial, si bien iba a estar restringida a un cierto grupo de nivel universitario. Habíamos empezado con una intensa corrección de textos, buena calidad de ilustraciones, con chistes. Inclusive estudiamos hacer una sección de ciencia ficción, que no resultó. Fueron sueños del principio que hubo que dejar de lado frente a las realidades económicas. Después de dos o tres años me separé de *Ciencia Hoy*, y desde entonces mi relación se limita a enviar algún trabajo o a ser objeto de alguna entrevista. Me parece que Nora Bar desde *La Nación* hace un trabajo muy útil, y que la revista *EXACTAMENTE* también es importante. Bellocopitow hizo una excelente escuela. Yo le tenía mucho respeto a “Belo”.

**¿Por qué considera importante la popularización del conocimiento?**

Creo que, en una democracia, toda la gente tiene que tener alguna base de conocimiento para hacerse una idea más fundamentada sobre políticas grandes del Estado. Políticas científicas macroscópicas, o incluso no científicas. Si todo el mundo ignora la ciencia, o lo que opinan los científicos, es difícil hacerse una opinión e influir después votando, o como sea.

**Después de todo lo que ha transitado: ¿Qué es la física hoy para usted?**

Sigue siendo la actividad científica que permite explicar los fenómenos con un número manejable de variables. En medicina, en biología, uno no puede decir “esto se debe a estos factores” y olvidarse de los demás. En física se pueden determinar las variables más importantes y después efectuar correcciones menores con factores secundarios. Los físicos operan con un material suficientemente simple como para que haya sistemas simples interesantes. Es cierto que también hay sistemas

complejos, y de eso se ha ocupado la física últimamente con bastante éxito.

**En los años 60, en la Facultad de Exactas, usted vivió un momento auspicioso para la física argentina. ¿Qué opina de la física que se hace hoy en el país?**

La pregunta que habría que hacerse es cuán lejos estamos de la frontera del conocimiento en un momento dado. Yo creo que la Facultad de Exactas ha recuperado su distancia respecto de esa frontera. Es difícil decir si lo de hoy es mejor o no que en el '66. Entonces teníamos todavía falencias importantes. Por ejemplo, los desarrollos experimentales eran incipientes. La física experimental nuclear seguía teniendo lugar en la CNEA. Yo luché mucho por unir a los grupos de física nuclear de la CNEA y de Exactas.

**¿Por qué eligió la física?**

Yo veía que ahí podía contestar preguntas fundamentales con una cierta certidumbre. Por supuesto que la elección estaba dificultada por motivos económicos y por motivos de valores sociales. A nadie en mi familia se le hubiera ocurrido seguir una carrera científica. En esa época se pensaba que la actividad científica no daba de comer. Pero tuvo mucha influencia la formación humanística del Nacional Buenos Aires. Allí tuve algunos profesores destacados que se dedicaban a una actividad supuestamente no remunerada pero interesante intelectualmente. Fue un ejemplo decisivo.

**Si alguien que no lo conoce le preguntara quién es Daniel Bes, ¿Usted qué le diría?**

He sido un poco pionero en la investigación sobre física nuclear en la Argentina. Creo que soy el único viejo “nuclearista” que sobrevive y que, como tal, he contribuido a formar un grupo integrado primero con mis tesis, y después con los alumnos de ellos. Algunos de los miembros del grupo trabajan en el país, otros no. Algunos son más brillantes que otros. Pero lo fundamental es que no ha aparecido entre ellos ningún chanta. | □



# Realismo científico

## (Segunda parte)

Gregorio Klimovsky | Guillermo Boido

**Los autores continúan con la controversia entre realistas e instrumentalistas sobre las teorías científicas y la posibilidad de que éstas describan el mundo o sean, en cambio, meros instrumentos para realizar predicciones.**

Señalábamos en la primera parte de este artículo (Ver *Exactamente* N° 39) que el *realismo* es una posición filosófica acerca de las teorías científicas según la cual éstas, al menos en cierta medida, aspiran a describir *cómo es* el mundo. Quienes lo niegan se enrolan en corrientes llamadas genéricamente *antirrealistas*; en particular, los llamados *instrumentalistas* sostienen que las teorías son meros instrumentos aptos para realizar predicciones, pero que de ningún modo describen realidad alguna más allá de la observación. Esta controversia está presentada con extraordinaria claridad en la polémica de Galileo con su principal contendor intelectual, el teólogo papal Roberto Bellarmino. Éste no se oponía a la utilización de la teoría de Copérnico entendida como un instrumento destinado a resolver problemas de predicción astronómica, pero no estaba dispuesto, a diferencia

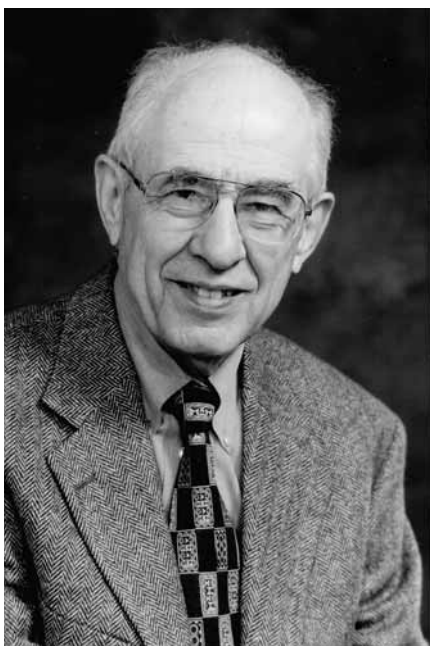
del realista Galileo, a admitir que las afirmaciones copernicanas describiesen *cómo es* el mundo y, en particular, la que sostiene que existe una entidad llamada “Tierra” que se mueve alrededor de otra entidad llamada “Sol”.

¿Qué argumentos podrían exponer un realista o un instrumentalista para defender sus encontradas tesis filosóficas? Algunos realistas sostienen que, si las teorías no se refiriesen a un mundo existente, su innegable éxito predictivo conformaría una suerte de “milagro”. Para emplear una metáfora, si se dispone de un mapa muy detallado de una región, y luego se comprueba que los ríos y montañas *accesibles* mencionados en el mapa se corresponden con los ríos y montañas cuya existencia constatamos, ¿por qué no hemos de suponer que la misma correspondencia acontecerá allí donde el mapa indica algún accidente geográfico *inaccesible*? Aquí el instrumentalista replicaría que podríamos disponer de innumerables teorías, incompatibles entre sí porque incluyen distintos términos teóricos, pero todas compatibles con aquello que se observa, y entonces, ¿cómo decidir entre ellas? Según nuestra metáfora anterior, podríamos tener tres mapas que indican los *mismos* ríos y montañas detectables empíricamente, pero mientras uno de ellos nos dice que en un lugar inaccesible hay una montaña, el otro nos dice que hay un valle, y un tercero que allí hay una ciudad. Lo que sería “milagroso”, según el instrumentalista, es que sólo uno de los mapas sea el que describe lo que realmente hay en ese lugar.

Por su parte, en defensa de su posición, un razonamiento que suelen emplear los instrumentalistas es el de la llamada “inducción pesimista”. La historia de la

ciencia muestra que las teorías científicas se sustituyen unas a otras con el transcurso del tiempo y por tanto, seguramente, si todas las teorías pasadas han sido declaradas erróneas, es razonable suponer que todas (o casi todas) las teorías actuales también serán modificadas en el futuro. Las teorías del pasado mencionaban términos teóricos como “calórico” o “éter”, pero hoy tales términos han desaparecido del vocabulario científico y, por consiguiente, el realista actual deberá negar la existencia de esas entidades. Y quizá mañana los realistas tendrán que admitir, por caso, que no existen los campos electromagnéticos en virtud de algún drástico cambio de teoría. ¿Dónde quedan entonces las pretensiones de un realismo que se ve obligado constantemente a modificar sus afirmaciones acerca de lo que *existe* en el mundo? Hasta aquí el argumento de la “inducción pesimista”.

¿Qué puede replicar el realista ante tal argumentación? Obviamente, debe admitir que las teorías cambian con el tiempo, pero dirá que ello es compatible con la afirmación de que las nuevas teorías tienden a perfeccionar las descripciones del mundo con respecto a las que ofrecían las teorías anteriores. En último término, la ciencia es una búsqueda constante de mejores aproximaciones a *lo que el mundo es*, y en esa incesante tarea no extraña que una teoría que invoque campos electromagnéticos sea una mejor descripción del mundo que aquellas que recurrían al calórico o al éter. Como advertimos, y ya afirmábamos en la primera parte de este artículo, estamos en presencia de un debate filosófico que tiene plena vigencia en la actualidad: la controversia continúa. |



Hilary Putnam (1926), relevante filósofo de la ciencia que ha defendido diversas posturas realistas.

# El *boom* de la soja



El conflicto entre el campo y el gobierno, que tuvo como disparador un cambio en la política de retenciones, avivó la discusión sobre una oleaginosa que en los últimos años se ha convertido en primera figura de la actividad agropecuaria, y que ha desplazado o enviado a un segundo plano a protagonistas tradicionales como el maíz, el tambo y la ganadería. La expansión agrícola genera opiniones encontradas: hay sectores que celebran la incorporación de nuevas áreas productivas al mapa rural, mientras que otros advierten acerca de los efectos sobre los ecosistemas, la biodiversidad, y la calidad del suelo, y auguran que el sistema no es sostenible a largo plazo. Asimismo, pueden ser graves las consecuencias sociales, en cuanto al desplazamiento de producciones familiares. También se estiman efectos sobre la salud humana debido al uso intensivo de agroquímicos. Sin embargo, algunos especialistas aseguran que la soja no es la culpable, sino que estos problemas son inherentes a cualquier actividad si está mal hecha. Las posturas frente al problema son variadas, pero el tema bien vale una reflexión profunda.

El costo ambiental

# Las penas son de nosotros

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

***Un modelo de producción basado en el monocultivo brinda bienes y servicios sólo a los grupos privados. La pérdida de otras actividades productivas, la degradación del suelo y los efectos sobre los ecosistemas y la biodiversidad representan un costo para toda la sociedad.***

Ocupaba un lugar marginal en la década del 70, pero hoy es el principal cultivo de la Argentina. En efecto, en los últimos quince años la superficie sembrada con soja se triplicó; aumentó a un ritmo de 275 mil hectáreas por año, y actualmente ocupa más de un tercio del área cultivada, con unos 16 millones de hectáreas. Debido a los mayores rendimientos, la producción tuvo un

incremento aún mayor: de unos 10 millones de toneladas a comienzos de los 90, en 2007 llegó a los 45 millones de toneladas, alrededor de la mitad de la producción total de granos, que fue de 95 millones de toneladas.

Es uno de los primeros productos de exportación de la Argentina, pero, mientras algunos celebran este *boom* y

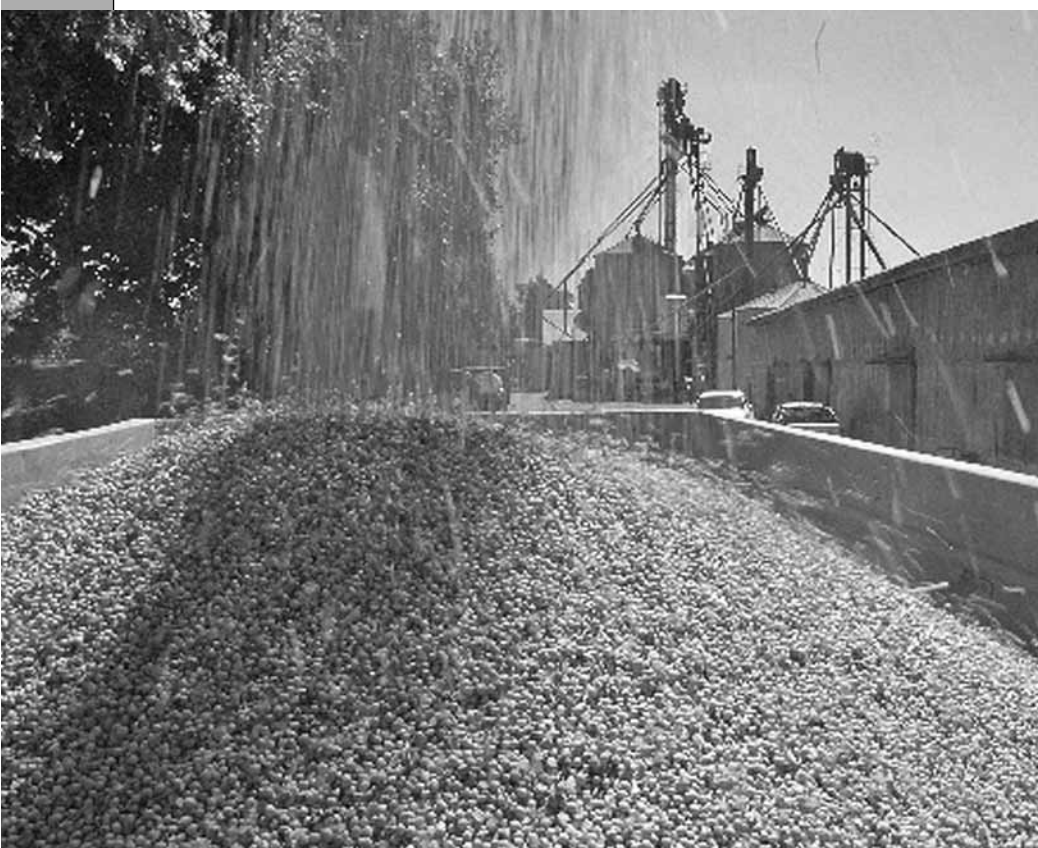
consideran que la soja es el motor del desarrollo del país, otros advierten sobre las consecuencias actuales y futuras de estas prácticas.

“En términos generales, nadie podría decir que la soja no ha generado condiciones económicas positivas en la Argentina, tanto en el nivel macro como para los productores”, señala el ingeniero agrónomo Fernando Vilella, director del Programa de Agronegocios y Alimentos, de la Facultad de Agronomía (FA) de la UBA.

Para Vilella, “desde el 90 hasta comienzos de esta década, si no hubiéramos tenido soja, hoy tendríamos muchos menos productores, porque muchos de ellos pudieron resistir gracias a la rentabilidad que genera este cultivo. Sin embargo, el especialista aclara: “Eso no quiere decir que no se hayan cometido errores en la implementación, como en el norte, donde hay deforestaciones no racionales para el reemplazo de cultivos”.

La mirada sobre el modelo agroexportador no es tan positiva para el doctor Walter Pengue, investigador del Gepama (Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente de la UBA): “El modelo parece exitoso porque no se consideran los daños que produce, los costos externos o externalidades. Si éstas se calculan, los beneficios serían negativos”.

Pengue enumera: “La agricultura de ex-



portación, para sostener la escala, necesita arrendar, año a año, más hectáreas en la Región Pampeana o ampliar las tierras disponibles en otras regiones, y para ello incrementa la deforestación, la apertura de la frontera agropecuaria y el desplazamiento de pequeños y medianos productores junto a economías campesinas e indígenas, con costos sociales y ambientales”.

Si bien en el área pampeana, los cultivos reemplazaron sólo pasturas sembradas y a otras producciones, en las provincias del norte y parte de Córdoba, además, se destruyó la vegetación nativa.

### Hacha y fuego

“Entre 1995 y 2005 la superficie sembrada con soja en Salta, Chaco y Santiago del Estero aumentó de 420 mil hectáreas a 1.760.000”, indica el ingeniero agrónomo Jorge Adámoli, investigador del Laboratorio de Ecología Regional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA. Al mismo tiempo, la región recibió numerosos emprendimientos ganaderos desplazados de la región pampeana. El resultado fue un proceso de desmonte generalizado que convirtió la región en la de mayor tasa de deforestación del país.

“El problema es que el avance se realiza sin un plan de ordenamiento territorial, y no se contemplan los riesgos ambientales, como la pérdida de biodiversidad”, destaca Adámoli, quien no habla de destrucción sino de transformación. “Se lo puede hacer bien o se lo puede hacer mal”, aclara. Lo cierto es que, al 2007, el total de superficie de vegetación nativa que fue transformada para la agricultura suma seis millones de hectáreas.

Pero, según el especialista, “esos 6 millones de hectáreas no hay que ponerlos en la cuenta de la soja”. Hasta el 95/96, en que la soja era un cultivo casi insignificante en la región, se desmontaron 4,5 millones de hectáreas para otros cultivos, básicamente algodón.

Para el 2020 se proyecta un escenario

de unos 9 millones de hectáreas desmontadas en la zona chaqueña. Pero no todo va a ser soja, aclara Adámoli: “Si bien hoy las pasturas representan sólo un 1 a un 5%, suponemos que en el 2020 la ganadería será responsable del 30%, por un lado, debido a que la región tiene condiciones y, por otro, porque ha sido desplazada de la región pampeana por ser menos competitiva que la soja”.

En la provincia de Tucumán, “casi la totalidad de la selva pedemontana en tierras planas y un 80% de bosque chaqueño de llanura fueron reemplazados por agricultura”, señalan, en *Ciencia Hoy*, Ricardo Grau e Ignacio Gasparri, de la Universidad Nacional de Tucumán. En el Este de Salta, casi 600 mil hectáreas de bosque fueron transformadas en agricultura en los últimos treinta años.

Grau y Gasparri advierten: “Con las tasas de deforestación actual, la totalidad de las selvas pedemontanas en terrenos planos desaparecerán entre 2050 y 2100, debido a la búsqueda de beneficios económicos de corto plazo, y sin controles estatales eficientes”.

### Malezas resistentes

A partir de 1970 resultaba claro que si se intensificaba la agricultura, aumentaría la erosión del suelo y se propagarían las malezas. Se hizo frente al problema con un mayor uso de pesticidas y el cambio en los sistemas de labranza. Una solución sería la siembra directa, que hace innecesario el laboreo del suelo pero requiere aplicar un potente herbicida para eliminar las malezas. El plan se completó con el desarrollo de una variedad de soja transgénica resistente al herbicida glifosato, que hoy ocupa casi la totalidad de la superficie sembrada con esta oleaginosa, y produce rendimientos por hectárea de casi el doble de los registrados en la década de 1970.

“Cuando llegó el glifosato, se abarataron los costos, porque se reemplazó toda una

batería de herbicidas que se aplicaban en distintos momentos del ciclo del cultivo, y absorbían entre el 40 y el 50 por ciento de los costos totales de la producción de soja. Pero actualmente está aumentando el consumo anual de glifosato en todo el país, que pasó de 1 millón de litros (en 1991) a 130 millones de litros (en 2006), lo cual ya tiene consecuencias en el ambiente”, asegura Walter Pengue. (Ver nota: *Se presume culpable*).

El uso intensivo del glifosato tiene su costo. “La primera respuesta fue la aparición de malezas tolerantes, que requerían una carga mayor de herbicida”, relata Pengue, y agrega: “Pero ahora, en Salta y Tucumán, están apareciendo las malezas resistentes, como el sorgo de Alepo.” Ésta es una gramínea que se utilizaba en Europa para alimentar al ganado y, antes de la década de 1920, fue traída a la Argentina como forrajera. Pero años después, tras una excelente adaptación al medio, se transformó en una maleza y fue declarada plaga.

El problema de las malezas resistentes no sólo lleva a aumentar la cantidad de glifosato, sino que también obliga a combinarlo o a utilizar otros herbicidas, aquellos que habían dejado de usarse. El resultado es una mayor carga de agroquímicos.

Los buenos precios internacionales y la alta capacidad de la soja para soportar todo tipo de ambientes, además de los menores costos que implica su producción si se compara con otros cultivos, la convirtieron en estrella. Pero cuando la actividad se concentra en un solo cultivo, los efectos negativos se multiplican. Por ejemplo, la aparición de nuevas enfermedades, como las, así llamadas, de “fin de ciclo”. La principal es la roya asiática de la soja, pero hay otras, que afectan a las hojas, la raíz y el grano. “Se debe a que no se cortan los ciclos de producción mediante rotaciones”, advierte Pengue, que augura, en el mediano plazo, una merma en los rendimientos, o una intensificación, aún mayor, en la carga de agroquímicos.

### ¿Soja en el Delta?

En los meses de abril y mayo de 2008, un denso humo cubrió Buenos Aires, provocando numerosos inconvenientes. Provenía de incendios en el Delta, que llegaron a cubrir unas 180 mil hectáreas, un 10% de su extensión. Se dijo que se trataba de una “quema de pastizales”, una práctica habitual que facilita el rebrote de pasturas para el ganado.

Pero no se trató de simples pastizales. “Se quemaron juncales, vegetación típica de un humedal”, explica la doctora Patricia Kandus, investigadora del laboratorio de Ecología Regional de la FCEyN, quien desde hace varios años estudia la vegetación de la zona. Y resalta: “Lo más significativo es la pérdida de biomasa vegetal almacenada en el suelo, que tarda un centenar de años en formarse, además de especies de fauna silvestre con importancia económica”.

En el Delta, los incendios con fines ganaderos suelen realizarse a fines del invierno, cuando el suelo está muy húmedo, y son controlados. Por el contrario, la quema efectuada al inicio del otoño, luego de meses de marcada sequía, resultó en un descontrol del fuego, que se extendió en superficie, y penetró más en el suelo. Esta quema intencional del sustrato es lo que hace temer el ingreso al área de proyectos agrícolas como puede ser la soja.

“El Delta funciona como amortiguador de la inundación, como una esponja que absorbe agua y es depósito de nutrientes y sedimentos que transporta el río”, explica Kandus. El agua permanece mayor tiempo antes de ser vertida al mar, y, así, queda disponible para su uso por parte de la sociedad, ya sea para fines productivos o de consumo directo. En ese sentido es crítica la importancia de la vegetación herbácea presente, que es la principal responsable de esta función.

Si, para desarrollar agricultura con la modalidad productiva actual, se levantan diques y se elimina esa esponja; el agua, que ya no puede entrar, sigue su camino rápido al mar, y se pierde como agua dulce, junto con los nutrientes que el río deposita, y que son la base de la fertilidad de la tierra. Es como un banco que atesora nutrientes, semillas y agua dulce. Si se seca para sembrar cultivos terrestres, la ganancia sólo es para quienes cosechan los granos, pero la pérdida de un bien invaluable es para todos.



### Agricultura minera

La soja es un cultivo que puede crecer en terrenos pobres, sin embargo, es en las tierras más ricas donde alcanza un alto rendimiento, pero, según detalla Pengue, “es uno de los cultivos que más nutrientes extrae del suelo por unidad de materia seca producida”.

Para Fernando Vilella, “no hay ningún cultivo que no extraiga nutrientes del suelo. El problema es el monocultivo, porque se extrae siempre el mismo tipo de nutrientes”.

La agricultura, desde sus inicios, fue consumiendo la materia orgánica del suelo. En la Argentina, la alternancia con ganadería, en las décadas del 50 y el 60, permitió recuperar parte de la materia orgánica perdida. Pero, a partir de 1970, la intensificación de los cultivos provocó un incremento de la erosión del suelo.

Ahora bien, la siembra directa sin laboreo hizo descender la erosión, porque, si no se remueve el suelo luego de la cosecha, la materia orgánica del cultivo anterior (el rastrojo) queda sobre la superficie. Pero, para que funcione bien, es necesario alternar la soja (que deja poco residuo en el suelo) con gramíneas (como el trigo, maíz o sorgo), que dejan residuos de lenta descomposición.

Pero, la mayor rentabilidad de la soja juega en contra del cuidado del suelo, pues, por un lado, la ganadería es desplazada a zonas marginales. Por otra parte, se siembra soja sobre soja, que aporta mínima materia orgánica al suelo.

“Sólo si se rota una suficiente cantidad de años con maíz o trigo, se podrá tener una agricultura sustentable a largo plazo, en suelos de alta calidad”, dice Vilella.

¿El sistema de producción actual de soja es como la minería? “Tiene el potencial, es importante pensar en esa referencia para tener conciencia del peligro”, señala el doctor Martín Oesterheld, profesor en la Facultad de Agronomía de la UBA e investigador del Conicet. Y agrega: “La producción agropecuaria siempre extrae elementos del suelo:



cuando sale un camión lleno de grano o de animales, salen de allí también muchos nutrientes. Pero eso no significa una pérdida en todos los casos: los nutrientes pueden ser repuestos por procesos naturales (meteorización de la roca, deposición atmosférica, por ejemplo) o mediante la fertilización. El manejo determina la medida en que la agricultura se asemeja o diferencia de la minería”.

De todos modos, admite que no es posible reponer todo lo que se pierde. “No es minería, pero si se sigue con ciertas prácticas, puede llegar a convertirse en minería”, advierte.

Por su parte, Jorge Adámoli señala que la erosión, la pérdida de biodiversidad y la destrucción de especies nativas no deben cargarse a la cuenta de la soja. “Estos problemas son inherentes a cualquier actividad, si está mal hecha”, y ejemplifica: “Los suelos se erosionaron en la Patagonia por el sobre pastoreo de las ovejas; los ecosistemas pampeanos, por el mal manejo del trigo, desaparecieron cien años antes de que llegara la soja, y se puede seguir enumerando”.

### Caminos alternativos

Nuestro país tiene el potencial para producir alimento para una población diez veces más grande que la actual. “Si el Estado no interviene para regular la

producción, será el mercado internacional el que determine lo que se produzca en el país”, afirma Pengue.

Y remarca: “Las retenciones son un derecho soberano, porque los productores están aprovechando los recursos naturales del país: el suelo, el agua, la biodiversidad, y el Estado tiene derecho a participar de esa rentabilidad que brinda la tierra”.

Pero, “esas retenciones deberían inyectarse para diversificar los cultivos y favorecer a la agricultura familiar y la producción de alimentos para consumo local”, señala Pengue, y propone, como alternativa, “los modelos agrícolas integrados, que responden a un sistema de rotaciones con ganadería, con buen manejo, y una disminución del uso de los agroquímicos”.

Pero ¿cómo recuperar otras formas de producción que se perdieron por el avance del monocultivo? Para el doctor Jorge Morello, Director Ejecutivo del Gepama, “se debería analizar en forma regional la forma de diversificar la producción”.

El investigador también destaca la importancia de los parches de agricultura familiar. “Forman una red muy importante, y emplean estrategias muy valiosas”, afirma, y ejemplifica: “Un agricultor venido de Paraguay o Bolivia coloca, al lado de un cultivo de lechuga, una planta que es muy atractiva

para los insectos, un ‘cultivo de entretenimiento’. O colocan un cultivo de protección, con repelentes naturales, como el piretro”.

### El sistema científico

Los efectos del uso intensivo de agroquímicos se ven tranqueras afuera, en la cuenca o la región, por ejemplo, en la contaminación de lagos y lagunas, o de las napas. “Alguien tiene que analizar los fenómenos en mayor escala”, advierte Martín Oesterheld.

Para este investigador, el problema es que “no tenemos un cuerpo de especialistas en las reparticiones públicas”, y subraya: “Quienes deben tomar decisiones tienen que estar muy entrenados para ello, es decir, se necesita conocimiento en los segmentos de decisión”.

Y compara: “En otros países, las personas que hacen los planes de conservación y ordenamiento territorial tienen doctorados. Acá no tenemos un cuerpo de gente con esa formación. Mientras que en Brasil se gradúan 600 doctores por año en ciencias agropecuarias, aquí el número apenas llega a 15”.

La avidez por obtener ganancias en poco tiempo lleva a sembrar soja donde sea, y avanzar sobre los bosques nativos, con impactos en la biodiversidad, en la capacidad del ecosistema de extraer dióxido de carbono del aire, y en la regulación natural de las cuencas hídricas, que mitiga las inundaciones y mejora la calidad de las aguas (ver Recuadro: *¿Soja en el Delta?*). Esta pérdida de beneficios afecta a toda la sociedad, cuya rentabilidad resulta mucho menor que la de la empresa, debido a los costos externos. El Estado puede corregir esta discrepancia y lograr que la empresa tome en cuenta los costos sociales en sus decisiones, es decir, que convierta los costos externos en internos.

El ecosistema natural proporciona a la sociedad la mayor cantidad de bienes y servicios públicos, que no tienen precio de mercado. Un modelo productivo basado en el monocultivo brinda bienes y servicios sólo a los grupos privados. |

Efectos sociales

# El *boom* hace *crack*

Por Gabriel Rocca [gabriel.rocca@de.fcen.uba.ar](mailto:gabriel.rocca@de.fcen.uba.ar)

*Al compás de las políticas neoliberales, el modelo de producción agropecuaria en nuestro país sufrió profundas transformaciones a partir de la década del 90. La lluvia de dólares generados por la exportación ha logrado ocultar, hasta ahora, los efectos negativos en la sociedad. Se trata de un modelo de producción sin agricultores y con escasa presencia de trabajadores rurales, advierten los especialistas.*

El campo argentino, un vasto territorio que ocupa cerca de 180 millones de hectáreas y ofrece la tierra como su recurso productivo básico, ha sido la base sobre la que se edificó uno de los sueños más arraigados en el imaginario nacional: ser el granero del mundo. Es que la fertilidad de su suelo y la variedad de sus climas le dieron históricamente al país la posibilidad de obtener una enorme cantidad y variedad de alimentos, suficientes para abastecer el consumo interno y proveer, con cantidades significativas, al mercado global.

A lo largo del siglo XX, ese potencial extraordinario fue realizado, de manera primordial, por productores medianos y pequeños que constituían una parte importante del conjunto de los productores agropecuarios. De hecho, hacia la década del 60, este grupo ocupaba cerca de la mitad de la superficie y aportaba casi el cincuenta por ciento de la producción del sector. Esta característica de la estructura agraria distinguía a la Argentina del resto de los países de América Latina, por contar con un amplio sector chacarero dispuesto a adoptar los adelantos tecnológicos, organizarse en cooperativas y representarse democráticamente.

Sin embargo, a partir de la década del 90, el desembarco de un nuevo modelo de explotación agrícola: el "agronegocio", y su mercancía es-



trella, la soja transgénica, desdibujaron gravemente esos rasgos particulares. El avance del monocultivo comenzó a acorralar la diversidad productiva, y la producción a gran escala a reemplazar a los productores familiares.

### Se acabó lo que se daba

Los ajustes estructurales de corte neoliberal que el gobierno de Carlos Menem introdujo sobre el conjunto de la economía afectaron profundamente al sector agropecuario a partir de 1991, cuando se dicta un decreto que promueve la desregulación total del sector. Se eliminan organismos como la Junta Nacional de Granos y la de Carnes, que habían permitido la supervivencia de los pequeños y medianos productores. También se modificaron las normas sobre arrendamientos y se introdujeron los contratos de siembra por una cosecha, lo que facilitó la nueva modalidad de negocios.

“Surge un nuevo modelo: la Argentina pasó de un tipo de explotación agroindustrial al “agronegocio”, y ambos modelos tienen distintas lógicas productivas. La lógica de la agroindustria es de integración desigual, pero permite la coexistencia de los grandes con los pequeños y medianos productores. La del agronegocio es excluyente, o se ingresa o se desaparece”, describe Norma Giarraca, socióloga y coordinadora del Grupo de Estudios Rurales del Instituto Gino Germani, de la Facultad de Ciencias Sociales de la UBA. Para Giarraca, “en el agronegocio el sector financiero adquiere una participación y una preponderancia desconocida en la etapa anterior, y se pasa de la producción de alimentos a la producción de *commodities*”.

Cuando se habla de *commodities* se hace referencia a materia prima a granel, un producto genérico, básico y sin mayor diferenciación entre sus variedades. Son bienes comercializables basados en una calidad mínima estándar, destinados al mercado mundial, cuyo valor se determi-

na internacionalmente en bolsas específicas, las más importantes ubicadas en Estados Unidos y Gran Bretaña. Un ejemplo tradicional de *commodity* es la soja.

En la Argentina, la nueva lógica del agronegocio ha sido impulsada básicamente por la producción de soja transgénica. En 1996 comienza la implantación de la semilla de soja RR genéticamente modificada, resistente al glifosato, que es un potente herbicida. En 1997 comienza el cultivo de la soja transgénica a partir del nuevo paquete tecnológico que combina la semilla RR, el glifosato y la siembra directa. A partir de ese momento, el avance hacia el monocultivo fue arrollador.

### La invasión silenciosa

De acuerdo con datos obtenidos de la Secretaría de Agricultura, reflejados en el libro *El campo argentino en la encrucijada*, cuyos coordinadores fueron la propia Giarraca y el economista Miguel Teubal, la marcha acelerada hacia el monocultivo de soja se expresa tanto a nivel de la superficie sembrada, como de las cantidades producidas.

Para la campaña 90/91 la porción de campo destinado a la producción de soja no llegaba a las 5 millones de hec-

táreas. En 1996/97, cuando se introduce la variedad transgénica, alcanzaba los 6,6 millones de hectáreas. Durante los diez años siguientes, ya con soja ciento por ciento transgénica, la superficie sembrada se había multiplicado hasta superar los 16 millones de hectáreas. (Ver cuadro 1)

Ese crecimiento de casi 10 millones de hectáreas en una década se explica sólo en parte por el corrimiento de la frontera agrícola, ya que el aumento total de la tierra destinada al cultivo de cereales y oleaginosas pasó de 25 a 30 millones de hectáreas. El resto, unos 5 millones de ha., la soja se los quitó a otros cultivos tradicionales, como trigo, maíz, girasol y arroz, entre otros.

En relación con los volúmenes de producción, puede comprobarse una situación similar. Para la campaña 90/91 podía verificarse una cosecha cercana a los 11 millones de toneladas. Esa cantidad apenas sufrió una leve mejora para los años 96/97. Sin embargo, una década después, se pudo comprobar un crecimiento implacable: en la campaña 2006/07 la producción de soja transgénica se multiplicó por más de cuatro y superó los 47 millones de toneladas. (Ver cuadro 2)

Cuadro 1

Superficie sembrada de los principales y oleaginosas (en millones de ha.)						
	Arroz	Maíz	Girasol	Trigo	Soja	Total
1990/91	0,09	2,16	2,37	6,17	4,96	20,05
1996/97	0,22	4,15	3,11	7,36	6,66	25,57
2006/07	0,16	3,57	2,38	5,67	16,14	30,71
<b>Fuente:</b> Secretaría de Agricultura						

Cuadro 2

Producción de los principales cereales y oleaginosas (en millones de tn.)						
	Arroz	Maíz	Girasol	Trigo	Soja	Total
1990/91	0,34	7,68	4,03	10,99	10,86	38,23
1996/97	1,21	15,53	5,45	15,91	11,04	53,11
2006/07	1,07	21,75	3,49	14,54	47,48	93,52
<b>Fuente:</b> Secretaría de Agricultura						



En ese mismo lapso, en cambio, cayó la producción de trigo, girasol, arroz y el resto de los granos, a excepción del maíz que registró un leve incremento en los últimos años. El modelo sojero avanza mientras hace retroceder a otros cultivos.

Estas cifras señalan claramente una tendencia definida hacia el monocultivo de soja transgénica que, en apenas diez años, entre 1997 y 2007, pasó a ocupar más de la mitad de los suelos destinados a la siembra de cereales y oleaginosas, y el volumen de su producción pasó a ser superior a la de todo el resto de los granos sumados entre sí.

**Más por menos**

“El reino del modelo del agronegocio centrado en la producción de *commodities* no es para los pequeños y medianos productores. En etapas anteriores se los consideraba como el tipo de explotación más eficiente. En cambio, el nuevo modelo promueve explotaciones mucho mayores, requiere integrar superficies en escala”, señala Miguel Teubal, economista, investigador superior del Conicet y coordinador, junto con Giarraca, del Grupo de Estudios Rurales del Instituto Gino Germani. Y ejemplifica:

“A comienzos de los 90, un funcionario de la Secretaría de Agricultura decía que, para tener una producción eficiente, debían desaparecer unos 200 mil productores agropecuarios, la mitad de los existentes en ese momento. Diez años más tarde, el Censo Nacional Agropecuario (CNA) del 2002 confirmó parcialmente ese presagio”.

Efectivamente, si se comparan los datos brindados por los dos últimos CNA realizados en 1988 y 2002, se observa un “terremoto” en el ámbito agropecuario, que provocó la desaparición de más de 80 mil explotaciones, que se redujeron de unos 380 mil, a fines de los años 80, a menos de 300 mil a comienzos del siglo XXI. Esto significa que, entre los dos estudios, dejaron de existir casi 6 mil explotaciones anuales.



Pero lo más significativo es que alrededor del 90 por ciento de esas 80 mil unidades productivas desaparecidas eran pequeñas explotaciones de hasta 200 ha. Por el contrario, las grandes explotaciones de más de 1000 ha aumentaron su número en alrededor de 1.500 unidades. (Ver cuadro 3)

Este mismo fenómeno produjo un aumento de la superficie media de explotación de 460 a 588 hectáreas. “Uno dice 588 ha. y parece una escala

razonable, pero se da cuenta de que no es así al compararla con lo que ocurre en otras partes del mundo: en la CEE la explotación media es de 47 ha y en EEUU, de 180 ha. Esto significa que Argentina cuenta con muy pocas explotaciones, aproximadamente unas 330 mil, mientras que Brasil tiene alrededor de 3 millones y EEUU unos 2 millones. Esta es una estructura agraria muy concentrada”, sostiene Giarraca.

La expulsión masiva de productores

Cuadro 3

Cantidad de explotaciones agropecuarias (EAPS) según tamaño				
	EAPS pequeñas (hasta 200 ha.)	EAPS medianas (entre 201 y 1000 ha.)	EAPS grandes (más de 1000 ha.)	Total
CNA 1988	282.029	68.873	27.455	378.357
CNA 2002	206.736	61.652	29.037	297.425
Diferencia	-75.293	-7.221	1.582	-80.932
Censos Nacionales Agropecuarios 1988-2002				

agropecuarios, y en muchos casos su transformación en rentistas que no trabajan la tierra, da lugar a una “agricultura sin agricultores”, es decir, un nuevo modelo productivo basado en la desarticulación de la agricultura familiar.

Junto con la expansión de las grandes explotaciones surge y florece una nueva forma de la producción. “La lógica del agronegocio es la de una subordinación total de la tierra al capital –describe Giarraca-. Ya no se necesitan agricultores, sino contar con sociedades que gestionen la tierra: los famosos fondos de inversión o *pools* de siembra. Están compuestos, en general, por un estudio contable, con agrónomos que suelen ser viejos actores del sector, y se asocian con compañías financieras. Éstas acercan las inversiones, que pueden variar entre los 50 mil y los 600 mil dólares. Con esos fondos, todo se contrata: desde la preparación de la tierra, la siembra directa, la fumigación con glifosato, la recolección. Todo es servicio de terceros”. Y subraya: “Este conjunto de actores es el que aparece como muy eficiente y genera un modelo de producción sin agricultores y con escasa presencia de trabajadores rurales”.

### Es la comida, estúpido

Uno de los argumentos más utilizados para justificar este modelo de agronegocios y la difusión de la soja transgénica es que, gracias a los aumentos de productividad que promueve, sería un instrumento efectivo para solucionar el problema del hambre, en la Argentina y en el mundo. ¿Será así?

Del total de la soja producida en el país, sólo el 2 por ciento se utiliza para consumo humano. El 98 por ciento restante se exporta, mayormente a Europa, y se aplica a la alimentación animal.

Por otro lado, el extraordinario avance del modelo sojero está produciendo, como contrapartida, una marcada reducción en la producción de alimentos básicos en el consumo popular de los

argentinos. En este sentido se puede constatar que, al retroceso ya señalado en cereales y oleaginosas (como trigo, maíz, arroz), debe sumarse una marcada caída en los volúmenes de frutas y hortalizas, que cedieron unas 200 mil ha., y el estancamiento de la ganadería y la lechería, que hace prever la necesidad de su importación en el mediano plazo.

Esta tendencia provocó que muchos de estos productos encabezaran los aumentos de precios desde la salida de la convertibilidad, situación que afecta, principalmente, a los sectores de menores ingresos.

En el marco de una situación internacional cada vez más preocupante, como consecuencia de la espiralización del precio de los alimentos, la marcha forzada hacia la “sojización” de la Argentina está poniendo en riesgo uno de los privilegios que el país comparte con apenas un puñado de naciones en todo el mundo: la soberanía alimentaria, es decir, la capacidad para producir alimentos en cantidad y variedad necesaria para proveer todos los nutrientes que requiere una alimentación integral de su población.

A la hora de analizar estos procesos, Giarraca considera indispensable hacerlo desde una perspectiva histórica. “Muchos científicos creen genuinamente que trabajar con este tipo de desarrollos biotecnológicos contribuye a mejorar las condiciones del mundo. Por eso es importante tener una visión histórica y recordar que durante la revolución verde, en los años 60, también se prometía lo mismo y, sin embargo, el hambre aumentó”, recuerda la socióloga, y agrega, “creo que las estrategias se repiten: ante cada revolución tecnológica que afecta a la agricultura, surge un poderoso dispositivo comunicacional que sostiene: ‘esto es para paliar el hambre en el mundo’, pero, en realidad, el objetivo es otro: obtener mayores ganancias para nuevos actores económicos”. □



## Glifosato

# Se presume culpable

Gabriel Stekolschik | [gstekol@de.fcen.uba.ar](mailto:gstekol@de.fcen.uba.ar)

**El herbicida más utilizado en la Argentina para eliminar las malezas que invaden los cultivos es acusado de ocasionar daños al medio ambiente y a la salud de los pobladores de zonas rurales próximas a los sembrados.**

Así como las plagas y las enfermedades de las plantas pueden arruinar los cultivos, las malas hierbas que crecen a su alrededor también son perjudiciales, pues compiten por los nutrientes, el agua y la luz del sol reduciendo la producción agrícola de manera significativa. Para combatir esas malezas, los agricultores suelen fumigar los campos con varios tipos de herbicidas, cada uno de ellos destinado a un tipo de hierba determinado. También, pueden arar los terrenos de siembra para eliminar las malas hierbas antes de plantar. Pero muchos herbicidas pueden dañar los cultivos y las semillas, y pueden contaminar el aire y el agua. Además, la práctica del arado puede conducir a que el agua y el viento erosionen los campos.

A principios de los años '70 comenzó a gestarse una alternativa a las formas clásicas de combatir las malezas. Una nueva clase de herbicida, el glifosato, se presentaba en sociedad. Nadie imaginaba entonces que iba a revolucionar a la agricultura.

### Mata todo

El glifosato es un herbicida no selectivo, de amplio espectro, que impide la síntesis de proteínas esenciales para el crecimiento y la supervivencia de la mayoría de las plantas. Para lograr su cometido, este compuesto reprime la actividad de una enzima, denominada EPSP, que está presente en las plantas

superiores y en algunos microorganismos, pero no en el reino animal. De esta manera, podría decirse que “todo bicho que camina”, entre ellos el hombre, sería “inmune” al mecanismo de acción del glifosato.

Pero a esta ventaja aparente para la salud de las personas y el equilibrio del medio ambiente se contraponen una desventaja evidente: si el glifosato mata a gran parte de las especies vegetales, entonces la mayoría de los cultivos serán también vulnerables. Sin embargo, la biotecnología ha sorteado en buena medida este inconveniente. Mediante la ingeniería genética se han desarrollado variedades de muchas especies de importancia económica que son resistentes a ese herbicida. Se trata de los ya popularmente conocidos cultivos transgénicos, cuyas semillas llevan en su ADN un gen modificado que les otorga resistencia al glifosato.

Esta tecnología ha fomentado la emergencia de una nueva práctica agrícola que protege la calidad del suelo, denominada “siembra directa”, que consiste en sembrar sin arar la tierra y, por lo tanto, sin exponerla a la erosión. Esto es posible porque ahora los agricultores pueden aplicar el herbicida una vez que los cultivos resistentes al glifosato ya han brotado y echado raíces.

El producto comercial más utilizado en todo el mundo –la Argentina no es la excepción– es el *Roundup*, de la firma estadounidense Monsanto. De allí sur-



ge que a las semillas transgénicas se las llame RR como, por ejemplo, soja RR o maíz RR (por "Roundup Ready" o "preparadas para el Roundup"). Además de glifosato, dicha preparación posee en su composición una sustancia surfactante que permite aumentar la superficie de contacto del herbicida con la planta y, por lo tanto, mejorar su penetración en el vegetal.

### Toxicidad informativa

El glifosato ha probado su efectividad como herbicida en más de 125 clases de malezas y, según Monsanto, es utilizado en 130 países para más de 100 tipos de cultivos. En su página Web, la multinacional informa que el Roundup fue usado por organizaciones protectoras de la vida silvestre para salvaguardar hábitats amenazados por vegetación invasiva no nativa, y cita como ejemplo de ello a las Islas Galápagos.

Para la FAO, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la toxicidad del glifosato es menor que la de la cafeína, la aspirina y la de la sal. Para la Organización Mundial de la Salud, el glifosato no tiene efectos graves para la salud humana, no es cancerígeno y sólo es levemente irritante. Entretanto, para la EPA, la Agencia de Protección Ambiental norteamericana, el glifosato tiene una toxicidad oral y dérmica relativamente baja, por lo cual ha sido colocado en la categoría III (la máxima toxicidad corresponde a la categoría I y la mínima a la IV). Tampoco la Comisión Europea ha señalado al glifosato como peligroso para la salud humana.

Sin embargo, últimamente, se multiplican las noticias sobre los efectos tóxicos del Roundup. La fumigación aérea con ese producto en Colombia, efectuada para eliminar los cultivos ilícitos de coca, ha disparado ríos de tinta que denuncian diversos daños en la salud de los pobladores de esas zonas y distintas consecuencias para los ecosistemas fumigados. También en la Argentina comienzan a aparecer este tipo de noticias.

### Pruebas científicas

Hasta el año 1997, Monsanto comercializaba el Roundup publicitándolo como un producto seguro y sin riesgos para la salud y el ambiente. Pero ese año, una demanda judicial que aducía publicidad engañosa obligó a la empresa a pagar una multa y a eliminar de las etiquetas de ese producto términos como "biodegradable" y "amigable con el medio ambiente". Es que el Roundup se propagandaba como si el glifosato fuera su único ingrediente activo, sin tener en cuenta al surfactante. En este sentido, todavía se sabe muy poco sobre los efectos en la salud y el ambiente de los diferentes surfactantes utilizados en las formulaciones del herbicida.

Un número creciente de estudios científicos adjudican al POEA (polioxietileno amina), el surfactante presente en el Roundup, la responsabilidad de los efectos tóxicos del herbicida en ambientes acuáticos. De hecho, un trabajo reciente efectuado por investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, del Instituto Tecnológico de Chascomús y del Instituto de Limnología de la Universidad de La Plata, publicado en la revista *Ecological Applications*, demostró que el Roundup modifica la flora de lagos y lagunas.

Lo cierto es que las investigaciones científicas dirigidas a determinar la toxicidad de los herbicidas basados en glifosato todavía son insuficientes o incompletas. La gran mayoría de los estudios fueron realizados utilizando células o animales alejados del hombre en la escala zoológica (ratas, ratones, conejos, cobayos). Asimismo, los estudios en seres humanos refieren a casos individuales, y se centran en los efectos agudos de la intoxicación con el herbicida, sea por ingestión, por inhalación o por contacto con el producto.

Por otro lado, una extensa revisión de la literatura científica en busca de trabajos que establezcan una relación causal directa entre el glifosato y algún efecto cancerígeno, reproductivo o citotóxico en seres humanos resultó en un único estudio,

efectuado por investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y publicado en la revista brasileña *Genetics and Molecular Biology*. Se trata de una investigación realizada en 24 ecuatorianos expuestos a sucesivas fumigaciones aéreas efectuadas por aviones colombianos en la frontera con Ecuador, que fueron comparados con 21 personas que no habían sido rociadas. El estudio mostró que el grupo expuesto al agroquímico descargado del vientre de los aviones colombianos tenía "un alto grado de daño en el ADN".

### Palabra oficial

Un documento de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, fechado en marzo de 2008 y titulado "El avance de la frontera agropecuaria y sus consecuencias", señala que la aplicación de glifosato en la campaña 2004/2005 fue de más de 160 millones de litros, y que se espera un gran incremento en tanto las malezas empiecen a tornarse tolerantes al herbicida (algunas estimaciones indican que, actualmente, se rocían 170 millones de litros sobre los campos argentinos).

El escrito también consigna que el glifosato es un herbicida sistémico, por lo cual es conducido a todas las partes de la planta, incluidas aquellas que son cosechables: "Esto es preocupante ya que se desconoce exactamente cuánto glifosato se presenta en los granos de maíz o soja transgénicos, ya que las pruebas convencionales no lo incluyen en sus análisis de residuos de agroquímicos. El hecho es, que es sabido que éste y otros herbicidas se acumulan en frutos y otros órganos dado que sufren escasa metabolización en la planta, lo que genera la pertinente pregunta acerca de la inocuidad de alimentos tratados", se afirma en el documento.

Finalmente, el artículo oficial advierte: "Aún en el caso de ausencia de efectos inmediatos, puede tomar hasta cuarenta años a un carcinógeno potencial actuar en una suficiente cantidad de personas para ser detectado como un causal". □

A 90 años de la Reforma Universitaria

# Autonomía y cogobierno

Por Carlos Borches | [borches@de.fcen.uba.ar](mailto:borches@de.fcen.uba.ar)

***En 1918 se sentaron las bases de una forma de gobierno universitario compartido entre profesores y estudiantes. Para estos últimos, la experiencia dejaba en claro que las futuras transformaciones que demandaran las universidades deberían garantizarse con su participación.***

Todas las universidades nacionales de nuestro país son autónomas, es decir, designan profesores, otorgan becas y conducen sus destinos con independencia de los gobiernos provinciales y nacionales. La democracia interna se apoya en un gobierno tripartito integrado por representantes de profesores, graduados y estudiantes. Pero esto no siempre fue así.

Hace 90 años, los estudiantes cordobeses se rebelaron contra una corporación que controlaba a la Universidad, y sentaron las bases del régimen político de nuestras instituciones de educación superior.





*Deodoro Roca, dirigente universitario reformista, redactor del Manifiesto Liminar de la Reforma Universitaria.*

En 1918, tres universidades nacionales (Córdoba, Buenos Aires y La Plata) y dos provinciales (Tucumán y Santa Fe) conformaban el mapa universitario del país. La Universidad de Córdoba, creada en 1613, conservaba las tradiciones religiosas de su fundación, diferenciándose del espíritu más liberal que impregnaba a La Plata y Buenos Aires.

La Ley Avellaneda, sancionada en 1885, servía de marco jurídico para las tres universidades nacionales. Con la idea de no otorgarle a los profesores el manejo de las universidades, la Ley Avellaneda le brindaba al Poder Ejecutivo la facultad para modificar estatutos y nombrar profesores, el resto estaba destinado a las Academias, órganos compuestos por miembros vitalicios y cooptados que regían la vida universitaria.

El 1906 la UBA había logrado derribar el control de las Academias. El rector Uballes, con apoyo de profesores y del movimiento estudiantil, impulsó un cambio que contó con el beneplácito del Poder Ejecutivo. Éste le encomendó la elaboración de un nuevo estatuto que determinaba que los Consejos Directivos y el Consejo Superior quedaban integrados exclusivamente por profesores. De esta forma, sin estridencias, la UBA conseguía lo que se transformaría en una de las principales proclamas de los cordobeses una década más tarde.

Pero en Córdoba la vida universitaria estaba en manos de la *Corda Frates*, “una tertulia de doce caballeros católicos, de edades aproximadas, muy unidos entre sí por lazos de amistad y aun de parentesco”, según describía el diario *La Nación*.

Muchas cosas estaban cambiando en el país y el mundo para que la *Corda Frates* no se sintiera amenazada. El presidente Roque Sáenz Peña había introducido cambios en el sistema electoral, que permitió, en 1916, que la sucesión de gobiernos

conservadores se interrumpiera, y que el gobierno quedara en manos del radicalismo, conducido por Hipólito Yrigoyen. En febrero del año siguiente, la Rusia zarista se desplomaba, y pocos meses después los bolcheviques llegaban al poder para imponer la “dictadura del proletariado”.

Esos cambios repercutían en la universidad cordobesa. Nuevas organizaciones estudiantiles se formaban en reemplazo de los tradicionales Clubes Universitarios, y los jóvenes, aun cuando provinieran de familias tradicionales, se veían atraídos por el radicalismo y el socialismo criollo conducido por Juan B. Justo.

A fines de 1917, estas nuevas organizaciones estudiantiles elevaron reclamos contra medidas puntuales que tomaron las Academias. Nadie imaginaba que estos reclamos mínimos evolucionarían hacia un cuestionamiento de toda la universidad.

### **1918, año de la Reforma**

El verano de 1918 pasó y las autoridades universitarias desestimaron completamente las demandas estudiantiles. En un breve despacho fechado el 20 de marzo de 1918, el Consejo Superior resolvió “no tomar en consideración ninguna solicitud de los estudiantes”. La Academia había jugado y los estudiantes volvieron a doblar la apuesta: constituyeron el Comité Pro Reforma y convocaron a la huelga general en un acto masivo realizado en el Teatro Ri-

vera Indarte, donde Gumersindo Sayazo, estudiante de Medicina, leyó la convocatoria: “La juventud de Córdoba, animada por un impulso irresistible de progreso, se halla en lucha con su vieja y ruinosa universidad. Sus autoridades regresivas, empecinadas en el mantenimiento del dogmatismo docente y en la defensa de intereses insostenibles, se oponen con desdén autoritarismo al impostergable anhelo de renovación que desde largos años le reclaman en vano los propios hijos del vetusto hogar intelectual (...). Aspiramos a vivir en las aulas del saber, la vida plena del intelecto, en el ambiente del verdadero liberalismo científico, profesado en las cátedras modernas, exento de prejuicios dogmáticos, desbrozado de arcaicos convencionalismos mentales. Nos levantamos para sacudir la esclavitud mental en la que se pretende mantenernos”.

Se sucedieron días de enfrentamientos y disturbios. El Secretario General de la Universidad pidió apoyo policial, que no hizo sino aumentar la violencia de la protesta, y el Consejo Superior, “atento a los reiterados actos de indisciplina que públicamente vienen realizando los estudiantes (...), resuelve clausurar las aulas de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC)”.

Los vientos soplaban en la dirección de los estudiantes, y el 11 de abril el Presidente Yrigoyen designó al Procurador General de la Nación, José Matienzo, como interventor de la UNC. Ese mismo día, con

representantes de todas las universidades nacionales y provinciales, se creaba la Federación Universitaria Argentina (FUA).

La intervención de Matienzo recogió todos los reclamos estudiantiles y elaboró un nuevo estatuto que el Poder Ejecutivo, conforme a la Ley Avellaneda, aprobó el 7 de mayo. Lo sustancial era una nueva conformación de los Consejos Superiores y Directivos cuyos miembros serían elegidos, tal como en la UBA, por los profesores y no por “miembros vitalicios de anquilosadas academias”. Se convocó, por primera vez en la historia de la UNC, a todos los profesores titulares y suplentes a votar decanos y rector en la Asamblea Universitaria.

El 28 de mayo se llevaron a cabo las elecciones de decanos, y el triunfo de los candidatos reformistas, beneficiados por las renuncias de profesores clericales, fue contundente. Solo quedaba el último paso, la elección del rector.

El 15 de junio de 1918 se constituyó la Asamblea Universitaria para elegir rector. Los reformistas impulsaban la candidatura de Enrique Martínez Paz, en tanto que el antirreformismo se nucleaba detrás de la figura de Antonio Norez. Un tercer candidato, Alejandro Centeno, se proponía como una figura intermedia entre los extremos.

El tablero estaba equilibrado entre los dos primeros candidatos, pero cuando los votos de Centeno comenzaron a migrar para el candidato antirreformista se produjo la explosiva reacción estudiantil. No llegó a proclamarse el resultado pues los estudiantes invadieron la sala. Julio V. González, primer Secretario General de la FUA, narraba los sucesos: “los consejeros se escurrían de la sala huyendo de la furia de los tumultuarios, convencidos ya que se había terminado el tiempo de las palabras”.

Desde los primeros reclamos hasta el 18 de junio, los reformistas habían trazado

una estrategia de nacionalización del conflicto universitario apoyado en una precisa evaluación de las condiciones políticas nacionales. Sólo habían errado el cálculo final.

Rápidamente comprendieron que tenían que volver a la intervención nacional y garantizar las reformas con la participación estudiantil en los órganos de gobierno. Además, debían controlar las tensiones internas que comenzaban a aparecer en el movimiento reformista entre los estudiantes radicales y socialistas.

Entre el 20 y el 31 de julio de 1918 se sessionó el Primer Congreso de la FUA. “Este es un Congreso Universitario y ha de estudiar los problemas con espíritu universitario. Quiero decir, que es todo ajeno a él, menos las cuestiones de pedagogía superior”, señaló Osvaldo Loudet, al frente de la presidencia de FUA, advirtiendo la necesidad de dejar al margen las diferencias políticas que presentaban los distintos actores.

En agosto, Yrigoyen volvió a intervenir la Universidad recayendo esta vez en el mismo ministro Salinas la responsabilidad de restaurar la actividad académica y lograr las reformas reclamadas por los estudiantes.

Los nuevos estatutos sancionados dispusieron la organización de un gobierno para la universidad compartido por profesores y estudiantes, y un nuevo proceso electoral culminó en octubre con la elección del reformista Eliseo Seoaje.

Se sentaron las bases de una forma de gobierno compartido entre los claustros que pronto se extendería al resto de las universidades, y se impuso un sistema de concursos para el nombramiento de profesores, que rápidamente permitió renovar los planteles docentes. Para los estudiantes, la experiencia dejaba en claro que futuras transformaciones que demandaran las universidades deberían garantizarse con su participación. Tan conscientes estaban de ese hecho, que el Congreso de FUA estableció el 18 de junio como Día de la Reforma Universitaria. |



9 de septiembre de 1918: La policía y el ejército desaloja a los estudiantes que habían tomado la Universidad de Córdoba.

## Las enseñanzas del Maestro Ciruela

# Física versus Matemática

En mi corta pero intensa experiencia como profesor de Física no fueron pocas las veces que participé en jugosas discusiones con mis colegas. Una de las más acaloradas fue acerca de si era posible (o incluso un deber) enseñar Física con independencia -o ausencia- de Matemática. Mi postura fue siempre positiva al respecto, y en mis clases soy consistente con ella: hago una Física tan conceptual como puedo, esquivo los números tanto como alcanzo, y marco el límite en el que finaliza la Física y empieza el álgebra, siempre que lo veo.

Hay quienes no llegan a hallar tal frontera -si es que existe- y otros que niegan rotundamente su existencia. Creo que ambas partes tenemos algo de razón: nuestro universo es endiablidamente lógico... terriblemente matemático. Podría no serlo, y ser en cambio caótico, azaroso, mágico, caprichoso... Pero cuanto más lo conocemos, más se nos presenta así: riguroso y desafiante de que encontremos sus fórmulas matemáticas secretas. En eso anda la ciencia.

Muchas de ellas podríamos haberlas encontrado sin mirar ahí afuera, sólo concentrándonos en el cuaderno de notas. Otras, en cambio, eran imposibles de predecir hasta con la matemática más potente: sólo la experiencia, el universo mismo, podía revelarlas.

Ahora bien, desde esos principios básicos con los que el universo se nos impone, hasta sus últimas y detalladísimas inferencias que podemos mostrar en una clase, hay laboriosos procedimientos que son puramente matemáticos, y de Física ni una jota.

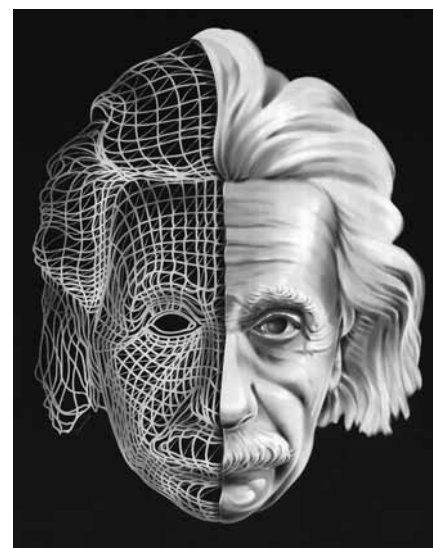
Más allá de la razón epistemológica (que no sé si la tengo) de mi postura, me mueve una creencia didáctica: no todos los estudiantes son afortunados para la matemática, y me dolería mucho malograr un buen físico por haberlo fatigado con el álgebra. En mi caso estuvieron a punto: yo odiaba la matemática porque la encontraba aburrida y difícil, en cambio amaba la física por apasionante, llena de misterios y contenidos reales. Yo sobreviví el proceso.

Cuando la Universidad de Princeton hizo el esfuerzo económico de contratar al físico más grande del momento, Albert Einstein, contrataron también al mejor matemático que consiguieron para ponerlo a trabajar a su lado. (No querían desperdiciar un genio tan grande -y tan caro- en ponerlo a hacer cuentas, por interesantes que fueran).

Yo trato de contarles qué hace la Física y cómo, y el hecho de que puedan identi-

ficar dónde se halla la dificultad para la predicción o el cálculo, y que el problema no esté en la física sino en otro lado... evita aniquilar vocaciones prematuramente. Con la dificultad focalizada es más probable que salgan a flote.

Por otro lado, me reserva un as en la manga: nunca falta ese mocoso imberbe al que fustigo, en diciembre, con operaciones imposibles, e imagino preparando su examen de marzo mientras yo tomo sol, panza arriba, en la playa.



## La Frase memorable



*Los sacerdotes de las diferentes sectas religiosas... tienen pavor al avance de la ciencia como las brujas temen a la llegada del amanecer, y fruncen el ceño cuando el fatal heraldo anuncia el quebrantamiento del engaño en el que viven.*

*Thomas Jefferson*



Identificación de especies tóxicas

# En el reino de los hongos

Cecilia Draghi | [cdraghi@de.fcen.uba.ar](mailto:cdraghi@de.fcen.uba.ar)



***Diminutos y, muchas veces, invisibles al ojo humano, los hongos conviven a diario con el hombre. Mejor dicho, estamos rodeados por ellos. Todas las ventajas y desventajas de una relación compleja.***

“No pasa un minuto de la vida del hombre que no esté relacionado con los hongos”, aseguran desde el Laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de UBA. Estos seres están en todos lados: en los dedos de los pies, en el pelo con la caspa, en las mucosas protegiendo la entrada de microorganismos dañinos, o, a veces, en algunos órganos como el pulmón y causan gravísimas enfermedades. Otro tanto ocurre en las plantas, algunos hongos las atacan y otros, por el contrario, las defienden de las plagas. Casi a diario se hallan presentes en la mesa cotidiana, porque se usan para fabricar quesos, pan, vinos o cerveza; o directamente en un plato, como en el clásico lomo al champiñón. También remedian el ambiente, pues se los emplea para eliminar hidrocarburos o tóxicos industriales.

Casi resulta imposible no toparse con ellos. “Después de los insectos, los hongos son los que muestran mayor cantidad de especies en el mundo. Existen alrededor de 1,5 a 1,8 millones, de los que sólo se conocen 80 mil”, precisa el doctor Daniel Cabral, profesor de la FCEyN e investigador del Conicet. Muchos son de tamaño diminuto, hasta microscópico. Pero también están aquellos que resulta imposible no ver. “Hay hongos de sombrero de un metro de diámetro. Son casos raros”, pre-



cisa el especialista, desde la Ciudad Universitaria.

Los hongos, como protagonistas, han acaaparado varios capítulos de la historia universal. Es que a mediados de 1840, uno de ellos acabó con los cultivos de papa en Irlanda, y también con parte de la población, que descendió considerablemente. “Al menos un millón de habitantes murieron por inanición y enfermedades; y un millón y medio de los que encontraron la forma de abandonar la isla, emigraron principalmente a los Estados Unidos y Canadá”, indica G. Schumann en su libro “Plant diseases: their biology and social impact”.

¿Por qué los ingleses toman té y no café? En una de sus colonias, la isla de Ceylan, hoy sinónimo del té, fue, sin embargo, conocida en el pasado por sus cafetales, pero como estas plantaciones fueron apestadas por un hongo, entonces debieron cambiar de cultivo.

“Los famosos juicios a las brujas de Salem, en 1692, en Estados Unidos, también se relacionan con unos hongos habituales en el centeno, que producen intoxicación y causan alucinaciones, que eran calificadas de brujerías. El pan de centeno era el alimento básico de las clases más humildes”, relata, en base a testimonios históricos, la doctora Silvia Edith López, del mismo laboratorio. De hecho, así como el centeno, si no está bien almacenado, puede ser dañado por las toxinas de un hongo, lo mismo ocurre en otros numerosos alimentos, desde cereales, frutas, verduras, lácteos y hasta la carne, que pueden ser atacados en el campo, en el transporte o en el almacenamiento.

“Entre el 5 y el 10% de la producción mundial de alimentos se ve afectada por este problema, cifra que coincide con apreciaciones realizadas por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la

Agricultura y la Alimentación)”, destacan los doctores Cabral y Graciela Vaamonde, del Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la misma casa de estudios.

Por este motivo, numerosas investigaciones enfocan este problema. “Nosotros analizamos muestras de granos de silos o de alimentos elaborados, para detectar toxinas provocada por hongos, que en caso de acumularse en el hígado u otras partes del cuerpo del hombre y de los animales pueden, con posterioridad, producir tumores o cáncer, según estudios realizados”, indica el doctor Cabral.

Si bien en cualquier etapa de la producción de alimentos, los hongos pueden fermentar, decolorar, desintegrar o acidificar, -en otras palabras, alterar los nutrientes hasta tornarlos inadecuados para el consumo-; en otras ocasiones, resultan más que beneficiosos, como ocurre en la región pampeana de la Argentina donde hallaron una sociedad natural con pastos nativos, como *Bromus auleticus*. “Con los hongos (*Neotyphodium*), las plantas crecen más, muestran más resistencia a la sequía y a los insectos, e incrementan la producción de semillas, su germinación y la capacidad de rebrote”, enumera el biólogo Cabral, junto con los doctores Leopoldo Iannone y Victoria Novas. Por su parte, los pastos le aportan nutrientes, como los hidratos de carbono, que no pueden ser producidos por el hongo.

Lejos de esta mutua colaboración o mutualismo, este mismo hongo combinado con otras especies como *Festuca arundinacea* o festuca alta muestra casos menos afortunados. Es que estos seres diminutos producen alcaloides, tóxicos cuando son ingeridos por el ganado a los que les puede producir “festucosis”, un trastorno característico por la pérdida de apetito, de producción de leche y fertilidad, entre otros.

### Salsa letal

¿Qué aceleró el ascenso de Nerón en Roma? *Amanita phalloides* puede ser la respuesta. Es que unos gramos de este hongo letal parecen haber acabado con uno de los hombres más poderosos del Imperio Romano. “Claudio César, el antecesor de Nerón en el trono, era muy afecto a consumir hongos, y al parecer, su esposa Agripina mezcló entre los comestibles uno mortal, *Amanita phalloides*, y murió envenenado”, comenta la doctora López.

Hoy, dos mil años después, este hongo sigue cobrándose víctimas. En 2008, falleció una mujer en la localidad bonaerense de Lomas de Zamora. “Se presume que se debió a una de las especies más tóxicas y mortales, *Amanita phalloides*, que brota de febrero a junio, porque es una época en que se combinan días fríos y cálidos, y esto favorece la propagación”, indica Cabral, a cargo del Servicio de Identificación de Hongos Tóxicos de esta facultad (Ver recuadro “¿A dónde...?”). A diferencia de otros hongos, que a poco de comerlos producen malestar estomacal, vómitos y diarrea, éstos causan síntomas a más largo plazo, entre 10 a 12 horas. “Luego, la persona registra una mejoría, lo cual confunde más el cuadro, pero finalmente muere”, subraya.

Por cierto, no es el único. En la Región Pampeana, Buenos Aires y sus cercanías, se conocen alrededor de 25 especies de hongos venenosos. “El que produce el mayor número de intoxicaciones es *Chlorophyllum molybdites*, conocido como hongo sombrilla. Es muy similar a uno que es muy rico y comestible. Si bien no es mortal, provoca trastornos gastrointestinales que pueden deshidratar a las personas mayores de edad, quienes -en general- acostumbran a recolectarlos y cocinarlos”, ejemplifica.



En el parque Pereyra Iraola, en Ezeiza y San Miguel del Monte los peligrosos crecen mezclados junto con los comestibles. “Si no se los sabe identificar, mejor no recogerlos”, advierte, a la vez que descarta falsas creencias: “Un mito señala que cuando se cocinan los hongos debe colocarse un anillo o cadena de plata, que si se oscurece es porque es tóxico. Esto es incorrecto”.

### Árboles porteños

En ocasiones, los hongos son indicadores del estado de salud de los árboles, y sirven para calcular la probabilidad de su caída. Por este motivo, una muestra representativa de los 35 mil plátanos porteños fue puesta

#### ¿A dónde recurrir?

Si luego de comer hongos aparecen malestares gastrointestinales, no dude en consultar al médico y llevar muestras de la comida que quedó, así como evidencias de la descompostura -vómito o defecación-. También conviene observar si donde se recolectaron los hongos existen otros para su análisis. Si es así, “escarbe con un cuchillo para sacar entera la base del hongo, dado que muestra ciertas características esenciales para determinar si es o no tóxico. Una vez extraído, colocarlo en una bolsa de polietileno o papel y mantenerlo en la heladera hasta ser llevado a analizar”, aconseja el doctor Daniel Cabral, desde el Servicio de Identificación de Hongos Tóxicos (FCEN-UBA) que funciona durante las 24 horas y de modo gratuito a toda la comunidad. ¿Cómo comunicarse? De lunes a viernes al 4787-2706 o al conmutador 4576-3300 interno 419. Los fines de semana, al 4576-3324.

bajo el microscopio. “Los hongos xilófagos, que se alimentan de la madera, constituyen un peligro silencioso, porque atacan el fuste (tronco), las ramas o las raíces del árbol, y sólo se observan a simple vista cuando ya es demasiado tarde. La idea es adelantarse mediante estudios de laboratorio para determinar si constituyen o no un objeto de riesgo para la ciudad”, señala la doctora López, a cargo de esta investigación en colaboración con Carolina Robles y con el acuerdo del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

El Microcentro, un área residencial típica (Zona Norte) y un área residencial con talleres e industrias (Zona Sur) fueron los sitios elegidos para tomar muestras. “En cualquier ciudad, los árboles están fuera de su ámbito natural, y en desventaja. Las veredas lo aprisionan, sus raíces se topan con caños o escombros y sufren la contaminación. Estas situaciones de estrés los hacen susceptibles al ataque de hongos como los xilófagos”, indica López. Los primeros resultados del estudio sorprendieron. “Suponíamos que en el Microcentro estarían más deteriorados que en las zonas residenciales, y es al revés”, precisa.

Se detectaron y analizaron siete especies distintas de hongos xilófagos. Una de ellas, en tres meses degradó la madera a punto tal que redujo en un 24% su peso. Cuando se termine de procesar la información, se tendrá un panorama detallado de los plátanos porteños, que después de los fresnos son los ejemplares más plantados en la ciudad. Con estos datos “se intenta conocer el promedio de expectativa de vida de los árboles enfermos para contribuir a un programa de gestión del arbolado público”, anticipa.

### Poderoso el chiquitín

A unos pasos del lugar de trabajo de la doctora López, se encuentra el Laboratorio de Micología Experimental donde se estudian los hongos xilófagos desde otra perspectiva: la de biorremediación, es decir, la degradación de compuestos altamente tóxicos, como las tinturas industriales, el cancerígeno PCB -que se emplea en los transformadores eléctricos-, o los hidrocarburos aromáticos policíclicos y contaminantes que se generan en la industria del papel. Ya han obtenido resultados.

“En nuestro laboratorio, un aislamiento nacional de *Trametes trogii* ha sido capaz de degradar casi completamente mezclas de PCBs y de hidrocarburos aromáticos policíclicos, y un amplio rango de tinturas industriales”, aseguraron las doctoras Flavia Forchiassin y Laura Levin.

Desde hace más de diez años, este equipo estudia los hongos nativos para darles aplicaciones biotecnológicas. Es una apuesta fuerte a disminuir el daño de productos contaminantes generados por el hombre, con recursos naturales y accesibles. “Lo bueno de trabajar con hongos es que crecen fácilmente, sobre cualquier sustrato vegetal, de modo que también resulta muy barato cultivarlos”, especifica Forchiassin, al tiempo que advierte que, tras los exitosos resultados en PCB, “hasta ahora los ensayos se hicieron a escala laboratorio, falta llevarlos a una escala real”. Por cierto, ese paso lo pueden hacer junto con los interesados particulares.

“Estamos tratando de buscar modos más amigables ecológicamente para lograr, con el uso de hongos, una disminución de productos químicos contaminantes en el proceso de producción de la industria papelera”, puntualiza Levin. Por otra parte, en las tinturas industriales han hallado que *Coriolus versicolor* var. *antarticus* posee una muy buena capacidad decolorante. “En una hora, cultivos enteros degradan y detoxifican una variedad de colorantes”, coinciden en señalar.

Rodeados por estos diminutos seres que han acabado con millones de vidas, y salvado otras tantas, como el *Penicillium* que permitió crear el primer antibiótico, la penicilina; los hongos acaparan la atención de los científicos interesados en descifrar su mundo. |

La enseñanza de contenidos geológicos en la escuela media.

# Viaje al centro del concepto de planeta Tierra

CIENCIAS NATURALES

10

PLANETA TIERRA

Capítulo

## Contenidos

- Estructura de la Tierra
- Subsistemas terrestres
- Rocas y minerales
- Terremotos y volcanes
- Movimientos de la Tierra
- Día y noche.
- Estaciones del año
- Los planetas



Por Guillermo Mattei, gmattei@df.uba.ar

**La última reforma de los Contenidos Básicos Curriculares de la escuela media incluyeron a las Ciencias de la Tierra. Sin embargo, en la compilación de los nuevos manuales áulicos, no participaron geólogos, ni paleontólogos, ni científicos de la atmósfera y de los océanos.**

**¿Resultado?, una considerable propagación de conceptos confusos o erróneos. El profesor de la FCEyN José Sellés Martínez delinea un mapa de los principales malos entendidos en la enseñanza de temas geológicos.**

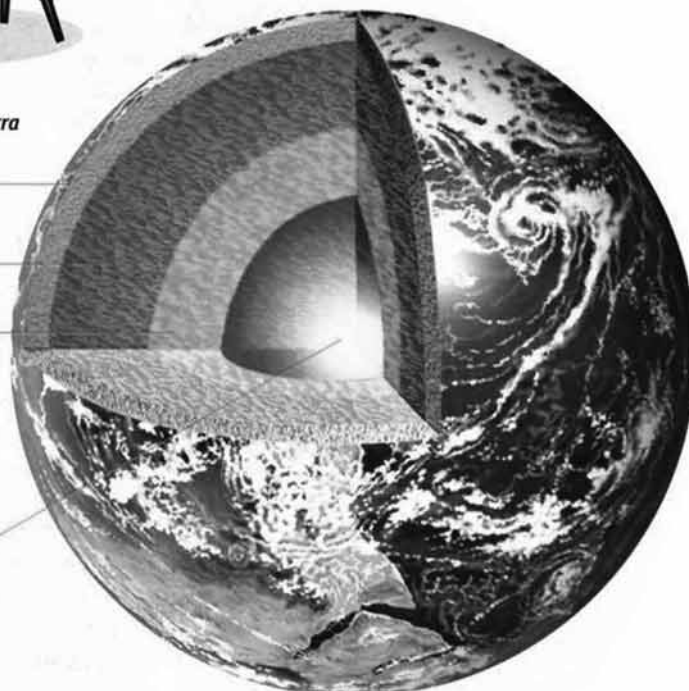
## Estructura de la Tierra

CORTEZA: 32 KM  
(PROMEDIO)

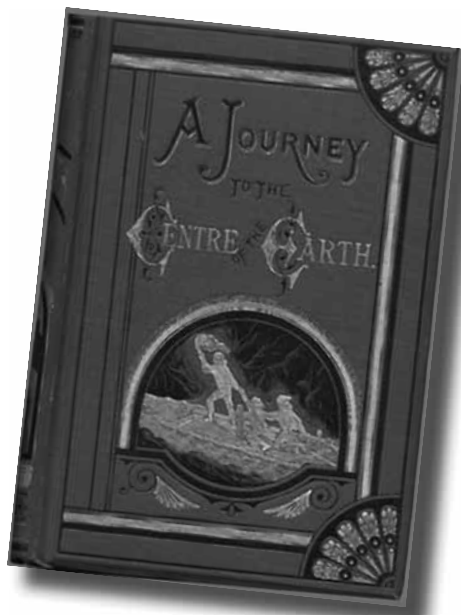
MANTO:  
2.900 KM

NÚCLEO  
EXTERNO:  
2.250 KM

NÚCLEO  
INTERNO:  
1.280 KM



Uno. La etiqueta de una popular marca de agua mineral, que se vende principalmente al sur de la Provincia de Buenos Aires y que, al menos originalmente, se obtenía de un pozo surgente a más de 600 metros de profundidad y a una temperatura de 60 grados, incluye una ilustración que muestra al reservorio natural del agua como una gran cisterna subterránea. También se reconocen en el dibujo unas capas de arena y arcilla intercaladas a diferentes profundidades, por sobre la gran cisterna, definidas por una leyenda como *arena acuífera blanca*, lo que enfatiza contradictoriamente el hecho de que el agua que se envasa no está contenida en una capa acuífera —*acuífero* significa justamente “que porta agua”— sino en la enorme cavidad por debajo.



Julio Verne, autor de la novela "Viaje al centro de la Tierra".

Dos. El aviso en un diario está acompañado de un gráfico en el que se muestra a un obrero del petróleo clavando una pala en el suelo debajo del cual, a una profundidad de unas tres veces el tamaño del hombre, se extiende, también en este caso, una cisterna repleta del valioso fluido.

Tres. Otra publicidad describe las virtudes de un vehículo todo terreno y lo compara con "un diamante en bruto", ilustrando la idea con la imagen de un brillante semisumergido en el fango.

Pero los fluidos tales como el agua, el gas o el petróleo no se encuentran almacenados en vastas cavidades o cisternas subterráneas, ni los diamantes en bruto exhiben igual cantidad de facetas que aquellos tallados por un artesano.

Las anteriores son tres muestras, más o menos excusables, de conceptos geológicos mal entendidos o erróneos que están instalados en la cultura general y que podrían ser, a juicio de los especialistas en el tema, el emergente de una estrategia errática en la enseñanza de las ciencias de la Tierra que, además, podría conducir a un peligroso analfabetismo geocientífico en ciudadanos que deberían participar, mediante su voto, en decisiones vinculadas al medio ambiente o la explotación de los recursos naturales.

### El manual de Julio Verne

"La inclusión, en los Contenidos Básicos Curriculares reformados de la escuela media, de temas anteriormente ausentes —geología, paleontología, ciencias de la

atmósfera y de los océanos— balancea auspiciosamente una situación surgida en la segunda mitad del siglo XX por la que primaba la identificación de las ciencias naturales exclusivamente con la biología. Sin embargo, la implementación práctica de la mencionada inclusión adolece de algunas dificultades que sólo podrían subsanarse con una mejor interrelación entre los científicos y la comunidad escolar", sostiene el profesor del Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN, José Sellés-Martínez.

Sellés-Martínez, miembro fundador del Centro para la Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias (CeFIEC) de la FCEyN y del Programa de Asistencia para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Aulagea), explica que, no habiendo en el aula bibliografía específica sobre las Ciencias de la Tierra, muchas veces se recurre a traducciones de libros de divulgación que, si bien incluyen atractivas ilustraciones, son poco rigurosos en los términos, las definiciones y los conceptos. Estos libros no plantean un itinerario lógico de comprensión de los temas, acorde al nivel educativo, sino que, simplemente, son meras presentaciones informativas que, muchas veces, hasta tienen un estilo literario suficientemente exagerado como para conspirar contra la correcta comprensión de los temas. Estos materiales comparten algunas características: los ejemplos tratados casi nunca son vernáculos (dado que se trata de traducciones), la terminología no es ni rigurosa ni consistente o las limitaciones de los modelos con que se intenta reproducir los fenómenos bajo estudio no son analizadas en profundidad.

Cuando un alumno lee: "...nos hallamos envueltos en una erupción volcánica, la fatalidad nos ha arrojado en el camino de las lavas incandescentes, de las rocas encendidas, de las aguas hirvientes, de todas las materias eruptivas; vamos a ser repelidos, expulsados, arrojados, vomitados, lanzados al espacio entre rocas enormes, en medio de una lluvia de cenizas y de escorias, envueltos en un torbellino de llamas..."; tiene muy claro que se trata del *Viaje al centro de la Tierra*, la clásica novela de Julio Verne.

Pero si el alumno lee: "Seguramente tu piensas que el suelo debajo de tus pies es sólido e inmutable, pero se mueve constantemente. El suelo que pisas es como una rebanada de pan flotando en una sopa densa que hierve. En otras palabras, el centro de la Tierra es un horno incandescente que funde las rocas y que hierve permanentemente con una fuerza tan impresionante que puede hacer temblar la superficie, levantar montañas y volcanes y lograr que los continentes choquen o se separen a medida que atraviesan las enormes corrientes de roca fundida que circulan debajo de la corteza terrestre", y a continuación: "Algunos científicos creen que, en el manto de la Tierra, la materia que hierve se sacude impulsada hacia la superficie por las altas temperaturas interiores y luego se enfría y se sumerge nuevamente. Este flujo circular de materia, denominado *celdas de convección*, vale para cualquier líquido. Debido a que el manto está compuesto por rocas sólidas, el flujo de subida y bajada es muy lento", podría recordarle la pluma del famoso Verne cuando, en realidad, se trata del texto de un popular



La litosfera, capa más externa de la Tierra, está formada por placas que se deslizan sobre el manto terrestre y se desplazan unas respecto de las otras. En la Figura, la placa oceánica se hunde bajo la placa continental (proceso de subducción).

libro de divulgación en el cual la exageración del estilo, las metáforas mal elegidas y los conceptos confusos, mezclados o erróneos conspiran contra el conocimiento que se pretende transmitir.

Sellés-Martínez explica que “el interior de la Tierra no puede ser comparado con un horno y el funcionamiento de las celdas de convección, tal como se las interpreta actualmente, estaría restringido sólo al manto, usar indistintamente *centro* o *interior* de la Tierra no es válido cuando se trata de estos temas”. El centro de la Tierra está ocupado por un núcleo cuya parte externa —compuesta principalmente por hierro y azufre— se comporta frente a las ondas sísmicas como un líquido, mientras que su parte interna —de hierro y níquel— lo hace como un sólido.

El manto se extiende desde la superficie externa del núcleo hasta la base de la corteza y, tal como indica Sellés-Martínez, “a pesar de lo que dice el texto mencionado, no hierve ni permanente ni esporádicamente” (Ver figura 1). La ebullición es el resultado de la liberación de vapores en el seno de un líquido, cosa imposible de ocurrir a las presiones reinantes a grandes profundidades, salvo cuando el magma proveniente de tales abismos alcanza las proximidades de la superficie terrestre. En este caso, tiene lugar una brusca liberación de gases que incluso puede producir explosiones catastróficas. “Salvo la parte exterior del núcleo —que, vale enfatizar, es líquida—, un pequeño porcentaje de material fundido en el manto y un reducido número de lugares específicos —denominados *cámaras magmáticas*— donde, circunstancialmente, puede acu-

mularse material fundido, la mayor parte del material que constituye el planeta es sólida”, remarca Sellés-Martínez

Cuando se calienta un líquido, tiene lugar un proceso de circulación de la masa líquida, por caminos más o menos cerrados, o celdas de convección. Las partes más calientes y livianas tienden a *flotar* y suben siendo reemplazadas por las partes más frías y pesadas, que se *hunden*. Estas corrientes, impulsadas por las diferencias de densidad, se conservan ordenadas mientras el líquido no hierva, es decir no comience a desprender partículas en estado de vapor, en cuyo caso el flujo pasa a ser caótico. Sin embargo, “es necesario aclarar que, por más comparables que sean las corrientes de convección en el manto con las que se generan en un líquido que se calienta, no son iguales”, expresa el geólogo, y agrega que “la dinámica del manto, en todo caso, es comparable al desplazamiento de los glaciares o del alquitrán asfáltico, materiales que, pese a ser sólidos y obviamente a no estar hirviendo, fluyen en forma casi imperceptible motorizados por su propio peso. Asimismo, Sellés-Martínez ilustra: “El manto es sólido pero, como muchos otros sólidos, puede deformarse plásticamente —sin fracturarse— mientras el proceso sea muy lento o técnica y coloquialmente hablando... ¡en tiempos geológicos!”.

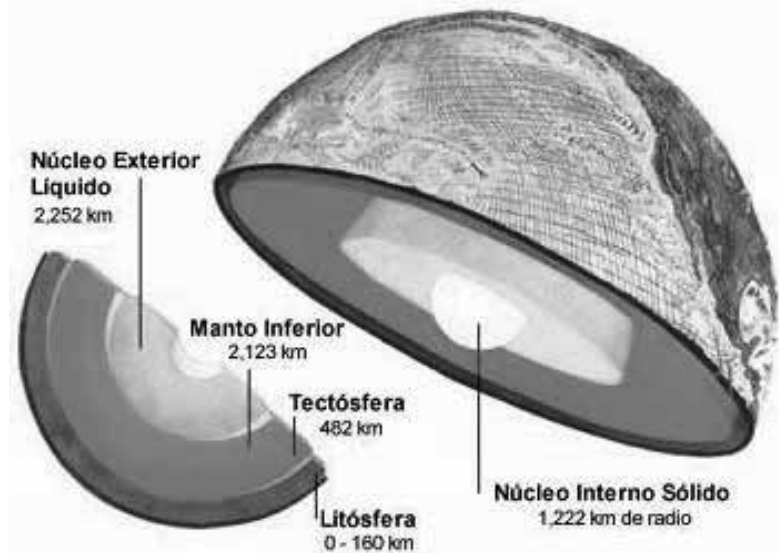
Muy a pesar de lo que transmite el manual que remeda a Verne, las corrientes de convección del manto tampoco levantan montañas, ya que éstas se originan generalmente por la colisión de dos placas litosféricas. Aún en el caso de las montañas de origen volcánico, el magma que genera las lavas

raramente procede del manto, ya que, en general, lo hace de cámaras magmáticas instaladas en la litosfera y aún en la corteza. Solo las lavas que forman las cordilleras centrooceánicas y algunas cadenas volcánicas asociadas a los denominados *puntos calientes* del planeta tienen su origen debajo de la litosfera. La mayoría de los volcanes se levantan a partir de material que es fundido dentro de la misma placa, pero no por el *horno* al que alude el manual, sino por la actividad de los materiales radiactivos que, al desintegrarse en sus isótopos, liberan calor. La penetración de las placas oceánicas por debajo de otras placas litosféricas transporta sedimentos ricos en agua a grandes profundidades y estos materiales con bajo punto de fusión, más los líquidos que los acompañan, facilitan enormemente la fusión de las rocas con las que se ponen en contacto (ver figura 2).

#### Casi naturaleza en escalas humanas

En el proceso de enseñanza-aprendizaje, particularmente en el de temas de ciencias de la Tierra, es frecuente el uso de modelos idealizados o construcciones concretas que facilitan la comprensión de una parte de los conocimientos o emulan un mecanismo natural con el objetivo de fijar sus conceptos claves. Específicamente, en lo que se refiere a la estructura y dinámica del interior terrestre, hay modelos materializados por medio de maquetas o ilustraciones diversas que, en principio, deberían ayudar a los alumnos a fijar ideas respecto a dimensiones, procesos y escalas temporales muy alejadas de la experiencia cotidiana. Sin embargo, el balance entre los aspectos de la realidad que necesariamente recortan estos modelos y el rigor de los conceptos que deben transmitir es muy delicado y, frecuentemente, el fiel se inclina desfavoreciendo a éstos últimos.

Por ejemplo, para ilustrar las ideas de la tectónica de placas es muy generalizado



El interior de la Tierra.

el recurso de usar recipientes llenos con líquidos más o menos viscosos que, al ser calentados, pueden mostrar la formación de las celdas de convección. La realización mecánica de estas demostraciones lleva necesariamente al alumno a la conclusión errónea de que el interior terrestre está completamente fundido. La idea de un manto líquido e hirviendo y el empleo de metáforas tales como que “las placas y las zonas de subducción flotan o bucean” conducen a esta errónea y muy difundida interpretación. El geólogo insiste: “la realidad es que el manto sólido fluye en tiempos geológicos, fundamentalmente, por la presencia de un pequeño porcentaje de material fundido disperso en su seno, lo cual no puede interpretarse como la existencia de un manto completamente líquido y en estado de ebullición”. Una argumentación adecuada, para acotar el alcance del modelo que se presenta a los alumnos, puede ser la de comparar el porcentaje de agua en el suelo de un jardín cuando se lo riega. El agua ocupa los poros o espacios vacíos entre las partículas que forman el suelo hasta un treinta por ciento de su volumen y, sin embargo, nadie jamás diría que ese suelo mojado sea un líquido.

Los errores frecuentes acerca del estado físico del manto se sustentan en dos factores diferentes. Por un lado, todas las referencias que los textos hacen a los volcanes implican que éstos se alimentan directamente del manto, a la vez que definen que el magma y la lava son roca fundida y, en consecuencia, se encuentran en estado líquido. Un alumno seguramente inferirá que si el magma y la lava son roca fundida y vienen del manto, entonces el mismísimo manto también tiene que estar fundido. Muchas veces las ilustraciones con áreas coloreadas de rojo en las zonas de mayor temperatura favorecen esta confusión.

Para evitar las malas interpretaciones a las que pueden inducir modelos tales como las maquetas con líquidos que bullen

como recurso para ilustrar la convección en el manto, habría que enfatizar que los modelos —tanto los científicos como los pedagógicos— no son “un trozo de naturaleza que cabe en el aula o en el laboratorio”, sino sólo una herramienta simplificada de procesos que por sus características distintivas, tales como tamaño, tiempos y complejidad, no pueden ser analizados directamente. “Es necesario ayudar a los alumnos a comprender estas diferencias y a tomar en cuenta tanto los puntos en los cuales el modelo coincide con aquello que intenta modelar, como ¡los puntos en los cuales no coincide! Así, evitamos que lleguen a conclusiones inapropiadas o proyecten características que son exclusivas de la naturaleza”, opina Sellés-Martínez.

Sellés-Martínez recomienda: “En los mismos párrafos de los manuales o en las referencias donde aparece el modelo de las corrientes de convección desarrolladas en un líquido que es calentado, habría que establecer claramente que el manto es sólido. Asimismo, es muy útil agregar algunas explicaciones sobre las características de materiales tales como las siliconas y el alquitrán, que se comportan como sólidos y hasta se rompen cuando se los martilla, pero que, si se espera lo suficiente, puede apreciarse cómo fluyen bajo su propio peso”. En otras palabras, es fundamental instalar la idea de que los sólidos también pueden cambiar su forma y fluir como lo han hecho, por ejemplo, los vidrios de las catedrales medievales.

### Derribando malos entendidos

Sellés-Martínez concluye que sería muy

auspicioso que los docentes adoptaran una batería de medidas pedagógicas para eludir los malos entendidos más difundidos. A saber:

enfatizar las diferencias de escalas de espacio y tiempo y de geometría entre los modelos que se emplean en el aula y los fenómenos y procesos de la naturaleza. Explicar que, en ciencia formalizada, los modelos son necesariamente limitados y no reproducen exactamente toda la realidad. Aclarar que la materia sólida puede presentar poros llenos de fluidos y que éstos modifican drásticamente sus propiedades. Establecer los significados y las diferencias entre *sólido seco*, *sólido húmedo*, *parcialmente fundido* y *totalmente fundido*. Explicar que el manto sólido puede fluir en los tiempos geológicos y que también hay una proporción adecuada de fluidos en su interior. Enfatizar que, si bien los materiales pueden alcanzar su punto de fusión debido a las altas temperaturas, el manto no hierve. Aclarar que la inmensa mayoría de los terremotos no tienen relación directa con los movimientos de convección en el manto, y de ningún modo están vinculados a un inexistente estado de ebullición.

“Las ciencias de la Tierra merecen un espacio de mayor jerarquía en la enseñanza media y una planificación del sistema educativo que potencie la formación de los profesores y que, como en toda ciencia, privilegien el desarrollo de pensamiento crítico frente a la mera acumulación de datos”, opina Sellés-Martínez.

El viaje al centro del concepto del planeta Tierra debe involucrar cada vez a más aventureros del conocimiento. |



*Responde el doctor Alberto Tomás Caselli, Investigador del Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN.*

## ¿Qué es un volcán?

La corteza terrestre está dividida en numerosos fragmentos denominados placas, que están en movimiento y cuya forma y tamaño cambian continuamente. Estas placas pueden abarcar un continente entero, más un área grande de suelo oceánico (por ejemplo, la placa Sudamericana). Éstas se mueven a velocidades muy lentas pero continuas, de unos pocos centímetros por año. Este movimiento está impulsado, en última instancia, por la desigual distribución del calor dentro del planeta. Los dificultosos movimientos de las placas terrestres generan los terremotos, crean los volcanes y deforman grandes masas de roca transformándolas en montañas.

Un volcán es simplemente una grieta, fisura o abertura por la cual, desde las profundidades, sale el magma a la superficie, ya sea en forma de lava, de nubes de ceniza, de nubes ardientes, o de explosiones de gases y vapor de agua,

pero también como bombas incandescentes, según el tipo de volcanismo que entra en acción en cada caso particular.

Las características de cada erupción volcánica dependen de la composición del magma que la origina y de la manera cómo llegan a la superficie de la Tierra y son expulsados los materiales volcánicos, además de otros factores que condicionan las características de cada erupción. El magma es roca fundida que se encuentra en la parte interna del volcán, en sus raíces, y que, al alcanzar la superficie, pierde parte de los gases que lleva en solución.

Lava es el magma o material rocoso “nuevo”, líquido o sólido, que ha sido arrojado a la superficie. Comúnmente, las lavas recién emitidas se encuentran en el rango de temperaturas entre 700 ° C y 1200 ° C, dependiendo de su composición química.

## ¿Por qué el helado no tiene olor?

El helado está compuesto principalmente por agua, jarabes de maíz o azúcar, saborizantes, emulsionantes (proteínas), estabilizantes (polisacáridos), sales minerales y grasas. Como vemos, el helado es un alimento altamente complejo. Las grasas de la leche son las que le confieren su textura suave y característica. Un dato curioso es que entre el 20 % y 50 % del volumen del helado está formado por aire introducido en las primeras etapas del proceso de congelamiento.

Desde el punto de vista físico-químico, el helado posee una estructura coloidal, donde burbujas de aire y cristales pequeños de hielo están dispersados en una fase líquida formada por agua y glóbulos de grasa. Esta estructura coloidal es la clave del sabor del helado, ya que influye en la manera en que se liberan los *flavors*, mezcla de compuestos volátiles con olor y sabor. Estos compuestos pueden provenir de ingredientes naturales (como la frutilla) o de extractos o compuestos sintéticos agregados que se utilizan para darle el aroma y el gusto al helado.

Ahora bien, ¿por qué no olemos esos *flavors* cuando nos tomamos un helado? La respuesta a esta pregunta está relacionada con dos factores. Por un lado, el helado se fabrica a muy bajas temperaturas, por lo que la presión de vapor de estos compuestos volátiles se ve muy disminuida. Otra

situación en que no sentimos olor es cuando abrimos la puerta del freezer y olemos nuestros alimentos congelados.

Por otro lado, la liberación de los *flavors* al aire depende de las interacciones intermoleculares que existen entre las moléculas de los *flavors* y los otros componentes no volátiles del helado (grasas, proteínas y azúcares). Es decir, existe un efecto del medio o de la matriz en la liberación de estos compuestos. Por ejemplo, en soluciones azucaradas, las moléculas más polares, que son solubles en agua (por ejemplo alcoholes o ésteres pequeños), suelen ser más volátiles que las menos polares, que son poco solubles en agua debido a su estructura química. La mayoría de las moléculas que forman los *flavors* son parcialmente solubles en las grasas; con lo cual, un mayor contenido graso en el helado, produciría una liberación más lenta de esos compuestos. Además, las propiedades estructurales de la emulsión y las propiedades viscoelásticas de la matriz también influyen en la retención o liberación de estos compuestos volátiles.

Resumiendo, la volatilidad de los *flavors* disminuye fuertemente con la disminución de la temperatura; y también disminuye cuanto mayor sea el contenido graso y de azúcares en el helado.



*Responde la doctora María Eugenia Monge, investigadora en el Laboratorio de Arreglos Multisensoriales, del Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física*





## ¿Por qué estornudamos?

El estornudo –una explosión súbita, forzada e involuntaria de aire a través de la nariz y la boca– se produce cuando, a través de los pelos de la nariz ingresan partículas extrañas o estimulantes externos que irritan la mucosa nasal y algunas de las células que componen a esta última, como los mastocitos, liberan histaminas, sustancias que activan los vasos sanguíneos. Las histaminas irritan, a su vez, a las células nerviosas presentes en la mucosa, que envían estímulos al cerebro. Éste responde con señales que abren la cavidad nasal de modo de producir una tremenda expulsión de aire y biopartículas. Se estima que el aire expulsado alcanza los 150 km /hora, lo que se atribuye al hecho de que no sólo intervienen la boca y la nariz, sino también los músculos de la cara, la garganta y el pecho.

Entre las causas del estornudo se encuentran la alergia al polen, al moho, a la caspa, al polvo, al aire frío y a la pimienta; la inhalación de corticosteroides (en ciertos aerosoles nasales); la abstinencia a las drogas; los irritantes nasales como el polvo y los talcos. También el sol causa estornudos en algunas personas, lo cual estaría vinculado al bagaje genético. Pero las causas más preocupantes se vinculan a los virus, como el resfriado común, la gripe y las infecciones de las vías respiratorias altas, entre otros.

Antiguamente el estornudo se asociaba a los deseos de los dioses o a la actividad del demonio, pero siempre se ha vinculado a la idea de enfermedad. Es por eso que existen fórmulas de buenos deseos para la persona que estornuda, como el *God bless you!* o ¡Salud! entre nosotros. En verdad, el estornudo de un individuo enfermo puede ser peligroso no sólo para las personas cercanas, sino también para las lejanas, ya que, en algunos casos, los conductos de ventilación del aire acondicionado de laboratorios u oficinas pueden llevar muy lejos a los gérmenes expulsados por un individuo. Hay casos documentados de contagio a distancia del bacilo de la tuberculosis.

La transmisión de enfermedades infecciosas por medio del aire puede ocurrir de maneras distintas. Por un lado, los microorganismos expelidos por la boca o la nariz en forma de gotitas húmedas pueden

llegar directamente a la mucosa de una persona cercana, o ser llevadas a mayor distancia por corrientes de aire. Por otro lado, las gotas que caen al suelo, o a la superficie de un objeto, se secan y, cuando esas superficies son limpiadas, se forman nubes de partículas que se levantan en el aire infectando a las personas cercanas. Se estima que cada estornudo contiene unas 40 mil gotas, y el tamaño de cada una varía entre 0,4 a 5 micrones.

### Los virus viajan en el estornudo

Los virus, pequeñísimos y malignos, no son seres vivos, discuten algunos, pero hacen gala de una gran inteligencia. Los rinovirus o virus del resfriado común; los coronavirus; el virus respiratorio sincicial, que causa bronqueolitis en niños pequeños; la rubéola; los virus de la gripe humana y aviaria; los paramixovirus como el del sarampión; y el de la varicela, del grupo herpes, se transmiten por aerosoles. Tienen la propiedad de permanecer infectivos por horas o días dentro de las gotitas en donde fueron expulsados y esperar la aparición de un huésped susceptible en el cual seguir nuevos ciclos reproductivos, que se repetirán indefinidamente hasta que se acaben los hospedadores susceptibles, ya sea por inmunidad natural, o adquirida mediante vacunación.

Los virus son expulsados de la mucosa nasal donde multiplican en gotas grandes cuyo tamaño es mayor a 5 µm, conocidas con el nombre de gotas de Pflügge. Estas gotas son pesadas y caen al suelo, no tienen largo alcance, pero son fundamentales en el ciclo de infección de los virus nombrados. Es que, a pocos días de iniciarse la infección, las partículas virales se cuentan por millones en la mucosa respiratoria; la tos y el estornudo las envían hacia otros destinos.

Conviene alejarse de los estornudos aunque los produzca la pimienta o el rapé, la persona que estornuda puede albergar en su tracto respiratorio microorganismos patógenos sin saberlo (es un portador sano), y ahí estamos nosotros, a un paso de enfermarnos, y muchas veces nos preguntamos: ¿de dónde diablos saqué esta peste?



*Responde la doctora Celia E. Coto, profesora consulta de Virología en el Departamento de Química Biológica de la FCEyN.*



# Premio Pellegrino Strobel

El premio Pellegrino Strobel, una de las distinciones más antiguas que otorga la Universidad de Buenos Aires (UBA), y recibido por señeras figuras de la geología, correspondió este año a Milka Kronegold de Brodtkorb, una destacada científica de 76 años que sigue dando clase semana a semana en Exactas, además de continuar con sus investigaciones.

“Es muy importante que este premio lo haya obtenido antes la doctora Mórtola. Ella fue profesora mía en el secundario y, en parte, le debo haber elegido esta carrera.

Después volví a tenerla en segundo año de la Facultad, y fue quien me transmitió un enorme entusiasmo por la mineralogía”, aseguró Brodtkorb. Cabe aclarar que Edelmira Tórtola (1894-1973) fue la primera mineralogista argentina y gran impulsora de esta disciplina. Actualmente lleva su nombre el Museo de Mineralogía de la Facultad. “Recibir el mismo premio que ella me llena de orgullo”, agregó, a poco de tener la distinción en sus manos, el pasado 7 de julio. Esta fecha no es casual sino que recuerda la primera clase de enseñanza de geología en la UBA, que tuvo lugar en 1865 y estuvo a cargo

del reconocido profesor de la Universidad de Parma, el doctor Strobel.

En su dilatada trayectoria, Brodtkorb tuvo el honor de que un nuevo mineral lleve su nombre. Se trata de la *brodtkorbita*. Ella recuerda cómo fue su descubrimiento. “Estábamos trabajando con un colega de Salta y un geólogo austríaco que contaba con una microsonda electrónica, un dispositivo que no existe en el país, y que permite determinar la composición química de partículas de apenas un micrón. Y bueno, logramos detectar dos nuevos minerales, y uno llevó mi nombre”, relató.



## Ciencias de la Atmósfera cumple 50 años

En febrero de 2008 se cumplieron 50 años de la creación del actual Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. En febrero de 1958, siendo Rolando García decano de Exactas, se creó el Departamento de Meteorología como centro de enseñanza e investigación de las diferentes ramas de las ciencias meteorológicas. Ese mismo año, la Organización Meteorológica Mundial designó al Departamento como *Centro de Formación Profesional para Latinoamérica*. Fueron numerosos los estudiantes latinoamericanos que se formaron en este departamento, y muchos de ellos luego se desempeñaron como directores de los servicios meteorológicos en sus respectivos países.

Pero la historia de la meteorología se remonta a comienzos de la década del 40, cuando en el país sólo había unos pocos meteorólogos extranjeros provenientes de Europa después de la Segunda Guerra Mundial. En 1948, se fundó la Escuela Superior de Meteorología de la Nación en el ámbito del Servicio Meteorológico Nacional. En 1952 se creó la especialidad en la FCEyN y la puesta en marcha de la carrera se produjo en abril de 1953. “La Argentina fue el primer país de habla hispana que llevó a la universidad la formación de profesionales en el campo de la meteorología”, afirma la doctora Susana Bischoff, investigadora del Departamento. Cuatro

años después, en 1957, el Decano Interventor de la FCEyN, el ingeniero José Babini, designó una comisión integrada por los profesores Rolando García, Manuel Olascoaga y Héctor Grandoso para organizar el Departamento de Meteorología en el ámbito de la Facultad, que se crearía al año siguiente.

El actual Departamento de *Ciencias de la Atmósfera* (así denominado desde 1989) es el único centro de docencia e investigación universitaria del país en ciencias de la atmósfera y oceanografía, y concentra la mayor cantidad de investigadores en la disciplina de la Argentina.

# Distinción a una trayectoria

Doctora en Química y especialista en Toxicología, la profesora Josefina María Tomio fue premiada con la Mención al Mérito por su “su meritoria trayectoria nacional e internacional en el campo de la docencia e investigación en Higiene y Seguridad en el Trabajo”. La doctora Tomio dirige esta carrera de especialización en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales desde 1992. “Ésta es una especialidad aplicada que integra diversas disciplinas y múltiples aspectos de las ciencias exactas, las sociales, las ciencias de la vida y también la ingeniería”, define Tomio, que es miembro fundador de la Sociedad Toxicológica Argentina.

La creación de la carrera, en 1981, respondió a la necesidad de capacitar a universitarios con sólida formación en química, medicina e ingeniería. De esta manera, “formamos recursos humanos capacitados científicamente y técnicamente, y que están aptos para su inserción en la industria, en la educación, en la investigación, y para cumplir funciones en foros nacionales e internacionales donde se discuten y proponen normativas”.

Por año cursan la carrera entre 25 y 35 alumnos, que pueden ser profesionales

químicos, médicos o ingenieros. “Actualmente, un número considerable de graduados de nuestro posgrado ejerce funciones en diversos organismos públicos, como el Ministerio de Salud, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, la Superintendencia de Riesgos de Trabajo, el INTA, el INTI, la CONEA, el Conicet, la ANPCyT. También en hospitales públicos y privados, en universidades privadas y del exterior, por ejemplo, de Perú, Colombia, Italia y Suiza”, enumera Tomio, con orgullo. También han cursado profesionales de decenas de industrias privadas, como Ford, Unilever, Siemens, Minetti, entre otras, al igual que personal de industrias farmacéuticas, alimentarias y textiles.

Tomio asegura que la buena inserción de los especialistas reside en la excelente formación que brinda la carrera. Ella, además de dictar Toxicología laboral, asiste a las clases de otros docentes, supervisa el dictado e implementa cambios cuando cree que el nivel no es el adecuado. “Cuando detectamos alguna deficiencia, tratamos de resolver la brecha. Yo me involucro mucho en resolver los problemas”, concluye.

# Olimpiadas de Física

Con el objetivo de profundizar los vínculos entre el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y las escuelas medias, en el Aula Magna del Pabellón I de la Ciudad Universitaria se desarrolló la segunda edición de la Olimpiada Metropolitana de Física.

En la competencia pueden participar hasta diez estudiantes por colegio secundario, y la prueba se desarrolla en dos niveles, inicial y avanzado. Los alumnos pueden utilizar calculadoras -siempre y cuando no sean programables-, y deben tratar de responder treinta preguntas de opciones múltiples.

Además de participar en la “justa científica”, los estudiantes visitan los distintos laboratorios del Departamento de Física y asisten a charlas de divulgación, en una jornada que se extiende a lo largo de ocho horas. Es que, más allá de la competencia, esta experiencia pretende contribuir a que los estudiantes y los docentes secundarios puedan conocer las actividades que se realizan en el marco del estudio de esta ciencia en la Facultad, y a despertar la vocación de los alumnos por la física.

Una vez corregidas las pruebas, se entregaron los certificados para los ganadores de los primeros, segundos y terceros premios, para ambos niveles. Además, se otorgó un diploma especial para los alumnos que obtuvieron los máximos puntajes en cada nivel. Ellos fueron: Joaquín Rago Méndez, del Colegio Nacional de Buenos Aires y Martín Pablo Mayo, de la Escuela Técnica N° 27 Hipólito Yrigoyen.

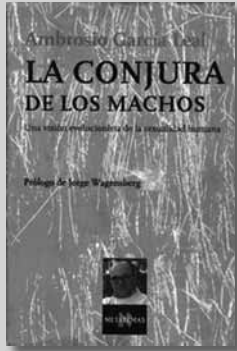
Según los organizadores, el primer balance de la experiencia indica que esta segunda edición fue mejor que la anterior, pues -afirman- creció la cantidad de escuelas y de chicos que participaron y, también, porque -explican- los puntajes obtenidos por los alumnos fueron mucho mejores que los del año pasado.

La organización de la jornada estuvo a cargo de Jacobo Sitt, Mariela Josebachulli, Federico Izraelevich, Mariano Marziali, Matías Goldín, Vladimir Rodríguez, Elisa Chiari, Quimey Pears Stefano y Rodrigo Lugones, todos ellos son profesores y alumnos del Departamento de Física, que colaboraron de manera absolutamente voluntaria.



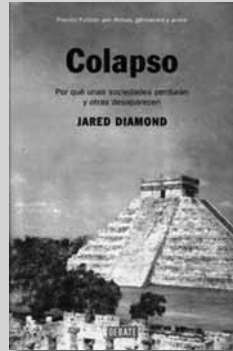
**La conjura de los machos**

Ambrosio García Leal  
Barcelona, 2005  
Tusquets, 380 páginas



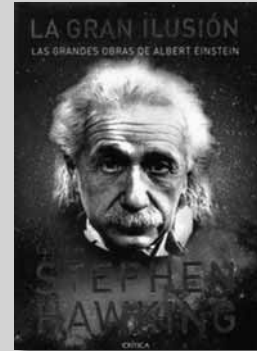
**Colapso**  
Jared Diamond

Barcelona, 2006  
Debate, 748 páginas



**La gran ilusión**  
Edición de Stephen Hawking

Madrid, 2008  
Crítica, 686 páginas



Se trata de un libro para lectores dispuestos a que les muevan el piso. En limpias diseciones, García Leal, le pasa la “yilé” a todos los asuntos espinosos que tengan que ver con la sexualidad humana.

Le hago una lista: los interrogantes sobre la anatomía de los sexos; sexo recreativo, sexo reproductivo; homosexualidad: genética o adquirida; violación: cultural o biológica; belleza: cómo y por qué evoluciona; elección de pareja; sistemas de apareamiento humano: monogamia, poligamia; fidelidad o adulterio; la crianza; la pornografía; y sigue la lista. Si usted pensaba que en todo esto ya había algún asunto cerrado, pues se equivoca, porque el autor refuta, con la solidez del argumento irrevocable, a cualquier paradigma en boga.

Agudo y mordaz, García Leal pasa revista a lo que ya se dijo sobre cada tema y no reconoce autoridades ni consensos. El libro es entretenido, vertiginoso. Pero no todo es caer en la nada: el paradigma central es sólido y el autor no se aparta un ápice: la evolución darwiniana y la cultural no se oponen. La nueva forma de abordar la sexualidad humana genera cientos de respuestas y miles de preguntas... que -la mayoría- nunca antes nos habíamos hecho.

Jared Diamond no para de escribir. Y eso es bueno. El autor de *Armas, gérmenes y acero* nos plantea su obra más ambiciosa: un recorrido explicativo sobre el destino final de decenas de sociedades de todo tiempo y lugar.

Tal vez usted pensaba que la historia de los pueblos quedaba inscripta por la suerte de sus líderes, o por las gestas de su gente, o por su derrotero político, o por el sesgo cultural. Y tal vez acierte... pero sólo en parte. En *Colapso*, se plantea la tesis de que hay factores fundamentales en la relación entre los pueblos y su medio ambiente, que determinan los acontecimientos de toda suerte y verdad.

¿Qué ocurrió con los míticos habitantes de la Isla de Pascua?; ¿a dónde se fueron los mayas?; ¿por qué se frenó la expansión vikinga?; ¿cómo hace China para sobrevivir a los tumbos?; en qué encrucijada se encuentra Ruanda, en cuál Australia? ¿Y la sociedad occidental, y el mundo entero?

Diamond escogió numerosos ejemplos de la historia universal, y de la acuciante actualidad, y en cada caso vuelve a encontrarse con los mismos motores del destino, los mismos denominadores comunes. Antes de cada colapso hubo siempre un momento de esplendor, invariablemente seguido de un error fatal. Alguna vez ¿aprenderemos la lección?

Stephen Hawking, que de divulgación científica algo sabe, ha compuesto esta recopilación de escritos de Albert Einstein, el mayor científico del siglo XX, y, tal vez, de todos los tiempos.

Este libraco, de excelente presentación y encuadernación, tiene tres niveles de lectura. Aquellos lectores que poseen lectura algebraica diferencial podrán aprovechar todos los escritos del genio, y vivenciar todos los vericuetos de la derivación de esas ideas que cambiaron nuestra visión del universo.

Quienes posean una lectura algebraica clásica podrán saltar varias derivaciones sin dejar de comprender el derrotero del pensamiento y alcanzar las mismas -asombrosas- conclusiones.

Y quienes no lean el discurso algebraico todavía tienen páginas y páginas (la mayor parte del libro) para disfrutar de todas las discusiones sobre el sentido de las aportaciones de Einstein, hechas por él mismo.

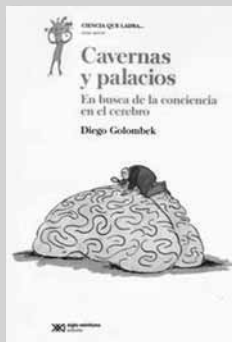
A diferencia de otras recopilaciones recientes, *La gran ilusión* abarca únicamente -pero con generosa dedicación- el pensamiento científico, la concepción universal y la epistemología de la Física. Se trata de una obra de consulta obligada, infaltable en la biblioteca de todo recinto académico ligado a las ciencias duras, y un tesoro de la humanidad.

**Cavernas y palacios**  
**En busca de la conciencia en el cerebro**

**Diego Golombek**

Siglo XXI, 2008

Buenos Aires, 214 pág.



**Los mitos de la ciencia**  
**Leonardo Moledo**

Buenos Aires, 2008

Editorial Planeta, 288 páginas



**Galileo cortesano**  
**La práctica de la ciencia en la cultura el absolutismo**

Buenos Aires, 2008

Mario Biagioli Katz Editores, 485 pág.



Diego Golombek, uno de los más activos divulgadores de la ciencia en la Argentina nos regala esta joya de la psicología: *Cavernas y palacios*. El título alude a una metáfora de San Agustín en el sentido de que la memoria parece residir en cavernas oscuras y palacios iluminados. Siglos antes del psicoanálisis, San Agustín entendió que podría haber algo así como memorias “conscientes” e “inconscientes”. (El autor no hace un rescate del psicoanálisis, pero lo trata con puntilloso respeto).

Con su estilo inconfundible -saltimbanqui, lleno de guiños, metáforas, y chascarrillos-, Golombek guiará a los lectores por un breve recorrido por la historia de la búsqueda de la conciencia; los conducirá por los pilares centrales que la ciencia ha develado y ya no se discuten; para desembocar -por último- en los debates contemporáneos más ardientes y perturbadores.

Esta reedición -corregida y extendida, del original de 1999- incluye capítulos sobre la memoria, la moral y la ética, que en sintonía con el grueso del texto se recorren analizando experimentos y observaciones... que resultan sorprendentes cuando entendemos qué nos están diciendo.

Golombek, además de ser el director de la Colección “Ciencia que ladra”, es neurobiólogo y director de un grupo de investigación sobre cronobiología; posee una prosa florida, y no toca de oído.

Para Leonardo Moledo, la ciencia no se hace en los laboratorios, sino en los cafés. “La verdadera ciencia nace del barro”, dice Moledo. Y alude a la capacidad que tiene la palabra de parir la ciencia. Sin la palabra, sin la comunicación, se sabe, no hay ciencia. Y así, fiel a su pensamiento, el autor ubica el relato que da sustento a *Los mitos de la ciencia* en un café.

Con la inestimable compañía del vino, y ante una concurrencia atenta, el autor dialoga con el Comisario Inspector Díaz Cornejo, que lleva la voz cantante. Este personaje, familiar para los lectores del suplemento *Futuro*, tiene una idea algo peculiar sobre el delito. Éste, según él, sólo puede ser combatido mediante el mito. Uno de los mitos, precisamente, es el científico.

El relato de los mitos le sirve al autor para poner en evidencia que la ciencia no se mueve en línea recta de la oscuridad a la luz, sino que circula a los tropiezos por un camino sinuoso. Entre los diversos mitos que recoge el libro se encuentra el de la Tierra plana y el diluvio universal; el de las sustancias que nunca existieron, como el flogisto, el éter y el calórico; el de las tierras incógnitas, como la Atlántida; el de las ciencias esotéricas, como la alquimia.

Junto a Moledo y el erudito comisario, los lectores pueden seguir, de una manera amena y divertida, el tortuoso camino recorrido por el esfuerzo humano en su empeño por alcanzar el conocimiento y la verdad

Mario Biagioli es un viejo conocido no sólo en el área de la historia de la ciencia de la ciencia sino también de los estudios culturales. De formación erudita, que se retrata a partir de su escritura, el italiano profesor de Harvard le dedica este profundo y extenso libro a una instancia poco transitada: la influencia de la corte en el pensamiento y en las decisiones que delinearon la etapa más intensamente creativa de la vida de Galileo Galilei.

Biagioli analiza, a partir del marco general de una época donde la ciencia moderna era todavía un estadio informe, el cobijo de los sectores más reaccionarios y poderosos de la sociedad a verdaderos revolucionarios de las ideas. A partir de un estudio que integra el desarrollo del pensamiento científico con la sociedad misma, *Galileo cortesano* aporta profusas citas, referencias y documentación valiosa que rescata el aporte de los principales pensadores que vivieron el absolutismo.

Si bien esta obra no quiere ser una biografía, está atravesada por detalles que convierten al sabio de la corte de los Medici en un personaje perfectamente definido y, a través de la descripción preciosista, hacen asequible una realidad lejana en el tiempo y el espacio. *Galileo cortesano* es, entonces, un estudio complejo e intenso de la dialéctica que intervino en el inicio de la ciencia nueva.

# Generalizar y formalizar lo grande

Siguiendo la carrera en pos de lo gigante y con los sanos hábitos matemáticos de generalizar y formalizar los conceptos, varias notaciones han surgido para representar cantidades enormemente grandes a partir de generalizar la generalización de una operación tan simple como la suma.

¿Cómo es eso? Para evitar tener que sumar  $b$  veces la cantidad  $a$ , se inventó la multiplicación  $a \times b$ .

Para evitar tener que multiplicar  $b$  veces la cantidad  $a$ , se inventó la exponenciación  $a^b$  ( $a$  elevado a la  $b$ ).

Entonces, generalizando la generalización, varios matemáticos del siglo pasado, algunos que aun nos acompañan en este siglo, como Donald Knuth o John H. Conway, inventaron notaciones para la operación que generaliza la exponenciación.

Para evitar tener que exponenciar  $b$  veces

la cantidad  $a$ , se inventó la torrificación  $a^{^b}$  (donde tenemos una torre de  $b-1$  exponentes  $a$  sobre la primera  $a$ , algo como  $a^{(a^{(a^{(a^{(a^{( \dots )})})})})})})$ )

Y ya no pudieron parar. Para evitar tener que torrificicar  $b$  veces la cantidad  $a$ , se inventó la generalización guau!!  $a^{^^b}$ . Dejo a los lectores inquietos que imaginen cómo sigue esta generalización. Ya es un camino sin retorno donde  $3$  guau!! a la  $3$ , o lo que es lo mismo  $3^{^^3} = 3^{^^3^{^^3}} = 3^{^^(3^{^^3})}$ , es  $3^{^^7625697484987}$ , que no es otra cosa que una torre de  $7625697484987$  exponentes  $3$ . Por supuesto que este número ya es mucho más grande que cualquier cantidad física que pensemos en representar. Pero la historia de la matemática nos demuestra que los desarrollos más disparatados, con el correr de los años, siempre han terminado por tener aplicaciones a situaciones reales.

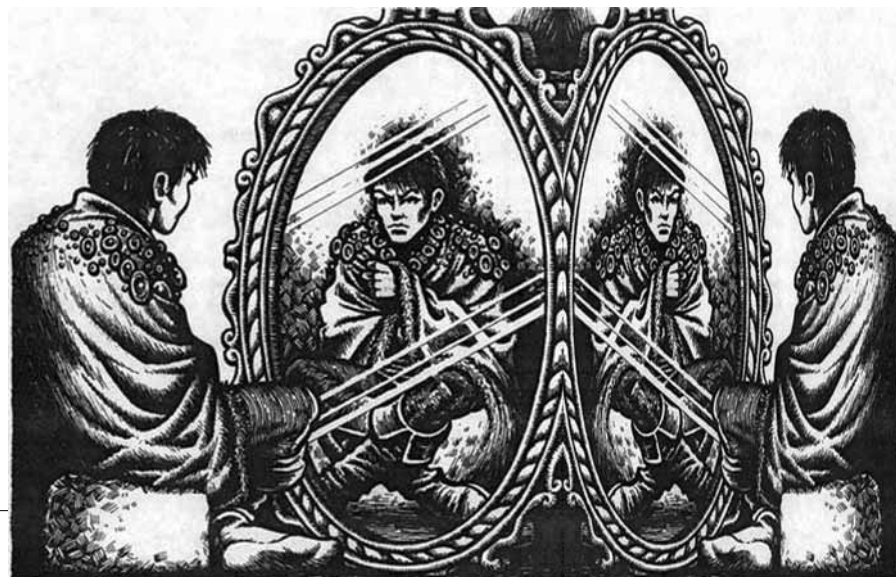
## Cuento Matemático

### Espejos Rotos\*

Me miré en tus ojos y vi dos copias de mi rostro; y en cada copia había dos copias del tuyo, esperando que las mirara, que contara los ojos de cada una, pero no los conté: me distraje imaginando el ejército que se iba armando, hordas de guerreros feroces que atacarían a la menor señal; con cada reflejo se unían guerreros más pequeños, pero no por eso más débiles. No sé

cuál de nosotros dará la señal, pero hay que darla. Ya son demasiados, empiezan a pesarme los párpados, a humedecerse los lagrimales; los guerreros tienen sed, se ponen impacientes, quieren romper cosas.

*\*Un cuento de Marcos Donnantuoni, artifice de estimulantes sitios de Internet. Este cuento esta tomado de una de sus obras <http://bucles.wordpress.com/> caja de recursivas agradables sorpresas.*



# La avidez por lo grande

Los matemáticos, como la mayoría de las personas, tienen avidez por las cosas grandes. ¿Cómo aprovechar al máximo las cantidades para multiplicarlas, potenciarlas y hacerlas florecer en grande? ¿Cuál es el número más grande que podemos obtener si tenemos tres cifras decimales  $2$  y podemos usar operaciones elementales incluyendo la potenciación?

El número más grande que se puede obtener es  $2^{22}$  ( $= 4.194.304$ ), pero, si en lugar de cifras  $2$ , tenemos cifras  $7$ , entonces el número más grande que se puede fabricar es  $7^{(7^7)}$ , que es  $7^{823.543}$ , un número de casi  $700.000$  cifras decimales.

Pero ¿qué podemos lograr si en lugar de tres sietes relajamos la condición y permitimos partir la cantidad de  $21$  en tres números enteros no necesariamente iguales? Para explorar estos números gigantes va a ser necesario jugar un poco con los logaritmos, ya que los resultados son tan grandes que no caben en las calculadoras normales. Ya que sabemos que la cantidad de dígitos decimales de  $a^{(b^c)}$  es  $(b^c) \log(a)$ .

Finalmente, podemos dejar como desafío un problema planteado por Stan Wagon, del Macalester College, autor de uno de los mejores sitios de desafíos de problemas semanales con que nos tienen habituados los estadounidenses:

<http://mathforum.org/wagon/>

Dividir el número  $21$  en una cantidad arbitraria de enteros (no necesariamente tres),  $a, b, c, \dots$  De manera que  $21 = a + b + c + \dots$  Y que el número  $a^{(b^{(c^{(d^{( \dots )})})})})$  sea lo más grande posible.

Solución del problema con tres sumandos que dan  $21$ .  
 $2^{(7^{12})}$  que es un número con  $4.166.642.627$  dígitos decimales.

Esta sección está realizada por Pablo Coll