

# EXACTA

La revista de  
divulgación  
científica

# m e n t e

**Fronteras**  
Teoría de  
cuerdas



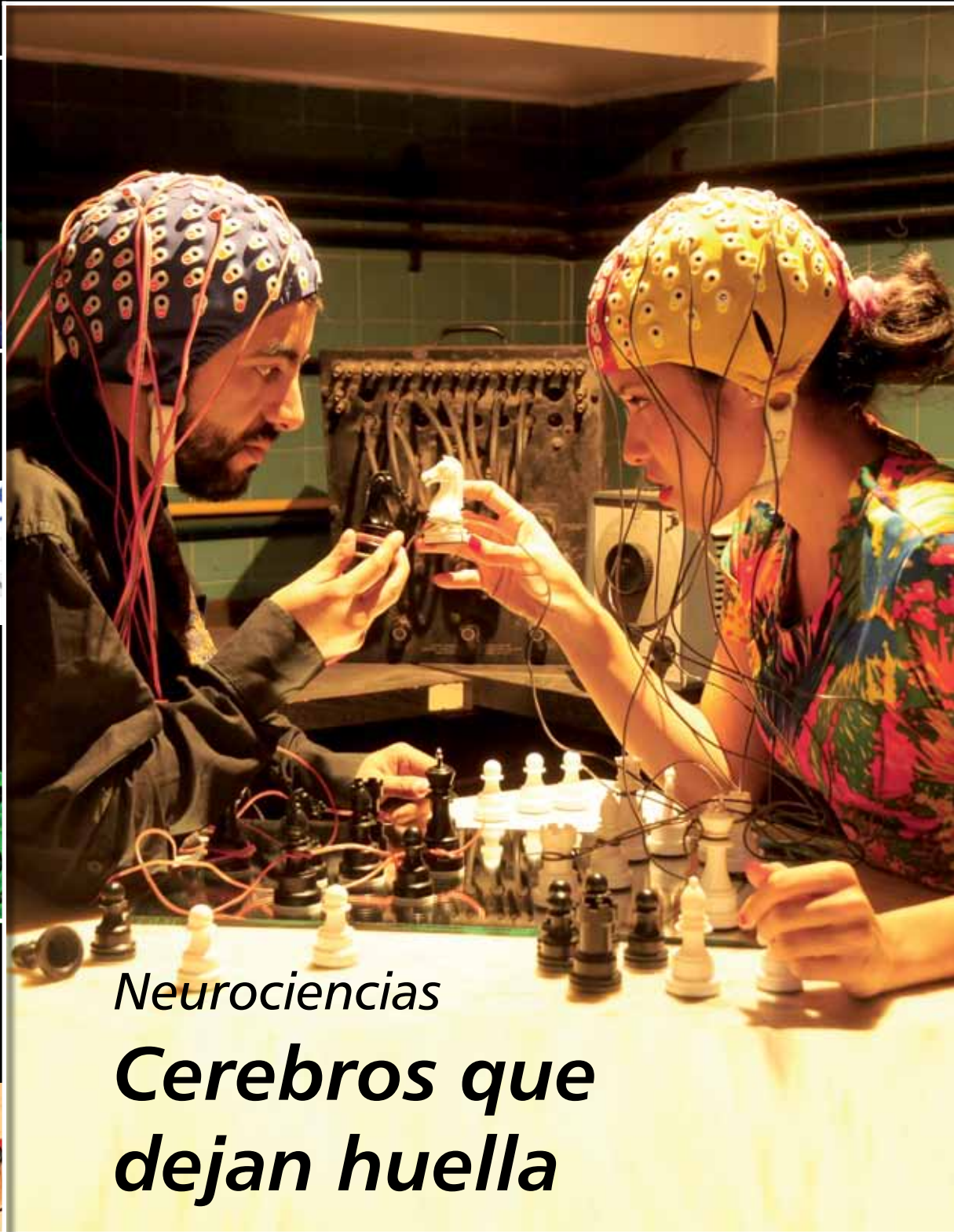
**Informática**  
Cómo funcionan  
los buscadores



**Superbacterias**  
Resistencia a los  
antibióticos



**Mujeres en la  
ciencia**  
Carrera de  
obstáculos



Neurociencias

## Cerebros que dejan huella

Año 19 | Nº 49  
Abril 2012  
ISSN papel: 1514-920X  
ISSN en línea: 1853-2942



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA



# Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cuenta con un Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media dentro de su Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.

## LAS TAREAS DE ESTA ÁREA SON:

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

## EQUIPO DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA (EPC-EXACTAS)

[<http://exactas.uba.ar/popularizacion>]

El EPC-Exactas lleva adelante proyectos de divulgación, alfabetización y enseñanza de las ciencias destinados tanto a la escuela media como al público en general:

- Semanas de las Ciencias
- Exactas va a la Escuela
- La Escuela viene a Exactas
- Ciencia en Marcha
- Olimpiadas de Ciencia

## DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)

[<http://exactas.uba.ar/dov>]

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

- Experiencias Didácticas
- Talleres de Ciencia
- Científicos por un Día
- Estudiando a los Científicos



## ■ Más información, consultas e inscripciones

Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar | Pabellón II, Ciudad Universitaria

Teléfonos: 4576-3399/3337 internos 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas)

[popularizacion@de.fcen.uba.ar](mailto:popularizacion@de.fcen.uba.ar) | [dov@de.fcen.uba.ar](mailto:dov@de.fcen.uba.ar) | [www.exactas.uba.ar/media](http://www.exactas.uba.ar/media)



## Consejo editorial

### Presidente

Jorge Aliaga

### Vocales

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

## Staff

### Director

Ricardo Cabrera

### Editor

Armando Doria

### Jefe de redacción

Susana Gallardo

### Coordinador editorial

Juan Pablo Vittori

### Redactores

Cecilia Draghi  
Gabriel Stekolschik

### Colaboradores permanentes

Guillermo Mattei  
Daniel Paz  
José Sellés-Martínez

### Colaboran en este número

Beatriz Aguirre-Urreta  
Fernando Asteasuain  
Analía Karadayian

### Diseño gráfico

Pablo Gabriel González  
Federico de Giacomi

### Fotografía

Juan Pablo Vittori  
Diana Martínez Llaser

### Impresión

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

### EXACTamente

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

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
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

### La ciencia también puede homenajear a Belgrano

El año 2012 fue establecido, a nivel nacional, como el "Año de Homenaje al doctor D. Manuel Belgrano". Seguramente, sería más obvio asociar con nuestra Facultad el "Año de la Enseñanza de las Ciencias" (establecido para 2008) que hacerlo con el homenaje del año actual. La importancia de la conmemoración del 2008 se reflejó en el número 39 de esta revista (a través de la nota "De Exactas al colegio") y también en el editorial del número 40. Sin embargo, homenajear la figura de Manuel Belgrano también tiene mucho que ver con la ciencia y la tecnología y, por lo tanto con nuestra Facultad. En sus informes anuales del Consulado, hace más de 200 años, el primer economista patrio delineaba un proyecto de desarrollo nacional basado en la necesidad de industrializar las materias primas, generando trabajo nacional, impulsando el comercio interior, limitando las importaciones, controlando los monopolios y garantizando la equidad social mediante una justa distribución de las tierras. Conceptos tales como "Todas las naciones cultas se esmeran en que sus materias primas no salgan de sus estados a manufacturarse, y todo su empeño es conseguir, no solo darles nueva forma, sino aun atraer las del extranjero para ejecutar lo mismo. Y después venderlas"; "Ni la agricultura ni el comercio serían casi en ningún caso suficientes a establecer la felicidad de un pueblo si no entrase a su socorro la oficiosa industria"; o "la importación de mercancías que impiden el consumo de las del país o que perjudican al progreso de sus manufacturas, lleva tras sí necesariamente la ruina de una nación" son todavía hoy de absoluta actualidad.

Belgrano entendía que para poder sostener su modelo de desarrollo necesitaba de ciudadanos con formación en ciencia y tecnología. Por eso tomó algunas medidas que, en el contexto de la época, implicaban impulsar el desarrollo de las ciencias exactas que necesitaba ese modelo económico, entre las que se cuentan la creación de las Escuelas de Dibujo, de Matemáticas y Náutica.

Es bien sabido que el grupo conformado por Belgrano, Moreno, Castelli y Monteagudo no logró imponerse en 1810 frente a los intereses que defendían los monopolios y la exportación de materias primas. En los Estados Unidos, por ejemplo, ese tipo de disputa de proyectos debió ser saldada mediante una guerra civil.

En nuestro país, los intentos de impulsar un desarrollo industrial sostenido han tenido sus avances y retrocesos. La coyuntura generada por la Segunda Guerra mundial dio la oportunidad de avanzar con políticas de desarrollo industrial durante algunas décadas. Fue así como se desarrollaron escuelas de ingenieros, químicos y físicos que impulsaron el desarrollo de la industria petroquímica, aeronáutica y nuclear. Baste recordar al Ingeniero Humberto Ciancaglini (fallecido recientemente a los 93 años) quien se formó en los laboratorios de electrónica de la empresa Philips, radicados en el país durante la Segunda Guerra Mundial. Ciancaglini lideró más tarde el Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Al impulsar la construcción de la primera computadora electrónica del país –al mismo tiempo que en nuestra Facultad se instalaba Clementina– formó una generación de ingenieros electrónicos que luego integraron la división Electrónica de la empresa Fate, productora nacional de la Línea Mil, que se encontraba entre las más modernas de su época a nivel mundial.

Cuando las dictaduras de los años 1966 y 1976 nos hicieron abandonar definitivamente el modelo de desarrollo, estas capacidades se fueron perdiendo. No es casual que un país que privilegiaba los servicios frente a la producción nacional eliminara hasta las escuelas técnicas cuando se consolidó el neoliberalismo en la década de 1990.

Sin embargo, han logrado sobrevivir escuelas de formación profesional que todavía hoy nos permiten construir satélites y radares. El intento (a partir del año 2003) de retomar un modelo de desarrollo basado en la industria, con inclusión y justicia social es altamente promisorio, pero sus posibilidades de concreción dependerán de que se sostengan en el tiempo, dado que, como muestra el ejemplo de Brasil, se requieren varias décadas para que se comiencen a concretar estos objetivos. En la medida que se cuente con un sustento político que se imponga por sobre los intereses sectoriales y corporativos, estas iniciativas continuarán y se transformarán en políticas de Estado.

El país cuenta con un sistema científico y tecnológico que puede aportar a este objetivo, aunque todavía quedan por resolver dificultades en la articulación de los diferentes actores y en la federalización del sistema. Sin lugar a dudas, las Ciencias Exactas y Naturales pueden cumplir un rol destacado en este marco. De nosotros dependerá si podemos implementar finalmente los ideales de Belgrano, Moreno y Castelli: justicia, equidad, industria y educación.

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

## NEUROCIENCIA

06



### Uso científico de datos de internet

Por Cecilia Draghi

## INFORMÁTICA

32



### Buscadores de internet

Por Fernando Asteasuain

## IDEAS

10

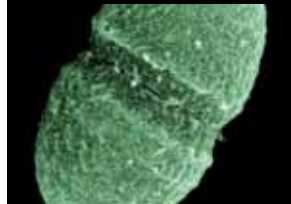


### Azar y conocimiento

Por Gabriel Stekolschik

## SALUD

36



### Superbacterias

Por Gabriel Stekolschik

## SOCIEDAD

14



### Ciencia y Género

Por Susana Gallardo

## EPISTEMOLOGÍA

39



### Historia y filosofía (Primera parte)

Por Guillermo Boido y Olimpia Lombardi

## FRONTERAS

16



### Teoría de cuerdas

Por Guillermo Mattei

## ECOLOGÍA

40



### Invasiones biológicas

Por Analía Karadayian

## APUNTES

22



### Florentino Ameghino

Por Beatriz Aguirre Urreta

## PANORAMA

44



### Los libros electrónicos

Por Juan Pablo Vittori

## PREMIOS

24



### Nobel 2011

Por Susana Gallardo

## ARTES

50



### De icnitas y petroglifos

Por José Sellés-Martínez

## BITÁCORA

29



### Tras los pasos de la vinchuca

Por Cecilia Draghi

## ADEMÁS



47 Biblioteca

48 Preguntas

49 Variedades

Por Ricardo Cabrera

Humor.

Por Daniel Paz

## FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Nuestro compromiso con la ciencia y la educación,

nuestro compromiso con la sociedad

Tecnología de Alimentos



Ciencias Biológicas



Ciencias de la Atmósfera



Ciencias de la Computación



Ciencias Físicas



Ciencias Geológicas



Ciencias Matemáticas



Ciencias Químicas



Oceanografía



Paleontología



**exactas.uba.ar**

Ciudad Universitaria | Pabellón II

Ciudad Autónoma de Buenos Aires



## EXACTamente ahora tiene **BLOG**

Ya podés conectarte con la revista a través de:

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

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

**Los esperamos.**





Uso científico de datos de Internet

# Cerebros que dejan huella

Los rastros que dejamos en el uso de tecnologías informáticas son seguidos de cerca por especialistas del Laboratorio de Neurociencia Integrativa de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, que tratan de entender cómo pensamos a la hora de tomar decisiones. Millones de partidas de ajedrez son analizadas para comprender mejor al procesador que llevamos sobre nuestros hombros: el cerebro.

Un mundo virtual nos reúne a diario para compartir desde conocimientos relevantes de la ciencia hasta noticias trascendentales como el nacimiento de un hijo. Allí pasamos cada vez más tiempo de nuestra vida ya sea navegando por Internet, o siendo parte de las redes sociales más populares como Facebook o Twitter. Entre todos enviamos unos 291 mil millones de mails por día. En 2010 fueron 107 billones, según calculó Pingdom, una compañía con base en Suecia, especializada en estudios de la Red. Ese mismo año se compartieron unos 30 billones de mensajes o vínculos en Facebook y unos 25 billones de tweets en todo el planeta. La Argentina no se queda atrás. En abril de 2011, casi 13 millones de usuarios pasaron un promedio de 27 horas on line, según la consultora

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

Fotos: Diana Martinez Llaser

Foto de tapa: puesta en escena motivada por la estética de los elementos en juego en las investigaciones del laboratorio de Neurociencias, realizada por nuestra fotógrafa Diana Martínez Llaser. Actores: Karla Quintero y Ariel Gigena.



comScore Media Metrix, que también estimó que cada uno estuvo unas nueve horas mensuales en Facebook.

“Yo tomo el ejemplo de datos cuantificables de 2003, que revelan que los usuarios pasaron nada menos que 9 mil millones de horas jugando al solitario en sus computadoras, si esto lo comparo con los 7 mil millones de horas que se tardó en construir el edificio Empire State, llego a la conclusión de que mucho de ese esfuerzo podría utilizarse para bien de la humanidad”, dice Luis von Ahn, joven matemático guatemalteco que ganó el premio MacArthur en 2006, creador del *Captcha* y luego del *ReCaptcha*.

¿Quién de nosotros alguna vez no se enfrentó al *Captcha*, es decir que al abrir una cuenta en Internet debió teclear letras y números distorsionados que presentaba la pantalla, como pasaporte para ingresar al lugar buscado? Estos caracteres no pueden ser leídos por medios automáticos o robots, sino solo por humanos de carne y hueso. De este modo, al completar correctamente esta especie de contraseña, la computadora que recibe la solicitud sabe que se la manda un ser humano y no una computadora fabricante de *spam*, así se evita el *spam* (o correo basura), entre otros usos.

Si bien el *Captcha* fue un éxito, von Ahn sintió que había que darle una vuelta más de tuerca. “Cada vez que alguien tiene que escribir esas letritas pierde diez segundos de su tiempo y, al multiplicarlo por 200 millones (el número de letras resuelto por las personas cada día), significa que la humanidad desperdicia alrededor de 500 mil horas diarias por mi culpa”, confesó en una entrevista a [www.guatezona.org](http://www.guatezona.org).

¿Cómo aprovechar esos instantes burocráticos cibernéticos? ¿Podría servir para cumplir el sueño de tener una biblioteca universal en la Red? “Sí”, es la respuesta que da von Ahn desde el Departamento de Computación Científica de la Universidad Carnegie Mellon, de

Pittsburg, Estados Unidos. “La próxima vez que abra una cuenta en *Facebook* y escriba el *Captcha*, recuerde que la palabra proviene de un libro que está en proceso de digitalización, por lo que no está desperdiciando su tiempo, sino que está contribuyendo a digitalizar libros. Son como 50 millones de palabras digitalizadas cada día, eso representa unos cinco mil libros”, comenta acerca del *ReCaptcha* que vendió a Google, al igual que un sistema que ayuda a perfeccionar la búsqueda de imágenes.

Este último surgió del ESP Game, jugado por dos personas simultáneamente en Internet, quienes no se conocen entre sí y probablemente sean de distintos países. A ellos se les proyecta una misma imagen para que describan con palabras lo visto por su compañero. Cuando coinciden, ganan puntos. Von Ahn se especializa en construir sistemas que combinan humanos y computadoras en la resolución de problemas de gran escala que ninguno puede resolver por sí solo.

Así como las computadoras no pueden leer bien los textos escaneados, y el *Captcha* aprovecha esta debilidad, tampoco las máquinas son buenas en reconocer imágenes. “Por eso, (en Internet) al buscar fotos de un perro –ejemplifica von Ahn– le da como respuesta muchas imágenes que no necesariamente tienen un perro. No hay un programa que entienda todas las imágenes. En el juego que hice (ESP Game) se le dice a la computadora qué hay en cada foto. Las personas archivan esas imágenes, pero no se dan cuenta de que lo están haciendo porque están jugando. Esto lo compró Google hace casi tres años, por eso, la búsqueda de imágenes ha mejorado un montón en ese sitio”.

Especialista en diseñar juegos con un propósito, conocido por su sigla en inglés, GWAPs, von Ahn, instalado en Estados Unidos, busca aprovechar al máximo el tiempo que los humanos permanecemos en la red. En tanto, en la Argentina, los

investigadores usan con otros fines los juegos disputados *on line*. Ellos apuntan a aumentar el conocimiento sobre este procesador impresionante que todos llevamos sobre nuestros hombros: el cerebro.

### Ajedrez en la mira

Todos los caminos parecen conducir a Internet, y cuando se intenta saber cómo pensamos, también. Es que allí los usuarios dejamos marcas de nuestro accionar, que los científicos buscan descifrar. Desde hace años, miles de cibernautas de todo el mundo se encuentran en servidores para disputar partidas de ajedrez, que, con el fin de entender qué mecanismos tienen lugar a la hora de decidir, son analizadas por científicos del Laboratorio Neurociencias, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA).

Más de 30 millones de partidas, de jugadores de todo el mundo, que quedaron registradas en el servidor gratuito mundial de ajedrez, Free Internet Chess Server (<http://www.freechess.org>), son puestas bajo la lupa de este equipo interesado en echar luz acerca de cómo se toman las decisiones, y comprender mejor procesos de pensamiento.

“La web es una herramienta que facilita una gran cantidad de datos, lo cual permite hacer preguntas que antes no era posible formular. Es como tener un microscopio más potente que posibilita interrogar cuestiones que no era factible contestar con otros instrumentos menos poderosos”, compara Mariano Sigman, director del Laboratorio e investigador del CONICET.

A la abrumadora cantidad de información que aporta Internet, se suman los beneficios de este tradicional juego. “Entre los diferentes formatos de juego, el ajedrez rápido constituye un laboratorio sin igual para entender, en un entorno natural, la toma de decisiones. En cada partida, cada jugador realiza alrededor de 40 movimientos,



Fotos paginas 6 y 8: Mariano Sigman, Diego Fernández Slezak, Agustín Petroni y María Juliana Leone del laboratorio de Neurociencia recreando el experimento ante un tablero de ajedrez, munidos de sus casquetes con sensores electroencefalográficos.

cada uno de estos involucra una decisión”, destacan los investigadores de la Universidad de Buenos Aires, Mariano Sigman, Pablo Etchemendy y Diego Fernández Slezak, junto con Guillermo Cecchi del Centro de Investigaciones de IBM de Nueva York, Estados Unidos, en un trabajo publicado en la revista *Frontiers in Neuroscience*.

En este sentido, Fernández Slezak, doctor en computación y quien tuvo a su cargo el armado del robot para analizar las 30 millones de partidas, (el equivalente a una persona jugando partidas de tres minutos por jugador durante 342 años sin interrupción), señala: “En la base de datos no solo tenemos 2500 millones de decisiones, sino que son 2500 millones de decisiones calificadas con puntuación precisa. Llevamos dos años analizando esto”.

El ajedrez es un vehículo para estudiar la toma de decisiones, y la gran cantidad de partidas en la Red brinda un universo muy vasto, según Sigman. Además, “el ajedrez es un poco como la réplica a la vida: una secuencia de decisiones inciertas que se van concatenando con momentos de reflexión, de miedo, con emociones, con momentos creativos y también con grandes desaciertos”, remarca.

No pasa un día sin que el cerebro decida qué hacer: desde qué colectivo tomar para llegar a determinado destino, hasta qué carrera estudiar para el futuro profesional. “Tomar decisiones es lo que uno hace todo el tiempo en la vida. Esas elecciones uno las hace basado en lo que conoce, intuye, en lo que piensa que es mejor. Uno está definido por las cosas que hace. Uno es lo que opta”, define Sigman.

Medir las decisiones cotidianas no es tarea sencilla para estudiar en un laboratorio. “Evaluar si entre las opciones posibles se adoptó la mejor resolución en un tiempo limitado es complejo para la investigación, hasta para elecciones que no resultan trascendentales como comprar un cepillo de dientes u otro. En este caso resulta difícil cuantificar si la decisión adoptada fue buena o mala. En cambio, —dice Sigman— el ajedrez permite medir si la elección fue correcta o no”.

### Navegar por un mar de datos

Con el ajedrez como modelo para estudiar la toma de decisiones, y un océano de datos donde zambullirse que ofrece Internet, los científicos de la UBA arribaron a diferentes resultados. “Probamos estadísticamente algo que se sabía intuitivamente: que los buenos jugadores juegan más rápido al principio y al final, y que saben cómo comenzar y terminar una partida”, puntualiza Fernández Slezak. ¿Cómo juega el tiempo en la partida? “Descubrimos que hay una correlación impresionante. Si se viene jugando rápido, se sigue así. Y se da lo mismo en el oponente. Los jugadores se sincronizan: jugadores rápidos hacen que los contrincantes jueguen rápido, y lo mismo al revés”, agrega Fernández Slezak.

En este estudio las partidas analizadas eran de tres minutos por jugador, y se conocen los puntos ganados por cada uno de ellos a lo largo de su historial. Este dato permite hurgar cómo juega una persona con alguien de nivel similar o con un contrincante superior. ¿Varía el tiempo que tarda en adoptar las decisiones? ¿Las definicio-

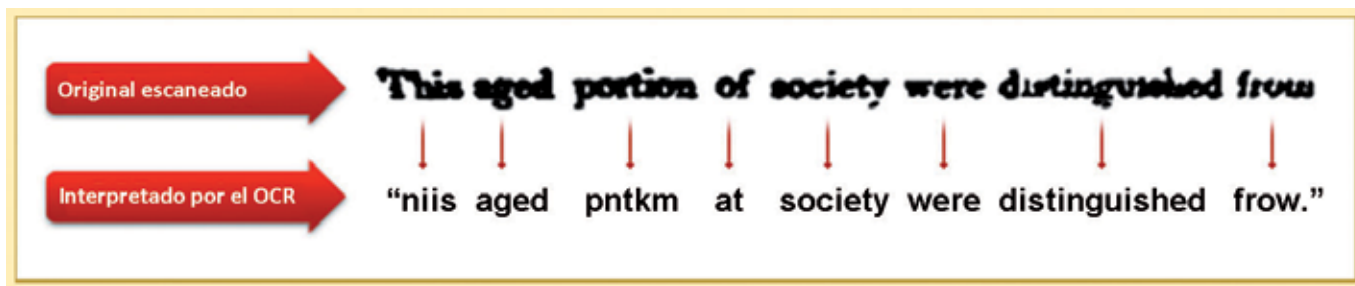
nes son acertadas o no? ¿Qué conviene hacer? Los resultados, que serán publicados en *Journal of Experimental Psychology: General*, se basan en un millón de partidas y muestran que los jugadores cambian de estrategia. “Lo llamamos efecto miedo o respeto. Observamos que —coinciden—, ante un oponente más calificado en el ranking, se juega más lento, es decir se piensa más cada jugada y el resultado es que mejora la calidad de las mismas. Pero el tiempo gastado no compensa la leve mejora en calidad de las jugadas. Lo óptimo cuando el tiempo apremia es elegir la primera decisión que se le ocurre”.

En otras palabras, continúa Sigman: “Uno rinde mejor si sigue su corazonada bajo presión temporal, es decir, lo más óptimo es hacer la jugada que primero viene a la mente. Esto no quiere decir que si se juega así se le ganará a un jugador mucho mejor, pero esta estrategia resulta, en promedio, más efectiva que otra más conservadora”.

### De expertos y principiantes

Un grande del ajedrez, el cubano José Raúl Capablanca, campeón mundial de 1921 a 1927, ante la consulta de cuál era el número de jugadas que él pensaba en una partida, contestó: “Solo una, la mejor”. “Al principio, se pensaba que los profesionales tenían una capacidad de cálculo increíble. Esto no es tan así. La experiencia de años hace que ellos no calculen todas las jugadas posibles, sino aquellas que vale la pena calcular”, indica María Juliana Leone, doctora en Ciencias Básicas y Aplicadas, del mismo Laboratorio, quien junto con el biólogo Agustín





*“La próxima vez que abra una cuenta en Facebook y escriba el Captcha, recuerde que la palabra proviene de un libro que está en proceso de digitalización, por lo que no está desperdiciando su tiempo, sino que está contribuyendo a digitalizar libros”, comenta Luis von Ahn, creador del Captcha.*

Petroni, buscan usar el ajedrez para comprender la fisiología del pensamiento. “El principiante mira cada pieza en forma individual, en cambio el experto observa el conjunto, como si el tablero fuera un solo paisaje. El profesional, lejos de fijar la atención en una pieza, observa la relación entre ellas”, concuerdan, al destacar resultados de estudios científicos ya realizados en el mundo.

Por su parte, estos investigadores del Laboratorio en el Pabellón I de la Ciudad Universitaria también miden los movimientos de los ojos de los jugadores sometidos a una serie de sensores. “Una cámara de muy alta velocidad, que registra 2000 fotos por segundo (cuando una normal toma 25 ó 50), filma el ojo del jugador durante una partida por computadora, y estima la posición de la mirada en la pantalla, es decir hace seguimiento ocular”, detalla Petroni, al tiempo que agrega: “Los hu-

manos en general no miramos en continuo sino a los saltos, del orden de dos por segundo. Por momentos, el ojo se detiene y fija. Se pueden hacer estadísticas de fijaciones”.

Frente al tablero de ajedrez de la computadora los jugadores pueden parecer disfrazados. Es que llevan en la cabeza un casquete con sensores electroencefalográficos; otros aparatos siguen de cerca la frecuencia cardíaca, respiratoria, la transpiración, el flujo sanguíneo, así como el movimiento de los ojos y el tamaño de las pupilas. “Todas estas mediciones indican cómo se modifican distintas variables fisiológicas o se correlacionan con decisiones que se toman en el tablero”, enfatizan quienes también han realizado este tipo de experimentos en el Círculo de Ajedrez de Villa Martelli, en el partido bonaerense de Vicente López.

Conectados a diferentes instrumentales, los ajedrecistas –al finalizar la partida– deben contestar un cuestionario que dé cuenta cómo vivenciaron diferentes momentos de la partida. “Parecería que la frecuencia cardíaca es un buen indicador para saber qué está sucediendo en el juego. Aunque no tenemos, por ahora, suficiente cantidad de datos para plantearlo sólidamente”, advierte Petroni.

### De búhos y alondras

Otra línea de trabajo que estos investigadores iniciaron en colaboración con el Laboratorio de Cronobiología de la Universidad Nacional de Quilmes busca evaluar qué les pasa a ajedrecistas con perfiles de búhos o alondras. “La idea es medir en qué momento del día se juega mejor. Los búhos funcionan mejor de noche y las alondras de día”, indica Leone. La base de datos son las partidas del portal gratuito de ajedrez de Internet. “Allí contamos con jugadores de todo el mundo. Si conoce-

mos el lugar desde donde juegan, podemos saber en qué momento del día realizan cada una de las partidas. Si además de eso completan un cuestionario acerca de a qué hora eligen trabajar, dar un examen, etcétera, podemos conocer sus preferencias diurnas y clasificarlos como búhos o alondras”, agrega Leone, quien ha sido una destacada jugadora de ajedrez en su adolescencia.



Una vez más, el mar de datos procesados por el doctor en computación Fernández Slezak, buscará responder no pocas dudas. “Una de las cosas que estamos mirando es si uno decide mejor a alguna hora del día. Es como hacer cronobiología de la cognición. La idea es fijarse si existe alguna relación entre la fluctuación circadiana de cuán bien le va cuando juega, respecto de su propia percepción”, precisa Sigman.

Ésta, como las otras líneas investigativas, apunta al mismo objetivo. “Uno querría entender cuáles son las reglas del pensamiento. Es el gran horizonte de todos estos trabajos. Igual que en la física, se tienen ecuaciones de gravedad, o electromagnetismo, que rigen la evolución de las cosas; uno querría descifrar las reglas de la dinámica del pensamiento. En realidad, tratamos de entender la mecánica de los procesos mentales”, concluye Sigman acerca de la ambiciosa meta que es comprender un poco más ese universo tan vasto que todos llevamos sobre los hombros, y del cual el ajedrez ofrece una jugada magistral, para adentrarse en un mar de datos donde zambullirse a profundidades estadísticas hasta hace pocas décadas inimaginables. |⇨

### CUADERNOS CIBERNÉTICOS

La entrega de computadoras a alumnos como parte del programa nacional “Conectar Igualdad” o “Joaquín V. González” en La Rioja abre una nueva posibilidad de estudio, que es tenida en cuenta por los integrantes del Laboratorio de Neurociencia Integrativa de FCEyN-UBA. “Antes, todos los chicos escribían en sus cuadernos, que quedaban apilados en armarios, al igual que el pensamiento de esos chicos. Ahora –ejemplifica Mariano Sigman– las redacciones que ellos elaboran están en un lugar común: la computadora. Pensando a futuro se podría investigar este material. Podríamos observar el desarrollo de la semántica. ¿Cuáles son los errores ortográficos más habituales? ¿En qué orden aparecen? ¿Hay diferencias entre los alumnos de zonas urbanas y rurales?”, enumera, entre las posibles preguntas a realizar.



## Serendipia

# El azar y la sagacidad

Aunque los resultados de la investigación científica suelen presentarse como el producto de un proceso concienzudo y riguroso, son innumerables los descubrimientos debido a la intervención del azar. Algunos de estos hallazgos fortuitos han sido sumamente importantes para la humanidad.

---

*Todo lo que existe en el universo es fruto del azar y de la necesidad.*

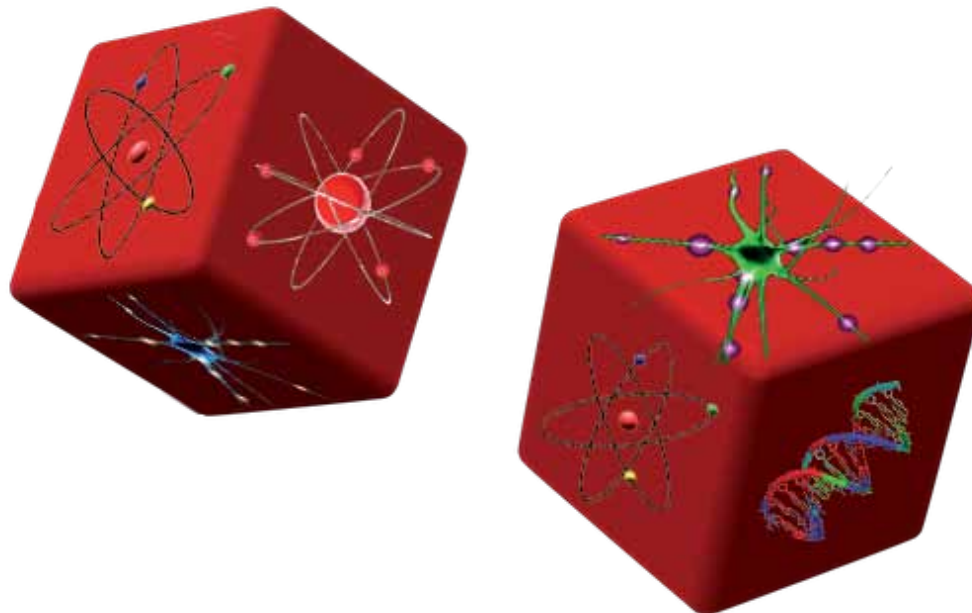
Demócrito (siglo IV AC)

Había una vez un reino llamado *Serendip* que, según algunos estudiosos, estaba asentado en la isla de Ceilán (hoy Sri Lanka). Cuenta una fábula que tres sagaces príncipes de ese reino solían encontrar accidentalmente la respuesta a un problema sin siquiera habérselo planteado.

La historia, llamada *Los tres príncipes de Serendip*, que puede leerse en <http://cuentosqueyocuento.blogspot.com>, llegó un día de 1754 a las manos del escritor inglés Horace Walpole, quien, a partir de esa lectura, acuñó la palabra *serendipity* para describir un hallazgo afortunado acaecido de manera accidental.

Mientras ese vocablo ya fue incorporado hace años a los diccionarios más prestigiosos de la lengua inglesa, todavía no existe su traducción al español. Hasta tanto la Real Academia Española apruebe este neologismo, quienes utilizan el castellano suelen hablar de “serendipia” o “serendipidad” para referirse a un descubrimiento fortuito y provechoso.

Gabriel Stekolschik  
gstekol@de.fcen.uba.ar



### ¡Eureka!

La historia de los descubrimientos nos muestra muchísimos ejemplos de serendipias. Tal vez uno de los más conocidos es el que hizo gritar a Arquímedes luego de sumergirse en una bañera.

Se dice que, un día, el matemático griego advirtió que el nivel del agua de la tina subía a medida que su cuerpo se sumergía en ella. Parece que, cuando dedujo que ese fenómeno le permitiría medir el volumen de los sólidos irregulares, su entusiasmo fue tal que salió corriendo desnudo profiriendo su célebre “¡Eureka!” (¡lo encontré!).

Otra serendipia popular es la de la manzana de Newton y la formulación de la ley de la gravedad. Según William Stukeley –amigo y biógrafo del físico inglés–, ambos estaban sentados bajo los manzanos del jardín de la casa del científico cuando Newton le reveló su “eureka”. En un manuscrito que la Royal Society de Londres hizo público en 2010\*, Stukeley escribe: “Me dijo que había estado en esta misma situación cuando la noción de la gravedad le vino a la mente por primera vez. Fue algo ocasionado por la caída de una manzana mientras estaba sentado en actitud contemplativa. ¿Por qué esa manzana siempre desciende perpendicularmente hasta el suelo?, pensó para sí mismo. ¿Por qué no va hacia arriba o hacia un lado, sino siempre hacia el centro de la Tierra? La razón debe ser que la Tierra la atrae. Debe haber una fuerza de atracción en la materia (...)”.

El propio Alfred Nobel, creador del premio más prestigioso de la ciencia, habría sido uno de los elegidos por la casualidad. Hijo

de un fabricante de armamento, había perdido a un hermano a causa de una explosión de nitroglicerina. Ese hecho lo llevó a buscar un sistema más seguro para detonar explosivos, proceso que culminó en 1867 con su invención de la dinamita.

Desde entonces, comenzó a pensar cómo combinar nitroglicerina y nitrocelulosa para producir un explosivo más potente, pero tan seguro como la dinamita. Se cuenta que un día de 1875 Nobel se cortó un dedo con un trozo de vidrio y se aplicó colodión, una solución viscosa de nitrato de celulosa que se utilizaba para proteger las heridas. Parece que, observando su dedo lastimado, pensó que un menor grado de nitración, como el que tenía el colodión, permitiría mezclar la nitroglicerina con la nitrocelulosa. Estas cavilaciones habrían sido las que le permitieron fabricar un nuevo explosivo: la gelignita.

### De la penicilina al Viagra

Aparentemente, Alexander Fleming no era un tipo ordenado. Solía abandonar en su mesada de trabajo –a veces durante semanas– los cultivos bacterianos con los que experimentaba.

Un día de 1928, le llamó la atención que en uno de esos cultivos olvidados existía un área en la que las bacterias no habían crecido y que, precisamente en esa zona y como resultado de la contaminación accidental, se había desarrollado un hongo. El fenómeno pasó desapercibido para todos los integrantes del laboratorio, excepto para Fleming, quien dedujo que el hongo debía fabricar alguna sustancia que destruía a las bacterias. La profundización de las investigaciones llevó

al descubrimiento de un antibiótico que ha salvado millones de vidas y que, por ser producido por el hongo *Penicillium notatum* fue bautizado como “penicilina”.

Muchos medicamentos fueron descubiertos por medio de la serendipia. Esto es debido a que, frecuentemente, el efecto farmacológico de muchas drogas se hace evidente de manera sorpresiva durante las pruebas clínicas.

En la pasada década de los '90, la compañía farmacéutica Pfizer estaba testeando una sustancia con el fin de utilizarla para tratar problemas cardíacos y circulatorios. Sin embargo, los voluntarios que estaban tomando la droga empezaron a confesar que estaban teniendo erecciones muy frecuentes. El sildenafil o Viagra®, principio activo de la hoy famosa “píldora azul”, entraba en escena para el tratamiento de la disfunción eréctil, algo que nadie había planeado.

Tampoco se había pensado que la célebre aspirina, preparada por primera vez en 1890 para usarse como un antiséptico interno, sería un valioso analgésico y anti-pirético que hoy además es recomendado para prevenir el infarto cardíaco.

Podría decirse que si no fuera por la serendipia los Beatles no habrían escrito *Lucy in the sky with diamonds*, canción inspirada por el LSD, una droga cuyo efecto fue descubierto por casualidad en 1943 cuando el químico suizo Albert Hoffman comenzó a sufrir alucinaciones después de que (accidentalmente) una pequeña cantidad de la sustancia tocara la punta de uno de sus dedos y fuera absorbida a través de la piel.

### Accidentes saludables

Si bien la Química y la Farmacología son las disciplinas más favorecidas por la serendipia, la Medicina también tiene lo suyo.

En el siglo XVIII la viruela era una epidemia con un alto índice de mortalidad. Entonces, durante su estadía en una granja, un médico inglés llamado Edward Jenner observó por casualidad que quienes se dedicaban a ordeñar vacas no enfermaban de viruela. Jenner investigó el fenómeno y se dio cuenta de que esas personas atravesaban una variante de la enfermedad —la viruela de las vacas— que era transmitida a través de las ubres y que, en los humanos, adopta formas benignas.

Al médico se le ocurrió entonces que esa podía ser una manera de inmunizar contra la enfermedad y, el 14 de mayo de 1796, extrajo pus de las pústulas de una joven ordeñadora infectada con la viruela vacuna y se lo inoculó a un niño sano, quien efectivamente quedó inmunizado contra la enfermedad. Nació así lo que, más tarde, Pasteur bautizaría como “vacuna”, en referencia a los animales que permitieron su descubrimiento.

Según parece, la prueba de Papanicolau tampoco es el resultado de un desarrollo racional. Se cuenta que el “descubrimiento” de esta técnica llamada también “citología exfoliativa” —exitosa por su simplicidad, bajo costo y efectividad para diagnosticar el cáncer cervicouterino— llegó de la mano de la casualidad.

A comienzos del siglo XX, George Papanicolau realizaba experimentos en conejillos de Indias para tratar de explicar la idea de que los cromosomas X e Y determinaban el sexo de la descendencia. Para ello, requería sacrificar a las hembras debido a que (hasta entonces) era la única manera de determinar si estaban ovulando. Sin embargo, un día se le ocurrió que “todas las hembras de especies superiores tienen una descarga vaginal periódica, los conejillos de Indias son mamíferos y por ende deben de tener una y esta es tal vez tan pequeña que no se puede evidenciar a simple vista”.

Para observar las esperadas “descargas vaginales” de los conejillos de Indias, adquirió entonces un espéculo nasal con el cual tomó muestras de la vagina de los animalitos. Como a simple vista no se veía nada significativo, decidió observar al microscopio. Así descubrió sorprendentemente que había diferentes tipos de células cuya composición cambiaba, siguiendo un patrón, a lo largo del ciclo menstrual. Papanicolau viró entonces el rumbo de sus investigaciones hacia el estudio de estas células vaginales, lo que culminó con el desarrollo de la técnica que hoy lleva su nombre.

Dentro del campo de la medicina, la fisiología ha logrado notables avances gracias a los accidentes experimentales. A finales del siglo XVIII, un anatomista italiano llamado Luigi Galvani había diseccionado una rana como lo hacía habitualmente. De pronto, una de las personas allí presentes tocó ligeramente (por accidente) los nervios del animal con la punta de un bisturí. Los músculos de sus patas se contrajeron.

Galvani, sorprendido, reprodujo el experimento una y otra vez y denominó al fenómeno “electricidad animal”. Había sentado las bases de la neurofisiología y la neurología. El cambio de paradigma en este campo fue radical: los nervios ya no eran tubos huecos que transportaban fluidos —como Descartes había pensado tiempo atrás— sino conductores eléctricos.

El premio Nobel de Medicina y Fisiología de 1913, otorgado a Charles Richet, fue resultado de la serendipia. El científico buscaba un suero que protegiera a buceadores y bañistas de la toxina de una medusa.

Eran tiempos en los que las teorías acerca de la inmunidad sostenían que al inyectar re-

petidamente una sustancia tóxica se lograba inmunizar al organismo contra sus efectos.

Richet inoculó a diferentes animales de laboratorio con extractos de medusa pero, ante el agotamiento de este material, continuó sus experimentos con la ortiga de mar, una anémona que posee un veneno relativamente potente y de la cual disponía en abundancia.

En enero de 1902 inyectó a un perro con una pequeña cantidad de la sustancia venenosa. El animal manifestó los síntomas clásicos de urticaria, somnolencia y descenso de la temperatura. Un mes después le inyectó la misma dosis, pero el perro enfermó gravemente, presentando vómitos, diarreas y respiración jadeante. Neptuno —ese era el nombre del can— murió veinticinco minutos más tarde.

Pensando que se trataba de una reacción casual, repitió el experimento con más perros. Pero ocurrió lo mismo.

Richet había descubierto el fenómeno de la anafilaxia, una reacción alérgica severa que se produce luego de haber estado expuesto a una mínima cantidad de una determinada sustancia química, a la cual el organismo se hace hipersensible.

### Suerte y verdad

Que el propio Alfred Nobel haya tenido su serendipia parece haber sido una premonición de lo que ocurriría con el prestigioso galardón de la Academia Sueca. Porque, a lo largo de la historia, son muchos los ejemplos de serendipidad que condujeron a la obtención del lauro máximo de la ciencia.

Por ejemplo, Röntgen recibió el Nobel de Física en 1901 por el hallazgo de los rayos X, y Becquerel obtuvo el mismo premio

#### NOTAS

\* <http://royalsociety.org/library/moments/newton-apple/#>

\*\* [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/1945/fleming-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/fleming-lecture.pdf)

\*\*\* El excéntrico trabajo puede consultarse en: <http://www.jbc.org/content/early/2011/09/09/jbc.X111.302950>.

Horace Walpole, el escritor inglés que acuñó la palabra *serendipity* para describir un hallazgo afortunado acaecido de manera accidental.

en 1903 por su descubrimiento de la radioactividad. Curiosamente, los archivos de la Academia no aclaran que ambos hallazgos fueron logrados por casualidad.

Tampoco dicen los registros suecos que Pavlov –Nobel de Medicina en 1904 por sus estudios sobre comportamiento condicionado– no buscaba lo que encontró.

Para Fleming, “encontrarse” con la penicilina le significó el Nobel de Medicina en 1945. A diferencia de los casos anteriores, la Academia ofrece el texto de la conferencia que Sir Alexander brindó durante la ceremonia en la que recibió el galardón. En ella reconoció explícitamente que su logro había sido obra del azar. \*\*

Más recientemente, Courtland Agre, ganador del Nobel de Química en 2003 por el descubrimiento de las acuaporinas, admitió que alcanzó este descubrimiento por casualidad, mientras realizaba otra investigación. En 2010, dos científicos rusos obtuvieron el Nobel de Física por el descubrimiento del grafeno. Ellos mismos se encargaron de aclarar que habían logrado el nuevo material mientras jugaban con un trozo de grafito y una cinta adhesiva.

El último premio Nobel de Química (2011), otorgado a Dan Shechtman por su descubrimiento de los cuasicristales en 1982, fue producto de un resultado puramente accidental. A tal punto que, para los químicos de la época, lo que el científico había encontrado era algo imposible (ver nota Premios Nobel, pág. 24).

Las serendipias que condujeron al Nobel no se agotan aquí. Hay más. Y ello hace suponer que si tantos productos descolantes de la ciencia fueron consecuencia de un accidente fortuito, debe haber muchísimos más resultados científicos no tan rutilantes que fueron tocados por la varita del azar.

Un rastreo de la palabra *serendipity* en PubMed y PubMed Central, motores de búsqueda ofrecidos por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, que permiten el acceso a la base de datos más completa de artículos de investiga-



Sir Joshua Reynolds (1723–1792) National Portrait Gallery.

ción en ciencias exactas y naturales, nos devuelve casi dos mil títulos. Otra base de datos líder a nivel mundial, la *Web of Science*, registra más de mil doscientas investigaciones científicas en las que la serendipia está presente.

Estos números no son significativos si se los relaciona con la enorme cantidad de trabajos científicos que se publican, pero dan testimonio de que existe una manera de “hacer ciencia” en la que la serendipia funciona –en cierta medida– como método científico.

Con los años, la comunidad científica fue admitiendo la incidencia del azar en sus avances. Desde aquellas omisiones de la Academia Nobel con Becquerel, Röntgen, Pavlov y algunos otros hasta nuestros días, los científicos empezaron a animarse a reconocer las vicisitudes de sus investigaciones –que antes quedaban ocultas– e, incluso, a volcarlas en sus *papers*.

Al mismo tiempo, las revistas científicas comenzaron a aceptar estos trabajos, en los que el investigador revela el backstage de sus experimentos, con sus aciertos, casualidades y fracasos.

Un ejemplo paradigmático de este fenómeno incipiente es el artículo publicado recientemente en *The Journal of Biological Chemistry* por el doctor Daniel Steinberg, profesor emérito de la Universidad de California en San Diego, miembro de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y uno de los pioneros en el estudio del rol de los lípidos en la aterosclerosis.

En ese paper inusitado, Steinberg transgrede las normas de publicación para esconder dos momentos de su carrera en los que la serendipia jugó un rol significativo para el éxito de sus investigaciones. \*\*\*

En nuestro país también hay un ejemplo: un trabajo publicado en 1994 por el doctor Armando Parodi, un prestigioso investigador argentino, da cuenta de la influencia del azar en sus hallazgos.

Sin embargo, otros importantes científicos vernáculos –consultados al momento de escribir este artículo– descartaron cualquier incidencia de la serendipia a lo largo de su trayectoria.

### Puro invento

Quizás, uno de los campos en donde el hallazgo fortuito ha sido más fértil es el de las innovaciones. El teflón, el velcro, el celofán, la anilina, el nylon, el rayón, el neoprene y el polietileno forman parte de una interminable lista de productos obtenidos por casualidad. Un largo catálogo de momentos en los que la serendipidad se impuso al desarrollo racional o a la prueba de una hipótesis.

Pero esta aparente trivialidad de muchos grandes descubrimientos no es tal, si se tiene en cuenta una frase atribuida a Louis Pasteur: “En el campo de la observación, el azar favorece solamente a la mente preparada”.

En otras palabras, cualquiera de estos accidentes podría haber pasado inadvertido si no hubiera habido allí una mente atenta. Fue la sagacidad la que posibilitó capturar ese intervalo del azar. |



## Ciencia y género

# Carrera de obstáculos

El aporte de la mujer a la ciencia fue invisible durante siglos. Pero hoy el problema está en discusión tanto en los foros internacionales como en las instituciones científicas locales. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva lanzó una encuesta para contar con datos sobre las diferencias en las carreras científicas de hombres y mujeres. Por otro lado, resultados de investigaciones muestran la existencia de barreras invisibles.

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

Ilustraciones: ©Paul Sizer/Sizer Design + Illustration

Las mujeres rara vez aparecen como protagonistas en la historia de la ciencia. Sin embargo, hoy sabemos que, incluso en la Antigüedad, muchas de ellas sobresalieron. Por ejemplo, Teano, la esposa de Pitágoras, nacida en el siglo VI antes de Cristo y considerada como la primera matemática. O Hipatia, matemática y astrónoma, nacida en Egipto en el siglo IV de nuestra era. En los últimos años, los estudios históricos y sociales sobre la ciencia han puesto la lupa en el papel de las mujeres desde la antigüedad hasta el presente, y abrieron un campo interesante de discusión. Lo cierto es que, tradicionalmente, los historiadores no han reparado en ellas, o directamente las han ignorado.

Un ejemplo de esa invisibilidad de la mujer aparece en la obra *Ciencia Tecnología y Sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, del reconocido sociólogo estadounidense Robert Merton, que en la década de 1930 señalaba que el 62% de los miembros iniciadores de la Royal Society de Londres (la primera sociedad científica) eran puritanos. Pero Merton se olvidó de decir que el 100% eran hombres. Del mismo modo, el sociólogo norteamericano Talcott Parsons, fallecido en 1979, sostenía que la función femenina más apropiada era la doméstica.

Para las mujeres no siempre fue fácil acceder a la educación. Durante la Edad Media, la única salida para ellas era el convento. Durante la Ilustración (siglo XVIII), al menos las aristócratas y las que pertenecían a la burguesía ascendente, fueron incluidas en el proceso de popularización de la ciencia. Sin embargo, los filósofos iluministas, que combatían el autoritarismo político e intelectual del feudalismo, relegaban a la mujer al ámbito de lo privado y lo doméstico. Para Jean Jacques Rousseau, “la investigación de las verdades abstractas y especulativas, de los principios y los axiomas de la ciencias” era ajena a las mujeres.

Las mujeres pudieron ingresar a las universidades recién a fines del siglo XIX. Las academias científicas tardaron aún más. La Royal Society de Londres admitió dos mujeres en 1945, y la Academia de Ciencias de Francia, en 1979. En la Argentina, la Academia de Medicina aceptó a la primera mujer recién en 1991: la reconocida investigadora Christiane Dosne de Pasqualini.

Un dato interesante es que, desde 1901 –en que se estableció el premio Nobel– hasta el 2010, solo 21 de los más de 500 premios concedidos en ciencias fueron obtenidos por mujeres, aunque estaban incluidas en los equipos de trabajo. El Nobel de Economía, instaurado en 1969, fue entregado por primera y única vez, hasta ahora, en 2009.

### Las disciplinas y los preconceptos

Lo cierto es que las mujeres parecen no preferir ciertas carreras, como por ejemplo la Física. En la Facultad de Exactas, de los 149 alumnos que ingresaron a la carrera de Física en 2012, solo el 25% son mujeres. En cambio, en Ciencias Biológicas la relación entre hombres y mujeres se invierte: de los 324 alumnos inscriptos, el 63,5% son mujeres.

“La gente tiende a pensar que los físicos son hombres”, dice Nina Byers, investigadora del Departamento de Física de la Universidad de California en Los Ángeles. Byers acaba de publicar un libro, junto con el físico Gary Williams, que reúne descripciones detalladas de las contribuciones de mujeres físicas y matemáticas desde 1876 hasta 1976. En ese período, emergieron a la ciencia numerosas mujeres, que históricamente habían sido excluidas de esta práctica. Según los autores, todas ellas vivieron vidas muy diversas, algunas tuvieron hijos, y otras no, pero todas, de un modo u otro, sufrieron la discriminación.

Son numerosas las mujeres que fueron ignoradas, como Lisa Meitner, que cumplió un rol relevante en el descubrimiento de la fisión nuclear, junto con Otto Hahn y Fritz Strassmann. Sin embargo, Hahn fue el único laureado con el Nobel de Química, en 1944. El caso de Marie Curie es diferente, ella fue la primera científica en ser laureada dos veces por la Academia Sueca. Sin embargo, para Byers, su fama actual reside, paradójicamente, más en su condición de mujer, que en su inteligencia y sus logros científicos.

Lo cierto es que actualmente los temas de género atraviesan todas las disciplinas científicas y son considerados en los congresos internacionales. Por ejemplo, dentro de la Unión Física Internacional se ha creado un grupo de trabajo para discutir la relación entre las mujeres y la investigación científica. Silvina Ponce Dawson, profesora en el Departamento de Física de

la FCEyN-UBA preside esa comisión, que organizó en 2011, en Sudáfrica, la 4ta. Conferencia Internacional de Mujeres en Física, de la que participaron más de doscientas personas de casi sesenta países.

En esa conferencia, se expusieron los resultados preliminares de una encuesta global realizada por el Instituto Americano de Física para conocer la situación de la mujer en esta disciplina, y que fue respondida por unos 15.000 profesionales de física, de ambos sexos, procedentes de 130 países. Los resultados mostraron que las mujeres, con mayor frecuencia, se ocupan de las tareas domésticas, y que el nacimiento de los hijos constituye una pausa en su carrera, un avance más lento, o la elección de puestos con menor demanda horaria.

Además, las mujeres manifestaron tener menores oportunidades profesionales, por ejemplo, eran convocadas con menor frecuencia que los hombres a dar conferencias plenarias en reuniones científicas, a ser editoras de revistas especializadas, o a participar en comités científicos. También evidenciaron mayores dificultades que los hombres para obtener recursos, equipamiento y subsidios para viajes.

“En ese encuentro, también se realizaron talleres para discutir diferentes problemas de género, en especial, los referidos al desarrollo profesional. En tal sentido, se propusieron diversas herramientas para que las mujeres puedan avanzar en sus carreras, o para que puedan retornar a la actividad científica si debieron abandonarla temporariamente por cuestiones familiares”, relata Ponce Dawson.

### Techo de cristal

Otro tema de discusión es el del límite de edad para acceder a becas o, en el caso del CONICET, para entrar a cada una de las categorías de la carrera de investigador. “En muchos países, en lugar de la edad cronológica se tiene en cuenta la ‘edad académica’, que no avanza durante la licencia

### EN BUSCA DE DATOS OBJETIVOS

En 2011, el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación puso en marcha una encuesta en la que participan unos 85 investigadores de importante carrera académica, que en 2009 y 2010 se presentaron a los premios Houssay y Rebeca Gershman a la investigación científica. Una vez que se tengan los resultados de esta encuesta, se llevará a cabo una de mayor alcance.

“El objetivo de la encuesta es medir y analizar la existencia de asimetrías en la secuencia de eventos y de roles que dieron lugar al desarrollo de la carrera científica de los investigadores e investigadoras, teniendo en cuenta factores de contexto laborales y familiares así como otros que puedan afectar la equidad en el desarrollo de sus carreras tanto en el país como en el exterior”, señala Eleonora Baringoltz, asesora técnica en la Dirección Nacional de Información Científica de la Subsecretaría de Estudios y Perspectivas del Ministerio de Ciencia y Técnica.

Entre otras cuestiones se indaga qué cargos jerárquicos ocuparon y a cuáles no pudieron acceder a partir de los obstáculos que debieron enfrentar. “Queremos saber si a las mujeres les cuesta más llegar a los cargos, o si llegan pero necesitan más tiempo para subir de categoría”, subraya, y agrega: “En todos los países se aconseja realizar estudios estadísticos, por la importancia de contar con datos objetivos”.

Además de datos generales sobre situación laboral, la encuesta pregunta por la asistencia a congresos internacionales, y en qué países, para determinar si hay diferencias por género, bajo el supuesto de que las mujeres, por cuestiones familiares, encuentran más dificultades para realizar viajes al exterior. Asimismo, se indaga por los posgrados realizados, y el tiempo destinado a la formación académica. También hay preguntas sobre ayuda recibida para la crianza de los hijos, el goce de licencias de maternidad, y el acceso a guarderías públicas.

por maternidad u otras cuestiones similares”, afirma la investigadora. En la Unión Europea, el establecer límites de edad es considerado discriminatorio.

“En las asambleas que se desarrollan al final de las reuniones internacionales, siempre se discuten recomendaciones vinculadas a los problemas de género, en particular para que las sociedades científicas de los diversos países puedan ejercer alguna presión social, por ejemplo, para lograr licencias por maternidad, o que en lugar de la edad cronológica se considere la edad académica”, comenta Ponce Dawson.

En la Argentina, las investigadoras Ana Franchi, Diana Maffia y Silvia Kochen, junto con Jorge Atrio, todos miembros de la Red Argentina de Género, Ciencia y Tecnología (RAGCyT), analizaron el ingreso, la permanencia y la promoción en el CONICET de varones y mujeres entre 1984 y 2006. Al estudiar el número de mujeres y hombres en cada una de las cinco categorías de la carrera de investigador del CONICET, los investigadores vieron claramente que las mujeres son mayoría en los niveles inferiores, pero su participación disminuye en las categorías superiores. Así, observaron que el 72% de las mujeres ocupan los dos niveles más bajos (asistente y adjunto), mientras que el 51% de los hombres están en las mismas categorías. Solo el 0.4% de las mujeres está en el nivel superior de la carrera, en tanto que el 4.5% de los hombres se ubica en dicho nivel.

Por otra parte, la mayoría de las mujeres que alcanzaron las categorías más altas no formaron una familia. Sin embargo, el estudio no pudo determinar si ello fue una opción real o una imposición para el éxito profesional.

Según la distribución por disciplinas, los investigadores vieron que el área de Biología tiene una participación similar de mujeres y hombres; sin embargo, en la categoría principal las mujeres son el 26% y no hay mujeres en la categoría máxima.

En Medicina y Farmacología, donde también la integración de mujeres y hombres es simétrica; aquí las mujeres aparecen con un poco más de representación en las categorías superiores, 39% y 8% respectivamente. En Física, las mujeres representan solo el 24,4% y están casi ausentes a partir del nivel independiente.

Esta dificultad para acceder a puestos de mayor responsabilidad es lo que se conoce como “techo de cristal”: una barrera imperceptible pero imposible de atravesar. Otra metáfora empleada es la del “piso pegajoso”, que remite a la inercia que mantiene a las mujeres inmovilizadas en su puesto, atrapadas en la base de la pirámide económica.

### La diversidad en la práctica científica

La Unión Europea incluyó la problemática de género en su Séptimo Programa Marco de ciencia y tecnología. Así, a través del proyecto genSET (creado en 2009) se busca mejorar la excelencia de la ciencia en Europa a través de la inclusión de la dimensión del género, y al respecto se formularon recomendaciones destinadas a las instituciones científicas de los países miembro. La idea es estimular la diversidad de género en la composición de grupos de investigación, así como a la hora de contratar investigadores y cubrir puestos de trabajo. También se recomienda valorar y aceptar diferentes estilos de gerenciamiento, lo cual, a su vez, da lugar a diferentes entornos de trabajo y a mejorar los ambientes laborales.

La adopción de la perspectiva de género se orienta a tener en cuenta las diferencias existentes entre hombres y mujeres tanto en la forma de trabajar como en sus estrategias a la hora de negociar salarios o pedidos de espacios y equipamiento. En tal sentido, las estrategias femeninas suelen ser menos agresivas.

El planteo actual de la discusión sobre las mujeres y la ciencia ha pasado del interés por el acceso y la igualdad de oportunida-



## BARRERAS INVISIBLES

Para la diputada Diana Maffía, integrante de la RAGCyT e investigadora del Instituto Interdisciplinario de Estudios de Género, de la UBA, la situación de la mujer en la ciencia es una carrera de obstáculos. Por ejemplo, considera como una barrera interna el hecho de que, en general, las mujeres científicas “asumen los valores masculinos en el mundo laboral y apenas describen como un hecho la desigual distribución del trabajo doméstico”, señala. Esto no se relaciona solo con la realización de las tareas, pues, aunque encuentren reemplazo en esa actividad, “la administración, las decisiones y el control del trabajo doméstico siguen quedando a su cargo”.

Por otra parte, habría una segregación vertical que se evidencia en el modo de organización de la comunidad científica, que dificulta que las mujeres accedan a los puestos de mayor responsabilidad. Lo cierto es que tienen menos direcciones de proyectos, menos subsidios y por montos menores, y es menor su participación en los comités de evaluación sobre distribución de fondos.

Maffía también se refiere a la segregación horizontal, que es la división en el mercado laboral que hace que las mujeres se concentren mayoritariamente en actividades de menor consideración social, por ejemplo, tareas periféricas y monótonas de medición, registro y cuidado, o tareas docentes con mucha obligación de corrección de trabajos y dictado de clases. Y brinda el relato de una química “que se retiraba mucho después que sus compañeros varones del laboratorio, porque debía limpiar los instrumentos. Es decir –subraya Maffía–, no se discutía a quién le correspondía la tarea de limpieza”.



des, a la preocupación por el papel del género en la práctica científica, según señala la socióloga Celia Baldatti, y subraya: “La pregunta es si los científicos y las científicas trabajan de manera diferente”.

### La óptica femenina

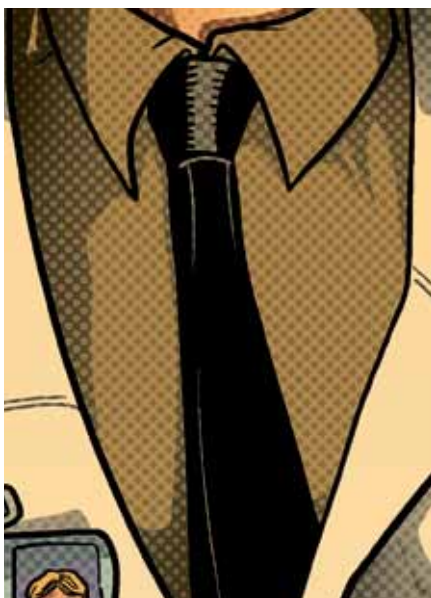
Para la socióloga María Elina Estébanez, investigadora del grupo Redes, del CONICET, “la ciencia, como actividad humana, posee las características de quienes la practican y difunden. La sociedad, por su parte, tiene derecho a disfrutar y obtener beneficios del conocimiento científico y tecnológico producido con esas características propias”, y agrega: “La sociedad se enriquece con la óptica particular que los hombres y las mujeres le imprimen al conocimiento”.

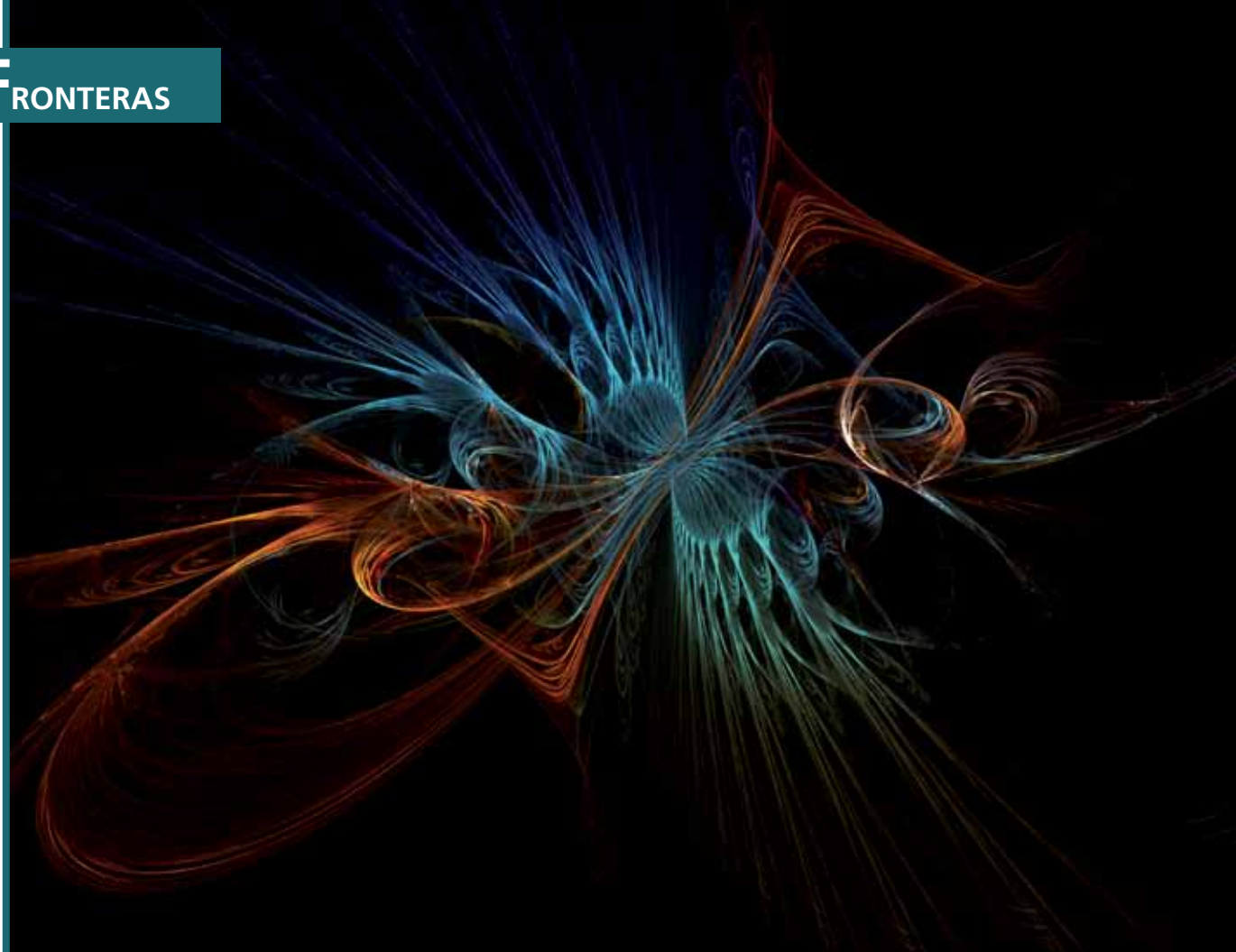
La conclusión es simple: si hay menos mujeres en el sistema científico, la sociedad se va a ver perjudicada, porque hay un cierto punto de vista que no está expresado ni manifestado en la ciencia. Del mismo modo, la sociedad también se ve afectada por la exclusión de otros grupos. Los puntos de vista, los intereses, los valores de los distintos grupos deberían estar bien representados en el tipo de ciencia que se pone a disposición de la sociedad.

En los últimos años, numerosos trabajos se orientaron a revisar la situación de las

mujeres en el sistema científico tecnológico, con estudios comparativos entre Latinoamérica, Estados Unidos y Europa. En este sentido, Estébanez afirma: “En Latinoamérica, el 46% del personal científico es femenino. En Europa, en cambio, la cifra desciende a un 32%, y en Estados Unidos también la participación es menor”. De acuerdo con datos recientes, la Argentina se destaca en Latinoamérica con un valor del 49%, y es superada apenas por Paraguay. El hecho paradójico es la alta participación de la mujer en países con un desarrollo social y económico relativamente menor que en el primer mundo, y un desarrollo científico de menor relevancia. “Una lectura preliminar de este fenómeno indica que el crecimiento de la participación femenina en la ciencia ocurre en los ámbitos menos dotados de recursos para la investigación, ya se trate de países con bajo porcentaje del PBI dedicado a la inversión en ciencia o instituciones de CyT con escaso presupuesto. En estos ámbitos, las mujeres estarían ocupando puestos de trabajo con bajo salario”, destaca Estébanez.

La lucha por la igualdad de derechos está en marcha. Al menos la discusión sobre el rol de la mujer en la ciencia, invisible durante mucho tiempo, ya es preocupación de las instituciones científicas. |





## La Teoría de Cuerdas

# Física en el ring

Los físicos cultores de la Teoría de Cuerdas son, quizás, los que disponen de mayores y más sofisticados talentos para manejar un formalismo fascinantemente complejo. Investigadores de otras ramas difícilmente puedan penetrarla con solvencia, no ya en los detalles, sino en conceptos troncales de una teoría que es tan ciencia como la matemática pero, respecto a su objetivo de ser ciencia natural, genera opiniones divididas.

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

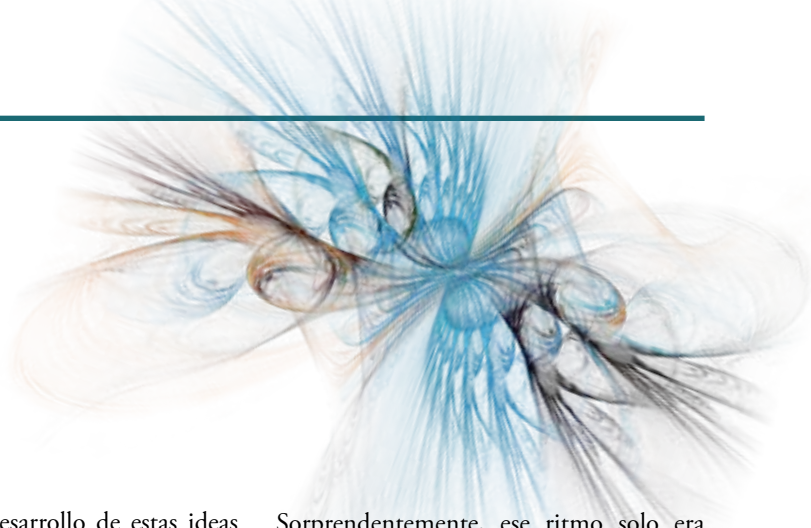
---

*“Es la única teoría en gestación que puede decir algo sobre la unificación de las fuerzas”,*

*“solo sirve para solucionar rompecabezas teóricos”,*

*“el hallazgo de la supersimetría en el anillo del LHC será uno de los más asombrosos resultados de la Física”,*

*“no produjo ninguna confirmación experimental en 20 años”*



Los orígenes de la Teoría de Cuerdas datan la década del '60 cuando, más apropiadamente, debió haberse llamado *Teoría de las gomas elásticas* pero, probablemente esta denominación pareció carecer de cierta dignidad. El trabajo de sus primeros investigadores demostró que la teoría resultaba coherente con las de la Relatividad Especial y la de la Mecánica Cuántica, siempre y cuando se cumplieran algunas condiciones tales como que el mundo debía tener veinticinco dimensiones espaciales y que debían existir partículas como el *gravitón*, el mediador de la interacción gravitatoria. En los '70 la teoría fue reformulada para superar ciertos inconvenientes relacionados con el zoológico de partículas elementales, mediante la consideración de las llamadas *propiedades de simetrías*. Nació así la *Teoría de cuerdas supersimétrica* o de *Supercuerdas* que logró bajar el número de dimensiones del espacio necesarias a solo nueve.

En este punto, las supercuerdas permitieron unificar, en forma automática, a todas las partículas elementales y a todas las fuerzas; incluir a las entidades responsables del electromagnetismo y de las interacciones nucleares; agregar la gravedad y predecir supersimetría. Todo el corpus del conocimiento denominado *Modelo estándar de las partículas elementales*, sus tres interacciones (nuclear fuerte, nuclear débil y electromagnetismo) y la gravedad, pudieron aglutinarse a través de la idea de que todos estos fenómenos surgen de las vibraciones de diminutas cuerdas elásticas extendidas en el espacio-tiempo y siguiendo leyes muy sencillas.

A mediados de los '80, un par de encumbrados investigadores demostraron, muy elegantemente, que la de las supercuerdas era una teoría finita; es decir, que carecía de las anomalías propias de los intentos unificadores anteriores, que conducían a medidas infinitas de ciertas magnitudes y, además, que poseía un formato de teoría cuántica de la gravedad.

Otro hito en el desarrollo de estas ideas fue el descubrimiento de que la teoría de cuerdas no era única sino que, en realidad eran cinco teorías de supercuerdas consistentes en espacio-tiempos de diez dimensiones. Sin embargo, en 1995, los expertos demostraron que esas cinco teorías eran una misma teoría, bautizada *Teoría M* siempre que se pagara el precio de aumentar en una, once, las dimensiones del espacio-tiempo. Simultáneamente, una imagen más abarcativa acompañó estas revolucionarias nociones: no solo objetos unidimensionales podían vivir en estos espacios sino también superficies bidimensionales o *membranas*. Es más, nada impidió la presencia de entidades de dimensiones mayores a dos que fueron imaginativamente llamadas *d-branas*. Notoriamente, al estudiar la termodinámica de ciertas *branas* enrolladas alrededor de las dimensiones adicionales, se pudieron reproducir las propiedades termodinámicas de algunos famosos personajes de la cosmología: los agujeros negros.

En estos temas trabajaba en 1996 el argentino Juan Martín Maldacena (que había empezado a estudiar en la FCEyN y se había graduado en el Instituto Balseiro) cuando, en 1997, revolucionó desde Harvard al mundo académico con el artículo científico más citado de la historia. Maldacena conjeturó (ver *EXACTAMENTE* número 13\*) que las teorías de cuerdas, que describen la gravedad, podrían tener una teoría alter ego o dual del tipo de las que describen a las partículas sin la gravedad en el modelo estándar. Si se probara esta conjetura, habría una descripción exacta de una teoría cuántica de cuerdas o un puente inédito entre mundos teóricos que hasta el momento no se podían conciliar.

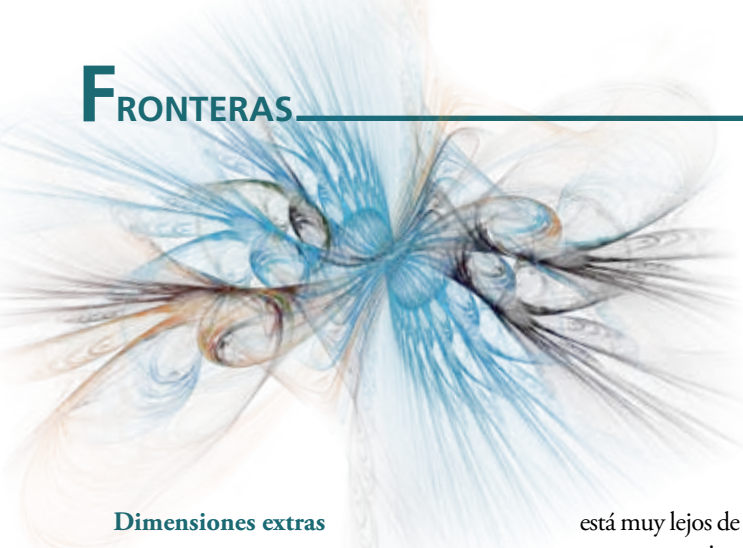
Mientras tanto, en 1998, en otro lugar de la metrópoli física, los cosmólogos estudiaban la expansión de galaxias lejanas por medio de las explosiones de estrellas supernovas en sus interiores. La conclusión de estas observaciones indicó que el ritmo de expansión del Universo era acelerado.

Sorprendentemente, ese ritmo solo era compatible con la presencia de un extraño agente universal que simplemente “estaba ahí” pero que no tenía relación con la materia y la energía conocidas en forma de ondas y partículas. A esta quintaesencia los científicos denominaron *energía oscura*. Aún ignorando la naturaleza de semejante usina energética, los astrofísicos pudieron describir sus efectos sobre la expansión del universo de manera experimentalmente contundente. Uno de los candidatos a tener que ver con la energía oscura es la llamada *constante cosmológica* (Ver *EXACTAMENTE* 41\*\*). Hasta antes de 1998, las pruebas disponibles indicaban que esta constante era casi nula, lo cual esperaba a los teóricos con la idea de hallar un nuevo principio que estableciera esa nulidad. Sin embargo, las observaciones indicaron que era no nula y positiva.

De todas maneras, la teoría de cuerdas no solo no predijo la energía oscura sino que, aún hoy, le resulta difícil incluir el valor positivo de esa aceleración. En particular, no podía explicar por qué la constante debía ser nula pero sí por qué no podía ser positiva. Es más, la famosa conjetura de Maldacena suponía un espacio tiempo con una constante cosmológica negativa.

En síntesis, las supernovas de 1998 al parecer contrapusieron negativamente una observación experimental al esquema que la teoría de cuerdas proponía. Uno de los máximos referentes mundiales de la teoría de cuerdas, Edward Witten, opinaba: “No conozco una manera clara de obtener un universo con constante cosmológica positiva a partir de la teoría de cuerdas o de la teoría M”.

“Incorporar una constante cosmológica positiva y pequeña a la teoría no es imposible pero sí muy difícil. Quizás sea el problema más grande y serio que la teoría de cuerdas enfrenta hoy, pero de ningún modo la invalida”, explica el investigador del CONICET en el Departamento de Física de la FCEyN y especialista en teoría de cuerdas, Gastón Giribet.



### Dimensiones extras

“Si en el mundo no hubiera diez u once dimensiones, la teoría de cuerdas tal cual hoy la entendemos sería errónea. El problema es que, con las energías que podemos manipular tecnológicamente, es muy difícil chequear si esas dimensiones existen o no. Luego, hay que ser justos cuando se ataca a la teoría de cuerdas y a su imposibilidad pragmática de contrastar lo que ella misma predice, que no es lo mismo que atacarla porque no predice nada”, apunta Giribet y agrega: “la idea de dimensiones extra a mí me entusiasma mucho. Imaginemos por un segundo que sean reales, que el día de mañana alguien se da cuenta de que el universo tiene diez dimensiones espaciales; ¡sería uno de los descubrimientos más grandes de la humanidad!”.

Sin embargo, el epistemólogo argentino Mario Bunge critica: “...la teoría postula que el espacio físico tiene más de tres dimensiones, simplemente para asegurarse consistencia matemática. Puesto que estas dimensiones extras son inobservables, y puesto que la teoría se ha resistido a la confirmación experimental durante más de tres décadas, parece ciencia ficción o, al menos, ciencia fallida. Puesto que estas teorías se encuentran en discrepancia con el conjunto de la Física, y violan el requerimiento de falsacionismo, pueden calificarse de pseudocientíficas, incluso aunque lleven pululando un cuarto de siglo y se sigan publicando en las revistas científicas más prestigiosas”.

Y Witten defiende: “Si bien todavía no sabemos cuán grandes son las dimensiones extras, esperamos explorar eso de diferentes maneras. Las dimensiones extras realmente existen pero están tan fuera de nuestra vista como lo están los núcleos atómicos. Por qué vemos solo tres dimensiones espaciales, ese es el gran problema a resolver del cual por ahora no tenemos respuesta”.

### Buscando gomas elásticas

El límite energético, que parecen haber alcanzado definitivamente los aceleradores,

está muy lejos de las escalas donde las cuerdas son protagonistas. Por esto, algunos científicos desvían la búsqueda a objetos astrofísicos primordiales, como las llamadas *cuerdas cósmicas* (que, en principio, no tienen nada que ver con la teoría de cuerdas), o *las ondas gravitacionales*, que son una sinfonía cósmica remanente de los grandes eventos gravitatorios del Universo.

“Un aspecto importante de la teoría de cuerdas es que, definitivamente, es testeable. Así lo demuestra la predicción de la supersimetría que nació de las cuerdas en los '70 y que los físicos experimentales están tratando de hallar hoy en el LHC (Large Hadron Collider). En la historia de la ciencia es difícil hallar un tipo de predicción tan espectacular como ésta. Pero hay muchas otras maneras concebibles de testear la teoría mediante exploraciones cosmológicas, por ejemplo y entre otras, del fondo cósmico de microondas. No tengo la bola de cristal para saber cómo será la confirmación de la teoría pero tampoco lo sabían los que teorizaron sobre las estrellas de neutrones, los agujeros negros o las ondas gravitacionales, en los años 20 y los 30, y que las nuevas tecnologías, de alrededores del 2000, se encargaron de confirmar. Pienso que la Naturaleza resultará buena con nosotros y habrá una bonita sorpresa, como ocurrió tantas veces en el pasado. Yo nunca pensaría que una teoría errónea nos llevara a entender mejor la teoría cuántica de campos o que produjera novedosas descripciones de los agujeros negros”, abunda Witten.

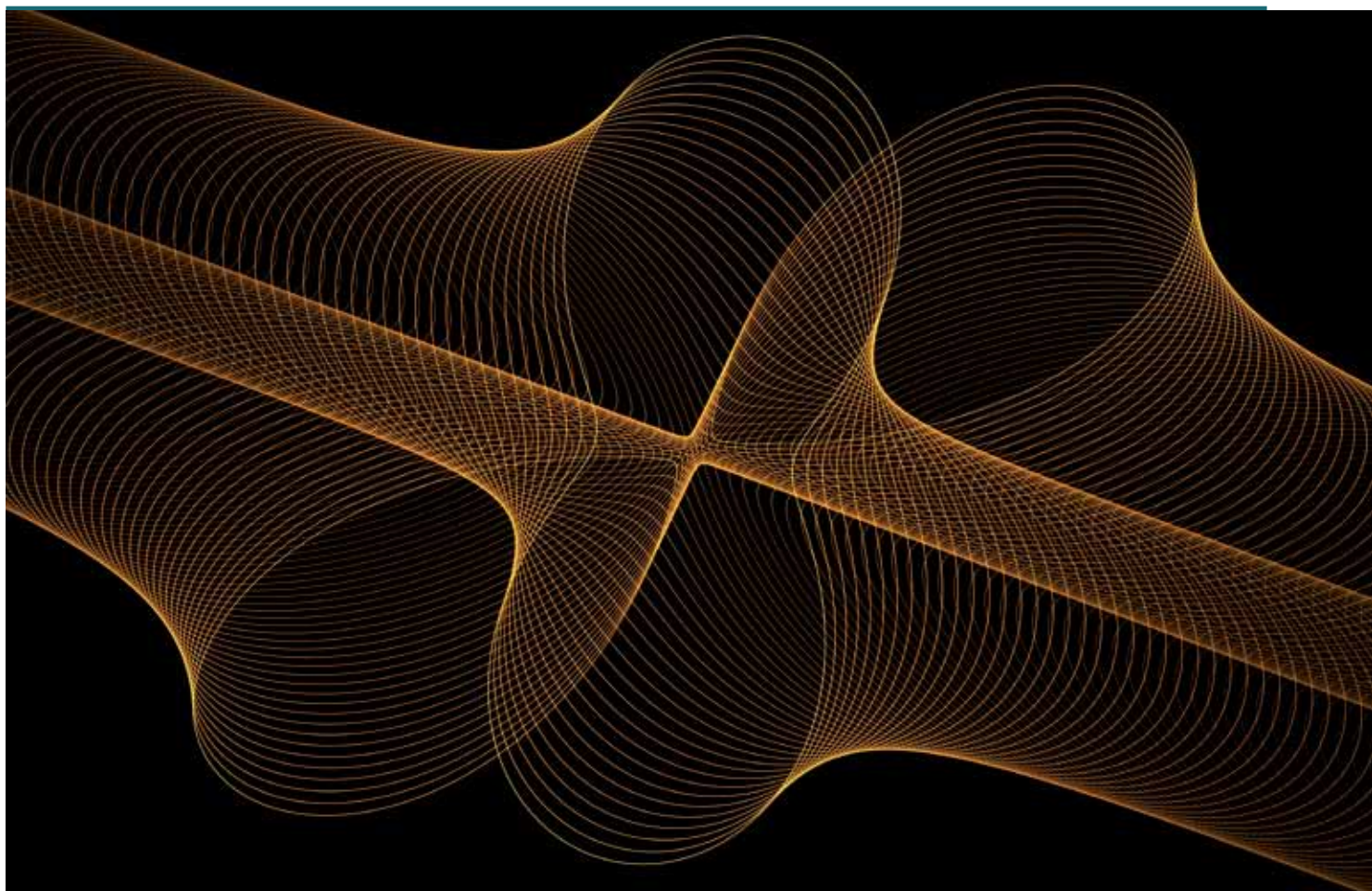
Mientras que Giribet aporta: “De hecho, cuando uno hace física y busca entender la naturaleza usando la matemática, ejerce un acto de fe. No hay *a priori* una garantía de que eso funcione, en absoluto. Podría darse que la naturaleza sea descriptible con matemática que todavía nosotros no podemos entender o que podríamos entender pero no todavía. La física es matemática pero, además, es más que matemática cuando uno le superpone toda una estructura semántica. Yo opino que la teoría de cuerdas sí es una teoría física. La teoría de

cuerdas, pese a las críticas, es contrastable en el sentido de que hace afirmaciones sobre la naturaleza que, de no ser ciertas, la teoría resultaría errónea. Eso es una teoría contrastable. Ahora bien, contrastable no es una cosa que está bien definida; o sea, qué es contrastable depende un poco del que habla. No es contrastable en el sentido pragmático de que, lamentablemente, no tengamos tecnología para acceder a las energías para efectivamente comprobar esas afirmaciones contrastables. Eso no es culpa de la teoría de cuerdas, que hace afirmaciones sobre altas energías en escalas de tamaños inimaginablemente pequeños. Luego, es desleal, si cabe el término, decir ‘nosotros no podemos experimentar en nuestra escala, así que nuestra teoría es un desastre’. Lo más interesante de la teoría de cuerdas es que describe la gravedad a nivel cuántico, lo que significa que une la teoría de la relatividad general de Einstein con la mecánica cuántica y que, por ejemplo, la conjetura de Maldacena sea algo que trasciende a la teoría de cuerdas, pese a haber nacido de ella”.

### Crítica de la razón pura

La elaboración de la teoría tuvo que vérselas con las críticas de dos grandes monstruos de la física de los '70 y '80. Por un lado, Richard Feynman decía: “No me gusta que no estén calculando nada. No me gusta que no comprueben sus ideas. No me gusta que para cada cosa que no coincide con la experimentación amañen alguna explicación del tipo ‘bueno, todavía puede ser verdad’”. Por otro, Sheldon Glashow opinaba: “... la teoría de supercuerdas no se deduce como la consecuencia lógica de un conjunto atractivo de hipótesis sobre la naturaleza...”. Dos nóbeles en contra.

En otra línea, el físico estadounidense y egresado de Harvard Lee Smolin, autor del polémico libro *Las dudas de la física en el siglo XXI*, opina que la teoría M sigue siendo una conjetura fascinante y resulta tentador creer en ella, pero no constituye una auténtica teoría sino una conjetura



"String Theory" Copyright 2010 - Hal Tenny

sobre la que estamos deseando crear. “La teoría de cuerdas ha generado una gran cantidad de excelente matemática, ha mejorado la comprensión de algunas otras teorías de la física pero ¿es una teoría científica? No hay precedentes en la historia de la ciencia, o al menos desde finales del siglo XVIII, de que transcurriera más de una década entre la presentación de una teoría importante y el fracaso, o bien la acumulación de una impresionante cantidad de datos experimentales y de apoyo teórico, de la nueva teoría”, expresa Smolin que, desde el 2001, trabaja en Canadá.

Por su parte, Bunge, fiel a su estilo frontal, opina: “La consistencia, la sofisticación y la belleza nunca son suficientes en la investigación científica. La Teoría de cuerdas es sospechosa de pseudociencia. Solo parece científica porque aborda un problema abierto que es a la vez importante y difícil, el de construir una teoría cuántica de la gravitación”.

Gastón Giribet, a su vez, retruca: “Puede ser que la teoría de cuerdas esté mal. Puede ser que esté bien. Pero es muy ingenuo atacar a la teoría de cuerdas porque sea matemáticamente complicada o porque


prediga dimensiones extras. Podría perfectamente darse el caso de que la descripción de naturaleza sea matemáticamente complicada y que, a escalas microscópicas, el universo tenga más de cuatro dimensiones. No hay ningún problema con eso. Nos puede sonar contra intuitivo pero también hay que tener en cuenta que nuestra intuición se educa de la mano de nuestra experiencia cotidiana y que ya aprendimos a manejar la contra intuición en la teoría de la relatividad o en la mecánica cuántica”.

Smolin ha logrado generar con su libro una gran polémica y Giribet no elude su comentario al respecto: “Voy a ser políticamente correcto: pese a que el libro de Smolin es ante todo una auto propaganda, se lo puede analizar en dos partes. Por un lado, una crítica a la teoría de cuerdas desde el punto de vista científico y, por otro, una crítica desde el punto de vista sociopolítico de la comunidad científica. Sobre el segundo no vale la pena hablar. La primera parte, a su vez, se la puede separar en otras dos: una crítica seria y otra ridícula. La crítica seria tiene que ver con la constante cosmológica positiva. La otra,

Smolin la puede compartir con mi abuela: que la teoría es complicada matemáticamente o que tiene muchas dimensiones”.

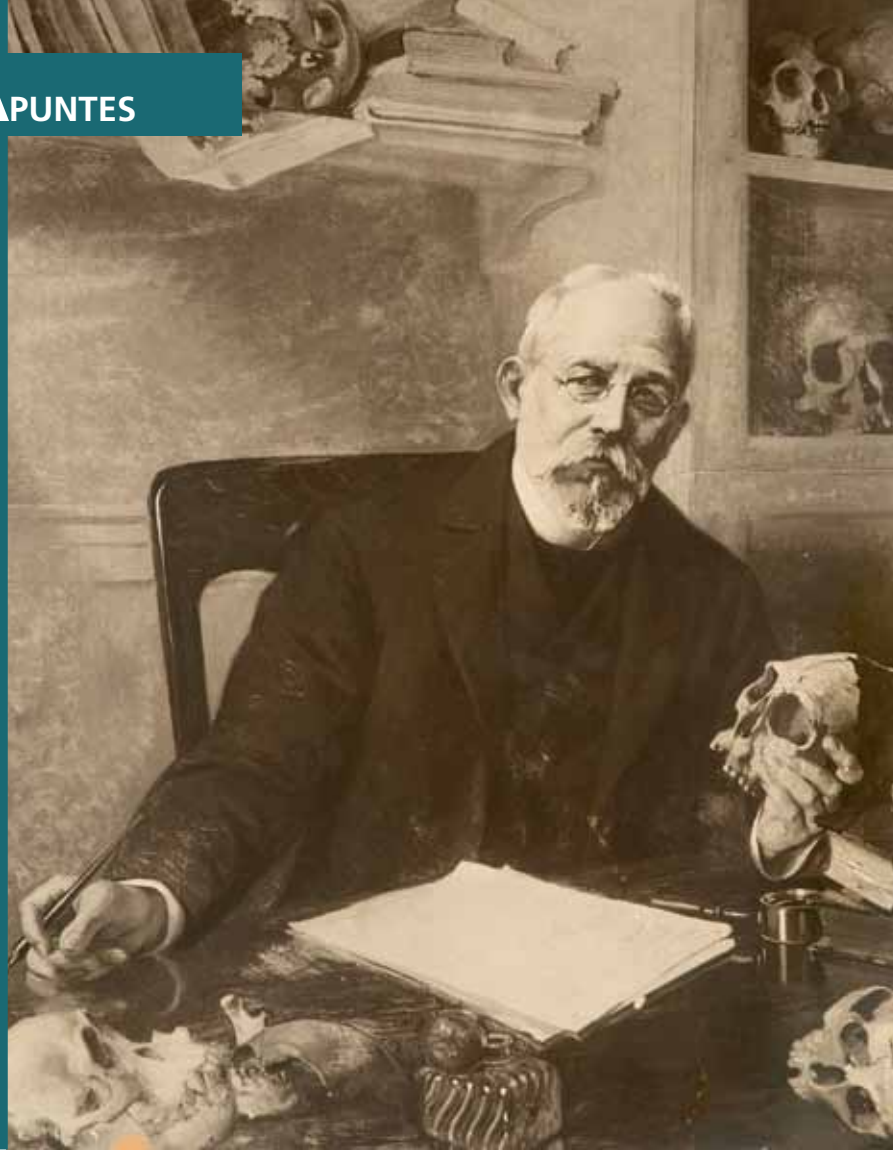
En el mundo de los cultores de las cuerdas, nadie afirma que la forma en la que entienden la teoría de cuerdas hoy, sea la respuesta definitiva a todas de las preguntas fundamentales de la Física pero sí que muchas ideas que surgen de ella necesariamente estarán relacionadas con la respuesta. Es como si la teoría de cuerdas fuera una versión ingenua de una vía que potencialmente pueda llegar a dar, en unos cincuenta años, una respuesta en donde algunas de sus postulaciones actuales estarán y otras no.

En el mundo de los críticos de las cuerdas nadie quiere resignar, ni siquiera mínimamente, el perfil completo que caracterizó la gestación de grandes revoluciones de la Física como la Relatividad o la Mecánica Cuántica.

El debate seguramente continuará. 

\* <http://www.fcen.uba.ar/fotovideo/EXm/PDF/EXM13.pdf>

\*\* <http://www.fcen.uba.ar/fotovideo/EXm/PDF/EXM41.pdf>



*Retrato de Ameghino de Luis De Servi (1863-1945).  
Reproducción: CePro-EXACTAS.*

## Florentino Ameghino

# El primer adelantado

*Beatriz Aguirre-Urreta\**

Florentino Ameghino, geólogo, paleontólogo y antropólogo, nació en Luján, el 18 de septiembre de 1854, aunque algunos investigadores sostienen que podría haber nacido en Tessi, Italia, el 19 de setiembre de 1853, basados en una partida de nacimiento con el nombre de Juan Bautista Fiorino José Ameghino. Sin embargo, sus padres, Antonio Ameghino y María Dina Armanino, llegaron de Italia sin hijos, según lo afirmaron familiares.

Su formación primaria la realizó en forma particular, ya que su propia madre le enseñó a leer y escribir. Su curiosidad era atraída por los restos de huesos petrifica-

dos y de conchillas de moluscos que observaba y recogía en las barrancas del río Luján. Supo también en esos años que un venerable médico y naturalista argentino, el Dr. Francisco Javier Muñiz, quien vivía todavía allí en Luján, había descubierto y descrito algunos de esos fósiles. También que el Dr. Germán Burmeister, sabio alemán a cargo del Museo Nacional de Historia Natural, había publicado varios volúmenes con hermosas ilustraciones en los que daba a conocer muchas especies raras de aquellos mamíferos fósiles. Llegó a visitar el Museo donde pudo admirar los megaterios, milodontes y gliptodontes y compararlos con los fósiles que él mis-

mo había recogido. Empezó entonces a hacer una colección de todos los fósiles que se hallaban en las cercanías del río Luján, colección que en pocos años fue tan numerosa que ya no cabía en la casa de sus padres.

Posteriormente estudió con Carlos D'Aste hasta 1867 cuando viajó a Buenos Aires para ingresar en la Escuela Normal. Allí permaneció solo un año ya que ésta cerró. Tenía 14 años cuando leyó las obras de Charles Darwin y Charles Lyell. Estudió casi solo los idiomas que necesitaba para leer libros extranjeros y llegó a conocer además de castellano e italiano, francés, inglés y alemán.

Luego de su corta estadía en Buenos Aires se trasladó a la localidad bonaerense de Mercedes, donde a los 16 años fue designado preceptor en la Escuela N°2 General San Martín, institución en la que luego fue maestro y director.

En su trayectoria científica se pueden distinguir tres etapas: en la primera, que coincide con su juventud, estuvo especialmente dedicado a las exploraciones del suelo pampeano y a estudios sobre la antigüedad del hombre en América. Se puede decir que en esta etapa, que abarca desde 1875 a 1882, Ameghino fue arqueólogo y geólogo más que antropólogo. En 1878 viajó a la Exposición Universal de París para exhibir su colección arqueológica y paleontológica. Al año siguiente tuvo una destacada actuación en el Congreso de Americanistas celebrado en Bruselas. Entre 1880 y 1881 aparecieron sus obras *Los mamíferos fósiles de la América meridional* (en colaboración con el paleontólogo francés Henri Gervais), *La formación pampeana* y *La antigüedad del hombre en el Plata*.

Ameghino, infatigable trabajador, para facilitar su tarea creó un sistema taquigráfico (*Taquigrafía Ameghino. Nuevo sistema de escritura*, 1880) que, según los entendidos, se hallaba a la altura de los mejores de su época.

A tres años de su partida regresó al país casado con la joven parisina Leontina Poirier. Se instaló en Buenos Aires donde abrió una librería y papelería llamada El Glyptodon.

La segunda etapa, entre 1882 y 1906, es la más trascendente de su producción científica. Vuelto de Europa con un gran caudal de conocimientos adquiridos de sus colegas y en los museos de París, Bruselas y Londres y con el material que provenía de las expediciones de su hermano Carlos a la Patagonia, Florentino fue realizando un monumental estudio de cientos de fósiles, que interpretaba a la luz del evolucionismo darwiniano, aun cuando esta teoría no se hallaba por entonces firmemente establecida entre los naturalistas.

En 1884 escribió *Filogenia* y la Universidad de Córdoba lo invitó a ocupar la cátedra de Zoología y poco después le otorgó el título de Doctor *honoris causa*. Designado miembro de la comisión directiva de la Academia de Ciencias, fue un importante colaborador del boletín de dicha institución. En ese mismo año participó en una expedición científica al Chaco junto con Eduardo L. Holmberg y Federico Kurtz.

En 1886, Francisco P. Moreno lo nombró vicedirector y secretario del Museo de La Plata, asignándole la sección de Paleontología, que Ameghino enriqueció con su propia colección. Carlos obtuvo el cargo de Naturalista viajero y comenzó sus exploraciones por la Patagonia. Pero fue poco el tiempo en que Ameghino y Moreno trabajaron juntos y luego de un año Florentino fue relevado de su cargo oficial y le fue prohibida la entrada al museo, situación que persistió hasta 1904.

En 1889 presentó en las Actas de la Academia Nacional de Ciencias su obra magna, compuesta por 1028 páginas y un atlas: *Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina*. Esta obra le valió una medalla de oro y un diploma de honor en la Exposición Universal de París de 1889.

Cuando se desempeñaba como profesor de Mineralogía y Geología en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad de La Plata en 1902, fue convocado por Joaquín V. González, ministro de Justicia e Instrucción Pública, para hacerse cargo de la dirección del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires que estaba vacante tras la muerte de Carlos Berg. Con la dirección de Ameghino, a pesar de que contaba con un muy bajo presupuesto, el museo consiguió acrecentar notablemente su material.


Son también estos los años en los que financió sus emprendimientos y las expediciones de Carlos a la Patagonia con las ganancias de una modesta librería, y solo en 1903, cuando prácticamente había

completado su obra, recibió la primera designación duradera del Estado. Cierra esta etapa de su vida en 1906 con *Formaciones sedimentarias del Cretáceo Superior y del Terciario de Patagonia*, una obra de síntesis que no se limita a las descripciones, sino que plantea hipótesis sobre la evolución de los diversos mamíferos y analiza las distintas capas de la corteza terrestre y sus posibles edades.

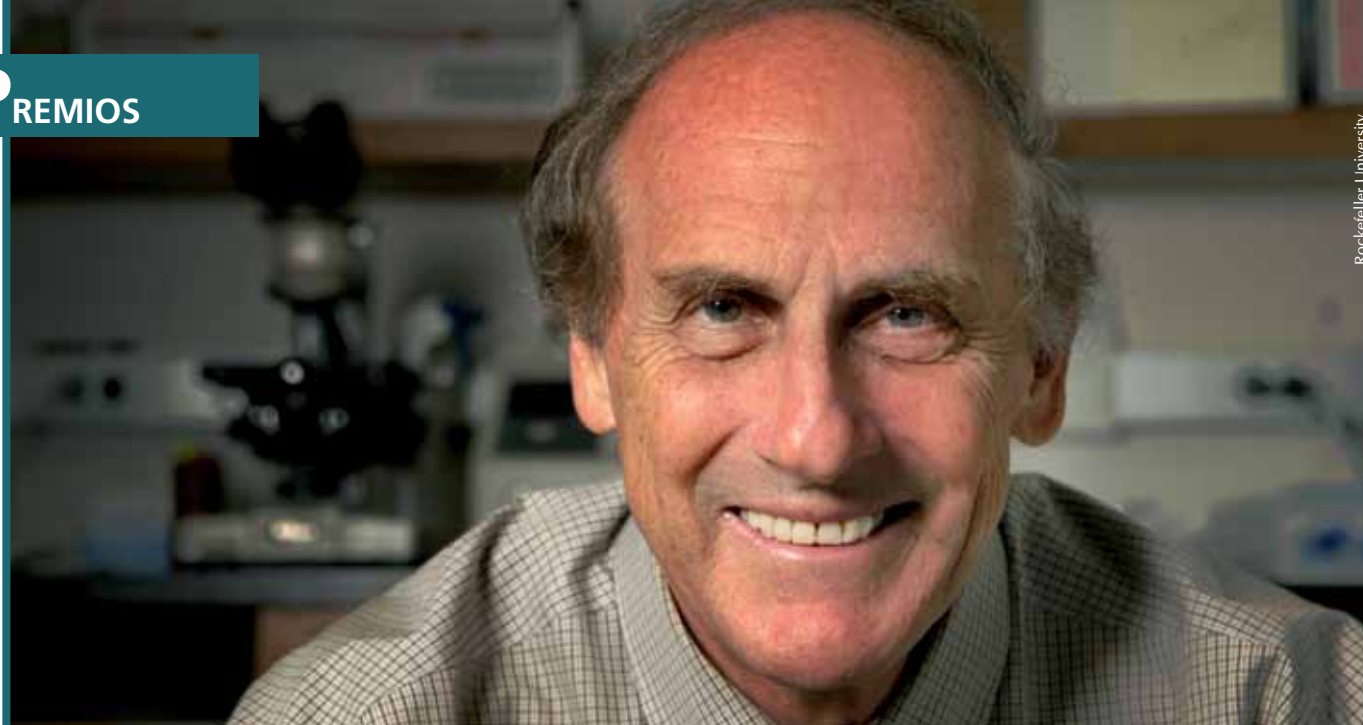
Finalmente, entre 1907 y 1911, en la tercera etapa de su desempeño académico, vuelve Ameghino a su primitiva dedicación: el hombre fósil, las descripciones de los primeros habitantes, sus industrias y culturas. Los últimos tres años de su vida los dedicó al estudio de los restos que él atribuyó a los precursores del hombre. En 1907 aparecieron sus *Notas preliminares sobre el *Tetraprothomo argentinus** y en 1909 *Le *Diprothomo platensis*, un précurseur de l'homme du Pliocène inférieur de Buenos Aires*.

Ameghino murió en La Plata, el 6 de agosto de 1911, en medio de una atmósfera de generalizado reconocimiento a su labor y a su figura. Ese mismo reconocimiento que le había faltado en la época de oro de su trabajo científico.

En síntesis, Florentino Ameghino fue la primera figura de la ciencia nacional que alcanzó trascendencia internacional. Después de los trabajos fundacionales de la estratigrafía y paleontología argentinas realizados por d'Orbigny, Darwin, Doering y Burmeister, correspondió a Florentino Ameghino estructurar el armazón de los conocimientos geológicos de gran parte del país, sobre el que se apoyarían las futuras investigaciones.

Para George Gaylord Simpson, uno de los fundadores de la Teoría sintética de la evolución, la obra de Ameghino fue “uno de los más notables logros en la historia de la ciencia”. 

\* Profesora del Departamento de Ciencias Geológicas. Área de Paleontología.. FCEyN-UBA.



Ralph Steinman

Nobel 2011

# Líneas de defensa, expansión del universo y cuasicristales

En Medicina, el canadiense Ralph Steinman, el estadounidense Bruce Beutler y el francés Jules Hoffmann fueron galardonados por sus descubrimientos sobre la forma en que se articulan la primera y la segunda línea de defensa del organismo frente a la invasión de patógenos. En Física, los tres cosmólogos norteamericanos Saul Perlmutter, Adam Riess y Brian Schmidt fueron premiados por el descubrimiento de la expansión acelerada del Universo. El hallazgo de los cuasicristales le valió el Nobel de Química al israelí Dan Shechtman.

## Medicina. En la línea de defensa

El Nobel de Medicina 2011 premia dos áreas de investigación que se relacionan con los dos componentes del sistema inmune, la defensa innata y la adaptativa. Bruce Beutler y Jules Hoffmann trabajaron en la primera, y Ralph Steinman, en la interfase de ambas. Cabe señalar que este último no llegó a enterarse del galardón, pues falleció tres días antes del anuncio. De todos modos, su familia recibirá la mitad del premio, mientras que a Beutler y Hoffmann les corresponderá la otra mitad.

“Si hay algo que revolucionó la forma de ver la inmunología fueron los hallazgos de Steinman”, resume el doctor Gabriel Rabinovich, investigador del CONICET y profesor en la Facultad de Ciencias

Fotos: © The Nobel Foundation - Ulla Montan





Jules A. Hoffmann



Bruce A. Beutler

Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA, quien ha trabajado en estrecho contacto con el investigador fallecido.

En 1973, el científico laureado identificó unas células que poseían ciertas prolongaciones a la manera de ramificaciones, y por ello las llamó ‘dendritas’ (de *dendron*, que significa árbol, en griego). A partir de entonces, Steinman se dedicó de lleno a estas células con el fin de desentrañar su función biológica, y pudo demostrar que son las encargadas de que los linfocitos puedan reconocer al extraño y así sean capaces de atacarlo. Sin ellas, los linfocitos no pueden actuar. Pero, además, estas células pueden utilizarse como vacunas para estimular la respuesta inmune, por ejemplo en el cáncer.

### Sin ellas, no hay acción

“Las células dendríticas son las presentadoras de antígeno más importantes. Ellas patrullan el organismo y, cuando se encuentran con un virus o bacteria, captan el antígeno y se lo presentan a los linfocitos T, que son los encargados de producir anticuerpos para destruir al intruso”, explica Rabinovich, que es jefe del Laboratorio de Inmunopatología del Instituto de Biología y Medicina Experimental.

Dado que hay distintos tipos de linfocitos T, la función de las dendríticas es dual: por un lado, avisan del peligro y se lo comunican a los linfocitos T, y, por otro, perfilan el tipo de respuesta que debe generarse. De acuerdo con esa información, el linfocito T se transforma en un linfocito T efector, es decir, especializado en una tarea particular.

“Lo que descubrió Steinman es el eslabón perdido entre el sistema inmunológico y el microbio que está entrando o el tumor que está creciendo”, subraya Rabinovich, y prosigue: “Hoy se sabe que sin células dendríticas no se puede generar ninguna respuesta, un linfocito T virgen no se puede activar, no puede reaccionar frente a ningún patógeno”.

Actualmente, mediante la manipulación de las células dendríticas, los investigadores pueden activar la respuesta inmune y amplificarla. En efecto, pueden extraer esas células de un individuo, cargarlas con material de un tumor y usarlas como una vacuna para amplificar las defensas.

### Dos líneas de ataque

Ante la invasión de un virus, una bacteria o un parásito, el sistema de defensa tiene dos líneas de ataque. La primera, que actúa en forma casi inmediata, es la que se conoce como inmunidad innata, compuesta por diferentes tipos de células, como neutrófilos y macrófagos, entre otros, que reconocen al patógeno y tratan de eliminarlo. Si bien en muchos casos esa acción es suficiente, cuando la infección es grande es necesaria la segunda línea de defensa, la inmunidad adaptativa, que tarda entre 7 y 10 días en “armarse”. En este caso, entran en acción las células dendríticas, que les avisan a los linfocitos que es hora de actuar.

Durante muchos años se creyó que la inmunidad innata era inespecífica, y que la única defensa específica era la adaptativa, es decir, la efectuada por los linfocitos. Sin embargo, los galardonados con la

otra mitad del Nobel derrotaron ese paradigma a través de sus estudios con la mosca *Drosophila*. En efecto, vieron que las células de la inmunidad innata tienen receptores que le dan especificidad: se llaman receptores de reconocimiento de patrones, y entre ellos se encuentran unos receptores denominados Toll.

Cuando Jules Hoffmann infectaba las moscas con algún patógeno, las mutantes que carecían de receptores Toll morían sin remedio porque no podían producir una defensa efectiva.

“Las células dendríticas tienen muchos receptores Toll, que detectan al organismo extraño, y así las dendríticas pueden llevar esa información a los linfocitos T. Ese es el punto de contacto entre la inmunidad innata y la adaptativa, y es el denominador común entre los ganadores del Nobel”, concluye Rabinovich.

### Física: un sacudón a la cosmología

Ellos ahora saben lo que sienten las estrellas. Son los cosmólogos estadounidenses Saul Perlmutter, Adam Riess y Brian Schmidt, que fueron premiados con el Nobel de Física 2011 por “el descubrimiento de la expansión acelerada del Universo”, según el comunicado oficial de la Agencia sueca.

El logro al que arribaron desde dos grupos diferentes de trabajo sacudió los cimientos de la cosmología en 1998, cuando ambos equipos presentaron sus resultados. Incluso ellos mismos llegaron a creer que estaban equivocados. En realidad, los científicos estaban tratando de medir la desaceleración



Dan Shechtman

de la expansión del Universo desde su nacimiento explosivo, el Big Bang, hace unos 14 mil millones de años; y hallaron resultados que no eran los esperados.

Los más refinados telescopios desde la Tierra y el espacio, junto con poderosas computadoras apuntaron a una clase especial de supernovas, las tipo 1a. “Se trata de una explosión de una estrella compacta y pesada como el Sol pero más pequeña que la Tierra y que puede emitir tanta luz como una galaxia entera”, indica el informe sueco. Ambos equipos hallaron que “la luz era más débil de lo esperado –se trataba de una señal de que la expansión del Universo se estaba acelerando–”, agrega el informe de prensa. Cuando establecieron la distancia de las supernovas y la velocidad en que se estaban moviendo lejos de nosotros, arribaron a la sorprendente conclusión de que, en vez de lentificarse, la expansión se estaba acelerando.

“La observación en cuestión consistió en medir el corrimiento al rojo y la luminosidad de un número elevado (unos noventa) de objetos que están entre los más lejanos alguna vez observados. Por lo tanto, la observación en sí es un alarde de ingenio. La importancia es que el resultado ha sido totalmente inesperado. Este resultado, por otro lado, está avalado por la pericia con la que se ejecutó la observación, por el cuidado que se puso en controlar posibles fuentes de error, y por el hecho de que el mismo resultado fuese alcanzado por dos equipos trabajando de manera completamente independiente”, remarca Esteban Calzetta, profesor en el Departamento de Física de la FCEyN-UBA.

Las investigaciones fueron realizadas, por un lado, por el equipo liderado por Perlmutter, de la Universidad de California en Berkeley. Por el otro lado, Schmidt, de la Universidad Nacional de Australia, en Weston Creek, junto con Riess, de la Universidad Johns Hopkins, de Baltimore, Estados Unidos.

### Oscura y enigmática

Estos aportes significaron un verdadero cambio en el conocimiento científico, según explica Calzetta, que también es investigador principal del CONICET: “Si bien, desde principios del siglo XX, sabemos que el Universo se expande, la idea generalmente aceptada era que la atracción mutua de la materia en el Universo actuaba en el sentido de desacelerar dicha expansión. Si el resultado de las observaciones de Perlmutter, Schmidt y Riess se interpreta (como lo hizo el Comité Nobel) en el sentido de una aceleración del Universo, nos encontramos ante el descubrimiento de una forma de materia sin análogo en nada que conozcamos hasta hoy, mucho más exótica incluso que la ‘materia oscura’, cuya identificación en términos de física terrestre ya es un dolor de cabeza”.

Y a renglón seguido, Calzetta agrega: “De hecho, una definición satisfactoria de materia oscura sería: toda forma de materia para la que hoy no contamos con una identificación positiva en términos de partículas elementales, observadas en aceleradores terrestres”.

Según el informe de la Academia Sueca, la aceleración se cree que es impulsada por la energía oscura, “pero qué es la energía

oscura sigue siendo un enigma (quizás el más grande en la física de hoy). Lo que se sabe es que la energía oscura constituye las tres cuartas partes del Universo. Por lo tanto los resultados de los Nobel de Física 2011 han ayudado a dar a conocer un universo que, en gran medida, es desconocido para la ciencia”.

En este sentido, Calzetta remarca: “No cabe duda de que las observaciones en sí han sido un alarde de virtuosismo y que la interpretación del resultado como evidencia de la existencia de la ‘energía oscura’ es, hoy por hoy, la más simple y consistente”. Sin embargo, el científico advierte: “Queda abierta la cuestión de integrar esta ‘energía oscura’ en el esquema de la física de partículas elementales. Si la ‘energía oscura’ es efectivamente la constante cosmológica propuesta (y luego repudiada) por Einstein, de alguna manera es un anexo que puede incorporarse con modificaciones del esquema conocido que son *ad hoc*, pero no sustanciales. Si es algo más complejo, la cuestión de la integración con la física de partículas deviene más urgente. Al día de hoy, los resultados observacionales son consistentes con una constante cosmológica, pero no son concluyentes”.

### Química: la ruptura de un paradigma cristalizado

Se asomó al pasillo desde su oficina en el National Institute of Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos deseando encontrar a alguien con quien compartir lo que acababa de descubrir. Pero el corredor estaba vacío. Era la mañana del 8 de abril de 1982.



Adam G. Riess



Brian P. Schmidt



Saul Perlmutter

Dan Shechtman volvió entonces al microscopio electrónico donde hacía un instante había observado un misterioso patrón de puntos luminosos cuando analizaba con rayos X una aleación de aluminio y magnesio.

La cristalografía de rayos X, técnica que se utiliza para dilucidar la disposición de los átomos en un material y que, en 1953, permitió esclarecer la estructura del ADN, ahora planteaba un enigma. Porque lo que Shechtman estaba viendo contradecía lo que hasta entonces se sabía acerca de la materia sólida. En otras palabras, para los químicos de la época era algo imposible.

De hecho, cuando Shechtman envió el *paper* con los resultados de su trabajo al *Journal of Applied Physics*, los editores de la revista científica se negaron a publicarlo. Incluso, la obstinada defensa de su hallazgo lo hizo objeto de burlas —se cuenta que sus colegas le regalaron un libro de cristalografía básica— y, luego, recibió una “invitación” a abandonar el NIST.

### Mosaicos caprichosos

En un cristal, los átomos están ordenados siguiendo un patrón repetido. Así, si se conoce una parte de su estructura, se puede dar por hecho que se lo conoce todo. A su vez, dependiendo de su composición química, los cristales pueden presentar diferentes simetrías. Por ejemplo, en un cristal de cloruro de sodio (sal de mesa), los átomos de sodio y de cloro se disponen en el espacio dando la imagen de un cubo (los átomos están en los vértices de ese cubo imaginario).

Pero los átomos observados por Shechtman no se disponían de forma regular, sino que proponían formas extrañas. “Son arreglos ordenados pero no son periódicos”, señala la doctora Sara Aldabe-Bilmes, investigadora del CONICET en el Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física (DQIAQF) de la FCEyN-UBA. “Si uno se ‘traslada’ por un cristal, siempre encuentra la misma figura. En cambio, en un cuasicristal se pueden encontrar figuras distintas”, ilustra.

“Imaginate que querés llenar el suelo con baldosas. Las baldosas cuadradas encajan muy bien y toda la superficie mantiene el mismo patrón. Lo mismo ocurre con baldosas triangulares, rectangulares o hexagonales. En cambio, si se usan baldosas en forma de pentágono, siempre van a quedar espacios sin cubrir, que hay que llenar con baldosas de otras formas. En este caso, la estructura que se obtiene es ordenada, pero no tiene una periodicidad total como la de los cristales”, ejemplifica el doctor Galo Soler-Illia, investigador del CONICET en el DQIAQF.

### Hallazgo fortuito

Muchas veces, los resultados de una investigación son el producto de un proceso riguroso, pero en incontables oportunidades, dichos descubrimientos son producto de la intervención de la casualidad. Claro que esa oportunidad que brinda el azar puede perderse si no hay una mente atenta para aprovecharla.

“Shechtman trabajaba con aleaciones metálicas tratando de obtener sólidos amorfos, es decir, materiales en los cuales no se en-


cuentra ningún tipo de simetría en la disposición de sus átomos, como por ejemplo el vidrio, y en ese camino se topó con este hallazgo”, revela Bilmes.

En su laboratorio del NIST, Shechtman fundió una aleación de aluminio y magnesio para luego enfriarla muy rápidamente. Esperaba que el cambio brusco de temperatura desordenara los átomos suficientemente como para obtener el cristal amorfo deseado. Pero lo que los rayos X delataban no tenía nada que ver con el desorden sino, más bien, con un orden que no figuraba en las Tablas Internacionales de Cristalografía de la época.

El saber convencional de aquel entonces afirmaba que el hallazgo de Shechtman contradecía las leyes de la naturaleza. Sin embargo, en el año 2009, un equipo de científicos descubrió un cuasicristal natural en muestras de minerales tomadas de un río de Rusia.

### Propiedades y aplicaciones

Desde su descubrimiento en 1982, se han creado cientos de cuasicristales en laboratorios de todo el mundo. Y muchos de ellos han sido patentados. Es que sus cualidades particulares los hacen muy atractivos desde el punto de vista tecnológico. Por ejemplo, su dureza, su resistencia a la corrosión, su baja conductividad térmica y su anti-adherencia los hace ideales para recubrir utensilios de cocina.

La lista de probables aplicaciones es larga, como fue larga la espera de Shechtman para ser reconocido. 



# SEMANAS de las CIENCIAS 2012

**Matemática**

24 al 26 de abril

**Ciencias de la Tierra**

15 al 17 de mayo

**Física**

12 al 15 de junio

**Biología**

7 al 10 de agosto

**Computación**

4 al 6 de septiembre

**Química**

25 al 27 de septiembre

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

Tel: 4576-3337/3399 int. 37 | [popularizacion@de.fcen.uba.ar](mailto:popularizacion@de.fcen.uba.ar) | [exactas.uba.ar/semanas](http://exactas.uba.ar/semanas)



**Programa Semanas de las Ciencias | EPC**  
 Área de Popularización de la Ciencia y Articulación con la Enseñanza Media - SEGB





# Tras los pasos de la vinchuca

Desde hace más de 30 años, Ricardo Gürtler, director del Laboratorio de Eco-epidemiología de la FCEyN, estudia los insectos transmisores de enfermedades como el mal de Chagas y el dengue. Conocerlos a ellos, para combatirlos, lo llevó a transitar caminos impensados.

A veces, el primer encuentro pasa desapercibido. Pero en el caso de Ricardo Gürtler, director del Laboratorio de Eco-epidemiología de la Facultad, ese encuentro significó un impacto que, aun pasados más de treinta años, lo marcó de por vida. Fue en diciembre de 1979, en el poblado de Guanaco Muerto, en el noroeste de Córdoba, donde haría su debut en el trabajo de campo como parte de una investigación tras los pasos de la vinchuca, transmisora del mal de Chagas. Era estudiante de biología, habituado a vivir en la ciudad y, aunque le encantaba la especialización marina, llevaba todas las expectativas de poner a prueba en el terreno aquello que había escuchado en clase.

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

Fotos: Gentileza Ricardo Gürtler

Aridez y polvo envolvían el paisaje, junto con un calor extenuante. “Después de tres





horas de viajar en rastrojero, llegamos a una casa y pedí agua. Me dijeron: 'Ahí hay'. Y no la encontré. Es que buscaba una canilla o un tanque. Lo que tenían era una represa excavada en la tierra, algo parecido a agua estancada o barro. Eso es lo que consumían no solo los animales, sino la gente", relata hoy, sin salir del estupor, sentado en su laboratorio del Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Enseguida agrega: "A la pobreza de la vivienda y que la gente vestía prácticamente harapos, se sumó el hecho de que, cuando descolgamos un saco de uno de los moradores, salieron cantidades industriales de vinchucas llenas de sangre. Estas dos cosas, junto con el entorno natural y social, me impactaron mucho".

Allí estaba este insecto oscuro, que suele esconderse en las grietas de las paredes de barro de los ranchos y en los techos de paja, donde permanece todo el día escapando de la luz. De noche sale a buscar comida: sangre caliente. Justamente, de qué animales se alimenta era una de los interrogantes que llevó al grupo de estudio a ese paraje. "Este tema me sigue interesando y, vinculado a otros aspectos, es una de mis líneas de investigación. Básicamente, la vinchuca elige a quién va a picar para alimentarse y de ese contacto surge la transmisión del parásito", describe. Una de las presas conocidas es el hombre. En ese entonces, los moradores de esos hogares estaban literalmente rodeados. "Hace 30 ó 40 años, las casas podían albergar hasta 3.000 vinchucas, y a veces más. Hoy están más combatidas", compara.

Este insecto era una de las pocas cosas que más abundaban en la pobreza rural extrema, y al que querían conocer en detalle. Para eso, ayer como hoy, los investigadores conviven durante dos o tres semanas con los lugareños y colaboran en allanar algunas de las dificultades, entre las que el Chagas es uno más de la lista, junto con los males generados por la falta de agua potable. "Trabajamos con personas expuestas a insectos que transmiten una enfermedad, —señala— que forma parte de una realidad socio-política y económica, que es la base del problema. La vinchuca y el Chagas, así como otras dolencias transmisibles, son indisolubles de esos componentes sociales".

Su propuesta es de integración, muy alejada de la postura conocida como *safari research*. "Este tipo de investigación fue común en el Tercer Mundo durante el

período colonial y aún después, cuando llegaban los científicos de los países desarrollados. Literalmente salían de "cacería" de plantas, insectos, y hasta muestras de sangre de animales y personas", comenta. Otra forma parecida de actuar (con poco contacto con las comunidades y escape rápido) ha sido local. "Era bastante común que la gente de salud pública llegara al poblado como un grupo comando tipo SWAT, realizara una intervención en forma vertical casi sin explicaciones, y enseguida se fuera", remarca. La situación era aún más grave si se trataba de pueblos originarios, según menciona. "Fue muy común sacar muestras de sangre sin consentimiento informado del poblador, sin decirle muy claramente el porqué ni cómo se beneficiaría o eventualmente se podría perjudicar, ni devolver los resultados de los estudios ni ocuparse de los tratamientos. Ocurre cada vez menos en la Argentina ya que hay más conciencia de los aspectos éticos relacionados con la investigación y las intervenciones en salud", puntualiza.

### Luces y sombras

El equipo de Gürtler no solo está integrado por numerosos científicos, sino que los lugareños resultan una pieza clave. Un ejemplo es la tarea realizada en cinco comunidades rurales alrededor de Amamá, en Santiago del Estero. ¿Qué hicieron? Convocaron a los pobladores a tomar parte activa en esta lucha, los pusieron al tanto de los estudios en marcha y les enseñaron a usar insecticidas cuando encontraban vinchucas en sus viviendas. "Antes del rociado promovimos que revocaran las paredes para eliminar las grietas donde se aloja el insecto y, luego, usamos herramientas científicas para evaluar el impacto de estas intervenciones y determinar si constituían un progreso o no", ejemplifica.

Los investigadores no solo fueron casa por casa, sino que preguntaron qué pensaban los lugareños sobre el tema. En otras palabras, la filosofía consiste en ir y compartir el problema, porque de lo contrario es probable volver con la sensación de nunca haber estado. ¿El resultado? "En un trabajo a largo plazo, de acción conjunta, logramos interrumpir la transmisión del mal de Chagas en uno de los municipios de más alto riesgo de la Argentina: el Departamento Mariano Moreno, en Santiago del Estero", subraya.



El trabajo compartido es el pasaporte para que una visita de fumigación no sea vivida como una intromisión en la privacidad. “Durante una hora, dos o tres personas de los programas de control de vectores y nosotros revisamos desde abajo de la cama hasta el techo para ver si hay vinchucas y cuántas son. Se usan insecticidas de baja letalidad para obligar al insecto a salir de su refugio”, grafica.

Los pobladores abren sus puertas, no solo una vez. “En Pampa del Indio, en la antesala de El Impenetrable chaqueño, en tres años y medio habremos visitado y revisado cada casa unas catorce veces en la zona de control intensivo”, cuantifica. Uno de los objetivos es identificar el origen de los insectos que reinfectan las viviendas luego de la aplicación de insecticidas, y para ello usan una serie de métodos. “Mediante este monitoreo intenso –destaca– descubrimos la existencia de un nuevo foco de resistencia a insecticidas en las vinchucas del Chaco”.

Bien temprano, entre las siete y las ocho según sea verano o invierno, los investigadores visitan las viviendas. “Los criollos, con quienes he tenido mayor contacto, en su gran mayoría son muy hospitalarios. Esta gente está acostumbrada a vivir en condiciones muy duras, de mucho sacrificio, y suele cooperar activamente cuando ve que la cosa va en serio y los puede ayudar”, dice.

Allí, tampoco es raro que los científicos sean objeto de estudio de los lugareños. Todo forastero es por definición un bicho raro. “El criollo es muy pícaro (especialmente el santiagueño), y le gusta tomarnos el pelo y reírse de nuestra ignorancia sobre las cosas del monte. Te dicen cosas para probarte y después comentan entre ellos, a las risas”, sonríe.

Estos investigadores investigados ya no son de los pocos que visitan estos lugares olvidados por la mayoría. “Cuando llegamos a Amamá en 1982, había candiles, ni siquiera un ‘sol de noche’. En invierno, a las seis de la tarde ya era oscuro, caminabas y a lo lejos solo veías una lucecita o brasas de un fogón y se oían los sonidos del monte. Era bastante movilizante para cualquiera acostumbrado a la luz eléctrica y a los ruidos de la ciudad”. Pasaron los años y ya avanzado este siglo llegó la electricidad a algunas zonas rurales. “En el

2005, en el patio de una casa donde vendían bebidas, habían puesto Direct TV. Todas las tardes se congregaban unas 50 a 70 personas que veían la televisión allí por primera vez. ¿Qué miraban? Una telenovela venezolana o brasileña, fascinados, entre chistes y comentarios sobre lo que ocurría en la pantalla, un acontecimiento social y cultural de magnitud. Era extraño ver eso y recordar cómo eran las cosas allí mismo pocos años antes”, afirma.

### Platos preferidos

Desde hace 30 años, algunas preguntas guían sus investigaciones: de qué se alimenta la vinchuca, qué factores aumentan el riesgo de transmisión del Chagas y cómo intervenir. Se sabe que, sobre su presa, el insecto despliega su trompa, inserta los estiletes bucales en la piel así como saliva anticoagulante y comienza a chupar. Si no es perturbada, puede ingerir varias veces su propio peso. Al hincharse su tubo digestivo se ve obligada a defecar y, si está infectada del parásito *Trypanosoma cruzi*, lo puede dejar sobre la picadura. Cuando la víctima se rasca, facilita que el parásito ingrese al organismo.

“De esos trabajos iniciales surgió que las vinchucas no solo se alimentan de las personas, sino de los animales domésticos, en especial perros y gallinas”, enfatiza, sin dejar de señalar: “Entre un perro, una gallina o un gato, experimentalmente demostramos que las vinchucas prefieren al perro. Aún no sabemos por qué. También mostramos que esta preferencia se puede explotar para que los perros provistos de collares impregnados con insecticidas terminen convirtiéndose en una ‘trampa letal’ para las vinchucas que se alimenten de ellos”.

El interrogante inicial sigue reuniendo nuevas aristas y, aún hoy, es uno de sus temas de estudio integrado al control de las vinchucas. Allí lejos quedó la biología marina, aquí, más cerca, el encuentro de la “otra” Argentina y su gente. |



Buscadores de Internet

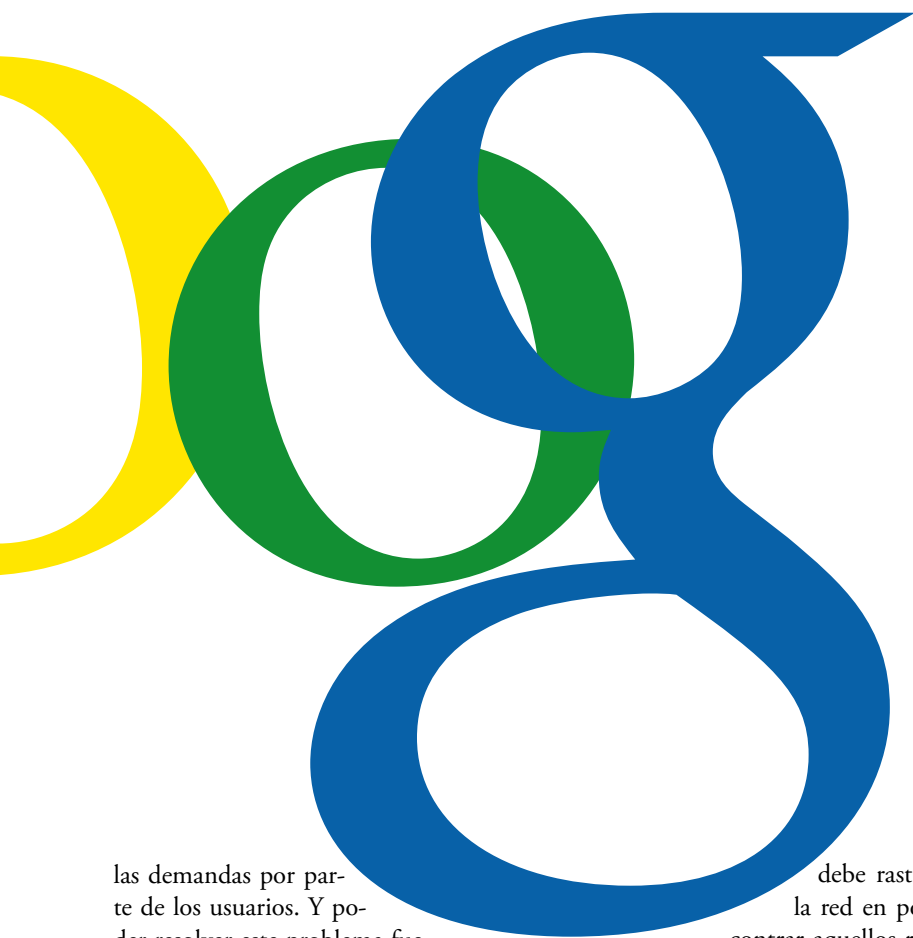
# Sé lo que quiero y lo quiero ya

¿Cómo hace Google para obtener de manera tan rápida y eficiente los resultados de una búsqueda en Internet? ¿Son iguales todas las búsquedas? Mucho depende de aquello que se desea encontrar, el lugar o contexto para la búsqueda, las herramientas que se tienen a disposición para la tarea y los objetivos fijados para la misma.

Todo parte de una búsqueda, de la necesidad de encontrar algo. En algunas ocasiones es algo bien específico y concreto. En otras simplemente se desea conocer más sobre algún tópico en particular. Cada búsqueda es distinta, con diferentes características, urgencias y necesidades. No es lo mismo buscar las llaves de casa cuando apremia el tiempo para no llegar tarde al trabajo, que buscar información sobre posibles destinos turísticos para las próximas vacaciones. En cada caso el contexto cambia, así como también cambian las estrategias usadas para lograr con éxito lo emprendido. Y como es de esperar, la situación es similar en el mundo virtual que representa Internet. Las búsquedas en Internet empezaron a tener relevancia a medida que Internet crecía, no solo en contenidos, sino también porque crecían

*Fernando Asteasuain*  
*fasteuain@dc.uba.ar*





las demandas por parte de los usuarios. Y poder resolver este problema fue clave para que Internet pudiera despegar y convertirse en esta gigantesca fuente de información que constituye en la actualidad. De nada sirve un lugar que lo tiene todo, si no podemos encontrar aquello que necesitamos.

A medida que Internet evolucionaba, empezaron a cobrar relevancia un tipo especial de sitios web: los buscadores. Son sitios dedicados principalmente a buscar información por toda la Red. Varias interrogantes surgen en este sentido: ¿qué hay detrás de una búsqueda en la web?, ¿qué significa buscar en la web?, ¿cuáles son los resultados esperados? Como se mencionó anteriormente, hay distintos tipos de búsquedas: buscar restaurantes naturistas que estén abiertos los domingos a la noche, ver cuántos goles hizo Messi el último domingo, averiguar cuándo se estrenó *Volver al Futuro*, chequear los horarios y funciones de los cines o teatros, consultar cómo tramitar el nuevo pasaporte en la modalidad *express*, o indagar sobre la mejor receta hogareña para hacer un pollo al curry. Ante cada consulta, el buscador

debe rastrear toda la red en pos de encontrar aquellos resultados relevantes a la búsqueda y ofrecerlos al usuario. A todo esto, se suma un nuevo desafío: ¿qué resultados mostrar primero al usuario?. Este último planteo no es para nada menor, ya que en gran medida el éxito de las búsquedas en Internet depende de este factor. Una posible opción para el buscador es mostrar en primer lugar los resultados que encontró primero: recorrer todos los sitios e ir armando una lista de resultados con los sitios que sean relevantes a la búsqueda. En el primer lugar de la lista figuraría el primer sitio que apareció, luego el segundo, y así sucesivamente. Pero una rápida mirada crítica sobre esta manera de proceder alerta sobre un posible problema. ¿Qué ocurre si el sitio más relevante para la búsqueda se encuentra en los últimos lugares de la lista de resultados? En una lista de pequeña longitud esto no sería un problema, ya que recorrerla toda no implica en principio invertir mucho tiempo. Pero en cambio, si se trata de una lista con millones de resultados, la situación cambia drásticamente. Rara vez los usuarios buscan más allá de los seis ó siete primeros sitios en esa lista de resultados,

por lo que los buscadores para tener éxito no solo deben encontrar los sitios relevantes, sino también deben ubicarlos en los primeros lugares al mostrar los resultados. Dado esto, parece sencillo solucionar el problema: los buscadores deben poner primero en la lista los sitios más relevantes, y relegar a los últimos lugares aquellos que menos relación tienen con la búsqueda. Pero si bien es sencilla la enunciación de la solución, su puesta en práctica no es tan trivial: ¿cómo determina un buscador cuándo un sitio es más relevante que otro? En otras palabras, el buscador debe intuir lo que el usuario quiere encontrar, y decidir en base a esa intuición. ¡Y debe hacerlo rápido! No solo ordenar por relevancia los resultados, sino toda la búsqueda. En síntesis, un buscador debe ser *eficiente para encontrar de manera rápida los resultados y, a su vez, inteligente para ordenarlos*. Y entre todos los buscadores, hubo uno que se destacó sobre el resto: Google. Las razones son sencillas, fue el que mejor resolvió estos dos puntos fundamentales.

### Búsquedas rápidas

Este punto fue abordado desde muchos lugares. Primero, hay distintas maneras o algoritmos para realizar búsquedas, siendo



algunas más rápidas que otras. Cuando una persona busca una ficha para ubicar en un rompecabezas, bien podría buscar una por una todas las fichas hasta encontrar la deseada. Este enfoque se conoce computacionalmente como “fuerza bruta”. Otro enfoque un poco más eficiente podría ser concentrarse únicamente en aquellas cuya forma/color encaja mejor, y así poder encontrar más rápido la pieza buscada. Google trabajó, y trabaja con esmero para poder *desarrollar los algoritmos más eficientes posibles*. Segundo, *mucho poder de cómputo*. Es decir, atacar el problema con artillería pesada: computadoras especializadas, construidas especialmente para trabajar lo más rápido que se pueda. Tercero, *acceso rápido a la información*. Una manera de ver esto es que Google tiene muchas búsquedas “pre-cocidas”, listas para ser enviadas al usuario. Por ejemplo, cuando un usuario busca “Messi”, Google, antes de realizar la búsqueda desde cero, se fija si no resolvió “hace poco” una consulta parecida. La clave está en dejar cada búsqueda nueva guardada un tiempo, para intentar ahorrarnos tiempo la próxima vez que se busque. Esta técnica se conoce como *caché en memoria* de consultas. Cuarto y último, un concepto fundamental, el cual sostiene a todos los puntos anteriores: *índices*. La idea de usar índices para las búsquedas no es para nada novedosa. Basta con pensar en cualquier libro. Generalmente al principio, cada libro cuenta con un índice, el cual dice, por ejemplo, en qué página comienza cada capítulo. De esta forma, si una persona está interesada en leer el capítulo cuatro de una novela, se dirige al índice para acceder de manera directa a la página inicial del capítulo. De no contar con el índice, la persona hubiera tenido que recorrer el libro hasta encontrar el comienzo del capítulo. En determinadas situaciones es sumamente útil contar con más de un índice. Por ejemplo, es de poca utilidad el índice de comienzo de cada capítulo cuando se desea buscar una ilustración en particular dentro del libro. En este caso, no queda otra opción más que

buscar por todo el libro hasta encontrarla. Una posible manera de alivianar esta tarea sería contar también con un índice de figuras, donde establezca la página de cada figura. Otro tipo valioso de índices suele ser el que especifica para un determinado término, los lugares dentro del libro donde está mencionado el mismo. Por ejemplo, poder buscar en un libro de cine, todas las páginas donde esté mencionado “Alfred Hitchcock”.

Google incorpora para sus procesos de búsquedas un *avanzado manejo de índices* para poder acceder de manera directa a los resultados deseados, y lograr así agilizar y reducir notablemente el tiempo empleado para lograr sus objetivos. De manera periódica, Google modifica su índice, para incorporar páginas nuevas y actualizar los contenidos de Internet. El encargado de este procedimiento es un programa conocido como *GoogleBot*.

### Ordenar por relevancia

Una vez resuelta la búsqueda, el paso siguiente consiste en ordenar la lista con los resultados de manera tal que aquellos más relevantes se encuentren ubicados en las primeras posiciones. El problema entonces es determinar cómo asignar a cada resultado su relevancia y confiabilidad para la consulta dada. Una vez determinado este factor, solo resta ordenar la lista de mayor a menor. Y es este punto uno de los factores decisivos para el éxito de Google. El 9 de enero de 1999, Larry Page y Sergey Brin, creadores de Google, dieron a conocer su ahora famoso algoritmo denominado *PageRank*, cuyo objetivo es asignar un valor

numérico a cada resultado, estableciendo qué tan relevante es para la consulta. Siendo ambos de familias con tradición académica, decidieron imitar un sistema conocido en el mundo de la publicación de trabajos de investigación: los trabajos más relevantes son aquellos que mayor impacto tienen, es decir, los que son citados o referenciados más veces. En particular, se trata del modelo Science Citation Index (SCI) creado por Eugene Garfield durante la década del ‘50.

Aplicar este modelo del mundo científico al mundo de Internet fue casi directo: las páginas más importantes son aquellas que son más “citadas”. ¿Cuándo una página cita a otra? Para Google, una página A “cita” a una página B cuando la primera tiene un enlace o vínculo a la segunda. Adicionalmente, se considera un segundo factor: cuanto más citada sea una página, mayor valor tienen las citas que ésta haga. Es decir, la cita de una página muy citada vale más que la cita de una página escasamente citada. De esta manera, Google decide qué resultados mostrar primero. *PageRank* es actualizado periódicamente: durante el 2011 tuvieron lugar dos actualizaciones, una en enero y la más reciente, en junio.

### Mejoras

Google fue añadiendo mejoras a su algoritmo de búsquedas, para evitar que los resultados puedan manipularse. Una manera de lograr esto es, por ejemplo, crear muchos enlaces o citas a la página que se desea ubicar en los primeros lugares. Para esto se puede escribir un programa que llene de manera automática blogs, páginas de visitas, etcétera, con la sola finalidad de poner enlaces a la página en cuestión. Esto se conoce como “IndexSpamming”, es decir, el viejo y conocido *spam*, pero ahora utilizado para llenar de enlaces artificiales la web para poder posicionar mejor a una página. La última versión del algoritmo de búsqueda lanzada por la empresa, denominada *Google Panda*, busca afanosamente luchar contra el *spam* de índices, y también incluye otras

mejoras. Por ejemplo, busca priorizar contenido original, restándole importancia a aquellas páginas que solo sean duplicados o copias de otra. También incorpora nociones lingüísticas, destacando páginas con buena ortografía, y con frases y oraciones bien construidas. Y penaliza a aquellas páginas o sitios con exceso de publicidad. Finalmente, también las redes sociales impactarán en las búsquedas: es decir, se tendrán en cuenta resultados producidos desde redes como *Twitter*, *Google Plus*, o *Youtube*.

### Google instantáneo

Una de las últimas funcionalidades con que Google ha sorprendido a sus usuarios se denomina *Google Instant*. Bajo esta modalidad Google muestra los resultados a medida que el usuario va escribiendo en la barra de búsqueda. Para esto, Google calcula a través de un algoritmo cuáles son los resultados más esperados a partir de lo que el usuario está ingresando. Así, parece ante los ojos del usuario que los resultados aparecen de manera instantánea, casi por arte de magia. El principio detrás de *Google Instant* es que los seres humanos en general escriben lento, pero leen con rapidez. Según los estudios de Google pulsar una tecla puede llevar 300 milisegundos, mientras que en solo 30 milisegundos el ojo humano es capaz de mover su atención a distintos lugares de la página. Esto indica que el usuario puede entonces analizar los resultados mientras escribe una consulta. *Google Instant* reduce entre dos y cinco segundos el tiempo destinado a cada consulta, ya que en algunos casos no es necesario terminar de escribirla o, incluso, apretar la tecla *Enter* para iniciar la búsqueda.

### Quizás quiso decir

Otra de las virtudes de Google es, también, intuir cuándo el usuario se equivoca en una búsqueda, principalmente por errores sintácticos. Google logra esto “aprendiendo” de los errores de los usuarios. En general, cuando un usuario busca una palabra con errores no hace clic en ningún resultado porque

los resultados no son relevantes. Luego, al darse cuenta del error, busca nuevamente, ahora con la palabra corregida. En este caso, Google “aprende” que las palabras están relacionadas, y que la segunda versión sea probablemente una corrección de la primera. Así, al próximo usuario que cometa el mismo error, le sugerirá la palabra correcta. Con las miles y miles de consultas por segundo que se hacen a nivel global, Google es un rápido aprendiz. También puede aprender por ejemplo, si al buscar “oración” un usuario hizo clic en alguna página que menciona la palabra “oración”. La cantidad de resultados también es un punto a tener en cuenta a la hora de sugerir cambios. Por ejemplo, la búsqueda “oración” da unos 170.000 resultados, que a priori no es un mal número. Sin embargo, los resultados encontrados para una palabra relacionada y similar como “oración” son muchos más, alrededor de 20.700.000 para ser precisos. Una vez que Google tiene la suficiente confianza en las correcciones, hace la búsqueda directamente con la versión corregida de la palabra. En estos casos le avisa al usuario el cambio realizado. Para el caso anterior, Google buscará directamente “oración” y, al mostrar los resultados indicará: Mostrando resultados para oración. Haga clic para buscar “oración”. Es importante notar que Google no tiene un corrector ortográfico, sino que se guía por cómo una palabra aparece escrita mayor cantidad de veces en la web. Esto quiere decir que si, de repente y por alguna razón, muchos usuarios empiezan a escribir “oración” con la letra s, Google empezará a sugerir esta versión de la palabra. Un claro ejemplo de esto aconteció unos días después del descenso de River, ocurrido el día 26 de junio de 2011. Al hacer la búsqueda “chau river”, Google sugería la búsqueda “chau Riber”, ya que en numerosos sitios figuraba esta última frase, como una broma hacia los hinchas de River, y por lo tanto, tenía muchos

más resultados que la búsqueda original (para más información, ver el artículo de Mariano Blejman en *Página 12* del día 29 de junio de 2011).

Entonces, ¿por qué buscar archivos en mi computadora tarda tanto en comparación, si es tanto menor el espacio de búsqueda?

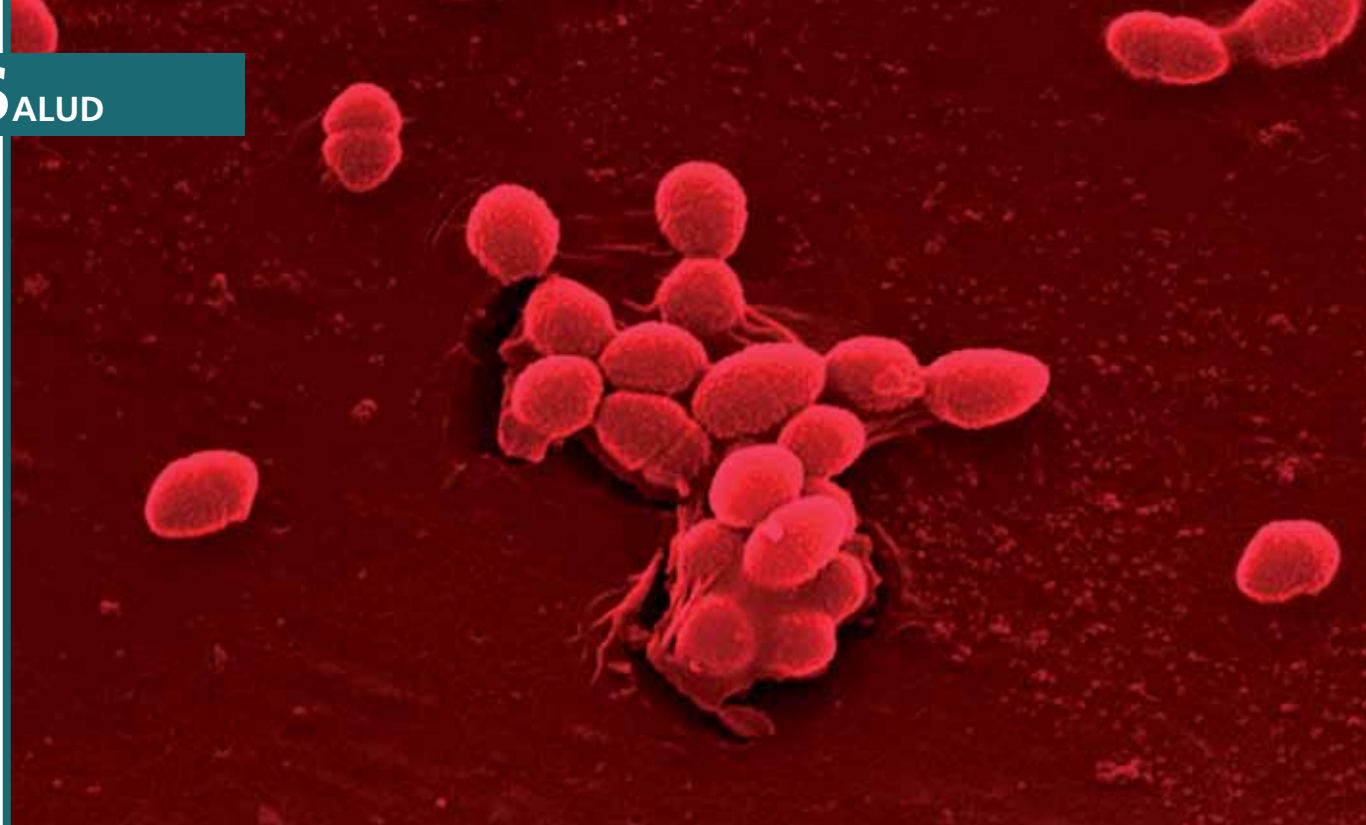
Buscar archivos en una computadora es un proceso notoriamente diferente. Primero que nada, las computadoras de Google están especializadas en búsquedas, tanto en hardware como en software. En la nuestra no hay resultados “pre-fabricados”, ni discos optimizados, y todas las búsquedas son casi un procedimiento manual, inspeccionando archivo por archivo.

La palabra clave para mejorar los tiempos de búsqueda no es otra que *índices*. Tener nuestros archivos “indexados” es un paso importante en este sentido. Justamente una de las opciones que tenemos al instalar sistemas operativos como *Windows* es pedir que se utilicen índices para mantener nuestros archivos. Pero sin dudas, la ayuda definitiva viene de aplicaciones que podemos instalar, las cuales aprovechan al máximo el concepto de índices. Dos de ellas son *Windows Desktop Search* y *Google Desktop*.

### En pocas palabras

Resumiendo, se puede afirmar que Google combina diversos enfoques para constituir un excelente buscador: un gigantesco poder de cómputo, algoritmos eficientes, superlativa utilización de índices y una eficaz manera de ordenar los resultados más relevantes, junto a novedosas formas de mejorar cada vez más los resultados esperados de una búsqueda. El desafío es simple: solo se trata de un programa, frente a un usuario, intentando adivinar qué es en realidad lo que quiere buscar, y obteniendo los resultados en escasos milisegundos. **▣**

*Agradecimientos: José Castaño, Esteban Feuerstein, Cecilia Ruz, Diego Gavinowich y Alexis Tcatch.*



## Bacterias resistentes a los antibióticos

# Superbacterias

Los microbios se están adaptando a los antibióticos y ya hay algunos que son resistentes a todos los antimicrobianos conocidos. La situación es particularmente grave en nuestra región. Se estima que, en la Argentina, estas superbacterias matan a unas 29.000 personas al año, lo cual las ubicaría en la cuarta causa de mortalidad en nuestro país.

Mientras la NASA escudriña el espacio para tratar de evitar que un asteroide destruya nuestro planeta, y en tanto discutimos acerca de los riesgos de una explosión nuclear o del calentamiento global, poco se debate sobre el peligro creciente de que la humanidad sucumba ante un enemigo microscópico que, día a día y silenciosamente, se hace cada vez más fuerte: las bacterias.

Pobladores primigenios de nuestro mundo, estos microorganismos evolucionaron durante miles de millones de años y, en ese proceso, adquirieron mecanismos muy eficientes de adaptación al ambiente.

Por un lado, en condiciones adecuadas pueden reproducirse a gran velocidad (en tan solo 20 minutos, una bacteria puede originar dos células hijas). “En los procesos infecciosos, las bacterias se encuentran en activa división y se pueden contar hasta mil millones por mililitro”, ilustra la doctora Carmen Sánchez Rivas, investigadora del CONICET en el Departamento de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

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

Por otro lado, a lo largo de la evolución, desarrollaron varios mecanismos para transferir genes entre ellas.

Combinadas, ambas características –velocidad de división y transferencia de genes– son una bomba de tiempo para la humanidad. Porque, en un medio adverso –como puede ser la presencia de un antibiótico– su gran velocidad de reproducción hace muy probable la aparición de una mutación genética que les otorgue resistencia a ese antibiótico. A su vez, ese rápido incremento de la población bacteriana aumenta la probabilidad de encuentro entre ellas y, por lo tanto, de que intercambien los genes de resistencia hasta que, finalmente, todas ellas se hagan inmunes al medicamento antimicrobiano. “Bastará con que no se haya efectuado una destrucción total y rápida de las bacterias patógenas o que se haya utilizado previamente en muchas ocasiones un mismo antibiótico para que aparezcan individuos resistentes”, explica Sánchez Rivas.

El descubrimiento de los antibióticos a comienzos del siglo XX llevó a la humanidad a ilusionarse con que se acabarían las muertes por infecciones. Pero, con los años, el alto éxito adaptativo de las bacterias ha resultado en la aparición –primero– de cepas multirresistentes y –después– de cepas panresistentes, es decir, inmunes a todos los antibióticos conocidos.

“Una bacteria multirresistente, que es sensible a un solo antibiótico, en presencia de ese antibiótico se puede hacer panresistente en cuestión de horas”, ejemplifica Centrón.

La situación es tan grave que el 7 de abril de 2011 (día mundial de la salud) bajo el

lema “si no actuamos hoy, no habrá cura mañana”, la Organización Mundial de la Salud declaró que “son necesarias actuaciones urgentes y unificadas para evitar que regresemos a la era pre-antibiótica, en la que muchas infecciones comunes no tendrán cura y volverán a matar con toda su furia”.

### Hospitales patógenos

“Nuestro país es uno de los que tiene mayor frecuencia de resistencia antibiótica y ya hay cepas panresistentes circulando en los hospitales”, advierte la doctora Daniela Centrón, directora del Laboratorio de Investigaciones en Mecanismos de Resistencia a Antibióticos de la Facultad de Medicina de la UBA.

Si bien no hay cifras oficiales, un trabajo presentado recientemente en el Congreso de la Sociedad Argentina de Infectología le pone números al problema: “En base a datos de estudios multicéntricos, del Programa Nacional de Vigilancia de Infecciones Hospitalarias, del INDEC y de la Seguridad Social, se puede estimar que, en nuestro país, mueren alrededor de 29.000 personas al año por infecciones hospitalarias, lo cual las ubicaría en el cuarto lugar del ranking de causas de mortalidad en Argentina”, consigna el médico Rodolfo Quiros, Jefe de Infectología, Prevención y Control de Infecciones del Hospital Universitario Austral.

Según Quiros, el control de las infecciones hospitalarias requiere tan solo de cuatro medidas, ninguna de las cuales debe ser omitida: la higiene de manos de los profesionales tratantes, el aislamiento de los pacientes infectados, la limpieza correcta de todas las

áreas y el uso racional de los antibióticos, es decir, determinar apropiadamente qué tipo de antimicrobiano utilizar, en qué dosis y durante cuánto tiempo. Pero, sobre todo, evaluar si es necesario administrarlo. “Muchos procedimientos quirúrgicos no requieren de profilaxis antibiótica”, subraya la médica Liliana Clara, miembro de la Alianza para el Uso Prudente de los Antibióticos y del Comité de Control de Infecciones del Hospital Italiano de Buenos Aires. “Hay trabajos científicos que indican que no hay que administrar antibióticos a los pacientes desahuciados”, señala.

Es un secreto a voces que las instituciones de salud tratan de dar el alta a sus pacientes lo antes posible para evitar que se infecten con una bacteria hospitalaria. “Podría pensarse que, por ser el ámbito hospitalario un ecosistema pequeño, el control de infecciones debería ser fácil. Sin embargo, es muy difícil cambiar la conducta de los médicos”, observa Quiros.

### Multirresponsabilidad

“La mayoría de los catarrros, tos y anginas son virales y se curan solos. No requieren antibióticos”, recalca Liliana Clara. Es que la prescripción indiscriminada de antimicrobianos por parte de los médicos es una de las causas principales de generación de resistencia en las bacterias. Pero no es la única.

También la automedicación y los farmacéuticos que venden antibióticos sin receta (algo impensable en lugares como Estados Unidos, Canadá o Europa) son responsables del consumo masivo e innecesario de estos medicamentos y, en consecuencia,



http://genteconciencia.es

de la aparición de cepas multiresistentes. Asimismo, cuando un paciente interrumpe un tratamiento porque desaparecieron sus síntomas está contribuyendo a la multiresistencia bacteriana.

Pero, aunque parezca extraño, los mayores consumidores de antibióticos son los animales. Estas drogas se utilizan de manera indiscriminada en la ganadería y en la avicultura para prevenir enfermedades y para aumentar la producción.

Por otra parte, tanto los animales de cría como los seres humanos eliminan –por heces u orina– una parte de los antibióticos sin metabolizar, es decir, intactos. De esta manera, llegan al medioambiente con su poder antimicrobiano activo.

“Para hacer un estudio de reservorios ambientales de genes de resistencia fui hasta Tierra del Fuego, hice 80 kilómetros por una ruta por donde se calcula que pasan diez personas por año, me alejé de la ruta caminando 500 metros y tomé una muestra del agua de un río en donde no hay nadie. Las bacterias que encontré allí, que supuestamente no estuvieron en contacto con personas o con antibióticos, tenían una frecuencia muy alta de

mecanismos de resistencia”, ilustra Centrón. “En verduras del Mercado Central encontré bacterias multiresistentes con los mismos mecanismos de resistencia que se encuentran en los hospitales”, añade.

### ¿Futuro infeccioso?

En abril de 2011, el Senado argentino aprobó y envió a la Cámara de Diputados un proyecto de ley para la vigilancia, el control y la prevención de las enfermedades hospitalarias en todos los establecimientos sanitarios públicos y privados del país. En su artículo 2º, define a la infección hospitalaria como “un conjunto heterogéneo de enfermedades infecciosas que no están presentes clínicamente, ni en período de incubación, en los pacientes que ingresan a hospitales o a instituciones sanitarias cerradas y se desarrolla luego de permanecer 48 horas en la institución”.

Asimismo, el proyecto establece la obligación para los establecimientos de salud públicos y privados de notificar “toda infección hospitalaria diagnosticada y su evolución”.

Según Quiros, esto va a permitir tener un registro de las infecciones hospitalarias, pero –crítica– no se explicitan las metas a alcanzar, ni se contempla cómo harán las institu-

ciones de salud para contar con los recursos materiales y humanos necesarios. “Por ejemplo, hacen falta áreas físicas y enfermeros especializados en control de infecciones”.

Mientras –según Centrón– “cada vez hay más emergencia de cepas panresistentes”, las empresas farmacéuticas no invierten en investigación y desarrollo de nuevos antibióticos porque “no es un área tan rentable como la de las drogas oncológicas o cardiovasculares”, comenta Clara.

No obstante, los especialistas mantienen el optimismo. “Es posible revertir la situación, pues las cepas multiresistentes utilizan parte de su energía en mantener esas resistencias, con lo cual su velocidad de división es menor. Es decir, en ausencia de antibióticos, se ven favorecidas las cepas sensibles a los antimicrobianos”, explica Sanchez Rivas.

“Comprobamos que, manteniendo durante seis meses las cuatro medidas de control de infecciones, comienza a aparecer sensibilidad a todos los antibióticos en la misma especie bacteriana que antes era multiresistente”, confirma Quiros.

“Las bacterias pueden adaptarse con muchísima velocidad a cualquier medio –sostiene Centrón. Por eso, es fundamental todo lo que se haga en relación al control de infecciones y al uso racional de antibióticos. Son las únicas herramientas que tenemos hoy en día. Porque, la verdad, las bacterias se van a hacer resistentes a todos los antibióticos. No hay antibiótico al cual no adquieran resistencia”, concluye. **LD**



## Historia de los genes. De los factores hereditarios a la secuencia completa del genoma humano

En la actualidad, los medios hablan de genes con asombrosa naturalidad. Y no solo desde los espacios dedicados a la ciencia. También se habla de ellos y de ADN en las noticias políticas, policiales y del espectáculo. En este trabajo, que forma parte de la colección Estación Ciencia de Capital Intelectual, nuestra Jefa de Redacción, Susana Gallardo, tiene por objetivo no solo demostrar lo que se sabe, sino cómo se llegó a saber lo que se sabe.

# Las relaciones entre la historia y la filosofía de la ciencia

Guillermo Boido / Olimpia Lombardi

Vistas “desde lejos”, desde el campo de la práctica científica, historia de la ciencia y filosofía de la ciencia pueden (y suelen) ser confundidas o, al menos, consideradas dos disciplinas tan cercanas que podrían ser abordadas por una misma persona. Sin embargo, éste no es el caso: se trata de dos ámbitos de investigación diferentes, con sus especificidades temáticas y metodológicas. Y si hubo casos de filósofos-historiadores, como Thomas S. Kuhn, ello no se debe a la identificación entre ambas disciplinas sino a la amplitud intelectual de tales personajes, que les permitió realizar aportes en ambas áreas.

Una vez que se admite que se trata de dos disciplinas diferentes, la pregunta que surge de inmediato es la que se refiere a las relaciones entre historia de la ciencia y filosofía de la ciencia. Tal vez para sorpresa de quienes las observan desde lejos, tales relaciones no han sido sencillas, sino que se han encontrado signadas por una fuerte tensión, con sus consecuentes controversias.

Durante la primera mitad del siglo XX, en general la filosofía de la ciencia adoptó una perspectiva ahistórica y prescriptivista: el filósofo de la ciencia, desde un punto de vista puramente racional, disponía cuáles debían ser los criterios de cientificidad sin recurrir a consideraciones históricas. Esta situación comienza a cambiar a partir de 1962, con *La estructura de las revoluciones científicas*, donde Kuhn reclama un papel para la historia a la hora de abordar cuestiones filosóficas vinculadas con la ciencia, y lo hace desde la *Introducción* misma del libro. A partir de ese momento, cada vez fueron menos los filósofos de la ciencia que prescindieron del desarrollo histórico de la ciencia.

Un ejemplo paradigmático de esta incorporación de la historia a la filosofía de la ciencia es la postura de Imre Lakatos, quien afirmaba que sin historia de la ciencia, la filosofía de la ciencia es vacía. Según Lakatos, no obstante, deben distinguirse la *historia interna* y la *historia externa*. La historia interna recoge la confrontación racional entre teorías o programas de investigación en un área específica; ella es, entonces, la reconstrucción racional de la historia que realiza el filósofo de la ciencia, pertinente a la hora de decidir, por ejemplo, si el agente histórico X se comportó o no racionalmente al escoger la teoría A y no otra B. La historia externa, por el contrario, incluye aquellos factores ideológicos,

culturales o sociales que podrían haber inhibido o promovido la aceptación de una teoría y no de otra, con independencia de cuál debió haber sido aceptada (o rechazada) racionalmente.

Esta nueva perspectiva histórica, a la vez que enriqueció a la filosofía de la ciencia, tensó su relación con la historia de la ciencia. No pocos historiadores de gran prestigio manifestaron su rechazo por el modo en que los filósofos utilizaban la historia de la ciencia. Por ejemplo, Bernard Cohen señala que las preguntas del filósofo no son históricamente significativas; por ejemplo, mientras el filósofo se pregunta si la *teoría* de Newton es lógicamente inferible de las de Galileo y Kepler, el historiador indaga cómo el *personaje histórico* Newton se percató de la necesidad de modificar las teorías de Kepler o Galileo. Cohen lamenta que muchos filósofos no se remitan a las fuentes históricas, tomando afirmaciones fuera de contexto o sencillamente adaptando a sus propios fines las creencias de otros filósofos; por ejemplo, el filósofo William Newton-Smith apoya la tesis de Paul Feyerabend, según la cual la teoría copernicana triunfó gracias a la habilidad publicitaria de Galileo, mediante “citas de Galileo” extraídas de la obra del propio Feyerabend... y que por tanto no son textuales de Galileo.

Otro ejemplo de la incomodidad de los historiadores lo proporciona Helge Kragh, quien considera las reconstrucciones de los filósofos inadmisibles, pues carece de importancia histórica el que un científico del pasado pensara o no como le hubiera gustado a un moderno filósofo. A su vez, Paolo Rossi señala que al historiador le interesan los procesos temporales y no sus sustitutos lógicos, es decir, lo que ha sucedido y no lo que hubiera debido suceder. Para Gerald Holton, por su parte, el influjo sobre la historiografía de esas “parodias ahistóricas” (las reconstrucciones racionales de la historia) es nefasto pues, lejos de adecuarse a los hechos documentados, parecen destinadas a salvar a los científicos de la amenaza de lo irracional.

Si bien las quejas de los historiadores de la ciencia están justificadas y la reconstrucción de la historia con fines filosóficos es una estrategia historiográficamente inadmisibles, ¿es posible narrar la historia de la ciencia desde un “vacío” epistemológico, es decir, sin absolutamente ningún presupuesto filosófico? Para aproximarnos a la respuesta, en el próximo artículo consultaremos a algunos de aquellos filósofos-historiadores de la ciencia, es decir, que han practicado (o practican) a la vez ambas disciplinas. ▣



Limnoperna en bioboxes. Embalse Río Tercero, Córdoba

## Invasiones biológicas

# Viajó de colado

Vino en barco desde Asia a principios de la década del noventa. Se instaló en la Cuenca del Plata y desde entonces se ha extendido aguas arriba llegando a Paraguay, Brasil y Uruguay. Se lo conoce como mejillón dorado y es uno de los bivalvos exóticos, invasores de agua dulce, que ocasiona problemas biológicos con implicancias económicas de gran importancia en todo el mundo.

En 1991, desde China, el molusco *Limnoperna fortunei* llegó al Río de la Plata y se instaló para quedarse. En ese momento se hicieron las primeras observaciones de este bivalvo en esta región. Conocido como mejillón dorado, posee una gran capacidad reproductiva, se adapta muy bien al medio y tiene un alto grado de dispersión, según expresa el doctor Francisco Sylvester, investigador del CONICET en el Departamento de Ecología, Genética y Evolución de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA.

### De contrabando

Antiguamente, los buques comerciales que venían a buscar o traer mercaderías desde Asia a América del Sur recurrían a distintos materiales para contrarrestar el peso que quedaba

Analia Karadayian | [analiakaradayian@conicet.gov.ar](mailto:analiakaradayian@conicet.gov.ar)

Fotos: gentileza Laboratorio de Hidrobiología de la FCEyN, UBA.





*Limnoperna sobre muelle, delta del Tigre*

“vacío” cuando se descargaba la mercancía. Para compensar la carga y que el barco no quedara en malas condiciones de flotación, se empleaban escombros, maderas viejas, rocas pesadas o materiales en desuso que encontraba la tripulación. Pronto se vio que usar agua era la forma más sencilla y eficiente, y se la llamó agua de lastre. Los barcos modernos llenan inmensos tanques con agua del puerto de origen (agua de mar o de río, según el caso), y recorren grandes distancias hasta que, al llegar al puerto de destino, descargan el agua y se llevan la mercadería de exportación.

El barco que trajo las larvas y adultos del mejillón desde China, o desde algún país del Sudeste Asiático, introdujo a *Limnoperna fortunei* en el ambiente al vaciar en el Río de la Plata sus tanques llenos con agua de lastre. Se sabe que es una especie nativa de la China. Las primeras observaciones del científico Brian Morton, en aquel entonces investigador de la Universidad de Hong Kong y pionero en el estudio de esta especie, permitieron conocer que este mejillón había llegado a Hong Kong, Japón y Taiwan.

No solo el mejillón dorado migró a la Argentina, sino también otros organismos que, por azar, entraron en los tanques con agua

de lastre y fueron capaces de sobrevivir al transporte y las condiciones ambientales una vez liberados en los ecosistemas argentinos.

La introducción accidental de moluscos acuáticos es relativamente común con el incremento del tráfico de buques transoceánicos. Si bien el transporte a través del agua de lastre es una de las formas más comunes en que se introduce una especie acuática, también puede darse la llegada de un nuevo organismo cuando se lo transporta como ítem alimentario, como ejemplar de acuarios, o bien en forma de larvas y huevos como polizones de otros animales introducidos para su cultivo –como las ostras–. Así, los “pasajeros biológicos” son transportados normalmente por los buques comerciales de forma inadvertida.

La distribución de *Limnoperna* se extiende desde el Río de la Plata hasta casi toda la cuenca del río Paraná, Paraguay y Uruguay. El mejillón dorado pudo lograr este avance de dos formas: o bien pegándose a los cascos de buques que navegaban por esas aguas o también pudo haberse dispersado río arriba en el agua de lastre de las embarcaciones que lo lastraron en dichos ríos o en otros sitios donde se encuentra la especie.

Asimismo, el mejillón dorado fue introducido de forma independiente en otras cuencas sobre la costa de Brasil. Allí llegó en el agua de lastre de buques provenientes de la Argentina, el Uruguay u otros países del sudeste asiático de donde el mejillón es originario. “La especie no tolera elevadas salinidades por períodos largos, sin embargo es capaz de cruzar la barrera de agua salada que suponen los océanos viajando dentro de los tanques de agua de lastre”, aclara Sylvester.

### Llegar al lugar adecuado

La palabra “invasión” generalmente nos evoca una guerra, un pueblo destruido tras la conquista de un imperio, o la pelea entre dos bandos por cuestiones políticas, sociales o incluso, por el territorio. Sin embargo, no toda invasión es negativa. O al menos no en todos sus aspectos.

Para la ecología, un invasor biológico es una especie originaria de otro lugar (otra tierra, río u océano) que llega a un ecosistema diferente y lo coloniza pasando a formar parte del nuevo ambiente. Se reproduce rápidamente, se instala en muchos lugares de diversas características (generalmente debido a la ausencia de sus depredadores naturales, que se quedaron en el hogar de origen) e in-



*Limnoperna en helice casa flotante Embalse Río Tercero, Córdoba.*

### CONTROLAR AL INVASOR

Controlar o combatir la incrustación del mejillón dorado u otros moluscos sobre la cubierta de las embarcaciones no es tarea fácil. La herramienta típica más utilizada en casi todos los barcos o yates y en algunos sistemas de cañerías, es la pintura de recubrimiento *anti-fouling*. Estas pinturas, a base de óxido de cobre, compuesto tóxico para los bivalvos, previenen el “agarre” del molusco a los cascos o superficies internas de tuberías. Sin embargo, no basta con el uso de las pinturas especiales para controlar la invasión, ya que, ni bien se produce el desgaste o grieta en la pintura, el mejillón se adhiere y comienza a reproducirse. El problema con las pinturas es que son caras (tanto la pintura en sí como su aplicación), tienen un tiempo de vida útil, hay lugares donde no se pueden aplicar (por ejemplo, en los filtros) o si se aplican se gastan rápido por la acción del agua u otros rozamientos mecánicos.

En las centrales nucleares del mundo donde hay invasión de bivalvos como *Limnoperna fortunei*, se utilizan dos cámaras o sistemas duplicados de tuberías para realizar el enfriamiento. Así, cuando una de las redes de refrigeración está siendo utilizada, el personal se dedica a “destapar” la otra cámara. Sin embargo, para los buques comerciales o deportivos, no se puede aplicar el mismo procedimiento. Una solución es sacar a la embarcación fuera del agua con una determinada frecuencia, a fin de limpiar profundamente el casco y otras partes sumergidas (hélices, filtros, entre otros). El problema es que este servicio implica un costo adicional que no todas las empresas o usuarios de yates pueden afrontar.

Ahora bien, desde hace un tiempo, se pretende establecer como norma el cambio del agua de lastre en todos los buques comerciales. Esto forma parte de la convención sobre el agua de lastre propuesta por la Organización Marítima Internacional. Si bien fue aprobada en el 2008, todavía no es de cumplimiento obligatorio pues no todos los países se adhirieron; la ausencia más importante es la de Panamá, país que tiene bajo su bandera un porcentaje sustancial de la flota comercial mundial.

La nueva reglamentación implica que los barcos intercambien su agua de lastre en alta mar. Con esta medida se logra, por un lado, bajar la concentración de organismos en los tanques, dado que, normalmente, la mayor concentración de organismos se da en zonas costeras. Por otro lado, se consigue acabar con las especies capturadas en puertos de agua dulce (las especies tomadas en alta mar morirían a su vez al ser descargadas en un puerto de agua dulce). Así, las distintas especies “extranjeras” no llegan a introducirse en los ríos o mares. Además de ser un método económico, es simple y eficiente.

Para los casos en los que el intercambio del agua de lastre en alta mar no es viable, se están desarrollando métodos alternativos de eliminación de los organismos (por ejemplo filtrado, añadido de sal al agua, entre otros). Argentina no solo adhirió a la reglamentación sino que poco a poco se van mejorando las tareas de control sobre el agua de lastre.

teractúa con otras especies del mismo ecosistema. Es lo que hizo el mejillón dorado al introducirse en el Río de la Plata.

“En realidad, de acuerdo con nuestras observaciones, el mejillón dorado está ocupando un lugar y unos recursos (es decir un nicho ecológico) que estaba en gran medida vacante”, explica Sylvester, quien no solo estudió a *Limnoperna fortunei* en la Cuenca del Plata sino también estudió otros “polizones” acuáticos en el Canadá, donde investigó por más de tres años los organismos transportados por los buques comerciales. “*Limnoperna* es un mejillón filtrador y tiene un biso, algo así como un ‘ancla’ que le permite pegarse a sustratos duros. Acá no había ningún otro animal con esas características”, agrega el investigador.

Antes de la década del 90, en la Cuenca del Plata había una almeja (también introducida) con características similares a *Limnoperna*; sin embargo, este otro molusco vivía en suelos barrosos de forma tal que no compartía el mismo hábitat con el mejillón dorado; es decir que el nicho ecológico era diferente. Así, el mejillón visitante encontró en nuestros ríos el lugar justo para su primera estación; pero, poco a poco, su permanencia se convirtió en algo más que una simple visita del exterior.

Ahora bien, ¿cualquier especie puede introducirse así como así en un nuevo ambiente? “La especie que llega necesita que haya similitud ambiental para poder sobrevivir”, destaca Sylvester, y agrega: “Si se toma agua de un puerto cálido y se la vuelca en uno de agua fría, las especies probablemente no sobrevivirán; en cambio, de un puerto tropical a otro de similar condición, o de uno templado a otro de igual temperatura, los organismos

## PARA SABER MÁS SOBRE LAS INVASIONES

### ¿Qué es el agua de lastre?

Es el agua empleada en navegación marítima para procurar la estabilidad de un buque.

### ¿A qué se denomina *biofouling*?

Se denomina *biofouling* a la acumulación de material sobre la superficie del interior de las tuberías provocada por incrustaciones biológicas, que ocasionan pérdidas de energía por fricción del flujo de agua o taponamiento del ducto.

### ¿Qué es la cadena trófica?

Es una representación esquemática de las relaciones alimentarias (quién se come a quién) entre los componentes de una comunidad biológica. Proceso de transferencia de energía a través de una serie de organismos, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente. También conocida como cadena alimentaria.

### ¿Qué son las especies introducidas?

Son especies no nativas del lugar o del área en que se las considera introducidas, y adonde fueron transportadas accidental o deliberadamente por las actividades humanas. También son llamadas especies foráneas o exóticas.

### ¿Qué son las especies invasoras?

Son especies que se establecen en nuevas áreas en las cuales proliferan, se distribuyen y persisten, implicando normalmente impactos económicos y ambientales.

### ¿Qué es un nicho ecológico?

Es la posición de una especie en un ecosistema o el espacio concreto que ocupa en el ecosistema. Técnicamente es el conjunto de requerimientos físicos y biológicos necesarios para la supervivencia y reproducción de una especie.

### ¿Qué es la pintura *anti-fouling* o *anti-incrustante*?

Es un recubrimiento especial normalmente a base de óxido de cobre u otros biocidas, destinado a prevenir el asentamiento y proliferación de organismos acuáticos incrustantes.



Limnoperna en tablestacados, delta del Tigris

podrán vivir y reproducirse”. Hay posibilidades de que una especie pueda introducirse en el nuevo entorno si existe una similitud ambiental, pero ello depende, además, de las características específicas del organismo, las posibilidades de alimentación, reproducción o, incluso, de la existencia de competidores.

*Limnoperna fortunei* interactúa con toda la cadena trófica. La especie consume algas del fitoplancton, de modo que compite con el zooplancton por el alimento. Asimismo, el mejillón come el zooplancton e interactúa con los peces. En este último caso, mientras que para algunos resulta beneficioso, no lo es para otros: los peces que tienen estadios larvales que requieren del plancton para sobrevivir se quedan sin alimento. En cambio, muchos otros peces, tanto estadios juveniles como adultos, se alimentan de *Limnoperna*. Así, se establecen relaciones tróficas bastante complejas.

### Pérdidas económicas

El mejillón dorado genera más problemas de los que uno podría creer. El molusco se asienta, madura y se incrusta en los sistemas de agua destinados para la potabilización, refrigeración y sistemas anti-incendio provocando la reducción en el diámetro de tuberías, el bloqueo de cañerías con la consiguiente disminución del flujo, la acumulación de valvas o cascarones vacíos, la contaminación del agua, la oclusión de filtros y el aumento de la corrosión de diversas superficies.

Otros sitios que también sufren los daños por *Limnoperna* son las centrales nucleares. Éstas necesitan una red de tubos y cañerías por donde circule agua para la refrigeración, justamente allí mismo es donde el mejillón

se incrusta ocasionando principalmente la obstrucción de los caños lo que impide así el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento.

Particularmente, para los buques comerciales, el incrustamiento o *biofouling* genera grandes pérdidas económicas ya que, cuando muchos mejillones se pegan en el fondo de la embarcación, aumenta la fuerza de rozamiento del barco con el agua, lo que se traduce en una pérdida de la autonomía naviera junto con un aumento en el gasto del combustible.

Muchos países intentan controlar la dispersión de la especie a fin de reducir los daños, y esto se logra ya sea con campañas de concientización, mediante estudios para predecir el impacto económico, modificando las regulaciones para el tratamiento del agua de lastre y utilizando pinturas *anti-fouling* para prevenir la pérdida del combustible por rozamiento (ver recuadro “Controlar al invasor”).

Uno de los países donde se controla rigurosamente la dispersión de bivalvos invasores es Estados Unidos, pues allí hay un molusco similar a *Limnoperna fortunei* llamada *Dreissena polymorpha* o mejillón cebra. Ecológicamente es muy parecido al mejillón dorado, y ocasiona impactos económicos y ambientales similares.

Así, el mejillón dorado constituye un animal de gran interés para el estudio e investigación, no solo por su gran adaptación al medio y capacidad de dispersión, sino también por los diversos daños que ocasiona a su paso. Por ello, se requiere de una gran inversión económica, junto con una adecuada regulación de los vectores de transporte de esta y otras especies exóticas. |



## Los libros electrónicos

# Gutenberg 2.0

La imprenta de Johannes Gutenberg dio un salto tal en la tecnología, que tuvieron que pasar más de quinientos años para que otro invento tomara la posta. La revolución digital trajo bajo el brazo a los libros electrónicos que, muy de a poco, están ganando posiciones en el mercado editorial y en las preferencias de los usuarios.

Definir qué cosa era un libro no requería demasiadas explicaciones adicionales, por lo menos hasta hace unos años. Las cosas están cambiando y, hoy por hoy, la definición de “libro” requiere algunas aclaraciones. ¿Qué entendemos por libro? Hay una parte de esta explicación que ya está zanjada para los editores, y es la referida a la diferencia entre “texto” y “libro”. En líneas generales, el *texto* se refiere al contenido, y el *libro* al soporte en el cual ese texto está inserto (generalmente un objeto de papel, impreso) y que ha pasado por un proceso de edición.

Juan Pablo Vittori  
[juan.vittori@de.fcen.uba.ar](mailto:juan.vittori@de.fcen.uba.ar)

De textos, estamos rodeados, pero no necesariamente estamos rodeados de libros.

Los soportes a los que estábamos acostumbrados se diversificaron, y lo hicieron de manera tan vertiginosa y tan variada que los encargados de hacer libros se encontraron con la obligación de reaprender una parte importante de su profesión, quizás la más importante: transformar textos en libros.

### Libros y libros electrónicos

La principal causa de la “crisis” que obliga a repensar la tarea editorial es la llegada de un actor inesperado frente a la tradición de papel y tinta: el libro electrónico. Ahora, definir lo que es la versión electrónica de un libro tiene algunos bemoles. Para empezar, vale advertir que los mismos términos con que son definidos los libros electrónicos y los artefactos lectores suelen generar confusión. A la hora de las definiciones en temas de tecnología e innovaciones, como suele suceder, manda el idioma inglés: un libro electrónico es un *eBook*, y un dispositivo para leer libros electrónicos (por lo tanto) es un *eReader*. La confusión general tiende a asignar la denominación *eBook* a los dispositivos lectores cuando, en realidad, son solo un soporte para los libros electrónicos. Hecha esta primera diferencia, veamos qué se entiende por *eBook*. Es una versión electrónica o digital de un libro. Entonces, para leer un *eBook* necesitamos algún dispositivo electrónico.

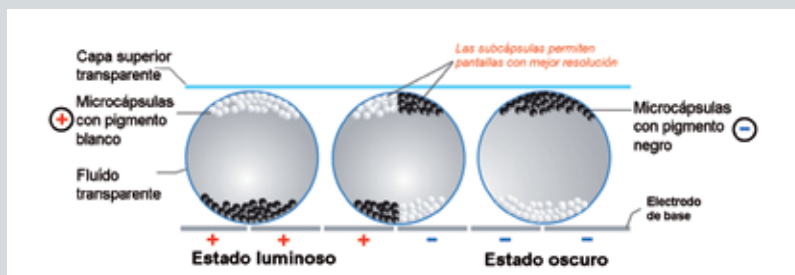
#### JOBS TAMBIÉN SE EQUIVOCABA

*“...no importa qué tan bueno o malo sea el producto, el hecho es que la gente ya no lee más. El cuarenta por ciento de la gente en Estados Unidos lee un libro o menos por año. El concepto está viciado desde el comienzo, porque la gente no lee más”.*

Estas fueron las palabras de Steve Jobs, el mentor de Apple, sobre el lanzamiento de Kindle de Amazon (hoy el lector de libros más vendido del mundo). Paradójicamente, su erróneo vaticinio tampoco se vio corroborado con su biografía que se transformó en *bestseller* de Amazon en 2011.

#### LA TINTA ELECTRÓNICA (e-INK)

Las pantallas de tinta electrónica, a diferencia de las de LCD, no emiten luz sino que la reflejan, como el papel. Estas pantallas tienen un grosor de 3 mm aproximadamente y están compuestas por tres capas: una de protección, un polímero y una de microtransmisores. El polímero está compuesto por millones de microcápsulas esféricas que en su interior contienen micropartículas de titanio blancas y negras cargadas eléctricamente que cambian su tonalidad cuando se les aplica una corriente eléctrica. Tiene una resolución limitada para imágenes o videos, pero ideal para tipografías, y puede ser vista desde cualquier ángulo de visión, aún bajo la luz del sol. No necesitan voltaje para mantener la tonalidad por lo que, técnicamente, una vez que se formó la página, el gasto de energía es cero. Esto hace que la duración de la batería de los aparatos que usan esta tecnología se mida en meses.



Fuente: [www.eInk.com](http://www.eInk.com)

Hoy por hoy, un libro electrónico se puede leer en una multiplicidad de dispositivos, estos son algunos de ellos:

- *eReaders* (lectores de libros electrónicos).
- Tablet (computadoras portátiles de pantalla táctil).
- Teléfonos celulares.
- Dispositivos reproductores multimedia (iPod, MP4 etc.).
- Computadoras personales, laptops, netbooks, etc.

En principio, los que nos interesan son los dos primeros. El *eReader* está pensado específicamente para la lectura y para ello utiliza dos posibles tecnologías de pantalla, la *e-ink* (ver recuadro: “La tinta electrónica”) y la LCD. ¿Qué las diferencia? La primera es amigable a la vista y permite que la experiencia de lectura se parezca mucho más a la del papel que a la de leer en una pantalla de computadora. Por supuesto, tiene sus ventajas y sus desventajas. Estos dispositivos consumen muy poca energía y, por lo tanto, las baterías son de larga duración, son muy livianos y permiten almacenar una gran cantidad de libros; entre estos contamos el Kindle (de Amazon), el Nook (de Barnes & Noble), el Papyre (de Grammata) y muchos otros genéricos. Entre las contras, cuenta que son monocromos, la calidad de reproducción de imágenes es pobre y son lentos y toscos para la navegación web. Pero, justamente, estas desventajas técnicas son las

que hacen de estos dispositivos los nuevos libros electrónicos. Pues suplen de manera electrónica las funciones (no todas, por supuesto) del libro en papel, y le agregan algunas. Permiten leer sin producir el cansancio que producen las pantallas LCD, y sus otras funciones son tan limitadas que no producen distracciones. Quien posee un *eReader* de tinta electrónica no está pensando en navegar, ni en usar juegos, ni en ver videos, está pensando en leer. Solo en leer. Un paso más allá están las tabletas (iPad de Apple, Kindle Fire de Amazon, Nook Tablet de Barnes & Noble, Light-Pro de Telefónica, entre otras): aquí se diversifica la experiencia ya que, con su pantalla color y táctil, permiten lectura, navegación, acceder a videos, mp3 y un sinnúmero de chiches tecnológicos.

Pero lo primero que hay que saber para llevar adelante aquel antiguo y noble propósito de leer es, como en todo artilugio tecnológico, en qué formato debe estar el libro para que podamos leerlo. Y aquí comienza la batalla entre los formatos más estándares y los nuevos formatos pensados para *eBooks*.

#### Los formatos electrónicos

Los *eReaders* permiten leer varios formatos de archivo, entre ellos el .ePub, el .pdf, el .mobi, y algunos leen o transforman archivos .doc. El tema es cómo se ven estos textos en un *eReader*. El archivo .ePub es el que lleva las de ganar en lo que se refiere a texto continuo. Es limitado en términos de diagramación (aunque el nuevo ePub3

Algunos datos del cambio de paradigma en Estados Unidos, de la Encuesta de Aptara, hecha a más de 1.300 profesionales del mundo de la Edición.

### Planes de Producción de eBooks

- 62% con producción actual.
- 22% Sin producción actual pero con planes futuros.
- 16%. Sin planes de producir en el futuro.

### Dispositivos lectores preferidas

- 25% prefieren Apple iPad.
- 18% prefieren Amazon Kindle.
- 18% prefieren PC o MAC.
- 9% prefieren iPhone.
- 6% prefieren Nook / Nook Color.
- 5% prefieren Sony reader.

### Volumen de producción de las editoriales

- 37% producen del 76 al 100% de sus títulos como eBooks.
- 32% producen del 1 al 25% de sus títulos como eBooks.
- 13% producen del 26 al 50% de sus títulos como eBooks.
- 11% producen del 51 al 75% de sus títulos como eBooks.
- 6% no tienen datos.

### Principales problemas a resolver

- 30% Problemas entre formato, contenido y compatibilidad entre dispositivos.
- 21% Problemas con canales de distribución.
- 16% Calidad del contenido convertido.
- 16% DRM (Administración de contenidos digitales).
- 8% Costo total de la producción de eBooks.

Fuente: [www.aptaracorp.com/Survey](http://www.aptaracorp.com/Survey), a través de [www.elclubdelebook.com](http://www.elclubdelebook.com)

mejora mucho), pero permite una lectura fluida y una adaptación del tamaño de tipografía, el uso de tablas de contenido, también permite tomar notas, resaltar párrafos y el uso de diccionarios. Los *eReaders* de Amazon, por ejemplo, tienen también un formato propio que es similar al .ePub y se llama .mobi. Con los .pdf la cosa cambia. Por ser un formato cuya principal característica es la de transformar cada página en una imagen, los archivos .pdf se ven como un bloque dentro del cual hay que desplazarse para ver el contenido. Por un lado, respeta diagramaciones complejas (con varias columnas, tablas y gráficos, por ejemplo) pero no es tan amigable para recorrerlo visualmente.

### e-EXM


Con el auge y la masificación de los *eReaders* y con la idea de acercarse a los usuarios de estas nuevas formas de leer, *EXACTA*mente ya había adoptado el formato .pdf para su versión digital y desde el número 48 puede leerse también en .mobi y .ePub.



### De formas y deformes

Todos estos cambios recientes nos traen nuevas preguntas a nivel de usuarios (o lectores), desde las más elementales (¿me compro un *eReader*?, ¿cuál?) hasta las que involucran cuestiones filosóficas, aquellas que comparan entre las distintas experiencias de lectura y cómo afectan nuestra pasión por los libros, o el nuevo espacio físico y psicológico que se crea por la ausencia de bibliotecas en nuestros hogares. Pero las editoriales están afrontando este cambio de paradigma de una manera distinta. Saben que el mercado de libros electrónicos está creciendo de manera desmesurada y están pasando sus catálogos a versiones electrónicas. Esto trae aparejadas algunas ventajas y algunos problemas. Como ventajas, por ejemplo, está la posibilidad de tener a nuestra disposición títulos que ya no se imprimen, que están fuera de catálogo. Una vez que una editorial generó un *eBook*, siempre estará disponible. Pero como desventaja tenemos cierta desprolijidad para con el nuevo producto, el trabajo artesanal (que puede existir perfectamente en un *eBook*) se deja de lado en el apuro por tener todo un catálogo listo, ya: muchos libros se distribuyen sin portada, sin tabla de contenido, sin separación de capítulos. Otros pasan a ser una ristra de texto continuo. ¿Se pueden leer? Sí, es posible leerlos. ¿Queremos leer así los libros? Bueno, ahí están marcados los rumbos, delineados entre emular empáticamente la forma de lectura de un libro tradicional (algunas tabletas o *eReaders* con pantalla táctil emulan, por ejemplo, el paso de las páginas) o ceñirse a la forma más elemental del paso del texto (y por qué no, del paso del tiempo).

También surgen otros problemas en torno a la falta de materialidad: ¿Cómo se regala un libro? ¿Cómo se puede prestar?, por ejemplo el *eReader* Nook tiene un sistema llamado LendMe que permite prestar de forma electrónica el libro, aunque estas prácticas todavía nos parecen lejanas y ajenas.

Lo primero que nos enseña la experiencia del libro electrónico es que, a diferencia de leer en papel, que no requiere ningún aprendizaje, esta nueva forma de leer implica recorrer un camino tecnológico que involucra los soportes, los formatos estándares y específicos de cada lector, y las múltiples formas de conversión para adaptar contenidos de un formato a otro. Lograr un sistema aceitado que permita leer cualquier cosa que queramos en un lector electrónico, puede resultar una experiencia decepcionante. La pregunta es, por ahora, ¿cuándo el sistema de lectura en libros electrónicos será tan fácil y práctico como el de libros en papel? ¿Es inevitable la comparación de ambas experiencias de lectura? Por ahora sí. Es un momento coyuntural en el que una nueva tecnología se está entrometiendo con otra milenaria, de fuerte raigambre cultural y, por qué no, sentimental. Lo que es cierto es que ya estamos, aun sin quererlo, en ese camino: muchos de los libros que antes tenían al papel como soporte, actualmente se consiguen solo en versiones electrónicas. Y la computadora no está siempre a mano para leerlas. Estamos por adoptar a una criatura que lleva en su memoria 500 años de historia y de historias. Está bien ir pensando cómo nos vamos a llevar con ella. | 

## LA MEMORIA ANIMAL

Adquisición, persistencia y olvido

Héctor Maldonado  
Buenos Aires, 2008

EUDEBA, 112 páginas



La memoria animal funciona casi de la misma manera que la memoria humana. Por eso este libro, que por el título para el lego podría parecer de interés zoológico (o veterinario) tiene el foco puesto directamente sobre la psicología humana.

Es casi un tratado, un ABC de lo que se sabe y de cómo se sabe todo lo concierne a la formación de los recuerdos; dónde y cómo se almacenan y cómo los evocamos cuando los necesitamos.

Héctor Maldonado fue un pionero en la Argentina. Su papel como fundador de departamentos y grupos de investigación, su rol como formador de científicos y su hacer siempre fecundo y febril, nos hizo pisar, desde su llegada, la frontera del conocimiento.

Este libro es prolijo y ameno. Relata los experimentos fundamentales con los que se fue jalonando el conocimiento. Intercala con pertinencia los que realizó (y continúa realizando) su propio grupo de investigación, configurando un texto tanto para el interesado en la materia como para el estudiante que quiere ponerse al día.

Pero a la vez, se trata de una pieza de valor histórico ya que fue escrita por el que sin duda alguna se erige como uno de lo próceres de la ciencia argentina.

## EL GRAN DISEÑO

Stephen Hawking y Leonard Mlodinow  
Barcelona, 2010

Crítica, 232 páginas



¿Ha muerto la filosofía? Según los autores es ese el veredicto, ya que las preguntas fundamentales de las que siempre se ocupó la filosofía están siendo abordadas —y respondidas— desde la ciencia. En este maravilloso libro se ocupan de una de ellas, quizás, la más profunda: la creación del universo.

La respuesta trivial “Dios creó el universo” solo pate a la pelota hacia adelante... pues entonces, ¿quién creó a Dios. Pero es probable que la Física haya abolido la pregunta y que la respuesta esté inscripta en las leyes matemáticas del universo. En este libro muy bien hilvanado se desarrolla la argumentación científica que plantea y responde esta cuestión.

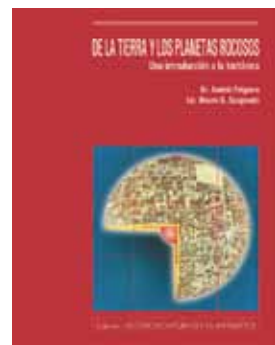
*El gran diseño* es una panorámica clarísima por la que pasan la estructura del universo, la cuántica y la cosmología imbricadas, las supersimetrías, el Big Bang, el ajuste fino, el principio antrópico débil, el principio antrópico fuerte, los multiversos, los campos, el vacío, las teorías de unificación, y la Teoría M. entre otros temas.

En un lenguaje llano, sencillo, exquisitamente explicado con comparaciones, analogías e ilustraciones, que iluminan la prosa con una claridad abrumadora, los autores pasan revista a los asuntos más espinosos de la Física hasta arribar a la cuestión que por siglos ha desvelado a la humanidad: “¿Necesita el universo un creador?”.

## DE LA TIERRA Y LOS PLANETAS ROCOSOS

UNA INTRODUCCIÓN A LA TECTÓNICA

Andrés Folguera y Mauro Spagnuolo  
Buenos Aires: ME - INET, 2011  
Colección: Las ciencias naturales y la matemática - 136 páginas



¿Por qué nuestro planeta es como es? ¿Por qué los otros planetas del Sistema Solar se parecen tanto y, al mismo tiempo, son tan distintos a la Tierra? ¿Qué procesos hicieron que el relieve sea como es? Estas son algunas de las preguntas que Andrés Folguera y Mauro Spagnuolo abordan en *De la Tierra y los planetas rocosos*. Y, como reza el subtítulo, el libro se propone como una introducción al conocimiento de los procesos que han definido el relieve terrestre. Es decir, no es un tratado de Geología. Es más, los autores admiten que intentaron rehuir de las clasificaciones rigurosas y las descripciones exhaustivas.

A través de diez capítulos, organizados como si fuera una ópera, con apertura, primero y segundo acto, el libro recorre la historia de nuestro planeta desde la formación del Sistema Solar, pasando por el origen de las cordilleras, la historia de los continentes y los océanos, y la relación entre la tectónica de placas con la vida y el clima. El último capítulo se ocupa de comparar la Tierra con los demás planetas rocosos.

Este libro forma parte de una colección creada por el Instituto Nacional de Educación Tecnológica, y fue diseñada con el fin de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de Biología, Física, Matemática y Química. Está destinada a docentes y alumnos del nivel secundario de todo el país.

# QWERTY, ¿a qué se debe la disposición de las letras en los teclados?

Responde Ricardo Cabrera, licenciado en Ciencias Biológicas, profesor del CBC, director de *EXACTAMENTE*.



Más de uno se preguntará a qué se debe la disposición, aparentemente caprichosa en los teclados de las computadoras. Tal vez una disposición alfabética, o con alguna lógica sencilla y razonable fuera más fácil de memorizar y eso ayude a ganar velocidad de tipeo en los iniciados... pero todo tiene su historia.

En las primeras máquinas de escribir la pulsación de las teclas accionaba brazos de palanca en cuyo extremo se hallaba el molde con el tipo correspondiente a la tecla. Los moldes (pequeños prismas de metal) debían entrar todos en el mismo lugar, donde se dejaba impreso el tipo y, lógicamente, en ese lugar estrecho podían entrar de a uno. Para que entrara el siguiente, la máquina debía esperar que el tipo anterior abandonara ese reducido espacio.

Si el mecanógrafo digitaba con mucha velocidad era frecuente que no diese tiempo a dejar el espacio vacío y, entonces, el molde siguiente se encontraba con el espacio ocupado y los moldes se trababan. La solución a este problema que encontraron los fabricantes fue diseñar un teclado en el que las letras que con más frecuencia se escriben juntas (en el inglés) se hallen lo más separadas posibles para alargar el tiempo entre pulsación y pulsación. Luego de un breve tiempo de prueba y error nació la disposición llamada QWERTY (en alusión al primer renglón), que fue la que menos trabas producía.

El auge de la mecanografía se extendió mucho, y la cantidad de mecanógrafos habituados a esta disposición, hicieron que los nuevos desarrollos tecnológicos –en los que las trabas ya no ocurrían– no pudieran modificar la disposición QWERTY. Hubo varios intentos, pero el mercado siguió prefiriendo el absurdo QWERTY.

# ¿Por qué en la naturaleza aparece la forma hexagonal con tanta frecuencia?

Responde el doctor Gabriel Mindlin, del Departamento de Física de la FCEyN.



El panal de abejas es un ejemplo prototípico de forma hexagonal que aparece con mucha frecuencia en la naturaleza. ¿Por qué estos insectos laboriosos fabrican esas estructuras para acumular el fruto de su trabajo? La explicación natural es que necesitan guardar la miel en celdas individuales, aprovechando el espacio al máximo.

El primero que demostró la ventaja del hexágono para aprovechar el espacio fue Pappus de Alejandría, un matemático que vivió en el siglo III de nuestra era, y afirmó que, de todos los polígonos regulares con el mismo perímetro, los que encierran un área mayor son los que tienen mayor número de lados. La forma hexagonal cumpliría el propósito de conseguir una mayor superficie, sin dejar huecos, porque cada hexágono encaja perfectamente con cada uno de los que lo rodean.

Esa hipótesis solo pudo ser demostrada matemáticamente en 1999, por Thomas Hales, de la Universidad de Michigan, quien dio evidencia de que la celda de seis lados es la estructura geométrica que permite crear una mayor superficie con el perímetro mínimo. Al implicar un menor perímetro, la celda hexagonal permite ahorrar material para construirla. Así, se obtiene una máxima capacidad para almacenar miel con el mínimo de cera para construir el soporte.

Los hexágonos también están presentes en otros eventos de la naturaleza, como al calentar un líquido, por ejemplo, cuando preparamos una sopa de arroz. Al recibir el calor de la hornalla, el líquido comienza a ascender. Pero, al subir, se enfría, y entonces descende. La matemática puede dar cuenta del comportamiento del fluido cuando está sometido a una diferencia de temperaturas. Se trata de una cuestión de ruptura de simetrías. Como la cacerola es plana, sin abolladuras, el líquido se calienta en forma homogénea, simétrica, y, sin embargo, en algunas zonas sube y en otras baja. La simetría se rompe y, al subir y bajar el líquido, se forman las líneas de un hexágono. La matemática puede predecir esa estructura hexagonal como subsimetría de la situación original. Ese es el mecanismo por el cual, en general, emergen estructuras simétricas en la naturaleza, como rupturas espontáneas de simetrías.

Los hexágonos pueden visualizarse en el laboratorio. Dado que a distintas temperaturas el fluido cambia el índice de refracción, si uno lo ilumina, las zonas frías aparecen como líneas brillantes, y las calientes, como líneas oscuras. De ese modo se forman dibujos hexagonales bellísimos.



## Las lecciones del Maestro Ciruela

# Exigencias

Ricardo Cabrera

ricuti@qi.fcen.uba.ar

Admitámoslo: tenemos un serio problema. No se aprende nada sin esfuerzo. Por más que usted sea el docente más efectivo y genial del universo sus estudiantes no aprenderán si no ponen –de parte de ellos– una cierta cantidad de duro esfuerzo (de estudio, de concentración, de dedicación, de tiempo que deberán restarle a otras actividades por demás placenteras). Déjeme inventar: yo diría que cualquier aprendizaje depende en un 90% del estudiante y apenas en un 10% del profesor. No sé usted qué opina.

Bueno, sea como sea, la cuestión es que si usted está al mando de la tarea colectiva enseñanza-aprendizaje deberá advertirles sobre esta cruel realidad. Y no digo cruel porque descrea que el estudio no pueda ser placentero, lo digo sencillamente porque, como todo adulto sabe, a los jóvenes (sobre todo a los adolescentes) los enferma gravemente que les pidan esfuerzos o los sometan a exigencias.

Tengo colegas que esconden esa realidad, y hacen mal. Hay otros que organizan sus clases con pura diversión, lo cual no estaría mal si dentro de ese jolgorio aparecen –además– las pautas del trabajo rudo que los estudiantes tendrán que realizar por su propia cuenta. Los ejemplos pintorescos, los acertijos, las anécdotas interesantes, los juegos, son condimentos imprescindibles... pero deben acompañar inexorablemente la enseñanza de los caminos difíciles, arduos, repetitivos.

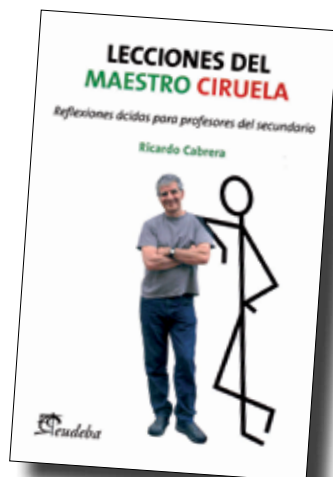
La ejercitación en física, matemática, química (y por qué no: en cualquier disciplina) no escapa a las reglas de la ejercitación física, la de los músculos y las articulaciones. Para lograr la medialuna con soltura y elegancia hay que practicar, practicar y practicar. Recién cuando sale *siempre bien*, es que se ha aprendido, y seguramente todavía se puede perfeccionar. Con las destrezas intelectuales ocurre lo mismo. Hay que sudar la gota gorda.

El incentivo mayor que un estudiante debe tomar como propio (y usted debe convencerlo de ello) es que alcanzar el aprendizaje le abre las puertas a una vida mejor. Aprobar asignaturas, cursos, grados, carreras... los convierte en personas más poderosas, con posibilidades laborales mejores, con acceso a parejas más bonitas o más guapos, con futuros menos rutinarios y más creativos.

Es cierto, nunca va a faltar aquel estudiante rebelde que le responda que el futbolista tal o cual tiene todo eso y mucho más y apenas si terminó el cuarto grado. Es muy cierto. Pero no deje de prevenirlo de que no se deje engañar por la visibilidad en los medios, que solo uno de cada 10.000 futbolistas alcanza ese éxito y, en contrapartida, solo uno de cada 10.000 profesionales se queda en la lona. La vida es una sola como para jugarla en una lotería tan mezquina.

## Las lecciones del Maestro Ciruela

La colección completa de las Lecciones del Maestro Ciruela, de Ricardo Cabrera (las publicadas en *EXACTAMENTE* y muchas más) editadas por EUDEBA en enero de 2012, con prólogo de Mario Bunge, ahora a su disposición.



## HUMOR por Daniel Paz





Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

# De icnitas y petroglifos

Una mirada de artista sobre los rastros de la vida en el pasado

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

El término “petroglifo” designa una de las más antiguas formas de arte, la incisión de líneas en la piedra, y se sabe que su realización ya era habitual en el neolítico, aunque la interpretación del significado y objetivo de estas incisiones no sea del todo clara a los especialistas. Sin embargo no ha sido el hombre el único ser vivo que ha dejado sus marcas en la piedra... también lo han hecho innumerables formas de vida del pasado geológico y los sedimentólogos y paleontólogos investigan, también, cuál es el sentido de esas huellas.

El término “icnita” designa un tipo especial de fósil constituido, no por los restos de un organismo, su molde o su esqueleto, por ejemplo, sino por las marcas dejadas por su actividad. Estas marcas son las claves que permiten reconstruir los hábitos de vida y alimentación de los seres que las originaron. Las más populares entre las icnitas son, posiblemente, las pisadas de los dinosaurios (que permiten, por ejemplo, calcular su peso y establecer la velocidad de su marcha), pero éstas no son ni las únicas ni siquiera las más interesantes de ellas.

El doctor Adolf Seilacher es profesor de las Universidades de Yale y de Tübingen, y es sedimentólogo y especialista en el estudio del



Fig. 5

origen e interpretación de las icnitas. Este científico alemán obtuvo en el año 1992 el premio Crafoord, que le permitió visitar aquellas localidades del mundo en las cuales existían afloramientos de rocas sedimentarias en cuyas superficies podían observarse estas curiosas e interesantes marcas. Acompañado por personal técnico idóneo y utilizando materiales especiales obtuvo moldes de los afloramientos y realizó luego copias de los mismos en resina. Estas copias son livianas y, sobre todo, transportables, y se preparó con ellas una exposición itinerante denominada “Arte fósil”. Toda la excelente información científica se concentra en el catálogo de la muestra, magníficamente ilustrado con fotografías de las icnitas y con excelentes esquemas de su interpretación y su asociación a la actividad de seres vivos en el pasado geológico. Para más información sobre estos “petroglifos” geológicos les recomendamos visitar <http://www.fossil-art.dk/KUNST.html>, donde se reproduce exclusivamente el material desde su perspectiva artística, mientras que en [http://www.fossil-art.dk/Fossil\\_Art-UK.html](http://www.fossil-art.dk/Fossil_Art-UK.html) se brindan, además, detalles acerca de su génesis e interés científico.

Como es habitual, les dejamos algunas preguntas cuyas respuestas, así como un buen número de ilustraciones, pueden encontrar en el blog ([revistaexactamente.wordpress.com](http://revistaexactamente.wordpress.com))

a. ¿Qué factores principales cree usted que controlan la profundidad de la huella producida por la pisada de un animal?

b. ¿Podría decidir con seguridad si la figura 5 corresponde a hojas fósiles (restos de un organismo) o es una icnita (marcas de la actividad de un organismo)?

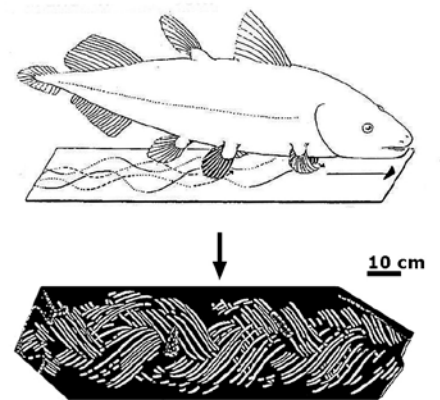


Fig. 4

## Epígrafes de las ilustraciones

Figura 1: *petroglifos en Colombia*

Figura 2: *icnitas actuales en la margen del río San Juan.*

Figura 3: *estromatolitos. Estas evidencias de vida son las más antiguas de la Argentina. Olavarría, Provincia de Buenos.*

Figura 4: *esquema que muestra la interpretación del origen de la traza fósil denominada parundigma schoelli*

Figura 5: *ilustración para la pregunta b*

## Créditos de las ilustraciones

Figura 1:

Sitio oficial de Mallama en Nariño, Colombia

Figuras 2 y 3 José Sellés-Martínez

Figuras 4 y 5 reproducidas de Seilacher, D., 2008. Fossil Art. An exhibition of the Geologisches Institut. Tübingen.

# CIENTIFICOS

INDUSTRIA ARGENTINA



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

**CON ADRIÁN PAENZA**



**SÁBADOS  
12.00 Hs.**



**tv.pública**

[www.canal7.com.ar](http://www.canal7.com.ar)

<http://incubacen.exactas.uba.ar>

# PRESENTATE AL LLAMADO INCUBACEN 2012!

LARGA VIDA  
Y PROSPERIDAD  
PARA TU  
EMPRENDIMIENTO



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires

EXACTAS UBA