

EXACTA

m e n t e

La revista de divulgación científica

AÑO 11 · Nº 32 · \$ 4 · JUNIO DE 2005

Física

100 años de Einstein

Recursos

El agua que se acaba

Entrevista

Lino Barañao

Geografía

¿Dónde termina la Argentina?

Cosmos

El universo se expande

Transferencia

Robots policía

ISSN 1514-920X



9 771514 920009 00032



FACULTAD de
CIENCIAS EXACTAS
y NATURALES

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CS. DE LA ATMOSFERA
PALEONTOLOGIA

OCEANOGRAFIA

GEOLOGIA

BIOLOGIA

COMPUTACION

QUIMICA

FISICA

MATEMATICA

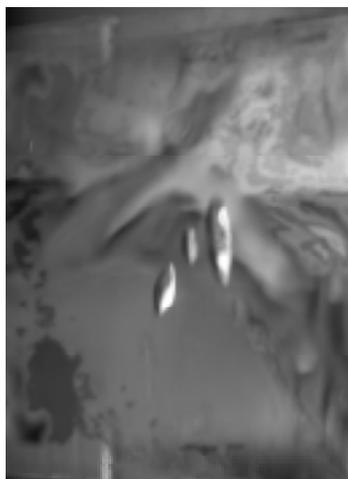
Ciudad Universitaria
Pab. II, C1428EHA,
Capital Federal

Departamento de Alumnos: 4576-3339

Dirección de Orientación Vocacional: 4576-3337

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

Editorial



Tapa: imagen modificada a partir de una fotografía de agua en movimiento. Foto de Paula Bassi.

La educación media como meta

Cada día con más convicción, la sociedad argentina toma conciencia de la crisis institucional de la educación media. La deserción, los masivos y reiterados fracasos en el ingreso universitario y el sentimiento de defraudación cobran cada vez mayor estado público; tanto que las autoridades educativas nacionales han definido esta problemática como la prioridad número uno de la gestión educativa.

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA desde hace mucho tiempo viene realizando importantes esfuerzos para mitigar el problema que representa la brecha abismal entre el egreso del secundario y el inicio universitario, siempre considerando que los estándares internacionales no deben disminuir y que es necesario nivelar hacia arriba.

Son numerosos los proyectos que la Facultad mantiene para estrechar el vínculo con la institución secundaria, y **EXACTAMENTE** es uno de ellos.

A diez años de su aparición, con frecuencia ininterrumpida, gozando de un grato reconocimiento por parte de nuestros lectores, estamos encarando el pro-

yecto más ambicioso de nuestra corta existencia: llegar a todos los docentes secundarios de ciencias y filosofía del área de influencia de la Facultad, la totalidad de la Ciudad de Buenos Aires y los partidos de Provincia de Buenos Aires que integran el Conurbano.

Estamos trabajando con ahínco en la concreción de sendos acuerdos con las autoridades educativas de la Ciudad de Buenos Aires y la Provincia para lograr este cometido. El objetivo es poder incrementar la tirada de **EXACTAMENTE** (que actualmente es de 5.000) hasta llegar a los 20.000 ejemplares, cifra que nos permitiría, en el corto plazo, alcanzar la autofinanciación que beneficiará a todos.

El esfuerzo sostenido durante diez años, de llegar a los establecimientos educativos secundarios con uno o dos ejemplares de la revista, se verá coronado si logramos llegar masivamente a nuestros destinatarios principales, los docentes de ciencias, los únicos capaces de forjar las vocaciones científicas que el país reclama y necesita para generar un proyecto de nación con futuro y un Estado independiente.

Ricardo Cabrera
Director

Consejo editorial

Presidente

Pablo Jacovkis

Vocales

Gregorio Klimovsky
Eduardo F. Recondo
Alberto Kornbliht
Juan M. Castagnino
Celia Dibar
Ernesto Calvo

Staff

Directores

Ricardo Cabrera
Guillermo Durán

Editor

Armando Doria

Jefe de redacción

Susana Gallardo

Redactores

Cecilia Draghi
Gabriel Stekolschik

Diseño gráfico

Santiago Erasquin

Fotografía

Juan Pablo Vittori
Paula Bassi

Corrección

Rubén Pose

Colaboradores permanentes

Pablo Coll
Guillermo Mattei
Daniel Paz
Gustavo Piñeiro
Simón Tagtachián

Colabora en este número

Verónica Engler

Impresión

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

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

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

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

Sumario

PANORAMA 6
Un recurso en peligro

Acaba de comenzar el decenio del agua, propuesto por la ONU. La idea es, en diez años, reducir a la mitad la cantidad de personas que no tienen acceso al agua potable ni a sistemas de saneamiento.

COSMOS 10
Sombras nada más



La astronomía atraviesa una etapa de incertidumbre que podría equipararse a la que produjo la revolución copernicana en el siglo XVI, pues el modelo cosmológico más aceptado en la actualidad no puede explicar de qué está hecho el 96% del universo.

FISICA 14
A un siglo de la revolución



2005, Año Mundial de la Física. Pasaron 100 años desde que el joven Albert Einstein postuló las teorías que revolucionaron al mundo.

TRANSFERENCIA 18
Robots antibombas

La Facultad de Exactas proveerá a la Policía Federal un robot diseñado especialmente para inspeccionar y desactivar explosivos. Y en desarrollo: otro robot para la inactivación de minas personales terrestres.

ENTREVISTA 22
Lino Barañao



Titular, desde 2003, de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Su proyecto (ya está en plena acción) es toda una novedad para la Argentina: fomentar los desarrollos con aplicaciones concretas, integrar la investigación con el sector productivo y subsidiar la creación de nuevas empresas con vocación tecnológica.

COMPUTACION 27
Los simuladores

Las tecnologías informáticas están modificando las formas de conocer. A la teoría y la experimentación se suman las simulaciones computacionales para producir conocimiento.

MATEMATICA 30
Fixture del fútbol chileno

A partir del actual torneo, el fútbol chileno cuenta con un fixture diseñado por computadora donde se contemplan las múltiples variables que requiere la AFC. Es el único campeonato del mundo con un fixture de este tipo.

HOMENAJE 33
El Darwin del siglo XX

Ernst Mayr falleció el pasado 3 de febrero, a la edad de 100 años. Considerado por mucho tiempo el más prominente biólogo evolucionista, fue pionero en la definición moderna de especie.

GEOLOGIA 34
Plataforma

La Argentina aún no tiene demarcada su frontera marítima: la plataforma continental. Las leyes internacionales dicen que hay tiempo hasta el año 2009 para poner los mojoneros y, quizás, extendernos hacia el este.

ECOLOGIA 38
Aire limpio, negocios sucios

La entrada en vigencia del acuerdo internacional para paliar el cambio climático plantea más dudas que certezas. El futuro del planeta depende de la habilidad de los negociadores. Pero por ahora, parece necesario empezar a hablar de adaptación.

TENDENCIAS 42
Platea al natural



La observación de aves congrega cada vez a más seguidores. Sólo un binocular y una guía para descubrir un mundo que no es tan visible como parece.

VARIEDADES 45
El maestro ciruela

BIBLIOTECA 46

MICROSCOPIO 48
Grageas de ciencia

JUEGOS 50

Adiós a Manuel Sadosky

En la madrugada del sábado 18 de junio murió Manuel Sadosky, profesor emérito de la Universidad de Buenos Aires, padre de la computación en Argentina, figura relevante para el desarrollo científico y tecnológico del país y, sobre todo, maestro: puedo atestiguar que sus clases de análisis matemático atraían alumnos como un imán. La mayoría era de Química, que en esa época era la carrera más poblada de la Facultad y es notable cómo los futuros químicos entendían las clases sin problemas, pese a que Manuel jamás abandonó el rigor matemático. Incluso muchos de sus alumnos las recuerdan hasta hoy.

Manuel fue uno de los primeros que comprendió perfectamente la importancia que tendría la computación en el desarrollo científico y tecnológico del país. Así, cuando fue designado vicedecano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA en 1957, se ocupó personalmente de tres objetivos, por los cuales creo que merece sin duda el nombre de “padre de la computación argentina”. En primer lugar, fue la figura clave en la compra de la primera computadora científica del país: la mítica Clementina, instalada en 1961. En segundo lugar, creó el Instituto de Cálculo, el primero nacido bajo la nueva reglamentación de institutos de la UBA a principios de la década del sesenta. El Instituto de Cálculo fue el primero del país dedicado a matemáticas aplicadas y computación, y allí no sólo se desarrolló investigación científica y tecnológica de alto nivel sino también trabajos originales para la Comisión Nacional de Energía Atómica, Ferrocarriles Argentinos y universidades nacionales. En tercer lugar, creó en 1963 la carrera de computador científico de la UBA, la primera en el país.

Después de la Noche de los Bastones Largos, Manuel renunció al Instituto de Cálculo junto con el resto del personal (y el Instituto, desapareció como centro de investigación científica hasta su recreación en 1988). Manuel comenzó entonces a viajar a Montevideo, y tuvo una actuación descollante en el desarrollo de la computación en Uruguay. En 1974, el clima político de nuestro país se le hizo irrespirable, y se radicó en Caracas, y luego en Barcelona, hasta su regreso poco antes de la restauración democrática. Al asumir el gobierno constitucional de Raúl Alfonsín, Sadosky fue nombrado Secretario de Ciencia y Tecnología, cargo que ejerció durante todo el gobierno radical, y desde el cual contribuyó a la democratización del Conicet y a la recuperación de la ciencia argentina.

Durante su gestión creó la Escuela Superior Latinoamericana de Informática (ESLAI), que en su breve existencia de cinco años significó un avance de varios órdenes de magnitud en la educación e investigación informática. El páramo informático que era nuestro país en 1983 fue reemplazado por planes de



estudio modernos, investigadores, tesis de doctorado. A ello no fue ajeno el Programa Argentino Brasileño de Informática (PABI) y las Escuelas Brasileño Argentinas de Informática (EBAs), también motorizados por Manuel. Al igual que la ESLAI, estos emprendimientos fueron abortados por el gobierno de Carlos Menem.

Es admirable cómo Manuel nunca perdió su optimismo, a pesar de que a veces debe haber tenido la sensación de arar en el mar, como dijo Simón Bolívar. Es difícil encontrar una persona con tal confianza en la educación, en la razón, en la ciencia, y con tal capacidad de transmitir dicha confianza. Las visitas a su casa fueron siempre para mí una experiencia de contención, con Manuel solícito pensando a quién de sus numerosos amigos distinguidos valía la pena contactar para que colaborara en llevar adelante cualquier proyecto. Y todo con absoluta discreción, pues Manuel siempre fue modesto, y los honores recibidos en sus últimos años (Doctor Honoris Causa de la Universidad de la República, en Montevideo; Ciudadano Ilustre de la Ciudad de Buenos Aires) no cambiaron un ápice su carácter ni su estilo. El último homenaje que recibió fue un interminable aplauso cuando concurrió, apenas diez días antes de su muerte, a la presentación del Foro de Competitividad de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Y Manuel, además, era un humanista, y se encontraba tan a gusto entre un grupo de científicos como rodeado de escritores o de artistas. La gran cantidad de personalidades de todos los ámbitos de la cultura que lo despidieron muestra que representaba un tipo de intelectual universal del cual la Argentina necesita muchos más.

Dr. Pablo Jacovkis

Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Agua potable

Un recurso en peligro

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

Fotos: Paula Bassi

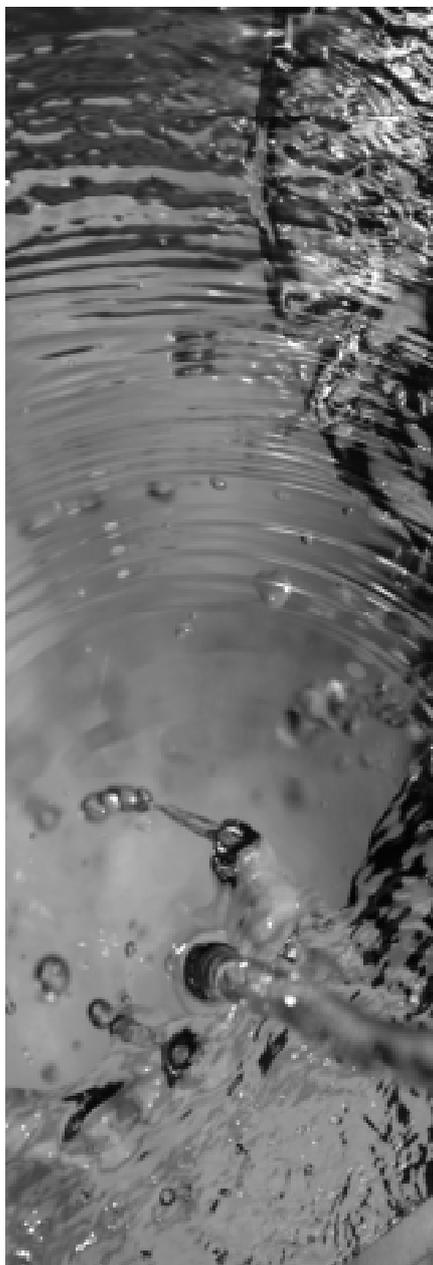
La contaminación, el calentamiento global, la superpoblación, la mala distribución, son factores que marcan un rumbo oscuro para un recurso tan vital como el agua. ¿Pero es reversible esa inercia? La ONU confía en que sí y propone cambiar la situación en diez años. Mientras tanto, los números a escala mundial asustan.

Hace un par de años comenzó a circular por internet una información en la que se alertaba a los argentinos con respecto a un posible saqueo de los glaciares mediante la compra de tierras patagónicas por capitales extranjeros. El usufructo de los hielos, según se anunciaba, podría ser altísimo en virtud de la crisis del agua que aqueja al planeta.

Aparte del problema de traslado, el agua de glaciar tiene una concentración muy baja en minerales. Si se quisiera hacerla útil para consumo humano, habría que someterla a un tratamiento de mineralización. Por ahora, según los expertos, la ecuación costo-beneficio no cierra.

Sin embargo, aquel mensaje electrónico de tono apocalíptico parecía estar fundado en dos premisas ciertas. Por un lado, la crisis mundial del agua es un hecho: ya es escasa en muchas zonas pobladas del planeta, y lo será más en el futuro si se siguen contaminando, como hasta ahora, las fuentes de agua potable. Por otra parte, ya nadie niega que grandes latifundios de la Patagonia –y no sólo de esa zona–, así como fuentes de recursos naturales, pertenecen o son manejados en nuestro país, sobre todo desde la década del 90, por capitales extranjeros.

La llamada “crisis del agua” se refiere, fundamentalmente, a la imposibilidad de suministrar el volumen líquido mínimo que necesita una persona para subsistir sin ries-



gos: alrededor de 170 metros cúbicos por año. Según el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos “Agua para todos, agua para la vida”, publicado en 2003 por la ONU, si la industria, la agricultura y el desarrollo urbano se siguen manejando como hasta ahora, la crisis del agua se agudizará y un 60 por ciento del planeta –incluyendo zonas de África, Asia y América Latina– no podrá acceder a este recurso.

Luego de presentar el informe, la ONU tomó la determinación de revertir la situación diagnosticada. Dada la gravedad del reporte, se propuso el plazo de una década para reducir a la mitad la cantidad de personas sin acceso al agua potable o que carecen de saneamiento básico. El pasado 22 de marzo –día internacional del agua dulce– se inició el decenio denominado “El agua, fuente de vida”. La idea es que hasta el 2015 los países dispongan todos los esfuerzos necesarios para proveer de agua saludable y saneamiento a los millones de personas que todavía no los tienen.

Y por casa cómo andamos

Gran parte de la superficie del planeta está cubierta por agua (líquida o helada). Sin embargo, sólo 2,6 por ciento de la totalidad es dulce, es decir, apta para el consumo humano. De esa mínima proporción, el 77 por ciento se encuentra en los casquetes polares y icebergs. Lo que po-

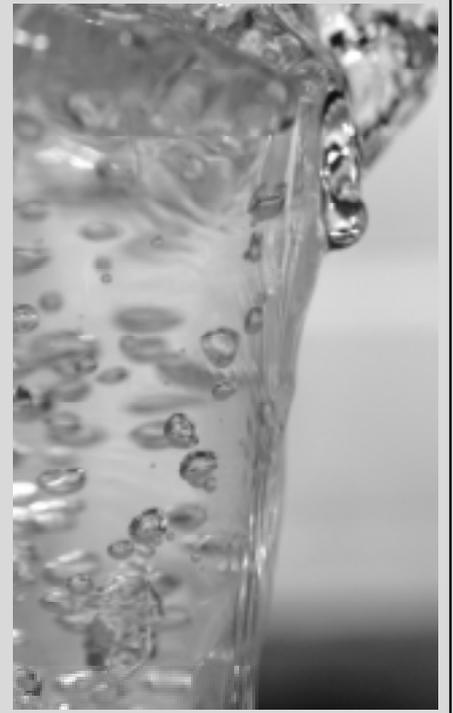
Panorama desolador

Según el informe de la ONU “Agua para todos, agua para la vida”, en la actualidad 1.100 millones de personas no tienen acceso al agua potable y 2.400 millones no disponen de saneamiento adecuado, situación que provoca la muerte de tres millones de seres humanos por año, cifra diez veces mayor que la de víctimas totales causadas por todas las guerras en el mismo período de tiempo.

En Oriente Medio, el norte de África y el sur de Asia hay escasez crónica de agua. Cuatro de cada diez habitantes del mundo viven en zonas donde escasea el agua y es posible que en 2025 no menos de dos tercios de la población mundial habite en países con escasez grave de este recurso, a causa del crecimiento de la población, de la contaminación y del cam-

bio climático. Uno de los ejemplos más críticos en este momento es el África subsahariana, donde sólo el 58 por ciento de la población tiene acceso a fuentes de agua mejoradas.

En la Argentina, por su parte, habitan más de siete millones de personas que no tienen acceso a agua segura, debido a sus condiciones sociales. Justamente, la desigualdad en cuanto al acceso al agua es uno de los aspectos en los que hace hincapié el informe. “Los niños nacidos en países desarrollados consumen entre 30 y 50 veces más agua que los nacidos en países en desarrollo. Los más afectados siguen siendo los pobres, ya que el 50 por ciento de la población de los países en desarrollo está expuesta al peligro que representan las fuentes de agua contaminada”.



demos utilizar diariamente los humanos es el líquido elemento que se encuentra en las cuencas subterráneas, y que representa el 22 por ciento, y el que fluye en los ríos o se almacena en lagos y lagunas, que es menos que un uno por ciento. Aunque parezca ínfima, esta cantidad podría ser más que suficiente para calmar la sed de la población mundial, si no fuera por los graves problemas de distribución y por la contaminación que está inhabilitando buena parte de este recurso.

“El tema del agua es bastante serio y se ha agravado en los últimos cien años debido, fundamentalmente, al desarrollo industrial y al crecimiento demográfico”, advierte el doctor Miguel Auge, profesor de Hidrogeología en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA e investigador del Conicet. “El problema principal es el deterioro en la calidad por con-

El agua subterránea, la que fluye en los ríos y la que se almacena en lagos y lagunas podría ser más que suficiente para calmar la sed de la población mundial.

taminación –continúa Auge–. Comprobar este deterioro es muy sencillo. Uno pasa sobre el Riachuelo y lo que ve es una cloaca a cielo abierto que descarga en el Río de la Plata, la fuente de agua dulce más importante que tenemos en el país”.

Esas descargas de agua superficial a las que hace referencia el geólogo no son la única fuente de contaminación: “Tres millones de habitantes de Buenos Aires y otros tres millones del conurbano tienen desagües cloacales que vierten directamente al Río de la Plata sin tratamiento porque ni la empresa estatal (Obras Sanita-

rias de la Nación) ni después la privada Aguas Argentinas, hicieron una planta para el tratamiento previo al volcado de los efluentes cloacales”, subraya el geólogo.

El Río de la Plata es el que abastece a Buenos Aires, gran parte del conurbano y muchas ciudades que están sobre su costa. En su cuenca –una de las más importantes del mundo debido a su caudal y a su extensión– fluye una amplia variedad de sustancias contaminantes: desde desechos cloacales con bacterias, virus y gérmenes de todo tipo, hasta hidrocarburos, agroquímicos y otros derivados de la industria, como metales pesados. Pero por ahora el caudal de este río, de 20 mil metros cúbicos por segundo –cantidad suficiente para abastecer a la población mundial–, le permite efectuar una autodepuración por dilución. “En realidad, lo que hay que sanear en el Río de la Plata es la

costa, porque el río se autolimpia. En la costa puede ser que haya metales en los sedimentos. Pero si se dejara de contaminar, rápidamente se alcanzarían niveles aceptables”, remarca Raúl Lopardo, gerente de Programas y Proyectos del Instituto Nacional del Agua (INA) y profesor titular de Hidráulica Básica de la Universidad Nacional de La Plata.

Agua para el desarrollo

“Existe una muy fuerte interconexión entre agua y ambiente, por una parte, y agua y desarrollo, por la otra, ambas de características totalmente opuestas. Por lo tanto, el uso del agua para el desarrollo puede entrar en conflicto con la preservación del ambiente”, señalaba Lopardo en un artículo aparecido hace un par de años en la revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas.

Más allá de la compleja relación que se puede dar entre agua y desarrollo, para Lopardo es indudable que “una de las formas de la pobreza es no tener agua”. Y el mapa de la desigualdad, claro, no responde a los designios de la naturaleza. Curiosamente, en la Argentina, la provincia con menor cobertura de agua potable es Misiones –un territorio donde sobra este recurso–, y es, a la vez, la provincia que posee mayor relación de población rural respecto de la urbana.

Echando un simple vistazo sobre la forma en que están distribuidas las aguas en la Argentina, uno podría suponer que es un territorio hídricamente pobre, porque casi el 70 por ciento del territorio nacional corresponde a regiones áridas (en donde la cantidad de precipitaciones no supera a lo que retorna a la atmósfera como vapor de agua, debido a la evaporación y a la transpiración de las plantas). Sin embargo, en esas zonas sólo reside el seis por ciento de la población, mientras que la inmensa mayoría habita en las regiones húmedas, semihúmedas y semiáridas.

Mapa líquido argentino

- El 83,75% de la población urbana está abastecida por sistemas de agua potable por red; en cambio, solamente el 54% dispone de servicios de cloacas por red.
- El 18% de la población urbana utiliza sistemas individuales para la evacuación de efluentes cloacales, tales como cámara séptica y pozo absorbente.
- No obstante estos valores, existe una marcada disparidad en los niveles de cobertura de agua potable y saneamiento entre provincias y, dentro de ellas, entre áreas urbanas y rurales. El nivel de cobertura de agua potable por red pública de la mayoría de las jurisdicciones supera el 90% y en algunos casos, como la Ciudad de Buenos Aires y las provincias de Chubut, Santa Cruz y Neuquén, alcanzan niveles superiores al 98% de la población urbana.
- En tanto, los niveles de cobertura de servicios cloacales urbanos por red varían entre un máximo del 100% en la Ciudad de Buenos Aires y un mínimo del 20,55% en la provincia de Misiones.

Fuente: ENOHS

Pero hasta 2001, según datos del INDEC, aproximadamente el 22 por ciento de la población argentina (unos siete millones de personas) carecía de agua segura (potable o no contaminada), y muchas más no disponían de sistemas adecuados de evacuación de excretas. En general, estas carencias están asociadas a un bajo nivel socioeconómico de la población, que pasa a integrar automáticamente el grupo “en riesgo sanitario” (ver *Mapa líquido argentino*).

Una encuesta realizada hace dos años en el partido bonaerense de La Matanza, donde la carencia de agua potable y sa-



neamiento duplicaba a la media nacional, confirmaba este pronóstico: el 90 por ciento de los habitantes de esta zona padecía algún problema de salud, que en muchos casos estaba relacionado con la falta de agua potable –diarreas, parásitos intestinales y hepatitis, entre otros–.

Una alternativa para comenzar a resolver estos problemas, según Lopardo, es “darle sustento técnico a la generación de cooperativas” para que trabajen en la creación de infraestructura de provisión de agua potable y saneamiento.

En esa dirección, justamente, está encaminado el programa “Agua + Trabajo”



del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA). La particularidad de este emprendimiento es que las obras son realizadas por personas que están desempleadas. “Se han integrado más de cien cooperativas, sólo en la Matanza, dando alimento a aproximadamente dos mil familias –cuenta Jorge Pflüger, responsable de estudios de fuentes del ENOHSA–. Ya se han comenzado a inaugurar perforaciones para abastecer los distintos barrios y, además, el programa se está implementando actualmente en otras áreas del conurbano”.

Las perforaciones de las que habla

Pflüger sirven para extraer agua subterránea, un recurso valioso que en algunos casos permite reemplazar la falta de aguas superficiales. En la ciudad de La Plata, por ejemplo, el 60 por ciento del abastecimiento de agua potable proviene del subsuelo. “El agua subterránea tiene la ventaja de que está cubierta por una capa de suelo, que actúa como un filtro natural que el agua superficial no tiene, y por ello está más protegida de la contaminación –explicita Auge–. Además, el mantenimiento del bombeo subterráneo en La Plata evitó el ascenso de agua freática contaminada” (ver *Underground*).

Underground

La Argentina posee varias reservas de agua subterránea. La más importante es el Acuífero Puelche, que ocupa el subsuelo del noreste de la provincia de Buenos Aires, el sur de Santa Fe y Córdoba. Este acuífero se emplea para la provisión de agua potable, para riego y para la actividad industrial.

“En la Capital Federal hay una reserva importante de aguas subterráneas –informa el geólogo Miguel Auge–. En la Facultad hemos realizado un estudio con el objeto de emplearla como alternativa para casos de emergencia en los que haya un crack en la provisión de agua del Río de la Plata, situación que ya sucedió en 2003, dejando sin agua potable a seis millones de habitantes durante tres días, por contaminación con fenoles”. La idea es que el agua subterránea se utilice para proveer a algunos sitios clave como hospitales, escuelas y hogares de ancianos.

En la Argentina, a diferencia de la mayoría de las naciones del mundo, la provisión de agua y el saneamiento no son gestionados por empresas públicas. Por eso, el gobierno nacional está enfrascado desde principios de año en la renegociación del contrato con Aguas Argentinas –que pertenece mayormente a la firma francesa Suez.

Aunque descongelar glaciares todavía no sea un buen negocio, el embotellamiento de agua dulce, por ejemplo, parece serlo. “En Uruguay ya están exportando agua mineral. Tal vez la Argentina debería plantearse este tipo de explotación”, arriesga Lopardo. La propuesta puede resultar interesante, siempre y cuando un recurso público como el agua no termine siendo la fuente de un negocio privado. Algo que, por ahora, no parece posible en nuestro país. ■

Sombras *nada más*

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

La ciencia hasta ahora no logra explicar de qué está hecho nada menos que el 96 por ciento del universo, lo que permite considerar que el modelo cosmológico puede entrar en crisis. Sustancias como la "materia oscura" y la "energía oscura" no nacieron de la saga de Star Wars, sino que son hipótesis que permiten cubrir los huecos que deja el actual modelo. ¿Será un parche resistente?



Comprender las causas de un fenómeno no siempre es tarea fácil. De hecho, la historia de la ciencia exhibe extensos lapsos de impotencia intentando desentrañar la causalidad de una observación. Pero los mismos anales del saber científico también demuestran que inventar nombres misteriosos para explicar lo misterioso no es algo tan complicado. Para comprobarlo, solo basta con revisar la larga lista de *sustancias* –casi mágicas– a las que recurrieron los científicos de todas las épocas para justificar y sostener sus modelos.

Un ejemplo de ellas fue el “flogisto” o principio inflamable, descendiente directo del “azufre” de los alquimistas, que fue una sustancia imponderable con la que a principios del siglo XVIII se pretendió explicar el enigma de la combustión. De igual manera, y hasta que Luis Pasteur demostró la existencia de los microorganismos, se supuso que la causa de las enfermedades infecciosas eran los “miasmas”, extrañas emanaciones producidas por letrinas, alcantarillados y acequias. Para no ser menos que la química y la biología en esto de los bautismos de lo inconcebible, la teoría física del final del siglo XIX postuló que, al igual que las olas y el sonido necesitan un medio para transportarse – agua y aire, respectivamente–, la luz también re-

queriría de un fluido que la trasladase, y lo llamó “éter”.

Hoy, los cosmólogos han llenado un gran espacio vacío del conocimiento con dos nuevas *sustancias*: la “materia oscura” y la “energía oscura”. El motivo no es menor; han arribado a una conclusión inquietante: la casi totalidad de la masa del universo no se puede ver y, lo que es peor, ni siquiera saben de qué está compuesta.

Falta algo

Que la Luna gira alrededor de la Tierra es un hecho bastante conocido por estos días y, gracias a Newton y su ley de gravitación universal, hoy también sabemos que la velocidad con que se mueve un satélite con respecto a un cuerpo central está directamente relacionada con la masa de este último. Dicho de otra manera, esto significa que si nuestro planeta fuera más grande, la Luna giraría más rápido alrededor de nosotros. ¿Qué sucedería entonces si un observador extraterrestre –que creyera a rajatabla en la ley universal de Newton– enfocara su telescopio (o lo que fuera que utilice para mirar lejos) hacia nuestro planeta y observara, conociendo la masa de este mundo, que el romántico astro que lo acompaña da vueltas más velozmente de lo esperado? Si las mediciones

no fueran erradas, una conclusión a la que llegaría el alienígena es que falta masa para explicar por qué la Luna corre tan rápido

No fue un extraterrestre, sino el astrónomo holandés Jan Oort quien, en 1932, advirtió que las estrellas de la Vía Láctea –la galaxia que habitamos– se mueven más rápido de lo predecible, de acuerdo con la ley de Newton. Y concluyó que la masa “real” de nuestra galaxia debía ser el doble de la que estábamos viendo. Al año siguiente, el astrofísico suizo Fritz Zwicky estimó la masa de galaxias en el cúmulo de Coma (basándose en el número de estrellas y su brillo), midió las velocidades a las cuales esas galaxias se movían y, adelantándose a su tiempo, postuló la existencia de grandes cantidades de “masa faltante”.

Pero tuvieron que pasar casi cincuenta años hasta que los cosmólogos prestaran atención al hecho de que, cada vez que se pretendía medir la masa de las galaxias u otras estructuras cósmicas utilizando la ley de gravitación, se obtenían valores significativamente superiores a los que surgen de “pesar” toda la materia visible (estrellas, planetas, nubes de gas y polvo). “Hoy está perfectamente documentado que lo que uno ve como materia estelar no es más que una ínfima parte del total”, afirma el doctor Esteban Calzetta, profesor del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

Se podría lanzar la hipótesis de que la ley de Newton es incorrecta, o que la Teoría de la Gravitación Universal no es tan universal, pero tanto los astrofísicos teóricos como los observadores del cosmos están poco dispuestos a abandonar las ecuaciones propuestas por el físico inglés



LO QUE EL BIG BANG NO PUEDE EXPLICAR

-El problema del horizonte: la temperatura del universo es la misma en cualquier dirección que observemos. ¿Cómo se explica esto sabiendo que no todos los puntos del universo han interactuado para igualar su temperatura?

-El problema de la geometría del universo: el universo que observamos exhibe una geometría aproximadamente plana (tal como la entendía Euclides 300 a.c.). De no haber sido extraordinariamente plano al comienzo, con el tiempo el cosmos habría

evolucionado hacia una geometría altamente esférica, distinta a la que vemos hoy.

Para resolver los dos problemas anteriores, se ha propuesto una solución denominada “modelo inflacionario”, que propone una etapa de rápido crecimiento del universo en sus primeros momentos. Pero para que esta propuesta funcione, es necesario que el universo tenga muchísima más materia de la que observamos directamente. La “materia oscura” llenaría ese vacío.

“Hoy está perfectamente documentado que lo que uno ve como materia estelar no es más que una ínfima parte del total”.

en el siglo XVII. Prefieren suponer la existencia de una partícula microscópica fundamental que nunca ha sido detectada en un laboratorio, y cuyas propiedades solo son contrastadas por medio de observaciones astronómicas.

Falta mucho

“El término ‘materia oscura’ alude a aquello que no puede detectarse mediante procesos asociados a la luz, es decir: no emite radiación electromagnética”, expli-

ca la doctora Patricia Tissera, investigadora del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE). Según esa definición, algo de esta materia invisible puede estar formando parte de objetos conocidos, tales como planetas, estrellas que no iniciaron el ciclo termonuclear (por ejemplo, las enanas marrones), polvo, gases, y otras “cosas normales”. Pero la mayor parte de la materia que falta para explicar el comportamiento del universo no está hecha de protones, neutrones y electrones como lo estamos nosotros, las páginas de esta revista, el árbol de la esquina o el agua de los océanos; sino que es materia exótica, es decir, partículas que todavía no han podido detectarse con aceleradores o cualquier otra tecnología hasta ahora conocida. Entretanto, se proponen candida-

tos teóricos apenas imaginados, con nombres como axiones, monopolos, fotinos, gravitinos, y WIMPs (por el acrónimo en inglés de “partículas masivas de interacción débil”).

¿Cómo pueden los cosmólogos estar tan seguros de la existencia de algo que nunca han visto? Porque la materia oscura no solo explica las observaciones del movimiento de estrellas y galaxias sino que, además, justifica la fuerza de gravedad que las mantiene unidas evitando que se dispersen. Pero eso no es todo: la materia oscura también resuelve algunos problemas de la Teoría del Big Bang (ver recuadro *Lo que el Big Bang no puede explicar*) y, como si esto fuera poco, hoy se postula que sin la materia oscura no se habría conformado la estructura actual del universo: “Hoy no existiríamos si no fuera por la materia oscura (...). Sin la materia oscura, el universo habría permanecido demasiado uniforme como para formar las galaxias, estrellas y planetas”, escribe el prestigioso físico Paul Steinhardt en su artículo *New Light on Dark Matter*, publicado en la revista *Science*.

Determinar cuál es la naturaleza de la materia oscura y en qué cantidad existe parecería irrelevante para nuestra existencia en la Tierra, pero ese dato puede afectar nuestro conocimiento acerca del destino final del universo. Porque la expansión o contracción del cosmos depende, entre otras cosas, de su contenido de materia. Y si la masa del universo resulta menor que cierta cantidad –denominada “densidad crítica”– las fuerzas gravitatorias serían insuficientes para detener su expansión, y el cosmos se agrandaría indefinidamente.

Falta más

Desde que en 1929 el astrónomo norteamericano Edwin Hubble pudo establecer el hecho de que el universo está en expansión, las ideas que dominaron gran parte del siglo XX predecían que esa expansión, que comenzó con el Big Bang (la

ESTRELLAS DEMASIADO VELOCES

La velocidad a la que giran estas estrellas es muy grande para ser producida por la masa alrededor de la cual se mueven. ¿Dónde está la masa que falta?

$V = 300 \text{ km/s}$

$V = 300 \text{ km/s}$

$V^2 = \frac{GM}{R}$

Según las leyes de la mecánica de Newton, la velocidad (V) de una estrella a lo largo de su órbita depende de la masa (M) contenida dentro de la órbita de la estrella. G = constante de la gravitación universal.

“Hoy no existiríamos si no fuera por la materia oscura. Sin ella, no se hubieran formado las galaxias, estrellas y planetas”.

gran explosión que habría dado origen al universo), tendería a frenarse.

Pero las predicciones de la Teoría Inflacionaria, postulada a comienzos de los 80, que sugerían que la suma de la materia visible y oscura apenas alcanzaba para explicar un tercio de la densidad total del universo, empezaron a complicar las cosas (ver recuadro *Un universo plano*). Para empeorar la situación, en los últimos años se han efectuado mediciones –muy precisas– de distancias a estrellas muy lejanas que indicarían que, lejos de estar frenándose, la expansión del universo se está acelerando. “Es como si uno arrojara una piedra hacia arriba y, en lugar de ver que en un determinado momento se detiene y cae, uno viera que la piedra no solo no se va frenando en su recorrido sino que se mue-

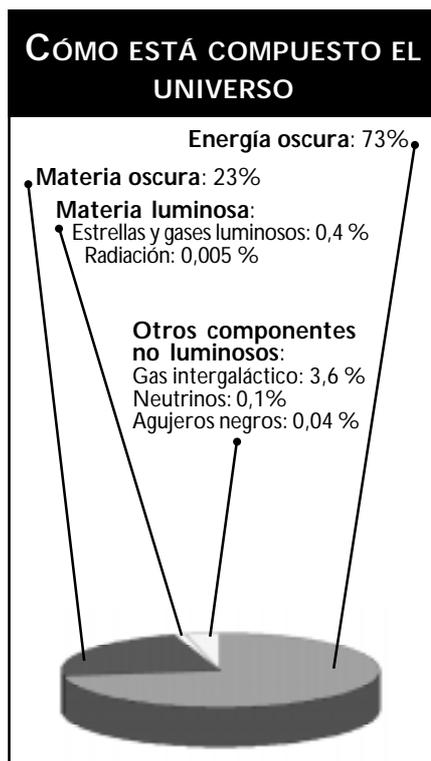
ve cada vez más rápido, como si fuera un cohete”, ilustra Esteban Calzetta. “Esto no hay manera de explicarlo en un universo que solo contenga materia, sea exótica o no. Por lo tanto, hay que pensar que hay algo más”, agrega.

A ese algo más se lo llamó “energía oscura” y, pese al parecido de nombres, en lo único que se asemeja a la materia oscura es en que no emite ni absorbe luz. En el resto de las propiedades hasta ahora conocidas ambos componentes del cosmos son diferentes: la materia oscura, al igual que la materia ordinaria, ejerce atracción gravitacional y, mediante esa fuerza, ambas se agrupan en zonas determinadas para formar las galaxias. Por el contrario, la energía oscura es gravitacionalmente repulsiva y se hallaría distribuida de manera uniforme por todo el universo.

Curiosamente, en los últimos años ha resucitado el concepto de “constante cosmológica” que Albert Einstein había

propuesto en su Teoría de la Relatividad General, una idea que el propio físico alemán descartó –la consideró su mayor fracaso científico– a partir de la explicación de la expansión del universo con la Teoría del Big Bang. “Si la energía oscura es una constante cosmológica, entonces esta expansión acelerada va a ser un proceso realimentado, es decir, el universo se va a expandir cada vez más rápido”, señala Calzetta.

En cualquier caso, la noción de que el universo ha evolucionado de la misma manera y sin cambios significativos desde su hipotético origen –hace aproximadamente quince mil millones de años– ha sido reemplazada por una nueva conjetura: estaríamos viviendo un momento especial en la historia del cosmos en el cual se está produciendo una transición. Según esta hipótesis, el universo estaba originalmente dominado por la materia, cuya fuerza de gravedad había comenzado a desacelerarlo. Pero desde hace unos pocos miles de millones de años la energía oscura habría hege-



UN UNIVERSO PLANO

Según la Teoría General de la Relatividad de Einstein, en un universo compuesto únicamente por materia, la densidad de su masa es la que determina su geometría. En este contexto, lo más probable es que el espacio sea curvo o, en otras palabras, que su geometría sea plana es una rareza. Para que esta singularidad de la “planitud” ocurra, es imprescindible que la densidad de masa sea igual a un valor crítico que contrarreste la tendencia del universo a curvarse.

El modelo inflacionario, propuesto originalmente por Alan Guth en 1981, sostiene que, pocos instantes después del Big Bang, hubo un período de crecimiento acelerado que permitió, entre otras cosas, que el universo fuera plano. Una de

las predicciones de ese modelo es que la densidad de masa del universo actual debería estar cercana al valor crítico. Pero la suma de la materia visible y la materia oscura (lo conocido hasta ese momento) alcanzaba apenas para justificar una tercera parte del valor crítico. El “descubrimiento” de la energía oscura completó los dos tercios faltantes.

Con el agregado de este nuevo ingrediente, la historia cambió. Ahora, lo que determina la geometría del universo es si el total de la densidad de energía iguala al valor crítico. Y para calcular la densidad de energía del universo se deben sumar la energía con la que contribuye la materia (de acuerdo con la ecuación de Einstein: $E=mc^2$) y la energía oscura.

monizado el cosmos produciendo una aceleración cuya fuerza superó a la gravedad.

Si esto se confirma, dentro de miles de millones de años el tamaño del universo será mucho mayor, y en ese gran espacio las galaxias estarán más solas. Si para entonces la Tierra todavía existe, nuestro cielo nocturno dejará de estar tan densamente poblado de estrellas.

Falta saber

Han sido numerosos los intentos por echar algo de luz sobre los enigmas de la materia oscura y la energía oscura. Recientemente, la prensa del mundo anunció que un grupo de científicos italianos y norteamericanos –liderado por Edward Kolb– había resuelto el problema de la expansión del universo sin la necesidad de la energía oscura. “A la semana, esa hipótesis ya había sido rebatida”, aclara Gabriel Bengochea, investigador del IAFE, y afir-

ma: “Todas las líneas de observación confluyen en similares universos posibles, y en todos los casos se predice que habría un 73 por ciento de energía oscura, un 23 por ciento de materia oscura, y sólo un 4 de materia hecha por átomos que conocemos”.

El problema de desentrañar de qué está hecho el 96 por ciento de lo que nos rodea es uno de los desafíos más grandes para la cosmología actual. Seguramente, el desarrollo de nuevas tecnologías permitirá “iluminar” mejor el cosmos para así poder ver aquello que hasta ahora no ha sido posible. Tal vez se haga necesario un replanteo radical de las leyes que hoy gobiernan la física.

En cualquier caso, mientras el universo nos sigue haciendo sentir humildes, es altamente probable que en algunas décadas se recuerde a la materia oscura y a la energía oscura como dos sustancias que dieron nombre a nuestra ignorancia. ■

El Año Mundial de la Física

Un siglo de Relatividad

por Guillermo Mattei* gmattei@df.uba.ar

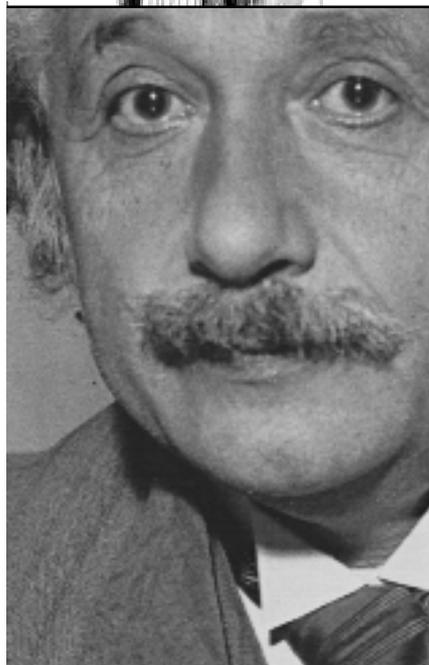
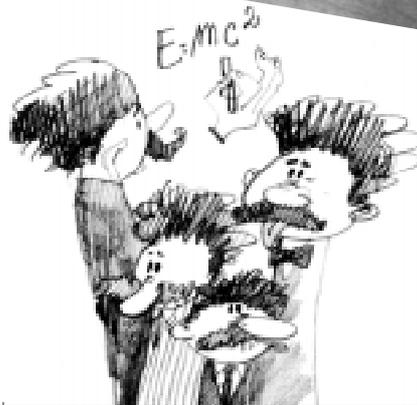
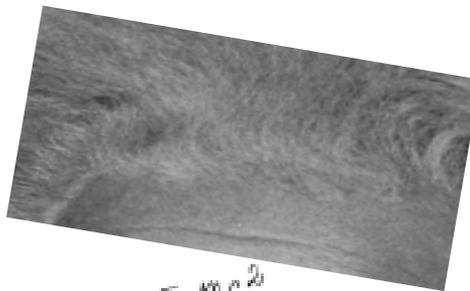
2005, Año Mundial de la Física. Pasó un siglo desde que el joven Albert Einstein postuló las teorías que revolucionaron al mundo.

En esta nota, un esbozo de por qué algunas revoluciones asociadas (las células fotoeléctricas, el código de barras, las vitaminas, la bomba atómica o el relativismo cultural) no tienen como mentor –o como culpable– al físico alemán.

A partir del año 2000, todas las sociedades de Física del mundo, muchas organizaciones internacionales y la UNESCO, una a una, fueron convergiendo en una misma propuesta: 2005, Año Mundial de la Física. El porqué: la conmemoración de la centuria transcurrida desde de 1905, aquel histórico año (llamado *annus mirabilis*, o año excepcional) en que Albert Einstein publicó cuatro trabajos científicos que cambiaron el curso de la cultura universal.

Pero, a propósito del concepto de tiempo sobre el que Einstein tanto aportara, esta rememoración no obedece tan solo al rito de convocar a la memoria en los intervalos temporales múltiples de la década, sino a revitalizar, en la sociedad contemporánea, la importancia de la creación de conocimiento en Física en particular, y en el resto de las ciencias en general.

De modo que, por todos los medios de comunicación globalizados, circulan este año excelentes biografías y didácticas popularizaciones de las ideas de Einstein. Sin embargo, casi como en ningún otro aporte al conocimiento, vale la pena detenerse en el impacto y en el legado de la obra de Einstein como monumental metáfora de la más genuina actitud científica. Algunos aspectos de su obra permiten, aún cien años después, refrescar la visión



–oscurecida frecuentemente por dudosos posmodernismos e inefables posracionalismos– del mismísimo concepto de ciencia. La dudosa existencia de la “tecnociencia” y los malentendidos alrededor del término relatividad merecen la pena revisarse una vez más.

¡Lo qu’es la ciencia..!

Los trabajos de Einstein revolucionaron el conocimiento disponible a principios del siglo XX. Nadie discute eso hoy. Sin embargo, hay un notable aspecto adicional: varias décadas después de su muerte, sus ideas todavía gozaban de la capacidad de amalgamar no solo las estructuras conceptuales de nuevos campos del saber tales como la astrofísica o la cosmología, sino –cuando las últimas tecnologías experimentales lo permitieron– de interpretar completamente muchas de las predicciones que, como modelo teórico, escondían.

Sin embargo, en su libro *Einstein, historia y otras pasiones*, el historiador estadounidense Gerald Holton, de la Universidad de Harvard, va más allá del impacto einsteniano sobre la ciencia básica y plantea la existencia de una suerte de deuda que la sociedad contemporánea tiene con el físico, de acuerdo a los innumerables

beneficios tecnológicos que representaron a nuestra vida cotidiana. “Cada célula fotoeléctrica, cada dispositivo basado en fotoemisión o fotoabsorción, cada lectora láser de códigos de barras, cada dispositivo de estado sólido o cada vitamina –cuyo proceso de producción comercial hace uso de los mecanismos de difusión explicados por primera vez en los artículos de Einstein sobre el movimiento browniano y la mecánica estadística– debería llevar por ley, a manera de registro intelectual, las leyendas: ‘Annalen der Physik 17 (1905)’, ‘Annalen der Physik 20 (1906)’, ‘Annalen der Physik 37 (1912)’ o ‘Physikalische Zeitschrift 18 (1917)’”, enumera Holton.

En esta línea de razonamientos, ¿el bombardero estadounidense Enola Gay, verdugo del genocidio de Hiroshima y Nagasaki en 1945, debió haber llevado inscripto en su fuselaje ‘Annalen der Physik 17 (1905)’?

En la iconográfica referencia a Einstein y la bomba atómica reside un punto fundamental del mismísimo concepto de Ciencia. Einstein construyó, por medio del lenguaje impersonal de la matemática, una estructura conceptual abarcadora, sintética y estéticamente bella que logró explicar y predecir el comportamiento del mundo físico como nadie lo había hecho hasta ese momento. Sintéticamente, Einstein construyó un modelo de la realidad incluyendo, generalizando y perfeccionando modelos anteriores. Pero esta clase de actividad intelectual es sustancialmente diferente a la de los desarrollos prácticos, de la tecnología, que objetiva e intencionalmente transforma la realidad inmediata y concreta. Einstein nunca transitó los caminos del diseño de armas de destrucción masiva y, aunque es posible reconocerle un rol discutible en la decisión de la construcción de la bomba, sus aportes a la modelización del mundo físico son totalmente independientes del acto tecnológico y del acto político.

$$E_0 = E_1 + \left[\frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} E_1 \right]$$

$$M_0 = M_1 + \left[\frac{1}{c^2} E_1 \right]$$



Ilustración aparecida en el diario Washington Post en 1955, realizada por Herbert Block.

El Einstein científico expresó, como nadie, una gran parte de la realidad en impersonales términos matemáticos, lo cual no es ni bueno ni malo. El Einstein político operó en términos personales y sociohistóricos. El Einstein tecnólogo no existió pero, de haber existido (como en los casos del estadounidense Archibald Wheeler o del ruso Yakov Zel'dovich en la Guerra Fría), en nada hubiera contribuido a demostrar una presunta yuxtaposición entre la ciencia y la tecnología.

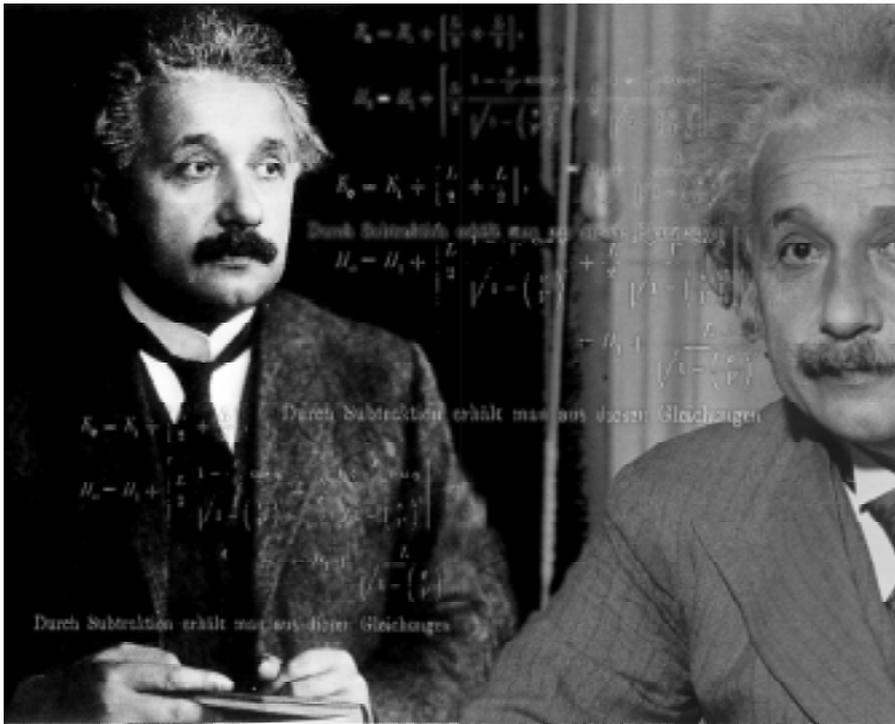
Si bien en el profuso delta de la técnica –la “buena”, que cura o hace más fácil la vida, y la “mala”, que contamina o destruye– se pueden remontar afluentes que terminan en la gran vertiente de la modelización matemática del mundo que nos rodea, la ciencia no es la tecnología. La

ciencia explica la realidad, la tecnología la cambia. La explicación de la realidad escrita en términos matemáticos es neutra e independiente de contextos sociales y personales. La transformación de la realidad por medio de la tecnología –que se vale del conocimiento científico– debería ser éticamente cuestionable por la sociedad.

Si ciencia y tecnología no forman el pretendido híbrido posmoderno de la “tecnociencia”, entonces ni las células fotoeléctricas ni el Enola Gay deberían llevar escrito “Annalen der Physik 17 (1905)”.

¿Todo es relativo?

“Esta nueva forma de pensar [...] sobrepasa en atrevimiento todo lo que ha sido logrado en la investigación científica



$$\left[\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \right],$$

$$\left[\frac{L}{2} \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}} + \frac{L}{2} \frac{1 + \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}} \right]$$

Los físicos de Exactas dicen

■ “Einstein nos dejó una enseñanza importantísima sobre el carácter aproximado de las leyes físicas. Así como la física newtoniana no es válida para velocidades altas o para campos gravitacionales muy intensos, seguramente en algún momento la Relatividad será reemplazada por una teoría más precisa. Pero aunque pasaron ya cien años, ¡sigue invicta!”. (Diego Mazzitelli)

■ “Entre 1905 y el año de la publicación de la Teoría General de la Relatividad, o sea 1916, la comunidad física ya sabía que el asunto de incorporar la gravedad a la Relatividad Especial era un problema central. Sin embargo, aún después de la revolución de 1905, de nuevo el único capaz de dar el audaz salto al vacío –valga la metáfora–, que significó la manera de incorporar la gravedad, fue Einstein”. (Guillermo Dussel)

■ “En los últimos años me di el gusto de releer algunos de los trabajos originales de Einstein. Los de 1905 son realmente notables. El que le valió el Nobel comienza diciendo: ‘Hay una profunda diferencia conceptual en la forma en que los físicos tratan a la materia (a la que consideran discreta, compuesta por partículas numerables) y al campo electromagnético (al que consideran continuo)’. A partir de ahí Einstein plantea una idea casi descabellada: lo discreto también debe estar presente en el electromagnetismo. Ese fue el nacimiento del ‘fotón’ y la explicación del efecto fotoeléctrico, ¡algo que Einstein relegó a los últimos párrafos de su trabajo! Esa forma de pensar de Einstein, capaz de postular hipótesis descabelladas y avanzar con toda profundidad en el análisis de las consecuencias de las mismas, fue notablemente fructífera y dio lugar al surgimiento de ra-

especulativa, incluso en la teoría del conocimiento”, decía en 1912 uno de los padres de la mecánica cuántica, Max Planck, pese a su inflexible conservadurismo. Desde estas primeras interpretaciones del valor cultural del aporte einsteniano hasta nuestros días, renombrados filósofos tales como Bergson, Whitehead y Popper parecieron significar que “la física se hacía heredera de la responsabilidad de la metafísica”.

Curiosamente, la Teoría de la Relatividad General debió haberse llamado Teoría de la Invariancia.

Sin embargo, pese a este presunto mandato implícito que la Relatividad debía cargar –desdeñado por el propio Einstein–, el impacto sobre la filosofía tuvo consecuencias, discutibles como mínimo, tales como la doctrina del “relativismo cultural” del antropólogo belga Claude Lévi-Strauss: algo así como que cualquier punto de vista sería igualmente válido para las construcciones culturales.

En 1936, un historiador del arte le escribía a Einstein: “[...] en el cubismo y en la Relatividad se presta atención a las relaciones y se acepta la simultaneidad de varias visiones”. Einstein, por su parte, le re-

futaba el punto de vista argumentando que el malentendido nacía con los intentos de divulgación de sus ideas. “Para la descripción de un estado de hechos dados uno utiliza casi siempre un solo sistema de coordenadas. Esta exigencia lógica, sin embargo, no tiene nada que ver con el modo en que se representa el caso individual y específico. Una multiplicidad de sistemas de coordenadas no es necesaria para su representación. Es suficiente describir el todo matemáticamente en relación a un solo sistema de coordenadas. Esto es completamente diferente al caso de la pintura de Picasso, en el que no tengo que extenderme más. El que, en este caso, la representación sea sentida o no como una unidad artística depende, por supuesto, de los antecedentes artísticos de quien lo mira. Este nuevo ‘lenguaje’ artístico no tiene nada que ver con la Teoría de la Relatividad”, contestó cortés pero duramente Einstein.

Invocar a Einstein como autoridad en apoyo del argumento por el cual la relatividad física significa que todos los sistemas de referencia, puntos de vista, narradores, fragmentos de un argumento o elementos temáticos nacen iguales, que las percepciones polifónicas –aún las contrastadas– son igualmente válidas o que cuan-

Durch Subtraktion erhält man aus diesen Gleichungen:

$$(H_0 - E_0) - (H_1 - E_1) = L \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right\}$$



mas enteras de la física. ¡Un gigante! Pero como todos los gigantes de verdad tuvo sus flaquezas. Sus últimas décadas fueron casi estériles desde el punto de vista científico. Y probablemente eso se deba a su obstinación por no aceptar plenamente a uno de sus hijos, la mecánica cuántica, cuyas consecuencias siempre considero intolerables. Errar es humano, y Einstein era un hombre con todas las letras.” (Juan Pablo Paz)

“Einstein logra la cumbre de la originalidad: pensar lo que hasta él mismo consideraba impensable”.
(Esteban Calzetta, físico)

“Para mí, el aspecto más original de la teoría de Einstein, especialmente la Relatividad General, es haber convertido al espacio en algo que evoluciona y ‘hace cosas’. Antes de Einstein, se consideraba no sólo que el espacio era eterno y euclídeo, sino que era una verdad tan obvia que ni siquiera hacía falta verificarla. Einstein logra la cumbre de la originalidad: pensar lo que hasta él mismo consideraba impensable”. (Esteban Calzetta)

“Las soluciones a los problemas más grandes frecuentemente se ocultan tras el velo de las ideas preconcebidas. En 1905, Einstein apartó el velo. Desafiando nuestros prejuicios, nos enseñó que el espacio y el tiempo no eran como los imaginábamos. La reelaboración de los conceptos de espacio y tiempo permitió a la Física emerger de la crisis en la que estaba sumida, luego de los sucesivos fracasos en la detección del movimiento de la Tierra respecto del supuesto éter electromagnético”. (Rafael Ferraro)

Aplausos



El aula es una de las más chicas del Pabellón I de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Los pupitres individuales no respetan ningún orden. La iluminación es natural debido a que todo un lateral del aula es un ventanal del frente del edificio. Un joven profesor de la casa, reconocido en el mundillo nacional e internacional de la física de partículas, altas energías y cosmología, concluye su última clase teórica del cuatrimestre: “... y les dieron el premio Nobel 1993 por haber compro-

bado indirectamente la existencia de ondas gravitatorias en un ajuste muy preciso con la predicción teórica de la Relatividad. Con esto terminamos el curso...”. Pero antes de que pueda concluir la frase, el auditorio de veinte alumnos explota en un espontáneo aplauso que resuena como una ovación. El profesor, que agradece muy tímidamente, no tiene, frente a semejante reconocimiento de esta “platea” académica, la espontaneidad de un director de orquesta después de haber ejecutado un oratorio de Bach, la naturalidad de una gimnasta artística luego de una rutina olímpica o la serenidad del actor que acaba de protagonizar una obra de Bertolt Brecht. Sin embargo, la asistencia a un curso cuatrimestral introductorio a la Teoría de la Relatividad en el Departamento de Física deja siempre la sensación de haber presenciado una colosal obra de arte.

do todas ellas se apilan o yuxtaponen, constituyen de algún modo la verdad real, fue un malentendido ampliamente extendido en varias ramas de la cultura.

Curiosamente, basada en una infortunada elección semántica por parte de los primeros intérpretes de los trabajos de Einstein, la Teoría de la Relatividad debió haberse llamado la Teoría de la Invariancia. “La física relativista del siglo XX ha enseñado que, en ciertas condiciones, podemos extraer de diferentes informaciones –o incluso de la información que se originó en un sistema adecuadamente identificado– todas las leyes de la física, cada una de ellas aplicable en cualquier marco, cada una de las cuales tiene, por tanto, un significado invariante que no depende del accidente de cuál sea el sistema en el que uno habita. Por esta razón es por lo que, en comparación con la física

clásica, la relatividad moderna es simple, universal y, uno podría decir incluso, absoluta”, explica Holton en su libro. En lugar del “todo es relativo”, que parió tantos absurdos culturales, debió haberse trascendido el “algunas cosas son invariantes”, frase que aún no ha dado demasiada descendencia.

Más allá de las interesantes implicancias que tuvieron la adaptación y resonancia mutua entre una mente innovadora, como la del padre de la Relatividad, y el conjunto de metáforas sociales vigentes en la época en la que le tocó vivir, mediante la memoria del gran físico es posible reivindicar, cien años después, la actitud más elevada del género humano: comprender. “Lo eternamente incomprendible del mundo es que sea comprensible”. Palabra de Einstein. ■

* Asistente de la Coordinación de los Laboratorios Básicos de Enseñanza del Departamento de Física, FCEyN.

De Exactas a la Federal

Llegan los robots antibombas

por Susana Gallardo

sgallardo@bl.fcen.uba.ar

Fotos: Paula Bassi

La Policía Federal pondrá en uso un robot diseñado y construido en el Departamento de Computación de la Facultad de Exactas que tiene como función desactivar explosivos a través de un dispositivo de realidad virtual. El padre de la criatura es el equipo del computador Juan Santos, que también está trabajando en un robot antiminas. Lejos, en el norte del continente, el Pentágono tiene otros planes para los autómatas, pero no tan santos.

Es muy valiente y arriesgado. Se llama Konabot, y su nombre, en idioma mapuche, quiere decir precisamente eso: "coraje", "valentía". La verdad es que se atreve a cualquier cosa, por ejemplo, a introducirse en una habitación donde, supuestamente, hay una bomba, e intenta desactivarla. También es capaz de entrar en un lugar donde haya gases tóxicos. Es decir, no le teme a nada.

Claro, Konabot no es un ser humano, sino un robot especialmente diseñado para

realizar tareas que los humanos no pueden hacer sin poner en riesgo su vida. Y ésta es otra de las virtudes de este artefacto: no creará desempleo, sino que evitará que una persona arriesgue su vida en operaciones peligrosas. "Es una cuestión ideológica", resalta el doctor Juan Miguel Santos, profesor en el Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA, y responsable, conjuntamente con la doctora Patricia Borensztein y Andrés Stoliar, de la gestación de Konabot. Y prosigue: "Tratamos de que nuestros desarrollos en robótica no desplacen mano de obra humana. La realidad es que, hoy en día, los robots están reemplazando a los humanos cada vez más, y no sólo en las fábricas sino también en muy variados ámbitos, tal vez no tanto en nuestro país, pero a largo plazo va a suceder".

Lo cierto es que la FCEyN ha firmado, en enero de 2005, un convenio con el Ministerio del Interior de la Nación con el fin de proveer a la Policía Federal Argentina un robot para desactivar explosivos.

DE ANDROS A KONABOT

En 2003, la Brigada de Explosivos se contactó con el Departamento de Computación de la FCEyN porque Andros,



Juan Miguel Santos, del Departamento de Computación de Exactas



Robot Andros, de 400 kilogramos de peso. Fue donado a la Policía Federal por el gobierno norteamericano en 1994, luego del ataque a la AMIA.

un enorme robot de 400 kilogramos de peso, había dejado de funcionar. Este artefacto, fabricado por la empresa estadounidense Remotec, había sido donado por el gobierno norteamericano en julio de 1994, después del ataque a la sede de la AMIA.

El equipo de Exactas, luego de ocho semanas de trabajo, puso al gigante otra vez en movimiento. Pero se hacía necesario encontrar un robot más manuable.

Si bien Andros cuenta con algunas ventajas técnicas interesantes –un brazo que soporta una carga importante, dos cámaras y un sistema de traslado basado en orugas que le permite desplazarse sobre terrenos irregulares–, su peso lo hace difícil de transportar.

La Policía consideró la posibilidad de comprar, a la misma empresa creadora de Andros, un robot más pequeño que costaba unos 170 mil dólares. Pero el Departamento de Computación de Exactas realizó una propuesta para el desarrollo de un robot con un costo de 108 mil dólares. “Para nosotros es importante porque, por un lado, es un ahorro para el Estado. Además, es una forma de que el conocimiento que se genera en la Universidad vuelva al Es-

tado de alguna manera”, reflexiona Santos.

Y así fue que se decidió traer al mundo a Konabot, que pesa menos de 100 kilos y cabe en el baúl de un auto o en la caja de una camioneta. Tiene alrededor de 1,40 metro con los brazos extendidos y 60 centímetros de ancho, y un doble sistema de orugas le permitirá moverse como un “todoterreno” urbano, es decir, sortear obstáculos y subir y bajar escaleras.

El operador, por medio de un casco y unos anteojos con dos pantallas de video, puede ver el entorno remoto a través de dos cámaras ubicadas en los brazos del robot.

KONABOT NO JUEGA AL FÚTBOL

El robot antiexplosivos es muy diferente de los robots futboleros, con los cuales el Departamento de Computación participó en el Mundial de Fútbol de Robots, que se llevó a cabo en Corea en 2002. De hecho, mientras que los émulo de Maradona están diseñados para trabajar en equipo, y cada uno posee cierta autonomía, Konabot trabaja en soledad y con

un bajo grado de autonomía. En realidad, los especialistas no tienen interés en que este robot tome decisiones. Su libre albedrío se restringe a unas pocas funciones autónomas y sólo en situaciones de bajo peligro. Cuesta mucho como para dejar que haga locuras por ahí.

Konabot posee tres componentes fundamentales: electrónica, software y mecánica. “El software lo desarrollamos íntegramente en el Departamento de Computación, así como gran parte de la electrónica”, relata Santos. Para el componente mecánico, los investigadores encargan las piezas a distintas empresas, y el diseñador Angel Siri provee los diseños mecánicos.

El sistema de operación de Konabot aventaja ampliamente al de Andros. Se trata de un método de realidad virtual. El operador, por medio de un casco y unos anteojos con dos pantallas de video, puede ver el entorno remoto a través de las imágenes que le transmiten las dos cámaras ubicadas en los brazos del robot.

Para que el sistema de realidad virtual funcione, la imagen tiene que llegar con el menor tiempo de demora posible, en el orden de los milisegundos. Esta transmi-

Cuidado, llegan soldados robots

“No tienen hambre, no tienen miedo, no se olvidan de las órdenes, no les importa nada si su compañero es derribado. ¿Podrán hacer su trabajo mejor que los seres humanos? Sí, con seguridad”, afirma Gordon Johnson, del Comando de las Fuerzas Armadas del Pentágono, en un artículo del *New York Times* de febrero de 2005.

El Pentágono anticipa que los robots especializados en atrapar y matar enemigos en el combate serán la mayor fuerza de batalla de los Estados Unidos en menos de una década. La inversión será de cientos de miles de dólares. Estos robots, según sus constructores, se parecerán a los seres humanos y podrán moverse como tales, pero también podrán hacerlo como tractores, tanques, colibríes o cucarachas. Con el desarrollo de la nanotecnología, también podrían convertirse en un enjambre de “polvo inteligente”. La intención es que puedan hacer diversas tareas, como atacar

con municiones, realizar actividades de inteligencia, hacer búsquedas en edificios o, directamente, hacerlos volar.

Si bien el robot soldado ha sido el gran sueño del Pentágono en los últimos treinta años, algunos especialistas sostienen que llevará unas tres décadas más desarrollar la tecnología en su totalidad. Un problema por resolver es que el robot pueda distinguir al amigo del enemigo, a los combatientes de los civiles. Esta última distinción también parece difícil para los mismos soldados norteamericanos.

Los robots que está diseñando el Pentágono están muy lejos de entender las reglas que hace unas décadas formuló Isaac Asimov para los autómatas.

El cazador-asesino del Centro de Sistemas Bélicos Navales y del Espacio de los Estados Unidos es uno de los cinco

tipos de robots que están actualmente en desarrollo. Otro es capaz de explorar edificios, túneles y cuevas. Un tercero, es capaz de lanzar toneladas de municiones, y desempeña funciones de búsqueda y reconocimiento. Un cuarto, es una avispa en vuelo, y puede arrojar bombas inteligentes desde diez mil metros de altura. El quinto robot fue diseñado originalmente como guardaespaldas, pero pronto podrá ser capaz de llevar a cabo misiones delicadas, como las de guerra psicológica. Todos estos robots se caracterizan por una alta capacidad de percepción.

Hace unas décadas, Isaac Asimov formuló tres reglas para los robots: 1) No causarás daño a los seres humanos. 2) Obedecerás a los humanos sólo en el caso en que no se viole la regla 1. 3) Te defenderás a ti mismo siempre y cuando no se violen las reglas 1 y 2. Aparentemente, los robots que se están diseñando para el Pentágono están muy lejos de entender esas reglas. El Pentágono, tal vez, también.

sión debe hacerse por radiofrecuencia, y ésta debe ser muy alta. Además, es necesario compactar las imágenes.

El operador, que puede estar a unos cincuenta o cien metros del robot, se mueve como si estuviera en el preciso lugar de los hechos: puede acercarse o alejarse del artefacto explosivo, revisar uno de sus flancos, luego el otro y, eventualmente, tomar una pinza y cortar un cable, por ejemplo. Y cada uno de los movimientos es repetido en forma casi instantánea por el autómata, que es capaz de cortar el cable. “El brazo del robot tiene seis grados de libertad para poder reproducir los movimientos del brazo humano”, dice el investigador.

El equipo tendrá gran cantidad de sensores que transmitirán al operador parámetros de orientación, de posicionamiento de temperatura o de desplazamiento, entre otros. Además, lo que está “viendo” el robot también se puede enviar por internet. Cuando se acerca a un explosivo, si el operador tiene dudas respecto de sus características, puede mandar la foto a algún especialista para que dé su opinión.

ROBOTS ANTIMINAS

Otro de los proyectos que dirige Santos es el desarrollo de robots para desactivar minas antipersonales terrestres. Para ello, cuentan con un subsidio de la

Agencia de Promoción Científica y Tecnológica. Se trata de un monto de 70 mil pesos anuales, durante tres años.

“Cuando presentamos el proyecto tomamos la decisión de trabajar con un solo robot que hiciera exploración y detección”, comenta Santos.

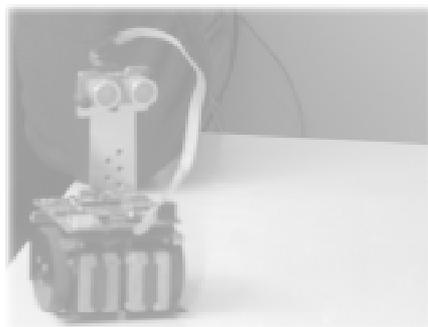
El proyecto de desactivación de minas se puede abordar con un solo robot o mediante un conjunto de robots similares. Pero también puede hacerse con un grupo heterogéneo: un robot que explore, detecte los lugares donde están las minas y luego vaya otro y las remueva. “La ventaja de tener varios robots es que se comparte información”, precisa Santos, y ex-

plica que, para la exploración, emplean un sistema de infrarrojo, que realiza el ingeniero Eduardo Castro, del Laboratorio de Óptica Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UBA, junto con doctora Marta Mejail y el ingeniero Julio Jacobo, del grupo de Procesamiento de Imágenes del Departamento de Computación.

¿Qué utilización le puede dar nuestro país a un robot antiminas? Una posibilidad es utilizarlo en las Islas Malvinas, donde hay 13 mil minas que fueron colocadas por la Argentina. Está estipulado que el país que gana una guerra es el que hace la remoción, pero el que paga es el que las colocó. En tal sentido, sería una buena oportunidad para que el robot argentino hiciera gala de sus habilidades. Asimismo, en Latinoamérica hay una cantidad muy grande de minas terrestres, de hecho, en 1978, ante la posibilidad de un conflicto armado, Chile colocó minas de su lado, en la cordillera. Y en el mundo hay actualmente millones de ellas. “Si el gobierno considera que puede ser útil –sostiene Santos– sería muy interesante para nosotros poder explorar y detectar las minas, porque no hay un mapa que diga dónde están puestas”.

LA ROBÓTICA EN EXACTAS: UN LARGO Y SINUOSO CAMINO

Chebot (un robot diseñado para la investigación), Konabot y el robot antiminas (todavía sin nombre de pila) constituyen hoy la avanzada robótica del Departamento de Computación. Santos se enorgullece, pero resalta que a estos desarrollos no se llega de un día para el otro. De hecho, pasaron doce años desde aquel día de 1993 en que defendió su tesis de licenciatura, una de las primeras que se ocupaba de la aplicación de redes neuronales a un control robótico. Luego de una pasantía en España, volvió a trabajar en el Departamento de Computación de la Facultad.



“Pasamos más de nueve años formando gente en robótica, desarrollando ideas y comprando tecnología (primero un brazo de robot, luego nuestro primer robot móvil, de origen suizo, luego fueron los robots coreanos), hasta que pudimos, en el 2003, desarrollar uno por primera vez”, recuerda. “Sentí que nos llevó mucho tiempo y esfuerzo generar los recursos humanos necesarios para poder diseñar un robot que fuera nuestro”.

Chebot (diseñado para la investigación), Konabot y un robot antiminas constituyen hoy la avanzada robótica del Departamento de Computación.

En 2004, por primera vez, se dictó un curso completo de una materia de robótica en el Departamento. Y en 2005 se recibió, por parte de una entidad, el primer pedido de desarrollo de un robot. “Tardamos doce años en llegar a eso. No parece mucho, pero para nosotros es mucho. Esto significa que hay que tener paciencia”. Santos admite que tuvo ofertas para trabajar en el ámbito privado, lo cual podría haberlo aliviado de la ansiedad por no poder “llegar a fin de mes”. Las desechó, y hoy se alegra al enterarse de que muchos jóvenes que inician la carrera de Computación en Exactas ya están decididos a trabajar en robótica. “En diez años más, vamos a tener una importante masa crítica de estudiantes”, concluye. ■



✓ **Exactas va a la escuela: charlas gratuitas de divulgación científica y paneles de investigadores de la Facultad de Exactas en los colegios**

✓ **Programa de Experiencias Didácticas: prácticas en los laboratorios para alumnos secundarios**

✓ **Visitas y recorridos por los laboratorios de la Facultad**

✓ **Charlas sobre cada una de nuestras carreras**

La Dirección de Orientación Vocacional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA organiza todas estas actividades pensadas para alumnos de los últimos años de los colegios secundarios.

Con distintas prácticas, todas ellas apuntan a difundir las carreras de ciencias entre quienes estén próximos a realizar su elección vocacional.

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

Lino Barañao

Agencia rima con ciencia

por Armando Doria mando@de.fcen.uba.ar
Fotos: Paula Bassi

La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica es el principal organismo de promoción de la ciencia y el desarrollo de tecnología en el país. Aunque parezca mentira, fue una feliz idea que surgió en los tiempos de Carlos Menem, en el '96. Desde 2003, su titular es Lino Barañao, un doctor en Química de importante experiencia en gestión científica. Su proyecto (que ya está en plena acción) es toda una novedad para la Argentina: fomentar los desarrollos con aplicaciones concretas, integrar a la investigación con el sector productivo y subsidiar la creación de nuevas empresas con vocación tecnológica.

La Agencia de Promoción Científica y Tecnológica es un organismo central para el sistema científico, pero en muchos ámbitos de nuestra sociedad todavía resulta poco conocido. La Agencia es la principal institución de financiamiento de la investigación científica y tecnológica en el país y de la innovación en empresas. Para eso dispone de dos fondos: el Foncyt, que da subsidios principalmente a grupos de trabajo de investigación de organismos públicos; y el Fontar, que da subsidios y créditos para innovación a Pymes y empresas.



-¿De dónde sale el dinero para estos fondos?

-Los fondos provienen de un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo.

-¿Y de cuánto estamos hablando?

-El préstamo anterior fue de 140 millones de dólares, y el nuevo lo estamos pidiendo por 280 millones y empezaría a ejecutarse en 2006.

-¿De qué manera se determina el monto que se solicitará?

-Se hace una propuesta ante el BID. Se dice dónde se van a invertir los fondos, cuál va a ser el criterio de distribución y cuál será la contraparte que aporta el Tesoro Nacional, que por ahora es del 40 por ciento, y tenemos parte en aportes concretos de dinero y parte en infraestructura y sueldos.

-¿Es un objetivo de la Agencia disminuir la dependencia de los organismos internacionales de crédito?

-Claro, la idea es que en un futuro no muy lejano podamos dejar de depender del crédito externo e ir incrementando el porcentaje de fondos del Tesoro hasta llegar a que sea el 100 por ciento del financiamiento. Como ejemplo de que esto es posible está Brasil, que no usa préstamos del BID para la investigación y la innovación sino que ha creado fondos sectoriales a partir de algunas tasas específicas para algunos sectores de la producción. Y, claro, así el sistema se retroalimenta: las tasas que paga la industria petrolera, por ejemplo, van a la investigación sobre petróleo.

-Cuando habla de un plazo no muy largo, ¿se refiere a un tiempo político dentro de esta gestión?

-Sí, en parte. Desde la Agencia proyectamos que a muy corto plazo la financiación crezca a un 50 por ciento nacional y el otro 50 sea aporte del BID. Y en cuatro años el aporte nacional debería ser del 80 por ciento.

-Entiendo que la idea es que el aporte nacional esté compuesto por fondos públicos y fondos del sector privado. ¿Es viable esa combinación en la Argentina?

-Si uno observa la inversión en ciencia y tecnología como porcentaje del PBI, estamos cerca del 0,4. El mínimo para comenzar a ser una sociedad en desarrollo es del uno por ciento. Pero, claro, en la mayor parte de los países que llegan a ese porcentaje, la mitad la pone el Estado y la otra mitad el sector privado. En el caso Argentino, ese 0,4 por ciento es íntegramente de fondos públicos. Y sí, la idea es llegar al 1 por ciento con fondos mixtos. El problema es cómo incentivar esa inversión privada, porque las empresas nacionales que hacen investigación y desarrollo son realmente escasas. Una opción es incrementar la cantidad de empresas de base tecnológica, lo que puede hacerse a través de



incubadoras o de subsidios para plantas piloto. La otra opción es apelar a fondos sectoriales de la actividad privada, forzando a las empresas a invertir en el país.

-¿Pueden plantearse exigencias de ese tipo para las empresas multinacionales?

-Las empresas multinacionales generalmente hacen todas investigaciones y desarrollo en el exterior y son remisas a invertir en el país. La idea no es confiscar fondos sino demostrar que hay desarrollos locales que benefician directamente a las empresas.

“Este universo es muy pequeño: hay menos empresas que grupos de investigación; entonces difícilmente se pueda hablar de transferencia de tecnología”.

-¿Qué tipo de desarrollos pueden interesarles?

-Con una inversión módica, por ejemplo, muchas de las empresas privatizadas podrían hacer las certificaciones de calidad en el país y no enviarlas a los países de origen. Eso representaría un ahorro a mediano plazo. Es una negociación compleja, pero confiamos en que gradualmente se logre.

-¿Quién negocia el tema con las multinacionales?

-Algunos de los contratos están en el Ministerio de Planificación y otros en el de Economía. Nosotros venimos trabajando a nivel parlamentario, sobre todo con el tema de los fondos sectoriales. De hecho ya hay dos casos resueltos: el de la Ley del Software, mediante la que se creó el fondo Fonsoft, que va incorporar para el año que viene alrededor de 12 millones de pesos y la idea es destinar gran parte de esos fondos a fomento de empresas de



software. Esto es importante porque lo que nos interesa primordialmente es crear nuevas empresas para captar recursos humanos formados localmente. Y otra ley es la de Biotecnología, cuyos fondos se destinan a investigación y desarrollo y a la creación de nuevas empresas.

-¿Usted considera que es preferible fomentar la creación de nuevas empresas a estimular la incorporación de tecnología y desarrollo en las ya existentes?

-Sí, no tengo dudas. Las empresas que recurren al Fontar buscando crecimiento son entre 500 y 600. Es un universo muy pequeño: hay menos empresas que institutos de investigación, entonces difícilmente se puede hablar de transferencia de tecnología. Por eso necesitamos más empresas.

“Es cierto que hace falta un cambio cultural en el empresariado, pero yo creo que es más fácil crear nuevas empresas, porque ¿cómo se hace para modificar la cultura de las empresas existentes?”

-¿Por qué la cultura empresarial argentina parece no considerar la investigación y desarrollo dentro de su agenda?

-Lo que sucede es que hubo un proceso de selección muy negativo durante las últimas décadas, porque sobrevivieron aquellas empresas que tuvieron habilidad financiera. La tecnología no

fue un factor limitante de rentabilidad, ni mucho menos. Es cierto que hace falta un cambio cultural en el empresariado, pero yo creo que es más fácil crear nuevas empresas, porque ¿cómo se hace para modificar la cultura de las empresas existentes? En cambio, por lo que uno observa en la esfera internacional, las empresas innovadoras son aquellas que tienen un fuerte componente del sector de investigación y desarrollo. Otro ejemplo de empresa innovadora puede ser la surgida a partir de un investigador que realiza algún hallazgo aplicable, de forma que apadrina la empresa, y un grupo de estudiantes o graduados jóvenes desarrollan el emprendimiento.

-El problema de generar una nueva cultura empresarial es un poco como el del huevo y la gallina: no se sabe si primero está la poca inercia del empresariado o la ausencia de incentivos por parte del Estado. ¿Usted ve un cambio político concreto a nivel nacional que colabore con el cambio?

-Creo que sí, fijate que el gobierno actual, más allá de los discursos, está trabajando para revertir esa vieja cultura. La Agencia, por ejemplo, triplicó su presupuesto desde 2003 al 2005. Otro hecho destacado es que se ha creado la Fundación Argentina de la Tecnología presidida por el ministro de Economía, Roberto Lavagna. Y la verdad es que no deja de ser llamativo que un ministro nacional tenga la intención de presidir una fundación del tipo tecnológico, cuando hasta hace poco tiempo los ministros de economía eran los del tipo de mandar a lavar los platos a

los científicos. Hay un cambio importante, pero tampoco se podría esperar algo distinto de un país que pretenda insertarse en la economía mundial. Ignorarlo sería suicida: está claro que tenemos que ir cambiando nuestro modelo hacia la economía basada en el conocimiento. En este momento vivimos de la exportación de agroinsumos, que tienen tecnología pero no de un gran valor agregado. Vivimos de la soja transgénica, pero lo ideal es incorporar más conocimiento a lo que exportamos, y para eso necesitamos políticas activas. Y esto es conveniente no sólo desde el punto de vista económico-financiero, sino que una economía basada en el conocimiento está asociada a una estructura más equitativa de la sociedad. Este tipo de economía es típica de sociedades más justas porque, entre otras cosas, para que sea viable se hace necesario apostar a la educación en todos los niveles. Ejemplos de esto son Corea, Irlanda, Finlandia.

Planteamos una docena de proyectos donde vamos a apuntar a dar soluciones a algunas cadenas productivas con problemas o bien a dar un salto cualitativo en alguna disciplina.

-Usted conoce muy bien el sistema científico, ¿considera que ha cambiado en algo durante los últimos dos años?

-Está mucho más permeable. Y existe un hecho importante que hizo cambiar la situación: ha aparecido una nueva clase empresarial con capacidad de *lobby*, que es el sector agropecuario, y que tiene muy en claro la importancia de la tecnología, ya que ha sido beneficiado por ella con el tema de la soja. Ese sector tiene hoy llegada al gobierno, cuando desde hace décadas los únicos que tenían llegada eran los banqueros, el sector financiero. Hay que tener en cuenta que no es lo mismo que vaya la corporación científica sola a pedir un aumento de presupuesto a que se sume un sector empresarial que diga que es importante invertir más en tecnología porque determina una mayor rentabilidad. El mensaje llega con mucha más fuerza.

-¿Existe diálogo y planificación conjunta con el resto del gobierno?

-Quizás por primera vez hay armonía a nivel gubernamental. Tenemos un contacto muy estrecho con la Secretaría de Industria, con la de Agricultura, con el Ministerio de Economía, con el de Salud. Tratamos de coordinar las acciones, de fijar prioridades, y la demanda la fija el sector adoptante.

-¿Cómo es eso?

-Claro, la idea no es usar el método de generar ideas brillantes que luego no tengan una aplicación posible, sino partir de los cuellos de botella que hay en la cadena productiva y tratar de solucionarlos.

-Sería eso que usted llama "pasteurizar la ciencia", tomar el ejemplo de Luis Pasteur...

-Justamente hablo de pasteurizar la ciencia porque Pasteur realizó casi todos sus descubrimientos impulsado por demandas concretas de la sociedad de su tiempo: el proceso de pasteurización, la vacuna antirrábica. Es la ciencia básica inspirada en el uso. Y, sobre todo, este tipo de política es importante cuando uno cuenta con recursos limitados, como es nuestro caso. Nosotros no podemos copiar modelos como el estadounidense, tan ecléctico, porque nuestra situación es muy diferente. En cambio, tenemos que poner recursos en pocas áreas en donde podamos tener impacto social o económico medible. Por eso, en el nuevo programa que estamos presentando, de los 280 que pedimos al BID, 200 son para incrementar las líneas que ya están en marcha y 80 son para proyectos integrados de impacto regional o sectorial. Es una docena de proyectos donde vamos a apuntar a dar soluciones a algunas cadenas productivas con problemas o bien a dar un salto cualitativo en alguna disciplina.

-La Agencia venía apoyando proyectos variados, con una política ecléctica, más parecida al modelo estadounidense que usted comentaba...

-Pero, si la Agencia continuara con esa política, mostrar el impacto concreto de todo eso se hace difícil, lo cual, desde el punto de vista político, es complicado porque a los políticos no les sirve el listado de publicaciones científicas que generaron los subsidios o saber cuánto más se destacó tal científico, porque para eso sería más barato mandar a los investigadores al exterior y después llevarse los laureles.

-¿Y cuál es la política al respecto en su gestión?

-Ya no hacemos llamados a presentación de proyectos sino que licitamos soluciones de problemas concretos. Por ejemplo, los problemas tecnológicos que plantea la olivicultura, una actividad que se está extendiendo en la región de Cuyo. Otro puede ser el desarrollo de nuevos materiales, nanotecnología.

-¿El foco estará puesto en alguna región?

-Una de las prioridades es tener incidencia en las economías re-



gionales, porque nos encontramos con una gran concentración científica y tecnológica en unos pocos centros, y esto se va agravando. Intentamos revertirlo con subsidios y becas que fomenten la radicación en universidades del interior del país, con premios para las instituciones que los reciben.

-Para esto hará falta formar recursos humanos.

-Claro, existen áreas en donde es necesario empezar por formar los recursos humanos, por lo que necesitamos incrementar la base científica del país, lo que requiere crear más puestos con dedicación exclusiva y crear un sistema de subsidios de reinstalación para los investigadores que se fueron a hacer su posgrado al exterior. Y eso preocupa, porque no tenemos una reinserción significativa de posgrados, lo que se refleja en un envejecimiento de las líneas de trabajo en nuestro país.

-¿Se le puede dar una pronta solución a ese envejecimiento?

-Lo que hace falta es una beca que al investigador que vuelva le permita cobrar como los que ya están en el país, porque actualmente no se les paga antigüedad ni incentivos. Y probablemente esto lo incorporemos a comienzos del año próximo.

“Necesariamente, las universidades nacionales tienen que involucrarse más en el cambio, modificar el arquetipo del investigador egoísta al que juega en equipo”.

-¿El criterio de su gestión es priorizar el cruce entre la empresa y la investigación?

-Desde que se creó la Agencia, en el 96, lo que había era un criterio diferenciado. Por un lado, fomentar la investigación básica con criterio de competitividad. Por otro lado se financiaban empresas. Lo que tenemos que hacer ahora es integrar esas dos instancias: permitir que ideas novedosas se conviertan en nuevas empresas, para lo que hay que tender puentes. Y también es prioritario para nosotros fomentar los proyectos integrados, de trabajo en equipo. Hasta ahora éramos una ventana minorista, cada uno venía y se llevaba lo que necesitaba. Ahora proponemos proyectos de otra envergadura y no alcanza con que venga un científico, sino que tienen que venir en grupo: científicos, economistas, abogados.

-Aparte de la necesidad del cambio en la mentalidad empresarial, ¿considera que hay otros factores limitantes para el desarrollo del país?

-Acá también es importante que se produzca un cambio en las universidades nacionales. No puede haber cambios que no las incluyan. Necesariamente tienen que involucrarse más, modificar el arquetipo del investigador egoísta al que juega en equipo, poner en claro que existen otros premios que exceden la gloria personal. Y estoy convencido de que a partir de la actividad científico-tecnológica se pueda dar un cambio importante en el país. ■

La realidad en la computadora

Los simuladores

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

¿Se puede probar una droga contra el cáncer sobre un ratón simulado por computadora? ¿O emular el estuario de un río y cómo se comportará durante una crecida? Las tecnologías informáticas están modificando las formas de conocer. El trabajo científico ahora tiene una pata más: a la teoría y la experimentación, los investigadores incorporan las simulaciones computacionales para producir conocimiento.



Pitágoras tenía razón. A nuestro alrededor hay un universo oculto a los sentidos que signa la realidad por la que transitamos. Una realidad que podría ser apreciada más ampliamente a partir de pensarla como erigida sobre una estructura matemática. En última instancia, los números darían la pauta para interpretar lo que pasa en la naturaleza. Esto es lo que parece indicar el devenir de las ciencias en las últimas décadas, al calor del acelerado desarrollo informático.

Aparte de hacer teorías y experimentos, los científicos incorporan, cada vez más, las simulaciones numéricas como medio para producir conocimiento. Estas simulaciones son programas de computación que permiten generar realidades virtuales en las que se recrean objetos específicos de estudio, como puede ser una galaxia, un río o un tejido humano. Para que en la pantalla de la computadora aparezca algo similar a la sangre y que eso pueda reaccionar, simbólicamente, de la forma como lo haría en la realidad el líquido que circula por nuestras venas, es necesario haber cargado en el programa todas las características del fluido vital.

Como una receta de cocina, la simulación incluye un listado de ingredientes y unas indicaciones precisas sobre cómo utilizarlos. Las proteínas, las vitaminas, los glóbulos rojos y los blancos serán algunos de los elementos a tener en cuenta para recrear la sangre de un organismo. Y el comportamiento de estos componentes

estará descrito en ecuaciones matemáticas precisas.

Apariencias digitales

El Grupo de Modelado Molecular (GMM) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales utiliza las simulaciones para estudiar el ajetreo permanente al que están sometidas algunas moléculas que pululan dentro de las células. De esta manera pueden estudiar muchas de las interacciones en las que se ven involucradas estas partículas. Para comprender en detalle qué sucede en cada región de la célula, es necesario poder realizar una especie de *zoom* que permita focalizar y analizar sin las limitaciones que impone la observación “en vivo y en directo” de las muestras.

Una simulación hace posible recrear una y otra vez aquello que sucede en una porción acotada de célula sin necesidad de insumir el tiempo y los recursos que requeriría repetir un experimento con el fin de asir, por ejemplo, los detalles necesarios para comprender una reacción química determinada. Pero en el caso del GMM, las técnicas de simulación –en las que se utilizan modelos tanto de la física clásica como de la cuántica– no eliminan la experimentación en el laboratorio, sino que sirven como una herramienta versátil para sonsacar nuevos datos del funcionamiento de la materia. “Hay una primera aplicación que es previa al experimento, la simulación puede servir para guiarlo –describe Adrián Turjanski, integrante del



GMM-. Con una simulación es posible predecir qué reacciones van a ocurrir. Entonces se puede ahorrar tiempo, porque ayuda a decidir qué experimentos conviene hacer y cuáles no". En este caso, la simulación brinda la posibilidad de entender por qué y de qué manera ocurre un proceso determinado que desencadena los resultados que se pueden observar en el experimento.

La posibilidad de ahorro económico que supone la simulación implica mayor libertad, porque no hay pérdida si se comete un error en el experimento.

Por otra parte, en muchas ocasiones, "es más barato y rápido simular que experimentar", afirma convencido Esteban Mocskos, investigador del Laboratorio de Sistemas Complejos del Departamento de Computación de Exactas.

"Hay ratones que salen más de ciento ochenta dólares. Para hacer un estudio con cierto valor estadístico es necesario tener treinta o cuarenta ejemplares. Con ese dinero es posible comprar un clúster (grupo de computadoras) –indica el investigador–. Los ratones y los reactivos para hacer los experimentos se cotizan en dólares y es necesario comprarlos constantemente. En cambio, el cluster es un bien de capital, se compra y funciona un montón de tiempo".

De todas formas, todavía no existe



tecnología capaz de simular, por ejemplo, un ratón, sino fracciones del mismo. Y aunque existiera una simulación de tal complejidad, "tampoco reemplazaría al experimento directo", reconoce.

Al momento de investigar, la posibilidad de ahorro económico implica concretamente mayor libertad, porque la falla en alguna prueba con ratones puede representar la pérdida de miles de dólares. Diferente es el caso de una simulación, cuando fracasa alguna prueba sólo hay que reformular los programas de computación, pero no se pierde el dinero invertido.

La realidad de la investigación

"Las simulaciones siempre implican un margen de error, nunca se tiene una solución exacta sino sólo aproximaciones". Este margen de error al que se refiere Mocskos, de alguna manera, pone sobre el tapete el sesgo que acarrea toda investigación. Hacer un recorte de la realidad para estudiar cualquier fenómeno implica asumir el riesgo de que hayan quedado fuera de foco factores determinantes. Ese es el margen de error que se intenta minimizar en las simulaciones, pero también quienes utilizan métodos de observación directa se enfrentan a esta cuestión.

En el estudio del cáncer, por ejemplo, se experimenta con ratones que tienen unas pocas semanas de vida. El problema es que aparte de la diferencia existente entre el roedor y el ser humano, el cáncer es una enfermedad que aparece general-

El laboratorio en la computadora

Hay disciplinas científicas para las que resulta imposible reducir su objeto de estudio a los límites de un laboratorio. Tal es el caso de la cosmología o la oceanografía, por ejemplo.

Para comprender el cambio en las condiciones de un estuario, el CIMA trabaja con simulaciones numéricas que emulan el comportamiento de las aguas.

No hay ninguna posibilidad de introducir una galaxia en un observatorio para mirar cómo, bellamente, se va encendiendo cada una de sus estrellas. Tampoco hay recinto capaz de contener las aguas y la morfología propia de un estuario para que los investigadores puedan observar minuciosamente cómo se generan las olas que agitan su superficie. “Incluso antes de pensarse que podía tener el mismo valor como herramienta de investigación que el laboratorio físico, la experimentación numérica ya se usaba para simular experimentos muy caros, lentos o no factibles en un laboratorio común”, comenta Pablo Jacovkis, para referirse a técnicas primigenias como la de Monte Carlo, desarrollada cuando finalizó la Segunda Guerra Mundial para inves-

tigar la probabilidad de que un material sea traspasado por partículas radiactivas.

“¿Cómo podemos prever lo que va a pasar si alguien hace una aeroísla? Ese tipo de cosas no las podemos saber porque no tenemos un laboratorio para probar. Entonces el modelo numérico, precisamente, juega ese rol”, asegura la doctora Claudia Simionato, integrante del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de Exactas.

Simionato estudia el efecto del viento en la altura de las aguas del estuario del Río de la Plata. Su grupo de investigación del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, UBA-Conicet) formó parte del proyecto de Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo (Freplata), una iniciativa conjunta del Uruguay y la Argentina con el auspicio del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (Pnud).

Para comprender el cambio en las condiciones físicas del estuario, el grupo del CIMA trabajó con simulaciones numéricas que sirven para emular en la computadora el comportamiento de las aguas en situaciones determinadas. El objetivo de estas investigaciones es desarrollar simulaciones capaces de pronosticar sudestadas y que también sirvan para planificar una gestión sustentable del río.

sultados experimentales son los que permiten seguir avanzando en la investigación.

“La computadora no solamente funciona como una poderosa herramienta para la modelización de problemas de ciencias experimentales, sino que en cierto sentido la matemática aplicada puede considerarse una ciencia experimental, cuyo laboratorio es la computadora, y por consiguiente los modelos matemáticos computacionales son o pueden llegar a ser herramientas para conocer mejor fenómenos de distintas disciplinas”, expresaba el doctor Pablo Jacovkis –profesor del Departamento de Computación de Exactas– el año pasado en una conferencia ofrecida en el XIV Congreso sobre métodos numéricos y sus aplicaciones.

Lo que se modificó profundamente con el uso intensivo de la informática es la manera de conocer.

Evidentemente, no se trata de retomar el misticismo que Pitágoras predicaba, ni de renegar de la experimentación como sucedió durante cientos de años cuando la filosofía platónica (influenciada por la pitagórica) tiñó con su idealismo casi todas las áreas del saber: en esa época, tocar u oler algún organismo o material para conocerlo era considerado como una tarea innoble.

Más allá de la posibilidad de transmitir información a velocidades increíbles, que hoy nos brinda la tecnología, lo que se modificó profundamente con el uso intensivo de la informática es la manera de conocer. Hasta ahora se aceptaba que el conocimiento era el producto de la interacción entre la teoría y la experimentación. Si sobre estas dos patas se erige el edificio de la ciencia moderna, habrá que ver qué sucede con este complejo edificio ahora que su base empieza a estar apoyada sobre una tercera variante de sostén: las simulaciones numéricas. ■

mente en personas adultas. Pero, “por una cuestión de costos, no se puede mantener un ratón durante un año y medio para llegar a las condiciones en las que se encuentra un humano cuando padece un cáncer. Ahí ya hay un recorte importante”, puntualiza Lucas Colombo, investigador del

Departamento de Inmunobiología del Instituto de Oncología Ángel H. Roffo de la UBA. Ni Colombo ni Mocsos –que en este momento trabajan juntos investigando posibles curas para algunos tipos de cáncer– desmerecen la experimentación; por el contrario, reconocen que muchos re-

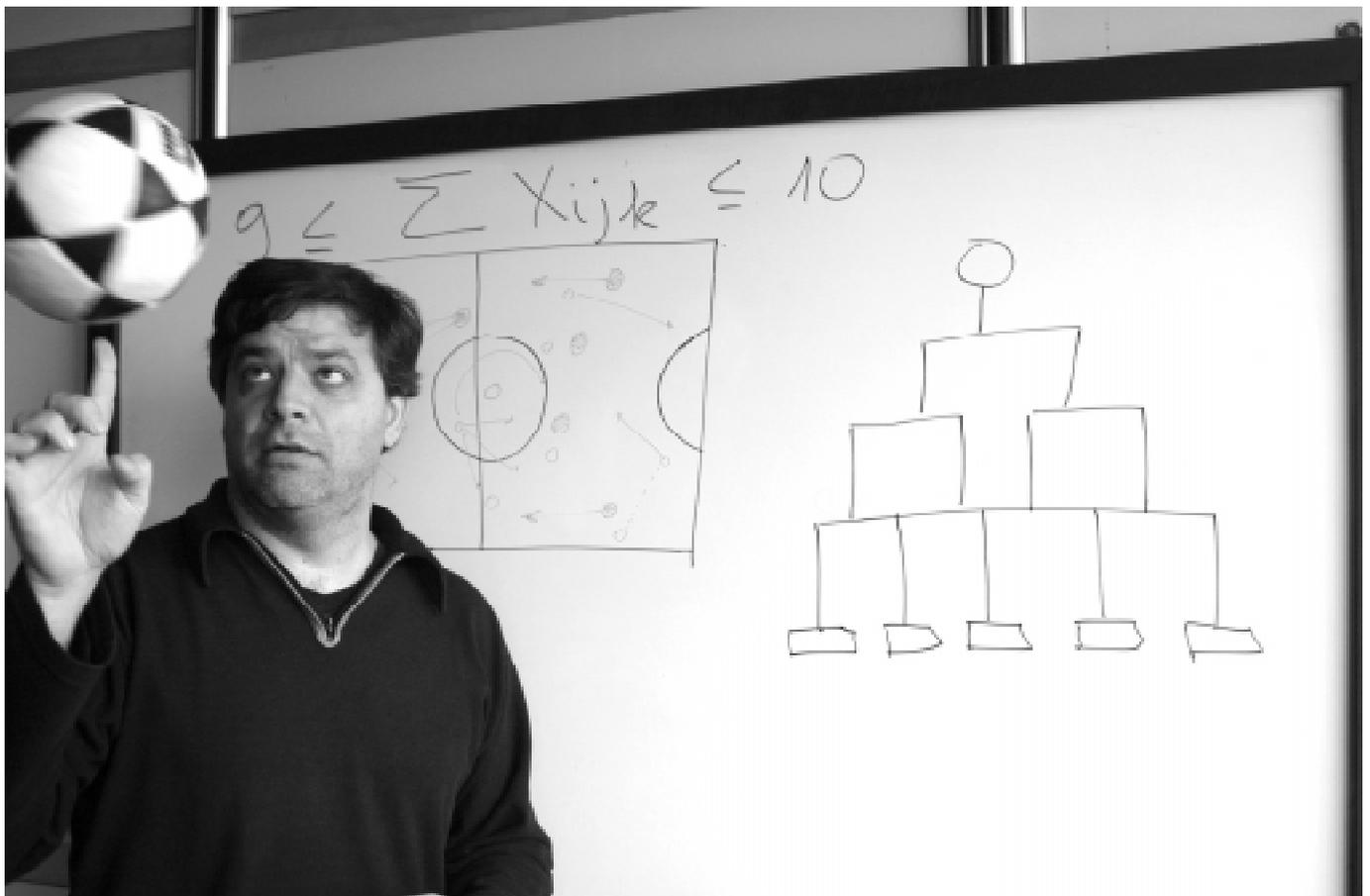
Modelos matemáticos para el fútbol chileno

El fixture perfecto

por Armando Doria

mando@de.fcen.uba.ar
Fotos: Juan Pablo Vittori

Los que piensen que al fútbol le puede resultar útil la matemática sólo a la hora de especular sobre los puntos ganados o el promedio del descenso están equivocados. La Asociación Nacional de Fútbol Profesional chilena utiliza desde el actual campeonato un modelo de fixture creado por un grupo de la Universidad de Chile dirigido por el matemático argentino Guillermo Durán. Los resultados: ahorro de costos operativos, torneos más atractivos y más gente en las canchas.



Supongamos que usted decide organizar un campeonato de fútbol con una cantidad determinada de equipos que deben jugar todos contra todos. ¿Qué hacer? No se preocupe, puede apelar al método que habitualmente usa la AFA y la casi totalidad de las asociaciones de fútbol del mun-

do: el fixture usual que da como resultado un orden arbitrario de los partidos (ver el gráfico). Ahora, si se le ocurre explorar las posibilidades de combinaciones de encuentros para después elegir la que le parezca más adecuada, puede que se maree. Por ejemplo, si el campeonato cuenta con cuatro equi-

pos, existen seis fixtures posibles; si los equipos son seis, las posibilidades ascienden a 720. Y si los equipos fueran ocho, ¡contaría con más de 30 millones de posibilidades!

Aunque el verdadero problema lo tendría usted si le propusieran armar un torneo que fuera ideal (o se acerque al ideal)

El fixture usual para 6 equipos utilizado por la mayoría de las Asociaciones

1-2	1-6	1-5	1-4	1-3
6-3	5-2	4-6	3-5	2-4
5-4	4-3	3-2	2-6	6-5

En cada fecha se deja fijo el 1 y se rotan los demás equipos en el sentido horario.



para el fútbol de Chile. Veinte son los equipos, divididos en cinco grupos. Deben jugar todos contra todos en 19 fechas y los dos primeros de cada grupo clasificarán para jugar un torneo *play-off* de donde saldrá el campeón. Y ahora viene lo complejo, vea, si no, las condiciones que pretende la Asociación Nacional de Fútbol Profesional chilena (ANFP): los clásicos deberían jugarse entre las fechas 8 y 17, ningún equipo grande tendría que jugar más que un clásico de local, en cada fecha no podrían disputarse más de cuatro encuentros en la ciudad de Santiago, a lo largo del torneo debería haber al menos tres aprovechamientos de viajes de visitantes a lugares alejados, los equipos de zonas turísticas tendrían que enfrentar al menos una vez a los equipos grandes en fecha de veraneo.

Lo cierto es que hubo una persona a la que le brillaron los ojos cuando le llegó la propuesta de armar semejante fixture. Guillermo Durán es matemático y doctor en Computación de la Facultad de Exactas de la UBA, e integra desde 2003 el Centro de Gestión de Operaciones (CGO) del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile como profesor asistente. Pero su ficha técnica no estaría completa si omitiéramos decir que es loco por el fútbol, en general; fanático de San Lorenzo de Almagro, en particular; y, en particularísimo, recordado y feroz contendiente en los torneos de fútbol 5 de la Facultad de Exactas.

Dentro del CGO, Durán, además de las tareas habituales de investigación y

docencia, se dedica a resolver problemas concretos como el de mejorar la logística en cadenas de supermercados utilizando optimización combinatoria. El quid de este tipo de teoría matemática está en encontrar, entre un número finito de soluciones posibles, la que maximice o minimice una cierta función objetivo cumpliendo una serie de restricciones. Al dedillo para la ANFP.

“El campeonato chileno y la geografía del país”, indica Durán, “tienen algunas características que lo hacen muy interesante a la hora de plantear un modelo para el diseño del fixture. Por ejemplo, las grandes distancias que los equipos tienen que recorrer llevan a que sea beneficioso para un equipo del norte jugar dos partidos consecutivos en el sur, ahorrándose de ese modo un viaje en avión. O el hecho de que jueguen todos contra todos, pero que cada equipo sume puntos dentro de su grupo, hace que sea más atractivo que los partidos entre equipos del mismo grupo, que serán decisivos, se disputen hacia el final del torneo”.

Cambiar el modelo

Hay algo muy particular en esta “intromisión” de la universidad en el fútbol, y es que el interés vino del lado del fútbol: los clubes se acercaron a la academia. El ingeniero chileno Andrés Weintraub, director del CGO y uno de los científicos más reconocidos del país trasandino, cuenta cómo empezó todo. “A mediados de 2004, el Departamento de Ingeniería In-

dustrial de la Universidad de Chile organizó un workshop en Combinatoria, que estuvo a cargo de Durán. Entre los invitados estuvo George Nemhauser, quien mostró un sistema que ha desarrollado para la liga estadounidense de béisbol”. Nemhauser trabaja en el Georgia Institute of Technology, de los Estados Unidos, y es un ilustre académico dentro del área de la optimización combinatoria. El diario El Mercurio, de Santiago de Chile, lo entrevistó y la entrevista fue leída con atención por los dirigentes de la ANFP, que consideraron que el fútbol chileno también merecía una programación más adecuada. Los objetivos: torneos más atractivos, ganar afluencia de público, reducir costos operativos para los clubes y lograr una mayor equidad económica entre equipos grandes y chicos.

Pronto llegó el contacto de la ANFP. “Después de una breve negociación de la que participaron todos los clubes, se llegó al acuerdo de que programaríamos el torneo Apertura 2005. Entre octubre y diciembre, nuestro equipo diseñó el modelo matemático apropiado como para ingresar las condiciones que la Asociación y los clubes pretendían”, cuenta el director del CGO. A la cabeza estuvo Durán. Trabajó junto a ayudantes, un tesista y académicos como el propio Weintraub, quien comenta: “El modelo permitía integrar una serie de consideraciones que no se podían articular mediante las programaciones manuales”.

Una vez obtenido el modelo, se lo integró al software adecuado y quedó listo para correrlo en una PC. El resultado fue un fixture totalmente a medida de lo soli-

citado. “Después que le pasamos los primeros resultados a la Asociación, sus directivos empezaron a llamarnos a cada rato para pasarnos nuevas condiciones. Como vieron que la modelización era efectiva, nos hicieron incorporar restricciones hasta último momento”, comenta Durán.

Ante la pregunta de cuánto le costó a la ANFP el modelo de optimización del campeonato, el director del CGO, un ferviente simpatizante de la Universidad de Chile, responde: “Nada, fue gratis. Les ofrecimos esta primera programación para que comprueben su efectividad. Para el próximo campeonato ya estamos en negociaciones”. Eso es amor a la camiseta.

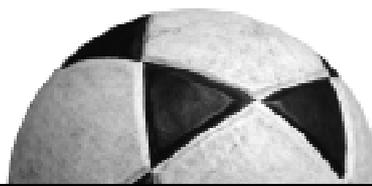
La experiencia argentina

En 1995, Eduardo Dubuc, profesor del Departamento de Matemática de Exactas desarrolló un sistema similar para el fixture del campeonato argentino de Primera División. La programación fue realizada a pedido de TyC-Sports, que era quien realizaba el fixture para la Asociación del Fútbol Argentino. Las condiciones que se impusieron en ese momento tenían que ver fundamentalmente con los requerimientos de la televisión y la experiencia no se repitió en los años siguientes.

Silbato inicial

La programación del campeonato modelizada se puso en práctica en el torneo Apertura 2005, que comenzó en enero, por lo que se encuentra en plena fase de prueba. Y hasta ahora el balance es prometedor.

El gerente de la ANFP, Alejandro Carmash Cassis, se encuentra conforme con los resultados obtenidos hasta el momento. “Con las restricciones impuestas se logró tener un torneo más atractivo”, dice, y para ejemplificar, va a los números: “En el campeonato pasado el partido Colo Colo-Universidad de Chile (NdeR: es el River-Boca chileno) no superó los 30 mil espectadores y este año se jugó con más de 45 mil personas en la cancha, y para los demás clásicos también hubo un aumen-



La técnica del campeonato: Investigación Operativa y modelos matemáticos

Es difícil definir a la Investigación Operativa. Una definición que se acerca mucho a la realidad sería “la ciencia de la toma de decisiones”. Conviven en esta disciplina profesionales de las más diversas ramas: ingenieros, matemáticos, computadores, economistas. Todos ellos deben aprender una técnica fundamental: la de la modelización.

Hacer un modelo matemático es interpretar lo mejor posible la realidad a través de ciertas fórmulas. En el caso del fixture, lo que se usó es un modelo de programación lineal entera. Esto quiere decir que se usan ciertas variables X_{ijk} que toman valor 1 cuando el equipo i juega de local contra el equipo j en la fecha k , y 0 en caso contrario. Luego se escriben todas las condiciones pedidas por la contraparte (la ANFP, en este caso) como una serie de fórmulas lineales que involucran a estas variables X_{ijk} y que representan a un fixture válido. Por ejemplo, si escribimos una ecuación que dice que para cualquier par de equipos (i, j) la suma sobre todas las fechas de $X_{ijk} + X_{jik}$ debe ser igual a 1, estamos diciendo que el partido entre el equipo i y el equipo j debe jugarse exactamente una vez a lo

largo del campeonato, que es una de las condiciones. Y así con el resto.

Por último, se escribe una medida de calidad, denominada función objetivo, que en este caso consistió en maximizar los enfrentamientos entre equipos del mismo grupo hacia el final del torneo. Esta medida de calidad es la que permite decidir, dados dos fixtures posibles, cuál es mejor que otro. El objetivo es encontrar el mejor de todos los fixtures válidos, pero en caso de ser muy costoso computacionalmente, se puede aceptar uno “bueno” aunque no se tenga garantía de que sea el óptimo. ¿Qué significa uno “bueno”? Para el torneo Apertura 2005 del fútbol chileno se consiguió uno que cumplía con las condiciones pedidas y que aglutinaba 24 de los 40 enfrentamientos entre equipos del mismo grupo en las últimas 3 fechas, lo que satisfizo plenamente a la ANFP. Una vez constituido el modelo, se resuelve con un software comercial, diseñado para este tipo de problemas, denominado Cplex. En este caso se usó una máquina Pentium IV con procesador de 2,4 Ghz, y el problema tardó varias horas en ser resuelto. Pero no tema, nada dice sobre qué equipo saldrá campeón.

to de público”. Claro, estos partidos se jugaron en fechas avanzadas, con el campeonato más caliente.

Como estaba previsto en la programación, los tres equipos grandes (Colo Colo, Universidad Católica y Universidad de Chile) jugaron de visitantes en ciudades turísticas durante el veraneo, lo que dio buenos resultados para el comercio local. Otra a favor: “Los equipos que jugaron la Copa Libertadores se vieron beneficiados deportivamente al jugar de local previo a un partido internacional”, cuenta Carmash, que va por más: “Para el torneo Clausura esperamos mejorar lo que tenemos e incorporar nuevas restricciones”.

Si los dirigentes de los clubes están con-

tentos, ni se imagine Durán: “No pude darme el gusto de jugar en la Primera de San Lorenzo, pero al menos así me acerqué más al fútbol profesional. Conjugarme mi profesión con mi pasión fue algo espectacular”, afirma con una sonrisa. Pero el “fue” tiene carácter relativo; Durán no tiene dudas: “La idea es seguir trabajando en el tema, tanto en el campo de la investigación como en el terreno de las aplicaciones concretas a otros campeonatos”. Según indican tanto los resultados como el entusiasmo de los interesados, esta experiencia en el fútbol chileno puede haber sido el puntapié inicial de un partido que se extienda más allá de la cordillera y termine jugándose en toda la región. ■

Ernst Mayr

El Darwin *del siglo XX*

por Ricardo Cabrera ricuti@qi.fcen.uba.ar



El solo era toda una institución. Alemán de origen y estadounidense por adopción, Ernst Mayr falleció el pasado 3 de febrero, a la edad de 100 años. Desarrolló casi toda su carrera, dedicada a la Biología, en el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York y en la Universidad de Harvard, y sus contribuciones principales las hizo en torno a la Teoría de la Evolución.

Mayr fue considerado por mucho tiempo el más prominente biólogo evolucionista, pionero en la definición moderna de *especie*. Demostró que nuevas especies pueden surgir de poblaciones aisladas –algo que Darwin había dejado pendiente– y publicó sus hallazgos en 1942, en la obra *Systematics and the Origin of Species*. Obtuvo innumerables reconocimientos, escribió 20 libros y más de 700 artículos en revistas científicas. Su obra pasa a la posteridad identificada con lo que hoy se llama Teoría Evolutiva Sintética.

Como los verdaderos grandes, fue un luchador de toda la vida. Incansable y

polémico, no eludió enfrentar cualquier arista filosa que sus ideas tocaron. Se definía como un “veterano luchador por el darwinismo”, y lo continuó siendo hasta sus últimos días. “Cuando alguien me pregunta por qué no me jubilo, le respondo: ‘¿Por qué habría de hacerlo? ¡Dios mío, si soy feliz con lo que hago!’”, comentó a un periódico a la edad de 93.

Sus pares lo apodaron el Darwin del siglo XX, un siglo en el que la teoría de la evolución ha debido enfrentar la irracionalidad del conservadurismo, el creacionismo, la acometida reaccionaria de derechas e izquierdas y la ignorancia tutelada de los pueblos.

Para cerrar, le cedemos la palabra:

“La igualdad, a pesar de la no identidad evidente, es un concepto un tanto complejo y requiere una talla moral que al parecer muchos individuos no son ca-

paces de asumir. Al contrario, niegan la variabilidad humana y equiparan la igualdad con la identidad. O sostienen que la especie humana es excepcional en el mundo orgánico en el sentido de que los genes sólo controlan los caracteres morfológicos, y los otros rasgos de la mente o el carácter se deben al ‘condicionamiento’ o a otros factores no genéticos. A estos autores les resulta muy cómodo ignorar los resultados de los estudios sobre hermanos gemelos y de los análisis genéticos de los rasgos no morfológicos de los animales. Una ideología basada en las premisas tan obviamente falsas sólo puede conducir al desastre. Su defensa de la igualdad humana se basa en una pretensión de identidad. Tan pronto como se demuestra que esta última no existe, cae igualmente la base de la igualdad”. ■

Los límites de la plataforma continental

¿Hasta dónde *llega* la Argentina?

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

Aunque parezca una noticia de un siglo atrás, lo cierto es que la Argentina aún no tiene todas sus fronteras demarcadas. Pero no hay que temer un conflicto con algún país vecino, la zona que todavía no está delimitada es la marítima, la plataforma continental. Las leyes internacionales dicen que hay tiempo hasta el año 2009 para poner los mojones y, quizás, extendernos hacia el este.

La Argentina mira al este. Es que aún no tiene delimitada allí su frontera definitiva, que podría ampliar la superficie en un millón de kilómetros cuadrados. La inmensidad del Océano Atlántico no sólo baña unos 5.117 kilómetros de perímetro costero, sino que también cubre y tapa el territorio nacional sumergido, es decir la masa continental que prolonga sus comarcas bajo las aguas. Establecer claramente sus confines es una misión crucial para el país desde el punto de vista estratégico, económico y jurídico, por sólo mencionar algunas de las aristas posibles.

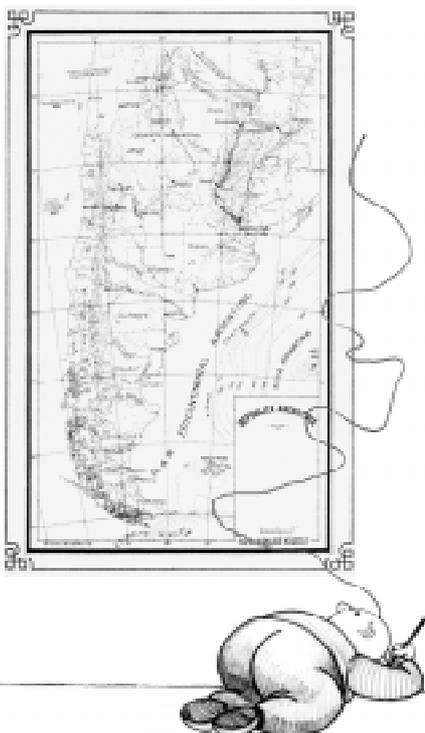
Cuanto antes demarque su espacio, podrá también –cuanto antes– ejercer sus derechos sobre esas zonas, tal como fue fijado por las Naciones Unidas en un acuerdo suscripto por Argentina. Más allá de esta conveniencia evidente, hay un plazo a nivel mundial que fue fijado por la Convención sobre el Derecho del Mar para hacerlo. Se trata del año 2009. Por ese entonces, vencerá el tiempo dado a nuestro país como a otras naciones ribereñas del planeta para que reclamen lo que consideraran suyo. Los argumentos para hacerlo no son otros que una serie de estudios científicos donde se demuestra hasta dónde llega la prolongación natural del continente. Estos documentos serán analizados por

técnicos de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental, con sede en Nueva York. Si cumplen con los requisitos fijados por la Convención de las Naciones Unidas sobre Derechos del Mar (Convemar) y resultan aprobados, pasarán a constituirse en el límite definitivo y obligatorio reconocido por la comunidad internacional.

Los sedimentos que surgen del desgaste de la plataforma continental pueden contener manganeso u otros elementos que en 20 años pueden ser recursos tan importantes como el petróleo.

Para trazar esta línea divisoria que indique hasta dónde llega la Argentina, en 1997 el Congreso Nacional sancionó la ley 24.815 (ver recuadro) que dio vida a la Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental (COPLA). Y, como su nombre lo indica, debe realizar el relevamiento necesario para establecer este borde de vital importancia para la Nación, que no es otro que el alcance marítimo de nuestros derechos de soberanía.

“Es imprescindible, en este momento, determinar ese límite exterior, ya que de



Juan José Nágera (1887-1966) fue el primer geólogo graduado en la Universidad de Buenos Aires y un visionario en percibir el alcance de la plataforma continental argentina a principios del siglo pasado.



Turic en el libro “Geología y recursos naturales de la plataforma continental argentina”, editado en su homenaje por la Asociación Geológica Argentina y el Instituto Argentino del Petróleo y el Gas en 1996.

“Nágera, quien siempre tuvo un compromiso muy fuerte con el país, vio a principios del siglo pasado que los pozos petrolíferos en Comodoro Rivadavia llegaban casi a orillas del mar. Como geólogo, no le cabía la menor duda de que los yacimientos no acababan en tierra firme sino que seguirían debajo de las aguas. Entonces planteó que, si el sustrato continúa, el territorio nacional debería ser explotado tanto de uno y otro lado”, describe Ramos.

Quedan cuatro años para reunir toda la información y presentar la documentación ante Convemar a fin de acreditar la plataforma continental que la Argentina reclama como propia.

Es más, Nágera escribió en 1927 respecto de los hidrocarburos: “Los yacimientos de líquidos en los continentes no son inagotables y el término de su duración será bastante menor de lo que muchos creen[...] no será difícil en el porvenir llevar a cabo investigaciones prácticas en muchas plataformas submarinas y en las cuales las dificultades que ofrezcan a la explotación y exploración serán vencidas”.

Sospeché pero no llegó a ver los actuales yacimientos profundos ubicados en las

esta manera se asegurará una adecuada explotación de los recursos de su lecho y subsuelo. Es éste el límite más extenso de todos los que tiene el país, y se está trabajando en su determinación”, subraya la doctora Frida Armas Pfirter, coordinadora general de COPLA, desde la Cancillería.

Pero, mientras estos trabajos se realizan, ¿hasta dónde llega hoy el límite de la Argentina?

“Hoy los derechos soberanos llegan hasta las 200 millas marinas de la costa, (unos 360 km, equivalente a la distancia entre Buenos Aires y Villa Gesell). Esto seguirá así hasta tanto no presentemos los papeles que acrediten hasta dónde llega la plataforma continental, es decir la extensión del continente debajo del mar”, precisa el geólogo Víctor Ramos, vicedecano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Cuando esto ocurra, el avance de la frontera resultará más que significativo. “En algunos lugares, Argentina tiene una extensión de 1.000 kilómetros de continente que se internan en el mar, en especial en la zona sur. Por eso, cuando se habla del límite actualmente vigente de las 200 millas marinas, significa que en ciertas zonas se está perdiendo más de la mitad de su superficie”, indica, al tiempo que subraya: “La plataforma continental de la Argentina muestra la particularidad de ser una de las más extensas del mundo”.

Sobre la base de estudios preliminares realizados por Hidrología Naval, “lo que se extiende más allá de las doscientas millas abarca una superficie de aproximadamente 1.000.000 de kilómetros cuadrados, es decir, una superficie equivalente a más de un tercio del territorio continental argentino”, compara el embajador Luis Baqueriza, presidente alterno de la Comisión.

Numéricamente hablando, esto significaría que nuestro país agrandaría en forma significativa no sólo sus proporciones, sino también sus potenciales riquezas de minerales, hidrocarburos y recursos vivos unidos al suelo, además de posibilidades hoy insospechadas. “Los sedimentos que surgen del desgaste de la plataforma continental pueden contener manganeso u otros elementos que dentro de 20 años pueden llegar a ser recursos importantes como hoy lo es el petróleo”, ejemplifica Ramos.

Precisamente, estos sedimentos pueden confundir la topografía del lugar y generar dudas a la hora de fijar el límite, según explica Ramos. “Un grupo de técnicos internacionales acordaron una fórmula para delimitar la plataforma continental y es la que rige en la actualidad”, destaca, y a renglón seguido agrega: “Los países con buenos recursos económicos rápidamente establecieron hasta dónde llegaba su límite”.

Hasta ayer no era tan evidente

Decir con todo el derecho del mundo: “Lo que hay en esta tierra es mío” es un acto sin duda de soberanía, y a nadie escapa que, de no hacerlo, se escurrirían millones, billones y trillones de pesos para generaciones futuras. Estos recursos hundidos en el fondo oceánico no eran tan evidentes hasta hace un siglo atrás.

Sólo los visionarios los divisaban. Uno de ellos fue el primer geólogo graduado en la Universidad de Buenos Aires, Juan José Nágera, “un pionero a nivel mundial y creador de la Doctrina del Mar Libre, publicada en 1927, que propuso extender la soberanía más allá del mar territorial hasta alcanzar el borde de la plataforma continental”, destacan Ramos junto con Mateo

UNA LEY

En 1997, el Congreso de la Nación sancionó la ley 24.815 de creación de la Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental, conocida como COPLA.

¿Su objetivo? Elaborar una propuesta definitiva para establecer el límite exterior de la Plataforma Continental Argentina conforme a lo establecido en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Convemar), y en el artículo 6 de la ley 23.968, que fija las líneas de base a partir de las cuales se miden los espacios marítimos.

Esta Comisión es presidida por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comer-

cio Internacional y Culto, e integrada por un representante del Servicio de Hidrología Naval y otro del Ministerio de Economía.

¿Sus funciones?

a) Realizar estudios y trabajos con el objeto de identificar las características de la Plataforma Continental Argentina sobre la base de referencias hidrográficas, geofísicas y geológicas y hacer propuestas para establecer en forma definitiva su límite exterior.

b) Formular planes de trabajo y programas de acción a fin de cumplimentar la tarea a ella encomendada.

c) Dictar su reglamento.



partes distales y al pie de las plataformas continentales que cada vez baten nuevos récords en cuanto a su ubicación. Sin ir muy lejos, hoy Brasil explota a 1.500 metros de profundidad una fuente de oro negro, calculada en más de 100 billones de dólares en reserva, según estimaciones de Ramos.

Pero siguiendo con la historia, Nágera insistió una y otra vez con su idea hasta que logró impulsar una legislación que lleva su nombre. La Ley Nágera fue promulgada en 1944. “Por primera vez se extiende la soberanía argentina al borde de la plataforma continental hasta cubrir el Mar Epicontinental Argentino”, indica Ramos, y enseguida compara: “Hasta ese momento el país terminaba en la orilla del mar”.

Poco tiempo después, en septiembre de 1945, y a miles de kilómetros de aquí, inmediatamente después del fin de la Segunda Guerra Mundial, el presidente Harry Truman señala, en un documento clave: “El gobierno de Estados Unidos considera a los recursos naturales del subsuelo y lecho marino de la plataforma continental bajo el alta mar, contiguos a las costas de los Estados Unidos como pertenecientes a los estados y sujetos a jurisdicción de control”. Esta “Declaración Truman”, como pasó a la historia, es considerada el acta de nacimiento de lo que 50 años más tarde quedaría plasmado en la Convención de los Derechos del Mar (Convemar).

Demarcando terreno

Con tiempo hasta el 2009, fruto de la prórroga del plazo original, la Argentina debe demarcar su terreno y para ello requiere una serie de estudios geodésicos, geofísicos, geológicos e hidrográficos. “Entre los meses de diciembre de 2001 y febrero de 2002 y en noviembre de 2004, se han realizado dos campañas oceanográficas en el margen continental argentino, a efectos de recolectar datos sísmicos, gravimétricos, magnetométricos y batimétricos que, una vez procesados, servirán como información de base para elaborar la propuesta de determinación del límite exterior de la plataforma continental”, indica la doctora Armas Pfirter, y subraya: “En estos momentos, se está en la etapa de procesamiento de la información recogida en dicha campaña”.

En verdad, se aborda esta cuestión desde diversos campos a la vez. “Por otro lado -indica la especialista-, se está trabajando intensamente en la coordinación de criterios con funcionarios y técnicos de países limítrofes y de países con condiciones geomorfológicas similares, a fin de intercambiar experiencias y aunar criterios con miras a la futura presentación ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental”.

Con el mismo objeto de estudio, el doctor Ramos precisa que “desde hace años la Universidad viene analizando la

evolución de la plataforma continental desde un punto de vista geológico”.

La tarea de COPLA prosigue. “Las próximas etapas consisten en la continuación de las campañas oceanográficas ya programadas, de medición batimétrica y de prospección sísmica a grandes profundidades, las que deben realizarse con equipamiento específico y de alta complejidad. La información recogida será procesada e interpretada mediante software especializado”, anticipa la doctora Armas Pfirter.

Cuando se obtengan los resultados, estos serán “polifuncionales”, según la especialista, porque su aprovechamiento favorecerá a distintos organismos del Estado, como la Armada Argentina, las Secretarías de Energía y Minería, el Instituto Antártico Argentino y la Dirección Nacional de la Antártida, la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, el Servicio Geológico Minero y diversas instituciones científicas.

Quedan cuatro años para reunir toda la información y presentar la documentación ante Convemar a fin de acreditar tramo por tramo la plataforma continental que la Argentina reclama como propia. Luego, los técnicos de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental evaluarán si corresponden los argumentos dados y, en caso de que den lugar, “ese límite -destaca la doctora Armas Pfirter- se transforma en definitivo y obligatorio para los otros Estados y para la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos”. Es decir, habremos establecido, por fin, los últimos confines de nuestro territorio nacional. ■

Querés tener **EXACTA**mente.
Pero Ciudad Universitaria te queda lejos.
¿Entonces?

EXACTAmente **se acerca a vos**

**Ahora podés encontrarla en los kioscos
de revistas de la Ciudad de Buenos Aires y
zona de influencia así como
en los locales de EUDEBA.**

Para más información, escribí a
revista@de.fcen.uba.ar



Protocolo de Kyoto

Aire limpio *negocios turbios*

por Susana Gallardo

sgallardo@bl.fcen.uba.ar

Entró en vigencia el Protocolo de Kyoto, el esperado acuerdo internacional para paliar el cambio climático. Pero Estados Unidos, uno de los principales implicados, se negó a disminuir las emisiones de gas invernadero. Rusia, China, Australia y la India podrán seguir quemando carbón sin límites. Los países pobres no participan de las restricciones. En total, se espera una reducción de emisiones del cinco por ciento. Para generar algún cambio, sería necesario un 60 por ciento. Por ahora, los intereses económicos marcan el rumbo.

A los 16 días del mes de febrero de 2005, en la ciudad Kyoto, Japón, pasados más de siete años de haber sido aprobado por 180 países, comenzó a regir el tan mentado Protocolo, un acuerdo internacional que obedece al propósito de detener el irrefrenable avance del cambio climático y atenuar sus calurosas consecuencias.

El tan ansiado momento llegó, como estaba acordado, 90 días después de que Rusia le puso la firma a su ratificación. Este paso era imprescindible luego de que Estados Unidos, apenas Bush llegó al poder en 2001, aseguró que no lo ratificaría, a menos que China, India y Brasil (exceptuados de obligaciones) asumieran el compromiso de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Con la firma de Rusia se logró la ratificación de los países responsables del 55 por ciento de las emisiones globales en 1990.

Pero ¿el protocolo de Kyoto es la solución para frenar el calentamiento global? “Por lo menos, es un punto de partida en que la mayoría se pone de acuerdo para resolver un problema grave, que no se arregla con facilidad porque involucra a toda la economía”, opina el doctor Vicente Barros, profesor de Climatología en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA. “El hecho de que se haya logrado ponerlo en vigor es importante, aunque al no tener compromiso por parte de los países en desarrollo, hay un 30 por ciento de las emisiones actuales que no se controla. Es decir, las emisiones con-



troladas por el Protocolo son apenas del 45 por ciento”.

Según el especialista, la realidad es más compleja, pues los países en desarrollo son un grupo muy heterogéneo que comprende, por un lado, a los países isleños (las grandes víctimas del calentamiento global por el aumento del nivel del mar) y, por el otro, los de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), cuyos intereses van en sentido contrario a la mitigación. Se trata, además, de culturas y grados de desarrollo muy diversos. Sin embargo, todos coinciden en que no deben asumir compromisos para reducir las emisiones. En particular, los países que hoy se muestran más recalcitrantes con el cambio climático son aquellos que tienen grandes reservas de carbón, entre los que se encuentra China e India, además de los Estados Unidos, Rusia y Australia.

“India y China dicen que, cuando alcancen el promedio mundial de emisiones por habitante, van a tomar medidas. Pero eso les garantiza veinte años de emisiones feroces”, asegura Barros. Lo que es peor es que estos países, por su potencial científico, son formadores de opinión en los países en desarrollo.

Para el climatólogo, es probable que Brasil tome una posición más ambientalista, porque va a ser víctima: se van a calentar las regiones tropicales hasta el punto de que puede desaparecer el Amazonas, y el aumento de la evaporación va a comprometer los recursos hídricos.

El cambio ya se hace sentir

La cuenta regresiva ya se inició; de hecho, la temperatura media del planeta ha aumentado 0,6 grados centígrados en los últimos cien años. “Estamos inmersos

EL DÍA DESPUÉS DE MAÑANA Y LAS PARADOJAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

en el cambio climático”, sentencia el doctor Mario Núñez, profesor en la Facultad de Exactas y director del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), quien detalla: “Alrededor de 43 glaciares de los Andes patagónicos han retrocedido. Las temperaturas mínimas se incrementaron y se acortó la diferencia entre máxima y mínima. Además, aumentaron las precipitaciones, no sólo en la Pampa Húmeda, sino en todo el país”. Estos cambios obligan a reconfigurar el mapa de la producción. En ciertas áreas, las mayores lluvias permiten expandir la frontera agrícola, mientras que, en otras, las inundaciones llevan a importantes pérdidas (ver **EXACTAMENTE** Nº 21 y Nº 27).

Es indudable que el cambio climático es un fenómeno complejo. A este respecto, el doctor Osvaldo Canziani, miembro del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), reflexiona: “Los problemas que deberá enfrentar la sociedad, en un futuro más o menos próximo, no dependerán de una sola causa sino que serán el resultado de efectos integrados. Las características sociales, económicas y culturales de cada comunidad desempeñarán un papel trascendente”. Cada una se enfrentará a los cambios con su ancestro cultural y legal, su capacidad económica, sus conocimientos científicos y tecnológicos y su capacidad técnica. Los pueblos menos desarrollados sufrirán más las consecuencias del calentamiento terrestre por carecer de infraestructura y tecnologías apropiadas.

El investigador ejemplifica: “Los efectos de una tormenta son distintos en diferentes comunidades”. Una comunidad desarrollada no sólo dispone de estructuras apropiadas sino que posee normas y ordenanzas diseñadas para hacer frente a eventos extremos. No ocurre lo mismo cuando la comunidad carece de medios, tecnologías y educación social adecuada.

En *El día después de mañana*, se desencadena una glaciación en unas pocas horas, que sumerge a Nueva York debajo de una espesa capa de hielo. Si bien, en la realidad, ese congelamiento demandaría varias décadas, lo que muestra la película es una de las paradojas del calentamiento global: el aumento de la temperatura puede dar lugar a una glaciación.

¿Por qué? La razón parece estar en la salinidad del mar. Una disminución en la concentración de sal en el Atlántico Norte debido al derretimiento de los hielos de Groenlandia o un exceso de precipitación por cambio climático puede llevar a una disminución de la densidad del agua de mar, lo que, a su vez, puede generar, en el transcurso de décadas, una nueva edad de hielo.

El aumento de las temperaturas medias y de la precipitación puede bloquear la circulación oceánica en el Atlántico Norte y dejar las altas latitudes de ese Hemisferio sin el vital aporte de agua templada de los trópicos. La clave está en la cinta transportadora oceánica (*conveyor belt*).

«Es un flujo continuo que recorre los océanos y lleva aguas templadas hacia el Atlántico Norte. Allí el agua se enfría, gana salinidad y continúa por el fondo de los océanos hasta completar el recorrido. Como resultado de esta circulación, el norte de Estados Unidos y de Europa tiene una temperatura de 5 a 8 grados centígrados más alta de lo que sería sin ese aporte templado», explica la doctora Claudia Simionato, investigadora del Centro de In-



vestigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET).

El agua del Atlántico Norte es más salada que la del Pacífico porque, en latitudes bajas, los vientos alisios, que soplan del este, se llevan la humedad y dejan un exceso de salinidad en el agua sobre el Atlántico. Así, el agua más salina se hace más densa, sobre todo a bajas temperaturas, y, en consecuencia, se hunde. Ese vacío es compensado por un ingreso por superficie de aguas templadas a través de la Corriente del Golfo, lo que mantiene las temperaturas relativamente altas en Europa.

Esta circulación podría interrumpirse si se inhibe la producción de agua profunda, ya sea evitando que se enfríe, o dulcificando el agua, haciéndola menos densa. “Esto podría suceder como consecuencia del cambio climático, porque habría mayores precipitaciones y derretimientos de glaciares y, por ende, un exceso de agua dulce. Esto ocurrió hace diez mil años, se conoce como *Younger Dryas*”, detalla Simionato. En ese momento, el agua de deshielo (dulce) invadió el Atlántico Norte y disminuyó la salinidad de las aguas. De este modo, se inhibió la formación de agua profunda, y la temperatura cayó de golpe en pocos años.

“Por ello, la cuestión de definir qué es ‘peligroso’ en relación con el cambio climático depende de una decisión política”, subraya Canziani.

Es claro que el clima es un bien de la humanidad y que todos tienen el mismo derecho sobre él. Pero también es verdad

que un sector se apropió de ese bien en detrimento de los demás. Esta idea fue expresada por el Presidente Néstor Kirchner en la Décima Conferencia de las Partes (COP 10) que se realizó en Buenos Aires en diciembre de 2004, cuando caracterizó la situación como la de una “deu-

da ambiental” y llamó la atención sobre la dualidad que emplean los países industrializados en el manejo de la deuda propia y la financiera, de la que son acreedores.

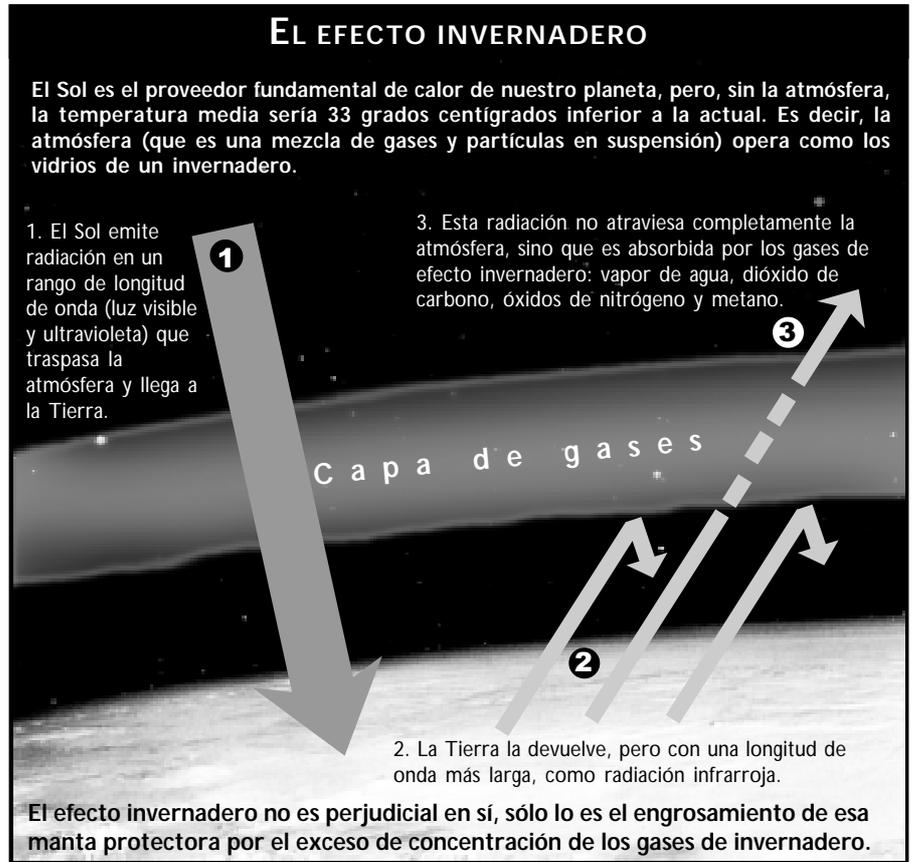
El cambio climático es el problema más severo que enfrentamos en la actualidad, más serio aún que la amenaza del terrorismo.

Y ya muy pocos se atreven a dudar de la importancia del cambio climático global y de la responsabilidad humana en sus causas. “El cambio climático es el problema más severo que estamos enfrentando en la actualidad, más serio aun que la amenaza del terrorismo”, advirtió en *Science* David King, asesor científico principal del gobierno del Reino Unido.

Para King, no caben dudas acerca de la responsabilidad humana en este problema. “Algunos cambios pueden atribuirse a ciclos naturales o a perturbaciones en el sistema climático terrestre, pero no podemos explicar la tendencia general al calentamiento durante el último siglo sin invocar efectos inducidos por la acción del hombre”, destaca.

Puro negocio

Lo cierto es que el futuro del planeta depende de una mesa de negociaciones donde se discuten los mecanismos de flexibilización pedidos como condición por los Estados Unidos. Uno de ellos es la denominada “burbuja”, que significa que un grupo de naciones adopte un compromiso conjunto. Es lo que negoció Europa: si un país se excede en sus emisiones, la Unión es responsable. “Esto se hizo previendo que algunos países, como España e Italia, no pudieran cumplir con lo que prometieron”, comenta Vicente Barros. Según el especialista, un tema reiterado en las negociaciones internacionales de problemas complejos es que los países no saben de qué se trata, ya sea porque carecen de cien-



tíficos, o porque no poseen una estructura capaz de absorber el conocimiento especializado. En esos casos, una nación puede hacer malos negocios.

Pero otras, en cambio, lograron hacer muy buenos negocios, como por ejemplo Rusia, que tiene vía libre para emitir cuando, en realidad, debería cumplir con un recorte del 70 por ciento. La verdad es que los ex países socialistas, luego de su crisis económica, transformaron su industria obsoleta y lograron un sistema más eficiente, con menor generación de gases de invernadero. Y aquí entra en juego otro de los mecanismos de flexibilización: la venta de emisiones. Esto es: si un país emite menos, puede vender créditos al que se excedió. “Los estadounidenses vieron que ellos no podían llegar con la reducción, pero le podrían comprar a Rusia, a quien le iba a sobrar, pero le iba a sobrar porque lo fabricaron”, señala Barros.

“El protocolo de Kyoto no reduce las

emisiones al nivel necesario para evitar un cambio climático peligroso –sostiene el especialista–. Para lograrlo, habría que alcanzar reducciones del 60 por ciento”. Es decir, habría que emitir sólo el 40 por ciento de los valores actuales, y no el 95 por ciento, que resulta de disminuir apenas el cinco por ciento, según el Protocolo.

Adaptarse o morir

¿Qué va a pasar después del 2012, fecha en que vence el primer periodo de cumplimiento del Protocolo? “Después de esa fecha deberíamos ir a una reducción mucho más fuerte. Y no cabe duda de que también los países en vías de desarrollo deberán hacer alguna contribución”, enfatiza Barros. Sería una forma de desarmar a los sectores más recalcitrantes de los Estados Unidos, que argumentan una pérdida de competitividad respecto de China, cuya industria operaría sin restricciones.

De todos modos, hay una gran incóg-

A LOS VIKINGOS LES FUE MAL

El doctor Vicente Barros, en su libro *El cambio climático global*, relata que, alrededor del año 1000, los vikingos colonizaron Islandia y Groenlandia. Pero el cambio climático que se evidenció a partir de 1350 hizo la subsistencia muy difícil y la colonia de Groenlandia se extinguió. La población no pudo adaptarse a la nueva situación y no quiso aprender de los habitantes autóctonos, que sobrevivieron sin dificultad con su economía marítima.

¿Por qué esa resistencia a adaptarse a las nuevas condiciones de Groenlandia?, se pregunta el autor, y responde: "Probablemente su estructura social jerárquica y cierta visión axiomática de la vida no lo permitieron. Dos condiciones pa-

recen haberse conjugado: la concentración del poder en una reducida elite y una visión unidimensional de la vida y del mundo".

Para el autor, la enseñanza que brinda el episodio es preocupante. Ante el enorme desafío que supone el actual cambio climático, cabe preguntarse quiénes están al mando, cuáles son sus intereses y si no predomina en la sociedad actual una visión unidimensional de la vida. Es claro que los factores determinantes en las decisiones colectivas son casi exclusivamente de tipo económico. Esto hace que nuestra sociedad global pueda ser incapaz de percibir otras realidades que las meramente económicas.

cos tendrían que ayudar a los más pobres. Pero hasta ahora aquellos han contribuido con muy poco: apenas 60 millones de dólares. Sólo en la Argentina, la adaptación costaría mucho más que eso. Pero ¿qué significa adaptarse? Esto implica infraestructura para hacer frente, por ejemplo, a las tormentas severas, que ya han aumentado su frecuencia e intensidad. Las rutas se han convertido en diques, porque fueron diseñadas para un clima del pasado. También se necesita revitalizar y reforzar los sistemas de alerta.

La COP 10 adoptó lo que se llamó un Programa de Trabajo en Adaptación y Respuesta, que incluye mayores esfuerzos para estimar la vulnerabilidad al cambio climático y las opciones de adaptación, auxilio a los países más pobres y apoyo en el desarrollo sostenible. "Este programa constituye un éxito de los países que como Argentina le dan a la adaptación al cambio climático un papel central en la negociación internacional", concluye Barros. ■

nita sobre la adaptación al cambio climático. "Cuando hablamos de adaptarnos, parecería que no vamos a hacer nada para mitigar el cambio", dice el in-

vestigador. Lo cierto es que hay que adaptarse, pero, al mismo tiempo, es necesario tomar medidas para frenar lo que se viene.

Para lograr la adaptación, los países ri-

Los mejores libros al alcance de todos



Independencia 1668 / 4382-4043 int. 104
www.ariel.es / www.ed-critica.es
elopresti@eplaneta.com.ar

Ariel **Crítica**
 Grupo  Planeta

Avistaje de aves

Platea *al natural*

por Cecilia Draghi cdraghi@bl.fcen.uba.ar
Fotos: Gentileza Aves Argentinas

No es necesario ser biólogo, ni tener conocimientos científicos. Sí tener paciencia y saber conservar la atención. El avistaje de aves es una actividad que en Europa y Estados Unidos tiene decenas de miles de adeptos y que en nuestro país crece sostenidamente año tras año. A quien decida emprender la aventura, lo esperan las mil variedades de aves que guarda nuestra región.



entre sus seguidores. “Es posible hallar abogados, contadores, mecánicos entre los integrantes de la Asociación”, relata Pedro Flombaum, biólogo egresado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, pero que comenzó a descifrar los mensajes de las aves a los 18 o 20 años, cuando empezaba a cursar su carrera. Sus primeros pasos los realizó junto con amigos en forma espontánea. “No es necesario ser biólogo para esta actividad”, insiste, al tiempo que subraya: “Hay mucha gente que es observadora informal”. Aunque, claro, reconoce que “como biólogo, el saber identificar aves brinda una herramienta muy importante para trabajar. Muchas preguntas en ecología, evolución y comportamiento se pueden contestar a través de las aves”.

Falta poco para que amanezca. Aún no comienza a clarear en el campo, pero ya pueden escucharse los sonidos de la naturaleza que anuncian un nuevo día. Con binoculares a cuestas y anotador en mano, camina a marcha lenta quien no quiere perder detalle de las sorpresas que le deparará el recorrido. A miles de kilómetros de allí, lo mismo puede ocurrir en plena ciudad, en un parque urbano. Pero a veces esas sorpresas suceden en espacios reducidos como el balcón de un departamento o camino a la parada del colectivo.

“En las últimas tres décadas, el número de observadores de aves aumentó pro-

gresivamente en la Argentina, impulsados por una mayor inclinación de nuestra población a estar en contacto con la naturaleza, por la explosión del turismo aventura en diferentes modalidades, por un incremento de las áreas naturales protegidas, la edición de guías de identificación y un mayor despliegue de actividades de las ONG conservacionistas, incluida Aves Argentinas”, define Andrés Bosso, director ejecutivo de esta entidad también conocida como Asociación Ornitológica del Plata.

La pasión por disfrutar la contemplación de algunas de las mil especies que habitan nuestro país no conoce distingos

Aquí y allá

En el planeta se calculan actualmente unas 9.500 especies que surcan los cielos y el paisaje terrestre. Es posible hallarlas en los más recónditos sitios, ya sea en los gélidos polos o en calurosas regiones selváticas. En ciertos lugares, su avistaje logra reunir a multitudes. “En países centrales la observación de aves es casi como un deporte más, ya que hay millones de observadores que recorren parques urbanos, reservas naturales y otros sitios silvestres munidos de prismáticos y guías de campo, entusiasmados con la idea de identificar

las aves”, señala Bosso. Y como ejemplos menciona los casos de Inglaterra, Holanda o Alemania. En el primero, la Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) congrega a algo más de un millón de socios y es la ONG más grande de Europa. “Se ha convertido en una de las entidades, después de la Corona, más respetadas en ese país. Cuenta con mil empleados y, como anécdota, un club de chicos observadores de aves que se llaman Wild Life Explorers, que suma unos 40.000 socios”. Alemania no se queda atrás, con 500 mil integrantes en asociaciones similares y Holanda reúne en la VBN (la “Ornitológica” de los Países Bajos) unos 125.000 socios. La Argentina, en cambio, aún está muy lejos de esas cifras: ronda los 800 la cantidad de integrantes con sus cuotas al día en Aves Argentinas. “Sin embargo –resalta Bosso– es la entidad latinoamericana con mayor número de socios”.

Desde la platea especial de la observación, de a poco, nada parece ser lo mismo, y comienza a diferenciarse en detalles sutiles, abriéndose nuevos mundos.

Aquí y allá, en una época del año todas las miradas se apuntan al mismo objetivo: el Festival Mundial de Aves, impulsado por la federación Bird Life International. Más de 80 países son de la partida, entre ellos Argentina. “En el mes de octubre en paralelo en todo el mundo se concentran actividades que tienen por objetivo la promoción de la conservación de las aves a través de múltiples emprendimientos. Desde presentaciones de libros hasta concursos de pintura y poesías con chicos de escuelas, por decir algunas de ellas. Como ejemplo, en los

Ser parte de la Investigación

¿Es muy lejana la posibilidad de que gente común se involucre en proyectos de investigación como ocurre en Estados Unidos? Se le consultó a Andrés Bosso.

“Es posible y deseable. Cuanto más gente se involucre en la observación de aves, su participación en este tipo de proyectos se irá incrementando. Por ejemplo, es muy popu-

lar en otros países el conteo de aves en los jardines. Ello implicó que los investigadores comprobaran la disminución de poblaciones de gorriones en Inglaterra. En fin, con sistemas de recolección de información simples y bien planteados, la observación de aves puede ser un puente extraordinario entre la academia y la sociedad”.



últimos años participaron cerca de 15 provincias de nuestro país”, agrega Bosso.

Platea de lujo

El espectáculo de la naturaleza está ahí, pero, aunque parezca evidente a simple vista, en realidad hay que aprender a descifrarlo, a desentrañar sus códigos. El canto, un lenguaje envidiable por cierto, es característico de cada especie, pero pueden existir variaciones según las razas o ambientes, denominadas “dialectos”. El macho habitualmente canta para defender su territorio o para atraer al sexo opues-

to. Desde la platea especial de la observación de a poco todo no parece lo mismo, y comienza a diferenciarse en detalles sutiles. Se abren, ante los propios ojos, nuevos mundos. Sólo es cuestión de detenerse a mirar, como propone Bosso.

¿Qué requisitos debe reunir quien desea realizar observaciones?

Una gran cuota de sensibilidad por lo que nos rodea y una vocación especial para promover la defensa de la naturaleza. El resto se aprende, se practica, se ejercita en las salidas. La curiosidad también es un requisito imprescindible. Hay que ser un poco

Un poco de historia

“Un día aparece un muchacho, Darío Izurieta, jovencito, pintor de paredes, que vivía con su mamá y tenía un proyecto de recorrer todo el país solo, con su bicicleta”, recuerda Edmundo Guerra en la revista *Nuestras Aves* de la entidad Aves Argentinas. “A la mañana siguiente apareció otro muchacho interesado en la entidad. Era Tito Narosky. Me dijo que era un coleccionista de huevos, y también salía al campo solo. Le comenté que había un muchacho que salía los fines de semana en bicicleta. ¿Por qué no se juntan? Así empezaron dos grandes”. Tal como señala la publicación: “De aquella unión promovida por Guerra saldrían los autores de las guías de aves más vendidas de Argentina”.

“ave” para observarlas. Ser inquieto, move-dizo, volar cada tanto a sitios desconocidos.

¿Cómo es una jornada de observación?

Lo ideal es levantarse temprano. Y estar en el campo antes de que comience a clarear. Las aves comienzan a vocalizar y ya se pueden detectar los primeros individuos. En una marcha tranquila se pueden ir observando y escuchando las aves. Anotando siempre las observaciones propias. En las horas de mayor calor (al igual que las aves) es bueno aflojar la marcha, disfrutar de un almuerzo liviano (con frutas cítricas, mejor) y, luego de un rato de siesta o descanso, continuar en las horas del atardecer, cuando las aves también invierten algo de tiempo en moverse de un sitio a otro aprovechando las últimas luces.

¿Cuáles son las sensaciones más habituales de los principiantes?

En general, tienen una sensación doble: emoción por el descubrimiento de un mundo hasta entonces desconocido y del que ya empiezan a descifrar los primeros mensajes; pero, por otro lado, la perpleji-



dad frente a la cantidad de especies y la decisión de qué anotar ante el hallazgo novedoso.

Con el tiempo de observación, el panorama se va aclarando. “Día a día, uno puede distinguir cada vez más”, confiesa Sofía Gallino, estudiante en la Escuela Argentina de Naturalistas, en relación con las salidas de observación de campo. “Ver un hornero llevando barro en el pico en la época de nidificación provoca una sensación muy difícil de expresar en palabras”, señala, sin ocultar la emoción que le provoca recordarlo.

Luego no se puede parar con este hábito. “Nunca se deja de observar. Vivo en un departamento en Núñez, desayuno en el balcón y todas las mañanas hago la lista de las aves que veo. Y esta contemplación te cambia el día. Buenos Aires tiene aves espectaculares. Otro tanto ocurre cuando remo en Tigre, allí encuentro otras especies”, relata Flombaum. En verdad, él ya no puede dejar de contemplar. “Puedo viajar 2.000 kilómetros en una ruta y siempre voy atento a las aves. Permanentemente estoy con el detector prendido”, indica.

Como ellos, los observadores de aves

Agenda 2005

Aves Argentina ultima los preparativos para la organización de las reuniones nacionales de Ornitología. Este año, entre los días 7 y 10 de septiembre, tendrá lugar la edición número XI en la sede del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, en Buenos Aires (www.avesargentinas.org.ar/rao). “Hace varios años que no se organizaba, por lo tanto hay una gran expectativa. Conferencistas del exterior, simposios y eventos paralelos conformarán una extraordinaria posibilidad para que los estudiantes de Exactas puedan entrar en contacto con las líneas modernas de investigación en este campo. Y como de las 1.000 especies de aves que habitan nuestro país, unas 120 están en riesgo de extinción, las aves necesitan que cada vez sean más los jóvenes que se interesen”, indica Andrés Bosso, director ejecutivo de Aves Argentinas.

no dejan nunca de “despuntar el vicio”, como define Bosso. “Con muy poco, apenas un binocular y un anotador, podemos tocar la dicha”, escribió Tito Narosky, presidente honorario de Aves Argentinas. Y los que lo probaron no dejan de confirmarlo. ■

Profesores de Física mentirosos (enseñan teorías falsas)

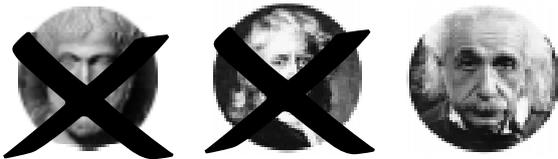
Los profes de física de todo el mundo pecan de mentirosos. Sólo unos pocos se salvan de mi acusación: aquellos que lo hacen por desconocimiento y un reducido grupo que le pone el pecho a la dificultad.

Lo cierto es que decenas de miles de honorables colegas enseñan afanosamente las cuatro leyes de la dinámica: la 1ra ley, Ley de Inercia o Ley de Galileo; la 2da ley, Ley de la Masa o Ley de Newton; la 3ra Ley o Ley de la Acción y Reacción; y la Ley de Gravitación Universal; más todas sus derivadas. Y lo hacen sabiendo que su conjunto, la mecánica clásica, ha sido declarada indubitablemente ¡falsa!

Un poco de historia y de orden

La humanidad ha gozado de tres grandes teorías mecánicas (o sea, de las que explican en términos generales el funcionamiento del universo). Ellas son: la antigua o Aristotélica, la clásica o Newtoniana y la moderna o Relativista. La antigua gobernó la ciencia unos dos mil años y fue Aristóteles quien la plasmó y organizó como teoría consistente. Pero llegaron Galileo y Newton y demostraron que esa teoría se equivocaba no sólo en sus predicciones sino en su consistencia general. Con experimentos sencillos demostraron que Aristóteles se equivocaba. Y fue don Isaac Newton quien construyó el edificio teórico que contuvo al universo los tres siglos posteriores, mediante su magnífica obra *Principia Matemática*.

Pero hace exactamente cien años, el empleado de una oficina de patentes en Berna, un jovencito llamado Arbert Einstein, le dio al mítico Isaac una dosis de su propia medicina: juntó todos los yerros de la teoría clásica y encontró que era imposible corregirla para explicar esos fenómenos en los que el universo la contradecía. La cuestión era sencilla, la teoría de Newton era ¡falsa!. Y para rematarla propuso una nueva teoría mecánica: la Relatividad, que hasta hoy goza de excelente salud.



Son unos falsos

Han pasado ya cien años. Y a sabiendas, nuestros profesores de Física siguen (seguimos) enseñando en las escuelas y universidades una teoría –la de Newton– que sabemos falsa. Me parece una pena que no lo admitan frente a sus alumnos. Creo que no hay que temer a la saludable reacción del alumnado, poner el cuerpo y decirles que estamos dispuestos a defender la cuestión. Sí, les vamos a enseñar una teoría falsa, y estamos convencidos de que es lo correcto. Veamos.

a) Empecemos por el final... la teoría de la Relatividad ¿es verdadera? Ja, ja ja. No, mis pirulines. ¡No es verdadera! ¡Ni lo será nunca, ni ninguna otra teoría del universo! No hay ni habrá nunca una ley o un teorema que nos pueda afirmar que tal o cual teoría sea verdadera. Y hay más aún: ¡nos importa un rábano! A lo sumo, cuando una teoría ha sido probada y recontraprobada hasta el hartazgo y sigue respondiendo a las mil maravillas, como la relativista, lo que decimos de ella no es que sea verdadera, decimos: “está altamente corroborada”. Verdadero es

una palabra que hace tiempo fue desterrada de la pretensión científica. Y así somos enormemente felices.

b) Por falsa que sea la clásica de Newton, sigue siendo útil. Qué digo útil: utilísima. Si quiero mandar un cohete a Marte o construir unas Torres Gemelas nuevas, la física que se utiliza es la de Newton, no la de Einstein. Porque el error que cometo al proyectar con la primera es despreciable respecto de la guita que me costaría proyectarla con la segunda, que es mucho más laboriosa y difícil. Eso me lleva al tercer justificativo.



c) Si yo tuviera que esperar a que los niñitos aprendan la suficiente matemática como para poder hacer física con la Teoría de la Relatividad, créanme, dejaríamos sin física a la totalidad del planeta.

d) Si cada una tiene ventajas y desventajas, a la hora de decidir con cuál hacer física para enseñar nos debemos quedar por lejos con la newtoniana, que aunque sea falsa no deja de ser un modelo (un universo de juguete) como las otras dos, y que, además de ser sencilla, y tener una elevada carga intuitiva, posee una elegancia como ninguna otra en la historia del conocimiento.

Resumiendo: sí, somos falsos. Y somos guapos. Y nos la bancamos. Y qué.

HUMOR

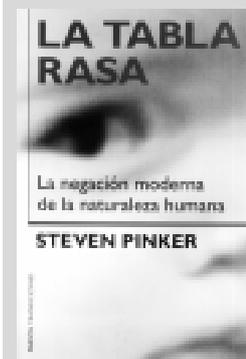
por Daniel Paz

Todos conocen los enormes aportes de Einstein a la ciencia moderna, pero muy pocos saben de su influencia decisiva en la estética del rock.



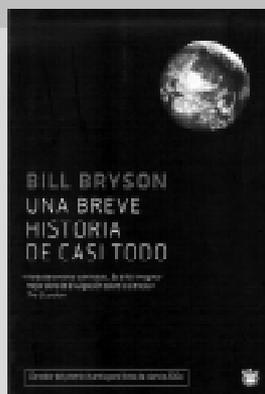
La tabla rasa
La negación moderna de la naturaleza humana

Steven Pinker
Barcelona, 2004
Ed. Paidós, 704 páginas.



Una breve historia de casi todo

Bill Bryson
Barcelona, 2004
Océano, 511 páginas.



Nuestra hora final
¿Será el siglo XXI el último de la humanidad?

Martin Rees
Barcelona, 2004
Ed. Crítica, 222 páginas.



Hubo que esperar dos años para leer la traducción de *The Blank Slate*, pero valió la pena. El último libraco de Steven Pinker, el científico canadiense, psicólogo cognitivo, lingüista, sociobiólogo y evolucionista más polémico que ha dado el último decenio, resulta una obra monumental.

La primera parte del texto denuncia y disecciona los tres grandes mitos sobre la naturaleza humana: la tabla rasa (al nacer somos una pizarra en blanco en la que la cultura cincela nuestra vida), el buen salvaje (nacemos buenos, es la sociedad quien nos corrompe) y el fantasma de la máquina (el alma).

Luego demuestra que estos tres antiguos mitos están arraigados en la filosofía y la política de todos los tiempos, y cómo y por qué despierta tanto temor (e ira) la idea de una naturaleza humana descaradamente biológica y entendible en términos científicos. Los capítulos finales son misiles nucleares: la política (derechas e izquierdas), La violencia (individual y colectiva), el género (feminismo, violación), Los hijos (la educación) y Las artes (el posmodernismo).

Steven Pinker fue elegido por el New York Times como una de las 100 personas más influyentes de todo el mundo. En buena medida se debe a que *La tabla rasa* es un libro tan claro y contundente como imprescindible.

Una breve historia de casi todo es, ante todo, eso: una breve historia. Sobre todo porque, al terminar las 511 páginas que contiene el libro, al lector le parecerá demasiado breve, y deseará continuar, al menos, otras 500 más. Es que la historia escrita por Bryson es tan entretenida, amena y divertida que uno querrá que le sigan contando de qué se está ocupando la ciencia, qué se fueron preguntando los hombres a lo largo de la historia y qué respuestas obtuvieron.

Contiene el anecdotario más extenso y desopilante jamás reunido sobre el devenir de la ciencia. Famosos e ignorados, los protagonistas de esta historia son despojados del bronce o el olvido, respectivamente. Y con ellos Bryson reconstruye la urdimbre humana en la que estuvieron entrelazados; nos cuenta sus mezquindades, sus rencillas, sus celos, sus renuncios, sus secretos y sus genialidades.

Pero no se trata de una colección de chismes. La macrovisión de Bryson sobre esta epopeya humana de comprender la vida y el universo lo erige entre científicos como un experto digno de respeto y casi de reverencia. Además, la *historia* tiene una trama sólida, clara, sumamente didáctica, y muy bien documentada, lo que la convierte en una de las más importantes obras de divulgación científica escrita en todos los tiempos.

Nunca faltaron los libros apocalípticos. Pero éste no es uno de ellos. *Nuestra hora final* es antes que nada una toma de conciencia, un relevamiento general de las cuestiones más urgentes, más importantes y más interesantes sobre la problemática del futuro de la humanidad.

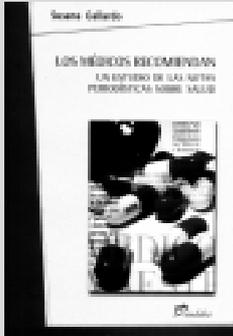
Estas cuestiones no son muchas y Martin Rees las presenta y expone con la claridad que lo caracteriza. La prosa sencilla y el razonamiento simple, alimentados por verdades contrastadas por la ciencia, abordan también un sinnúmero de especulaciones y posibilidades muy bien sustentadas sobre el principio de realidad. La pregunta sobre si será el siglo XXI el último de la humanidad no hace otra cosa que ponernos en conocimiento de los peligros reales a los que estamos expuestos y cuya ignorancia, a veces, los aumenta. La cuantificación que se hace de cada uno de ellos les quita el halo de cuco para convertirlos en objetos manejables, enfrentables.

No faltan las consideraciones estéticas, morales, sociales, políticas ni económicas. El autor demuestra que en la cosmovisión que consiguió a lo largo de su carrera la dimensión humana ha cobrado una importancia crucial.

En este espléndido libro, que no es apocalíptico, cada capítulo es una paliza sin reparos de la que el lector quedará conmovido, perplejo... y tal vez, esperanzado.

Los médicos recomiendan
Un estudio de las notas periodísticas
sobre salud

Susana Gallardo
 Buenos Aires, 2005
 Eudeba, 213 páginas.



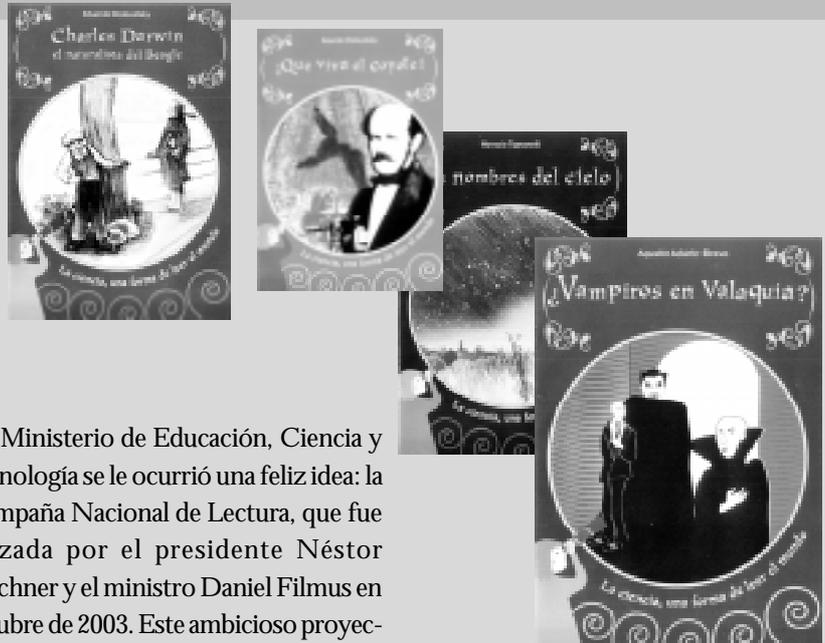
Los medios le dedican cada vez más tinta a dar consejos apuntando a la salud de la población. A veces nos advierten sobre determinado peligro, otras nos aconsejan qué hacer frente a ese peligro, siempre trasladando las palabras del médico y dándonos un marco que suplante la autoridad que puede dar el consultorio.

La doctora en Letras y, para nuestro orgullo, jefa de redacción de **EXACTAmente**, Susana Gallardo, vivisecciona en *Los médicos recomiendan* el discurso de los medios sobre salud a partir de un conjunto de notas aparecidas en los diarios Clarín y La Nación de Buenos Aires. Sobre ese corpus elabora una metódica caracterización de los recursos lingüísticos del género. Pero que esto no “asuste” a nadie, porque, si bien el público especializado agradecerá este texto tan novedoso para nuestro país, el lector lego podrá abordarlo sin dificultades y jugar más tarde a entender por qué tal periodista de tal medio eligió determinada forma de expresarse o no otra.

Como valor agregado, *Los médicos recomiendan* contiene un capítulo íntegro dedicado a las discusiones acerca de la divulgación científica que es casi un contrapunto entre distintas teorías y autores, y que ayuda a pensar tanto la comunicación como la actividad científica misma. El hecho es que la divulgación de la ciencia es un terreno fértil para la investigación y la discusión.

Colección La ciencia, una forma de leer el mundo

Despacio
que hay para todos



Al Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología se le ocurrió una feliz idea: la Campaña Nacional de Lectura, que fue lanzada por el presidente Néstor Kirchner y el ministro Daniel Filmus en octubre de 2003. Este ambicioso proyecto está modelado a partir de la distribución de miles y miles de pequeños libros (de ocho páginas cada uno, impresos a color) que se vienen distribuyendo desde principios del año pasado en fiestas nacionales del interior del país, carpas de lectura *ad hoc*, en circuitos familiares a la letra impresa (como la escuela primaria) y hasta en otros un poco ajenos a ésta (como pueden serlo las canchas de fútbol, donde se destinaron unos 60 mil ejemplares por fecha durante el campeonato de fútbol 2004).

Dentro de esta campaña, acaba de editarse la colección *La ciencia, una forma de leer el mundo*, una serie de ocho títulos que tanto cuentan historias y anécdotas relativas a la investigación y sus protagonistas, como presentan descubrimientos y desarrollos científicos pensados como disparadores para dejar impronta en la curiosidad de los lectores.

De acuerdo a la planificación de los organizadores, tanto los temas como la forma de abordarlos están pensados con el objeto de inducir al público a que se acerque a los libros, y ganar adeptos den-

tro de una población que varía entre poco afecta y rebelde a la lectura. Si bien la colección es variada en cuanto al tratamiento de estilo (hay textos más llanos, con el ojo puesto evidentemente en los más chicos, y otros con lenguaje más ilustrado) y por lo tanto es esperable que algunos títulos dejen afuera a parte del público, lo cierto es que todos se ven como resultado de un trabajo serio. Un dato no menor: se imprimió un total de 160 mil ejemplares.

Los temas son atractivos y los autores –cada uno a cargo de dos títulos– verdaderos especialistas en cada una de las áreas del conocimiento. Veá, si no: *El guiso fantasmagórico* y *Vampiros de Valaquia*, a cargo del epistemólogo Agustín Ardúriz-Bravo; *El primer astrónomo criollo* y *Los nombres del cielo*, del astrónomo Horacio Tignanelli; *El argonauta argentino* *La mirada del lince*, del físico Diego Hurtado de Mendoza; y *¡Qué viva el coyote!* y *Charles Darwin, el naturalista inglés*, a cargo del biólogo Eduardo Wolovelsky.



Plan de ciencia y tecnología

El proyecto preliminar de una planificación estratégica a mediano plazo que contempla la duplicación del número de científicos y el aumento de la inversión en el área al 1 por ciento del PBI fue presentado a la prensa y a las autoridades del sistema científico en el Ministerio de Educación. El trabajo fue elaborado en el marco del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y coordinado por el profesor Mario Albornoz.

La meta debería alcanzarse en diez años, durante los cuales será necesario el ingreso en el sistema científico-tecnológico de 36.000 nuevos investigadores y técnicos. La inversión, para 2015, se estima en 5.600 millones de pesos.

Establecer líneas prioritarias de investigación y convertir el actual conglomerado de organismos en un sistema interconectado son algunos de los objetivos del plan, en cuya preparación intervinieron más de 400 científicos y representantes del mundo de la producción.

Para el ingeniero Tulio Del Bono, titular de la SECyT, "la ciencia y la tecnología no tienen sentido si no sirven para mejorar la calidad de vida de las personas. Por eso este programa está pensado no para la ciencia, sino para la gente".

Por su parte, Mario Albornoz explicó: "Crear una capacidad científica y tecnológica propia requiere la toma de decisiones de largo plazo: estas actividades precisan un tiempo prolongado de maduración; el horizonte del conocimiento se despliega con mucha rapidez y genera oportunidades a las que es preciso estar atentos; y algunos de los problemas implican restricciones, como la preservación del ambiente, que requieren estudios complejos".

Klimovsky, ciudadano ilustre de Buenos Aires



"Este es uno de los episodios más importantes de mi vida y lo considero un acto de amor de la Ciudad hacia mí. Pero tengo que declarar que este amor es recíproco", destacó Gregorio Klimovsky,

profesor emérito de la UBA, a poco de recibir la distinción de ciudadano ilustre por parte de los legisladores porteños.

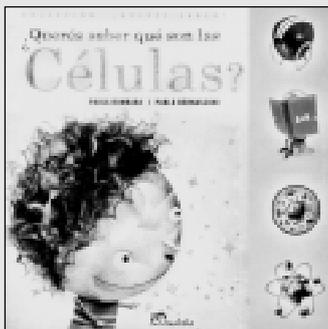
Klimovsky, quien es miembro del Comité Editorial de **EXACTAMENTE**, es considerado uno de los mayores especialistas en epistemología (el estudio crítico del desarrollo, métodos y resultados de las ciencias) de América. Nació en Buenos Aires en 1922, cursó y más tarde enseñó matemáticas en la Facultad de Exactas de la UBA, donde llegaría a ser decano. Su trabajo fue aún más allá y abarcó otras disciplinas como la ética y metodología de la investigación. En 1986 recibió el Premio Konex de Platino en el área de la Lógica y Filosofía de la Ciencia y tres años después el Premio de la Asociación Internacional Psicoanalítica por su fundamentación epistemológica del psicoanálisis.

Por otra parte, integró la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas (Conadep) y la Asamblea Permanente por los Derechos Humanos.

Autor de *Las desventuras del pensamiento científico*, Klimovsky ahora tiene una nueva distinción obtenida con el voto de "representantes de la izquierda, la derecha y el centro", según Alicia Bello, autora de la iniciativa de otorgar el título de ciudadano ilustre. Durante el acto estuvieron presentes el rector de la Universidad de Buenos Aires, Guillermo Jaim Etcheverry, el vicejefe de Gobierno de la Ciudad y presidente de la Legislatura, Jorge Telerman, el presidente de la Comisión de Cultura y Comunicación de la Legislatura, Norberto Laporta, y personalidades como el recientemente fallecido Manuel Sadosky, Mischa Cotlar, el historiador Gregorio Weinberg y las Abuelas de Plaza de Mayo. Tras destacar la importancia del conocimiento como un valor en sí mismo, Klimovsky afirmó que "la ciencia es bella".

PREMIO PARA UNA COLECCIÓN INFANTIL

La colección *¿Querés saber?*, editada por Eudeba, con textos de Paula Bombara e ilustraciones de Pablo Bernasconi, fue seleccionada por la Asociación de Literatura Infantil y Juvenil de la Argentina (AliJA) entre los "Destacados de AliJA 2004" en el rubro Divulgación Científica. ALIJA es la Sección Nacional de IBBY (International Board on Books for Young People), una organiza-



ción sin fines de lucro que representa una red internacional dedicada a acercar a los niños a los libros.

La colección *¿Querés saber?*, destinada a chicos de 6 a 8 años y que tiene el propósito de explicar conceptos con rigurosidad pero de manera sencilla, se compone de cuatro títulos que tratan acerca de las células, el ADN, las proteínas y las vitaminas y minerales.

Células "a medida" para reparar tejidos

Al año de haber anunciado la obtención de células embrionarias humanas por clonación, el equipo de investigadores de Corea del Sur logró crear células embrionarias "a medida" de un grupo de pacientes, muchos de ellos con daño neurológico. El trabajo se publicó en Science, acompañado de comentarios elogiosos.

El veterinario Woo Suk Hwang y el ginecólogo Shin Yong Moon, de la Universidad Nacional de Seúl, lograron producir once líneas de células madre con la información genética de personas accidentadas o enfermas. Pero, a diferencia de la experiencia anterior, en que se habían necesitado 248 intentos para obtener una única línea celular, en esta oportunidad consiguie-

ron una línea celular con menos de 20 intentos.

Según afirman los científicos en su trabajo, un factor importante del éxito fue haber utilizado ovocitos recién recolectados de mujeres fértiles en lugar de emplear los que son descartados en tratamientos de fertilidad. También podría haber sido definitiva la edad de las donantes. Mientras los ovocitos tomados de mujeres de alrededor de 30 años daban una línea celular cada 30 intentos, los de donantes más jóvenes permitieron un éxito cada 13 intentos. De todos modos, Hwang advierte que podrían pasar diez años o más antes de que alguien se beneficie de la clonación terapéutica.

Por su parte, el doctor Lino Barañao, presidente de la Agencia Nacional de Pro-

moción Científica e investigador del Conicet, considera que "el brillo de este logro no debería hacernos olvidar que aún queda otro gran obstáculo por delante, y es que todavía no sabemos si las células madre son verdaderamente la herramienta terapéutica que creemos que son". Para el investigador, más allá de ciertas evidencias laterales, todavía no se probó en forma fehaciente que las células madre tengan utilidad cierta.

Además, "resta confirmar si estas células son seguras; es decir, si dado su enorme potencial de proliferación no van a dar origen a un tumor. Y la prueba clínica va a requerir mucho tiempo, tal vez décadas", concluye Barañao.

DESAFÍOS DEL PERIODISMO CIENTÍFICO

Justamente el día del periodista en nuestro país, el pasado martes 7 de junio, tuvo lugar en Montevideo, Uruguay, el Encuentro Latinoamericano de Periodistas Científicos y Ambientales con la participación de más de 40 profesionales provenientes de diez países del continente convocados alrededor de una propuesta titulada "Límites y desafíos del ejercicio de la profesión".

Durante más de ocho horas, en la Sala de Convenciones de la Torre de las Comunicaciones de ANTEL, se escucharon las dificultades existentes en distintos países para cumplir con esta tarea. Una de ellas, generalizada: el limitado espacio en los medios destinado a la ciencia y tecnología. También se analizó que, para revertir la situación, es necesario contar con un mayor número de profesionales especializados. En este sentido, un dato reiterado fue la falta de lugares de capacitación, que obliga a los interesados a viajar a formarse al exterior.

"En mi país no hay escuelas de periodismo científico", dijo Sophie Malavoy, periodista de la Radio y Televisión de Canadá y autora del libro *Cómo comunicar ciencia*. "Divulgar no es enseñar, tampoco es un resumen de una investigación o la simplificación de postulados técnicos", delineó. ¿Qué es? "La divulgación científica tiene un rol de despertador, generar ganas de saber más. Si bien hay desafíos científicos y ambientales por explicar, esto no quiere decir enseñar, la gente no quiere volver a la escuela", dijo.

Desde otra perspectiva, Giovanni Gotopo Acosta, del diario "La Mañana"

de Venezuela, sugirió que esta característica puede darse en regiones "con un sistema de educación bien desarrollado, pero no para países latinoamericanos con problemas en la formación, donde los periodistas actúan con un rol importante de educadores no formales".

En tanto, Marcelo Leite, colaborador de Folha de São Paulo, Brasil, estimó: "La prensa no es una institución de enseñanza todavía. Por supuesto que uno siempre aprende algo de una nota, pero el primer

objetivo no es enseñar". A su entender, el papel del periodista "es antes que nada hacer pensar". Más adelante, señaló: "El periodismo científico no es un compendio de curiosidades sino que debe brindar información básica para que el ciudadano pueda pensar y ejercer sus derechos".

La amplia respuesta de participantes al encuentro superó las expectativas de los organizadores y mostró una vez más el interés que concita el periodismo científico y la necesidad de estos encuentros.

NOVARO RECIBIÓ EL WHITLEY AWARD

El Whitley Award, el premio más destacado de los que se otorgan a proyectos ambientalistas en Gran Bretaña, fue entregado al joven biólogo Andrés Novaro, quien trabaja en una iniciativa para reducir la caza furtiva del guanaco y el choique o ñandú petiso.

Novaro, graduado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y doctorado en la Universidad de Florida, trabaja actualmente en el Centro de Ecología Aplicada de Neuquén. Precisamente allí, el guanaco tenía una gran población, que fue afectada por la producción petrolífera. "En la etapa de exploración se abrieron 40.000 picadas para hacer explosiones y mapear el subsuelo. En esa área la vegetación es espinosa, pero al abrir esos caminos les fue muy fácil a los cazadores llegar has-

ta los guanacos y la población descendió un 90 por ciento. El impacto en el choique fue tan fuerte que casi no se pueden ver", comentó Navarro.

La idea para detener esta merma del número de animales es cerrar los accesos a estos caminos de modo de complicarle el paso a los cazadores. Así, el guanaco, principal herbívoro con cruciales interacciones con el ecosistema, podría continuar siendo la especie emblemática de la Patagonia. Y aún más, podría utilizarse su lana como un recurso. "Si hacemos bien las cosas, en pocos años podríamos tener una población esquilable. Todavía estamos a tiempo", indicó.

Novaro fue uno de los ocho premiados con esta distinción, dotada de 30 mil libras, que se otorga desde 1994. Este año hubo 100 postulantes de todo el mundo.

¿Spock se retira?

por Pablo Coll*
y Gustavo Piñeiro**

pecoll@dc.uba.ar

gbsgep@yahoo.com.ar

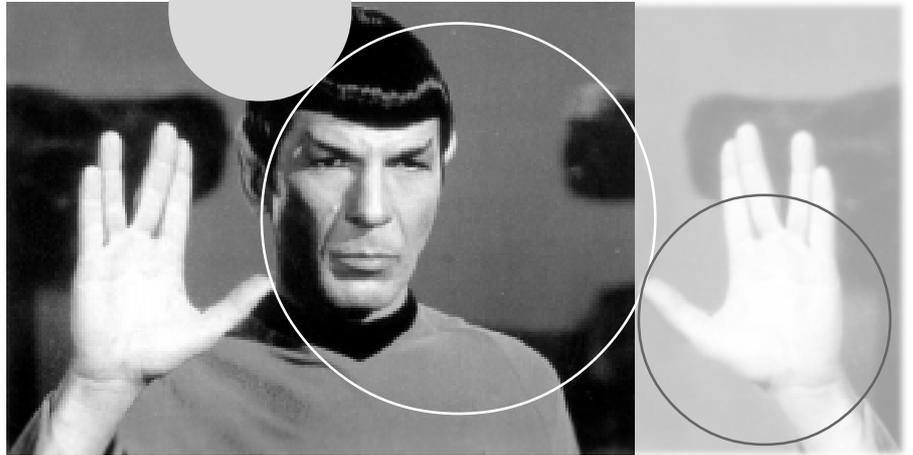
El señor Spock, nuestro conocido viajero espacial aficionado a la lógica, ha pensado finalmente en retirarse. Aunque tiene apenas 142 años (plena juventud para alguien de su especie), la verdad es que ya se siente un poco cansado de tanto vagabundeo por la Vía Láctea. Su deseo ahora es descansar alejado del mundanal ruido y dedicarse a la meditación en algún lugar tranquilo. Y el lugar ideal para retirarse, piensa Spock, es el monasterio de los Altos Sofistas del Bajo Vulcano, en su planeta natal. Pero para ingresar al monasterio, Spock debe superar tres difíciles pruebas.

Primera prueba: Spock es enfrentado a tres maestros que, sentados a una mesa cual tribunal examinador, lo miran fijamente y en silencio. Se le ha dicho a Spock que uno de ellos es el Maestro Veraz –que siempre hace afirmaciones verdaderas–, otro es el Maestro Mendaz –que siempre hace afirmaciones falsas– y otro es el Maestro Equilibrador, que a veces las hace verdaderas y a veces falsas, sin seguir ninguna regla precisa. Un acólito le venda los ojos a Spock y a continuación se oyen las voces de los maestros. Una primera voz dice: “El Maestro Equilibrador está sentado a mi lado, justo a mi derecha”. Una segunda dice: “El Maestro Equilibrador está sentado a mi lado, justo a mi derecha”. Y la última: “El Maestro Equilibrador está sentado a mi lado, justo a mi izquierda”.

Minutos después, la última voz agrega: “El Maestro Veraz está sentado a mi lado, justo a mi derecha”. Y la que había hablado en segunda instancia dice: “El Maestro Veraz está sentado a mi lado, justo a mi izquierda”.

Al fin, a Spock le quitan las vendas y el acólito le pregunta: “¿Dónde está sentado cada maestro?”.

Segunda prueba: a Spock le presentan un antiguo pergamino con las si-



guientes frases escritas:

“Todas las frases de este pergamino son verdaderas”.

“Todas las frases de este pergamino son falsas”.

“Exactamente una frase de este pergamino es verdadera”.

“Exactamente una frase de este pergamino es falsa”.

La pregunta: ¿cuáles frases son verdaderas y cuáles son falsas?

Tercera prueba: Spock es introducido –otra vez con los ojos vendados– en una habitación con cuatro puertas. Una puerta está en la pared norte de la habitación, otra está en la pared sur, otra en la pared este y la restante en la pared oeste. Cada puerta tiene un placa indicadora. Algunas placas, tal vez todas, contienen afirmaciones verdaderas. Algunas, tal vez todas, contienen afirmaciones falsas. Al menos

una de las puertas conduce al interior del monasterio, y si Spock da con una de esas, habrá sido admitido, retirándose para siempre de sus viajes espaciales. Por otra parte, al menos una puerta conduce al exterior, si Spock da con una de ellas, perderá su posibilidad de ingresar al monasterio y volverá a viajar.

La puerta del norte dice: “Ni este cartel ni el de la puerta del sur son veraces”.

La puerta del este dice: “La puerta del oeste lleva al interior del monasterio”.

La puerta del sur dice: “Sólo una puerta conduce al interior del monasterio; su cartel es veraz, pero no es esta puerta”.

La puerta del oeste dice: “La puerta del este no conduce al interior del monasterio”.

Spock duda un minuto y luego abre la puerta del norte. ¿Cuáles carteles son los veraces y cuáles los mentirosos? ¿Qué puertas conducen al interior del Monasterio? ¿Se retira finalmente Spock?

Soluciones del número anterior

- 1) Considerando de igual área un cuadrado de lado 23 y un círculo de diámetro 26 se mejora la aproximación a Pi. Con un cuadrado de lado 148 y un círculo de diámetro 167 se llegan a 5 decimales exactos después de la coma.
- 2) La fracción de Tsu Chung-chih era $355/113 = 3,141592920$
- 3) La mejor aproximación es $85910/27346$ que, sorprendentemente, es la fracción de Tsu Chung-chih multiplicada por 242.

*Doctor en Computación y docente del Departamento de Computación - FCEyN.

**Licenciado en Matemática - FCEyN.

Libros para todos

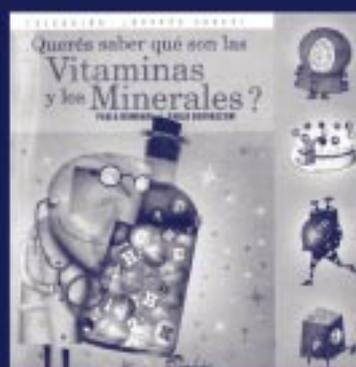
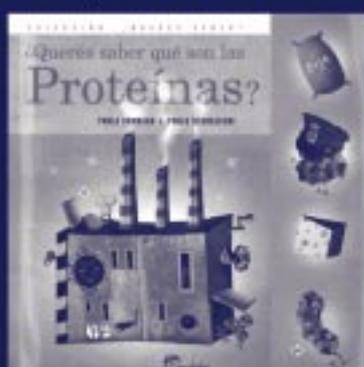
Novedades Eudeba

Ciencia y Tecnología



colección **¿Quieres saber?**

Libros de ciencia para chicos desde 6 años



Editorial Universitaria de Buenos Aires S.E.M
Av. Rivadavia 1573 C1033AAF Ciudad de Buenos Aires
Librería Central Av. Rivadavia 1571
Sede Ciudad Universitaria Pabellón III. Subsuelo.
Tel. 54 11 4383 8025 rot.
eudeba@eudeba.com.ar