

Año 25 | N° 64 | Noviembre 2018

ISSN papel: 1514-920X

ISSN en línea: 1853-2942

EXACTAMENTE

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

EX
m

La revista de
divulgación
científica

Alimentos

El sabor de la comida

Entrevista

Ricardo Villalba

Dossier

A 100 años
de la Reforma Universitaria

Volcanes

**Gigantes de fuego
cien años después**

SUSCRÍBASE AL CONOCIMIENTO

CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 27 - número 162 - octubre - noviembre 2018

Ejemplar en la Argentina \$140

1800 ARTÍCULOS

30

AÑOS



1500 CIENTÍFICOS DIVULGADORES

www.cienciahoy.org.ar

contacto@cienciahoy.org.ar



RevistaCienciaHoy

Tel (011) 4961 1824

Fax (011) 4962 1330

Nº 64

Noviembre
2018



Foto de tapa:
NASA Earth Observatory.
Imagen: Robert Simmon

EXACTamente

Es una publicación cuatrimestral de la Subsecretaría de Comunicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

ISSN papel: 1514-920X
ISSN en línea: 1853-2942 Registro de propiedad intelectual: 28199
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Subsecretaría de Comunicación
Ciudad Universitaria,
Pabellón II, C1428 EHA
Ciudad Autónoma de Bs. As.
Teléfono: 5285-8030
Página web de Exactas-UBA:
<http://exactas.uba.ar>

Vías de contacto

Podés enviarnos tus comentarios, suscribir a tu institución, bajar la revista en formatos electrónicos o ver cómo conseguir la versión en papel en el sitio web:
revistaexactamente.exactas.uba.ar
o por e-mail a:
exactamente@de.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.



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 3.0 Unported.

Editorial

Ministerio

El 10 de diciembre de 2007 se creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. No fue un mero emblema, no fue sólo un mensaje al pueblo argentino de que la ciencia tenía un lugar primordial en el proyecto de de país, de industrialización, independencia, conocimiento y crecimiento. Fue una medida estratégica y efectiva que produjo un cambio rotundo e inimaginado, de desarrollo, de renovación, de consolidación.

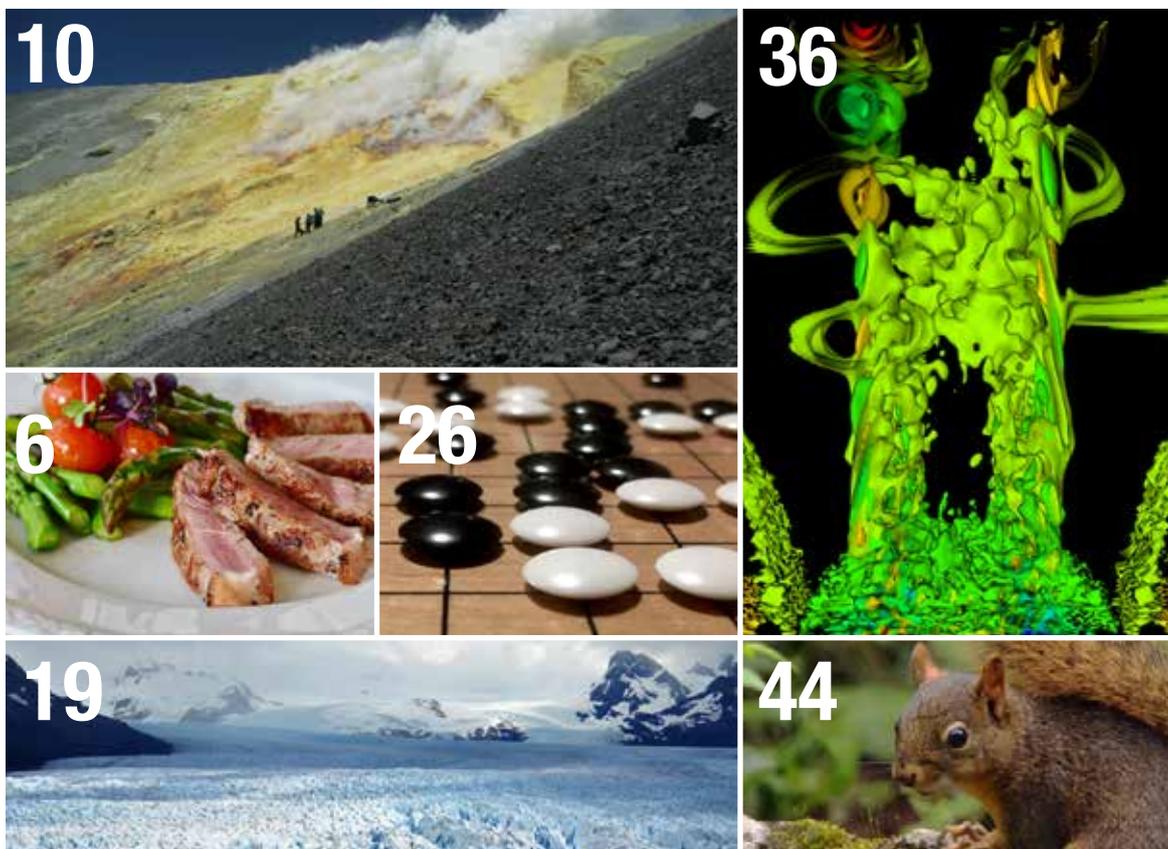
Se jerarquizaron los salarios de los científicos, aumentó la cantidad de jóvenes que ingresaron al sistema, se repatriaron más de 1300 científicos que habían emigrado en tristes momentos del pasado buscando la oportunidad que la Argentina les negaba, aumentaron los montos asignados para la investigación, se multiplicaron las becas, se ampliaron, arreglaron y modernizaron los edificios dedicados a la ciencia, y otro tanto para equipamiento e infraestructura. Al mismo tiempo se hizo un esfuerzo para popularizar el sentido del desarrollo científico y se incentivó la generación de vocaciones: Tecnópolis, el plan Conectar Igualdad, la profusión de programas de divulgación y en sí mismo el Canal Encuentro, la declaración de carreras universitarias prioritarias (y su implementación como tales) son testimonio de ello.

Pero el país cambió su rumbo. Desde diciembre de 2015 se ha ido malogrando todo lo construido, en forma constante, sin pausa. Para el modelo de país subdesarrollado exportador de bienes primarios y de especulación financiera la ciencia es un lujo, un bien suntuoso, un gasto del que hay que prescindir.

La degradación del Ministerio a Secretaría en septiembre de 2018 no es un cambio de nombre, no es sólo una señal, es la cabal adecuación del organigrama gubernamental a la política de destrucción de la ciencia y el futuro de los argentinos.

Ricardo Cabrera
Director de EXACTamente

SUMARIO



6 **Alimentación**
El sabor de la comida

10 **Geología**
Gigantes de fuego

14 **Interdisciplinas**
Física y economía

19 **Entrevista**
Ricardo Villalba, geógrafo

24 **Política científica**
Recortes en ciencia y tecnología

26 **Computación**
Inteligencia artificial

29 **Dossier**
100 años de la Reforma Universitaria

36 **Informática**
Simulación computada

40 **Medio ambiente**
Basura electrónica

44 **Control biológico**
Convenio de diversidad biológica

48 **Biblioteca**

49 **Recomendaciones**

50 **Preguntas**

Facultad Universidad de Buenos Aires de Ciencias Exactas y Naturales

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

Ciencias
Biológicas

Ciencias
de la Atmósfera

Ciencias
de la Computación

Ciencias Físicas

Ciencias
Geológicas

Ciencias
Matemáticas

Ciencias Químicas

Ciencia y Tecnología
de los Alimentos

Oceanografía

Paleontología

Profesorados
en Ciencias

Ciudad Universitaria. Ciudad Autónoma de Buenos Aires | exactas.uba.ar

EXACTAS
UBA

STAFF

CONSEJO EDITORIAL

Presidente: Juan Carlos Rebores
Vocales: Sara Aldabe Bilmes, Guillermo Durán, Pablo Jacovkis, Javier López de Casenave, Marta Maier, Silvana Ponce Dawson, Victor Ramos, Matilde Rusticucci, José Sellés-Martínez

EQUIPO EDITORIAL

Director: Ricardo Cabrera
Coordinador editorial y editor de imágenes: Juan Pablo Vittori

Jefa de redacción:
Susana Gallardo

Redactores:
Cecilia Draghi, Gabriel Stekolschik

Editores de secciones fijas:
- Artes: José Sellés-Martínez
- Política científica: Guillermo Durán

Colaboradores permanentes:
Nora Bär, Guillermo Mattei, Daniel Paz, Ignacio Uman

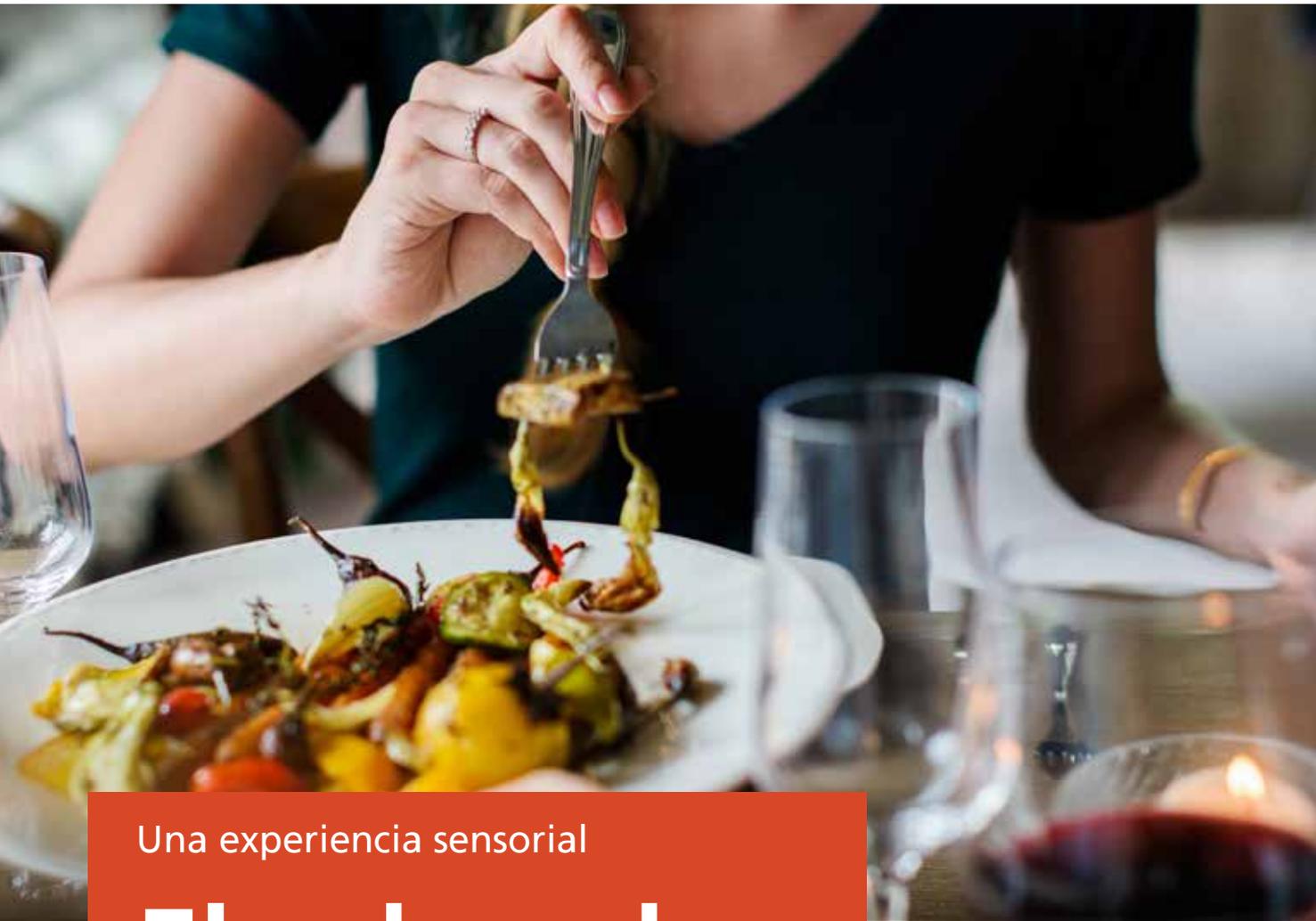
Colaboran en este número:
María Laura Marcias - Daniel Grimaldi
- Valeria Levi - Alejandro Wolosiuk
- Guillermo Vazquez - Gonzalo Álvarez - Eduardo Díaz de Guíjarro.

Corrección: Romina Cabaleiro

Diseño: Pablo G. González

Fotografía: Diana Martínez Llaser

Impresión:
Gestión de Impresión: Centro de copiado
"La Copia" S.R.L.



Una experiencia sensorial

El sabor de la comida

Saboreamos una comida o un buen vino gracias a nuestros receptores gustativos y olfatorios, pero también gracias a la capacidad para percibir sensaciones como "picante" o "refrescante". Y, si bien nos gusta el dulce de leche, no lo combinaríamos con carne asada, ni con un plato de raviolos o con un filete de merluza; en este aspecto, influye la cultura. Es que el acto de comer es una experiencia compleja que trasciende lo biológico.

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar

En la novela en siete tomos *En busca del tiempo perdido* del escritor francés Marcel Proust, el protagonista bebe un sorbo de té y, en el momento en que percibe el sabor de una magdalena en su boca, retornan a su mente los recuerdos que darán cuerpo a la narración: "Era el mismo sabor de aquella magdalena que mi tía me daba los sábados por la mañana. Tan pronto como reconocí los sabores de aquella magdalena [...] apareció la casa gris y su fachada, y con la casa la ciudad, la plaza a la que se me enviaba antes del mediodía, las calles".

Un sabor logra remontarnos al pasado y despertar en nosotros muy variadas emociones. Pero ¿cómo se produce el sabor?

El sabor es una experiencia compleja que involucra a todos nuestros sentidos. Es un efecto que surge de la combinación de la apariencia, la textura y el aroma de un alimento, sumado a los gustos básicos y algunas sensaciones corporales. Pero saborear una comida

En esta nota

Patricia Aguirre, doctora en Ciencias Antropológicas, UBA. Docente e investigadora en el Instituto de Salud Colectiva de la Universidad Nacional de Lanús.

Romina Barrozo, Doctora en Ciencias Biológicas, investigadora del CONICET y directora del Grupo de Neuroetología de Insectos Vectores (NIV) de Exactas-UBA.

Fernando Locatelli, doctor en Ciencias Biológicas e investigador del CONICET en el Laboratorio de Neurobiología de la Memoria del Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIByNE), en Exactas-UBA.

Florencia Mazzobre, doctora en Ciencias Biológicas, profesora en el Departamento de Industrias, Exactas UBA e investigadora del CONICET.

Sandra Guerrero, investigadora de CONICET. Profesora del Departamento de Industrias de Exactas-UBA.



El sabor de una comida, además de involucrar nuestros sentidos, se vincula también a una historia, una cultura y una situación social.

se vincula también a una historia, una cultura y una situación social.

Gusto y sabor

Sabor y gusto no son lo mismo. En efecto, “en el sabor hay tres contribuciones: el sentido del gusto, el aroma y algunas sensaciones corporales, por ejemplo, lo picante, lo astringente, la textura y la temperatura”, detalla la doctora Sandra Guerrero, investigadora del CONICET y profesora en Exactas-UBA.

Percibimos un gusto determinado cuando una sustancia química soluble entra en contacto con los *botones gustativos*, localizados principalmente en la lengua y la cavidad bucal. Cada uno responde a uno de los cuatro estímulos primarios del gusto: dulce, salado, amargo y ácido, más los gustos umami y metálico, recientemente incorporados. El umami, que en japonés significa “sabroso”, es generado por el glutamato monosódico y se encuentra en alimentos ricos en proteínas así como en el tomate, los espárragos y los hongos.

Además, ciertas sensaciones percibidas al saborear un alimento resultan de la estimulación de las terminales nerviosas ubicadas en la boca, cuyas señales

llegan al nervio trigémino. El picante describe la sensación de ardor; y la astringencia, la sensación de amargo y sequedad en la boca generada por algunos productos, como el vino o el café. La sensación refrescante resulta de una reacción química provocada por sustancias como el mentol.

“Los gustos básicos interactúan entre sí, por ejemplo, el amargo y el dulce pueden suprimirse mutuamente, como al agregar azúcar al café. También se contrarrestan el ácido y el dulce, al endulzar un jugo de pomelo”, señala Guerrero.

La capacidad de detectar los gustos básicos es innata, pero mejora con el entrenamiento. También cambia con la edad: de niños preferimos los gustos dulce y salado; de adultos, podemos incrementar el gusto por los sabores ácido y amargo.

Por su parte, la doctora Romina Barrozo, investigadora en Exactas-UBA, sostiene: “El sentido del gusto nos permite discriminar, también, entre aquellos alimentos calóricos y nutritivos de los que pueden ser nocivos. Por ejemplo, el gusto dulce es producido por los azúcares, la principal fuente de energía, y el gusto amargo

se encuentra en algunas sustancias nocivas”. Y agrega: “Tiene sentido evolutivo que un individuo tenga preferencia o aversión por determinados gustos”.

Barrozo propone: “Si combinamos estímulos representativos de todos los gustos en un cóctel que contenga sacarosa, glutamato monosódico, cloruro de sodio, ácido cítrico y sulfato de quinina, el sujeto que lo ingiere percibiría en simultáneo las modalidades gustativas básicas. Esto ocurre gracias a que el sistema gustativo es capaz de analizar los componentes individuales de una mezcla compleja”.

En la integración entra en juego la experiencia previa de cada persona y la reacción metabólica y fisiológica del alimento en el organismo. Al ingerir un producto, el sistema gustativo ya está previniendo al sistema digestivo, por ejemplo, que se está consumiendo azúcares y que hay que secretar insulina.

Aroma y sabor

Para percibir el sabor también es importante el olfato. Para ello, contamos con cientos de receptores que detectan moléculas olorosas. Pero, en la mayoría de los casos, percibimos mezclas, por

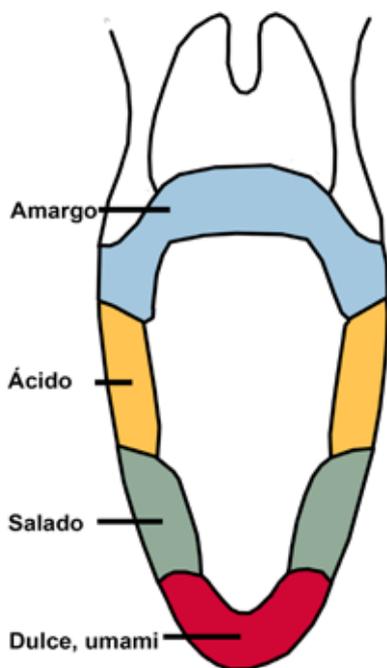


Los investigadores estudian en abejas cómo los distintos olores se codifican en el sistema nervioso central, y cuáles son las neuronas involucradas en reconocerlos.

ejemplo, el aroma del café o de un perfume resultan de la combinación de diferentes moléculas.

Para indagar los mecanismos del gusto y del olfato, el doctor Fernando Locatelli, también investigador del CONICET en Exactas-UBA, quien realiza experimentos con abejas, afirma: “Todos los organismos que poseen un sistema olfativo presentan una estructura muy similar”, y agrega: “Por ello, trabajamos con un animal experimental más accesible y manipulable, y los resultados pueden servir para entender cómo funciona

Localización en la lengua de los gustos básicos



el olfato en un animal más complejo, como el humano”.

En particular, el investigador estudia cómo los distintos olores se codifican en el sistema nervioso central, y cuáles son las neuronas involucradas en reconocerlos. Un olor tiene un significado para el animal cuando puede ser asociado con algo, ya sea apetitivo o aversivo.

El reconocimiento de un olor atraviesa distintos órdenes de procesamiento en el sistema nervioso. “Hay un nivel de integración en que cada olor empieza a tener identidad y es asociado con cierta sustancia. Luego, en un nivel superior, cada uno adquiere una valencia positiva o negativa”, especifica Locatelli.

Esa valencia es la que guía el comportamiento de un animal, y hace que sea atraído por ese olor, o que rehúya de él. “No lo hace por la identidad de ese olor sino en función del significado que el olor predice”, acota.

Experiencia multisensorial

Ahora bien, todos los sentidos contribuyen al sabor: el tacto permite apreciar la textura y la consistencia de un alimento. El oído colabora en la percepción de lo crocante o quebradizo.

También influyen el color y la forma, por ejemplo, un alimento azul puede resultar poco atractivo. “En las prácticas con alumnos, les damos a probar yogures con el mismo gusto pero distinto color y, por ejemplo,

Historia de la comida

En su libro *Historia social de la comida*, la antropóloga Patricia Aguirre comienza describiendo la dieta paleolítica: rica en nutrientes y baja en grasa y azúcares, con muchas frutas y vegetales, frutos secos, hongos, carne magra de caza, y nada de lácteos. El resultado: un cuerpo magro y musculoso.

Posteriormente, la agricultura daría paso a los hidratos de carbono, que, junto con el sedentarismo, cambiarían la forma de producir y consumir alimentos, modificando la dieta y los hábitos. “Los excedentes de la cosecha, en las sociedades estratificadas, se distribuirían de manera desigual, dando lugar a la alta y la baja cocina”, señala Aguirre.

La *alta cocina*, la de los aristócratas, el 10% de la población, incluía una multiplicidad de alimentos. La *baja cocina* era la de los campesinos, el 90% de los habitantes, centrada en cereales y tubérculos.

Esas dos formas de vivir dieron origen a cuerpos de clase: uno rechoncho, el de los aristócratas, mostraba opulencia y salud. Para el pueblo, el cuerpo flaco, de la escasez y la enfermedad. Pero la sociedad industrial, a través de la publicidad y la comida rica en calorías y pobre en nutrientes, daría lugar a cuerpos opuestos a los del pasado: ricos flacos y pobres obesos.

un rosado más intenso es percibido como más dulce”, señala la doctora Florencia Mazzobre, profesora en el Departamento de Industrias de Exactas-UBA.

El color predispone a la persona antes de probar un alimento. “El sabor a menta se identifica si está en una bebida verde, pero no se percibe con facilidad, o parece menos intenso, si la bebida es roja”, agrega Mazzobre.

Análisis sensorial de los alimentos

En la producción de alimentos, es fundamental confirmar que el producto es seguro para la población. Pero también hay otros aspectos importantes, relacionados con la aceptación por parte del consumidor. De esa tarea se encargan los laboratorios de análisis sensorial.

“Mediante el análisis sensorial, los individuos pueden evaluar, por ejemplo, la aceptabilidad de un producto, las diferencias respecto de otro, o alguna característica particular del producto despojado de su marca”, afirma la doctora Sandra Guerrero. Las conclusiones a las que llega un grupo (panel) de personas entrenadas para evaluar un alimento a través de sus sentidos, luego son puestas en contraste con la información que se obtiene, sobre los mismos parámetros, a partir de una medida instrumental en laboratorio. El objetivo es obtener una correlación entre ambos tipos de información.

Lograr que una persona pueda evaluar con la misma precisión que un instrumento es un proceso complejo. “Nosotros hemos entrenado paneles para evaluar textura, de manera que las personas sean capaces de enfrentarse a un alimento y medir en él, mediante el uso de escalas específicas como si fuera un instrumento, distintos aspectos de este parámetro, tales como, la crujencia, la viscosidad o la dureza”, detalla Guerrero.

Por su parte, la doctora Sandra Guerrero señala que el color influye en la aceptabilidad de un producto. “Por ejemplo, las mayonesas claras son mejor aceptadas que las oscuras, que se asocian a sabores oxidados, y eso es algo cultural”, y prosigue: “En Argentina se acepta el pollo fresco si tiene un tono amarillo muy claro, casi blanco. Pero en México el color óptimo para este alimento es cercano al naranja, por la alimentación que recibe”.



La incorporación de hidratos de carbono junto con el sedentarismo, cambiaron la forma de producir y consumir alimentos, modificando nuestra dieta y hábitos.

Gusto y sociedad

Gracias al sentido del gusto y el olfato, podemos, como todos los animales, elegir lo que nos nutre y rechazar lo nocivo. Pero somos los únicos que cocinamos los alimentos y los transformamos en una comida que consumimos en grupo y, a través de esa actividad, mantenemos relaciones personales y expresamos afecto, entre muchas otras funciones.

Comemos lo que necesitamos para vivir, pero solo aquello que, por tradición, sabemos que es comestible, y rechazamos aquello que aprendimos que no se come, por ejemplo en Argentina no ingerimos insectos, mientras que en Colombia se consumen las hormigas “culonas” y, en México, los chapulines y los gusanos rojos del mezcal.

Así lo señala la doctora en Ciencias Antropológicas Patricia Aguirre, y destaca que todas las sociedades controlan lo que comen los sujetos, y cada uno asume como gusto propio “lo que su sociedad le ofrece, lo que abunda, o se considera adecuado y está legitimado por las creencias”, enumera Aguirre, y subraya: “El gusto se construye socialmente. Si fuera biológico, sería universal”.

La comida como tal no existe separada de la sociedad que la consume. “Un producto comestible se transforma en comida solo cuando es designada como tal por un grupo humano en un tiempo determinado”, destaca Aguirre. Una prueba de ello es que una

misma sustancia comestible, por ejemplo la carne vacuna, es considerada comida por un grupo social, mientras que es excluida por otro (por ejemplo, en la India).

Cuando un alimento se combina según las reglas de la cocina de una sociedad, se transforma en plato. Así el trigo candéal transformado en harina se convierte en un plato de fideos en la cena y puede combinarse con salsa de tomate, pero no con almíbar; es consumido caliente y no frío; y servido en el almuerzo o la cena, pero no en el desayuno o la merienda.

En la actualidad, el principal actor en la construcción y homogeneización del gusto es el mercado que, a través de la publicidad, dio entrada a la comida chatarra y, con ella, a la epidemia de obesidad. Pero, si las relaciones sociales en la alimentación quedan ocultas, parecería que el problema reside en las elecciones del sujeto.

Aguirre remarca: “Al desprestigiar el medio social, se convierte a las víctimas en culpables de su propio padecimiento y se libera a la sociedad de responsabilidad”.

Y concluye: “Mientras la epidemia de obesidad se considere un problema de los pacientes y no de la sociedad, no generará acciones políticas para transformar las fuerzas sociales que la condicionan”.

Estudios geológicos en Argentina

Gigantes de fuego, cien años después

El volcán Copahue está activo y, desde hace casi cien años, es observado por expertos. Los primeros trabajos fueron realizados por Pablo Groeber, y luego lo siguieron numerosos investigadores argentinos. Mariano Augusto, del Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (GESVA), relata las experiencias de ayer y hoy.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Fotos: Gentileza Mariano Augusto

En esta nota:

Mariano Augusto, director del Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (Gesva) en el Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber". Investigador del Conicet. Trabaja en el Departamento de Geología de Exactas-UBA.

En plena campaña científica de 1920-1921, un hombre con su equipo geológico a cuestas ascendía con mulas el Copahue, para realizar las primeras observaciones que harían historia en la volcanología argentina. Casi un siglo después, ese pionero —si viviera— vería llegar, al mismo sitio, una camioneta con una inscripción que lleva su nombre: Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber". A bordo de la cuatro por cuatro, hoy van investigadores que continúan la tarea con el mismo afán de comprender el comportamiento de esa montaña de fuego, situada en Neuquén.

Uno y otros han tenido desde siempre una cita obligada en su recorrida: un científicamente atractivo cráter que, a diferencia de la imagen tradicional de los volcanes, no está en la cima, sino a un costado, y tampoco es el único, porque hay otros ocho, pero que no están activos como aquel. Hoy se llega a él tras dejar el vehículo en una especie de estacionamiento agreste, y luego se sigue a pie. Una caminata empinada de una hora, en la que los investigadores, por lo general, no están solos, porque forma parte del típico *tour* de la zona. Es más, en invierno, algunos visitantes acceden velozmente con motos de nieve, para luego descender en esquí.

Copahue y Caviahue, las localidades ubicadas a 5 y 9 kilómetros del cráter del volcán, dan vida hoy a un atractivo



Cráter del volcán Copahue.

complejo turístico con 22 pistas de esquí y 13 medios de elevación, junto con hospedajes lujosos, así como un coqueto *spa* termal. Todo esto conforma una imagen muy lejana de la escena que vivió Groeber. "No la pudo haber imaginado jamás", sugiere Mariano Augusto, director del Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (Gesva), quien historia: "La actual Villa Copahue era una zona de piletones de agua caliente y burbujeante, donde los lugareños habían armado chozas de piedras y paja para refugiarse de la cuestión climática durante los días de baño". Es más, hasta el mismo Don Pablo buscó allí lugar para hacer un alto en sus expediciones a la zona.

Hoy, la población instalada a los pies del Copahue junto con los miles de visitantes que se suman año tras año, convierten el peligro que puede generar todo volcán activo en un riesgo, pues podrían verse afectados en caso de erupción. Por ello, los conocimientos científicos ayudan a comprender su comportamiento y dan asistencia a los tomadores de decisiones durante las crisis volcánicas.

Laguna que va y viene

En los últimos cien años, la política nacional vio nacer gobiernos de líderes como Hipólito Yrigoyen y Juan Domingo Perón, y también fue testigo de sus caídas, con la marca que generó en cientos de miles de argentinos, cuyos tiempos de vida son un suspiro, geológicamente hablando, para un planeta con 4500 millones de años de edad.

En ese mismo siglo, equivalente a un microsegundo en la vida de la Tierra, el cráter activo del Copahue vio formar una laguna de aguas ácidas, cálidas y ardientes, que en algunos casos llegaron a los 80°; y también la observó

desaparecer, al volar por los aires en algunas de sus erupciones. Pero Groeber la encontró en 1920 y la describió, por primera vez, entre las características del volcán, diciendo que "posee un cráter circular de alrededor de medio kilómetro de diámetro, con paredes casi perpendiculares que se levantan 250 a 300 metros arriba de una laguna de dos y medio a tres hectáreas de superficie y profundidad, hasta ahora, desconocida".

Por entonces, la temperatura del agua oscilaba en 20°, según midió este pionero, nacido en Estrasburgo en 1885, y llegado a la Argentina en 1911, a instancias del doctor Juan Keidel, jefe de la Sección Geología de lo que luego sería el Servicio Geológico Nacional.

Cuando arribó al país, Groeber ya había hecho expediciones al Tian Shan, que "se convirtieron en los primeros estudios geológicos y estructurales de vastos sectores de esa región de Asia Central, donde su dominio del idioma kurdo le permitió salir ileso de riesgosas situaciones en esa, aun hoy día, peligrosa región", historian los doctores Héctor Leanza y Víctor Ramos, al tiempo que destacan su habilidad para manejar diversas lenguas, posiblemente influido por su padre, profesor universitario de Filología y Humanística. Es que podía expresarse en alemán, francés, inglés, italiano, castellano y araucano, que aprendió en sus recorridas por Neuquén.

La palabra *Copahue* tiene varias versiones sobre su origen. Según el primer gobernador de Neuquén, Manuel Olascoaga, provenía de *Copan*: "venir a bañar" y la terminación mapuche *hue* "lugar", es decir, "lugar donde vienen personas a bañarse". En tanto, para el misionero jesuita Luis de Valdivia, significaba "azufre", cuyo aroma suele sentirse en las cercanías.



Nevada a principio de temporada. E. Gil Achirica. Informe del año 1940.



Imagen del informe de Groeber y Perazzo de 1940.

“La presencia de azufre en la laguna del cráter, como así también en el material emitido durante los eventos eruptivos, es particularmente abundante en el volcán Copahue”, define Augusto, junto con María Laura Vélez, en la *Revista de la Asociación Geológica Argentina* en su estudio sobre el trabajo pionero de Groeber, quien también había dado cuenta de esta característica en sus relatos: “contemplando la laguna desde arriba, se ven formarse, especialmente en su rincón sudeste, manchas amarillas de azufre, que cambian de forma y de frecuencia, desaparecen y vuelven a presentarse”, anotó Don Pablo en 1920.

Con datos recientes, de la última expedición a la laguna del cráter en el verano de 2018, Augusto señala que “el olor es fuerte. Cuando vamos con los estudiantes, la mayoría queda al reparo del viento y los gases, y, en un grupo más reducido, descendemos al cráter para tomar muestras”. Enseguida, agrega: “Colgados con sogas, logramos acercarnos un termómetro a las aguas y medimos 45° de temperatura. Se las veía burbujear”.

Actualmente, la laguna está de nuevo restableciéndose. Desde que voló por los aires en la erupción del 22 de diciembre de 2012, tres veces se volvió a formar y, otras tantas, se extinguió. Su desaparición fue, en su momento, una buena noticia para los científicos, pues por primera vez les permitiría obtener datos directos de gases, como fumarolas, y detectar así que presentaban temperaturas de hasta 431°, entre otros detalles de importancia. Es que hasta entonces, la laguna, al condensar el material emitido por el volcán, impedía tomar estos muestreos.

Volcán burgués

Un día de campaña de hoy, poco y nada se puede comparar con los vividos por Groeber, guiado por vaqueanos, sin GPS y pocas comodidades a su paso. “Al Copahue lo llamamos el volcán burgués, porque nos permite levantarnos a las 7 en la cabaña, salir tranquilos y estar de vuelta después del mediodía. Es muy cómodo acceder a su cráter. Muy distinto a otros, que suelen estar a gran altura, lo cual es un factor de riesgo para trabajar”, contrasta Augusto, quien hurgó en varios de ellos en Sudamérica, Europa, Antártida; y algunos tan lejanos como en Japón.

Justamente, en su última campaña antes de ir al Copahue, Augusto ascendió al Planchón-Peteroa, en la frontera de Chile y Argentina, y dejó, en la cima, instrumental para tomar mediciones. Si bien este complejo volcánico es activo, y por ende peligroso, al estar alejado de la población, el riesgo es relativamente menor. “En el Peteroa hacemos campamento en la base, donde llegamos con vehículos. Luego, hay una subida de 4 a 5 horas. En algunos casos, parte del trayecto es con caballos y mulas. Nos levantamos a las 6, para estar arriba en

la cima a las 11 y trabajar hasta las 16, aprovechando la luz del día para descender”, relata.

El camino muestra la aridez de los Andes y hay pocos compañeros de viaje. Algunas veces, se vislumbra algún que otro cóndor. “Cuando sobrevuelan nuestras cabezas, a veces entre nosotros nos reímos y comentamos: ‘Para ellos solo somos carne fresca’”. Majestuosos, imponentes, al desplegar sus alas pueden medir hasta tres metros de largo. Estas aves, que son unas de las más grandes del mundo, son foco obligado de una y cien fotos, en las que “luego no se ve nada, por supuesto. Salvo un punto en el cielo. Pero está buenísimo”, sonríe.

Atados con sogas y todo el equipo de rigor, en medio de la nada, hoy como ayer los científicos se internan en las entrañas de estas ardorosas montañas. Augusto llegó a descender hasta 70 metros. “Al borde del cráter del Peteroa, el viento es ensordecedor, sumamente incómodo. Cuando comenzamos a bajar, disminuye el ruido y es un alivio enorme. Lo que no significa que desaparezca, porque estamos a 4000 metros de altura en la Cordillera. El viento siempre está, con mayor o menor intensidad.



Muestreo de gases en la cima del volcán Lastarria.

Una buena fórmula



El primer egresado del Doctorado en Química de nuestra Facultad en 1901, el doctor Enrique Herro Ducloux (1877- 1962), pionero indiscutido de los químicos formados en la Argentina, tuvo una destacada actuación por la calidad de sus trabajos analíticos sobre aguas, en particular, termales. En la fotografía, se lo ve a los 64 años en Copahue, con su hijo Abel Herrero Ducloux, quien fuera posteriormente un destacado geólogo petrolero, colaborando con Pablo Groeber en los estudios analíticos del Copahue, según Venancio Deulofeu, en “Homenaje a los presidentes de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales”. Este recuerdo fue acercado a Exactamente por el geólogo Víctor Ramos, distinguido con el Premio Lenovo 2017 de la Academia Mundial de Ciencias.

Y hay fumarolas, por eso uno además siempre escucha que están tirando el *fusssshhhh* permanente”, grafica.

En el ojo del volcán, el silencio está matizado con estos bemoles, y los investigadores dieron gracias de no estar justo allí arriba el 27 de febrero de 2010, cuando se registró el gran terremoto de Chile, de una intensidad de 8,8. “Era la madrugada y estábamos en carpa en la base del Peteroa. Sentí una sacudida como jamás viví. Primero, pensamos que era debido al volcán. Miramos hacia el cráter, pero era de noche y no se veía nada. Si hubiera sido el responsable, las incandescencias de una erupción hubieran sido notables. Supusimos que sería un sismo típico de la Cordillera, pero resultó ser el más importante de los últimos años,



El grupo de investigadores en la cima del volcán Peteroa.

con epicentro a kilómetros de donde estábamos. Fue *te-rrrrrr-ible*. De hecho, pudimos ver a la distancia la estela de polvo que se formaba debido a las rocas que se desprendían de las montañas”, recuerda Agosto.

Al amanecer, juntaron sus cosas e iniciaron la vuelta. “El camino estaba destruido”, indica. Pero, ya más tranquilos y anoticiados de lo ocurrido, surgieron las preguntas de rigor: ¿Qué hubiera pasado si el sismo los agarraba cuando estaban descendiendo por el cráter? ¿Qué hubieran hecho? “No lo sé”, confiesa. Por cierto, en las campañas existe el protocolo de llevar casco, máscara y distintas medidas de seguridad. Además de la consigna de retirarse ante una situación de riesgo. “En este caso, no tiene sentido nada de esto porque no hay tiempo” destaca y, enseguida, agrega: “Cuando uno está allí colgado de una sogas en el interior del cráter, no piensa en la actividad volcánica, sino solo en hacer su trabajo”. De hecho, no es habitual que los científicos sean víctimas de estas situaciones. “Es más probable que un vulcanólogo muera en un accidente de tránsito, antes que en una erupción”, contrapone.

Ese fuego sagrado

Una verdadera caldera natural escondida en el volcán. Roca fundida en estado líquido que se genera en la profundidad de la Tierra y asciende hacia la superficie aprovechando grietas y fisuras. En su camino a la superficie, desarrolla cámaras profundas, llamadas magmáticas, que se conectan con otras, que alimentan de gases y calor a las emisiones situadas en el edificio volcánico. Si asomó alguna señal de actividad en los últimos diez mil años, se considera estar en presencia de un volcán activo. El Copahue, por ejemplo, tuvo al menos

14 erupciones en los últimos 250 años. Una de ellas fue la ocurrida a fines de 2012, en un proceso eruptivo que continúa hasta hoy.

Unos días después de iniciada la erupción de diciembre del 2012, los científicos, entre ellos Agosto, llegaron a la zona. “En ese entonces, los investigadores que habitualmente trabajábamos allí nos reunimos con las autoridades para explicar el evento y asistir en la situación de crisis. Estábamos en contacto con la Intendencia y Defensa Civil de la zona para brindarles informes. Ahora, esto está mejor regulado y son el Servicio Geológico Argentino y el de Chile en conjunto, los responsables de dar las alertas, y de brindar información a las autoridades locales para tomar la decisión de evacuar o no a la población”, dice.

Algo que no se apagó con el paso del tiempo es el fuego sagrado de los científicos para lograr el mismo objetivo: obtener información clave para detectar cuándo es posible que ocurra una erupción. “Cada uno en su especialidad busca entender el comportamiento de los volcanes. Y sobre esta base, ver cuándo hay señales que se apartan de un patrón de comportamiento habitual y podrían indicar un precursor eruptivo”, recalca.

Finalmente, Agosto no olvida la tarea realizada por el pionero Groeber, a casi un siglo de sus primeras exploraciones en el Copahue, a lomo de mula, y no deja de maravillarse. “Hoy tomamos muestras de agua, de gases, de composición química total, entre otras. Es monstruosa la cantidad de información disponible ahora, comparada con la existente en la época de Groeber. Sin embargo, fue suficiente para que él hiciera las inferencias que hizo, y que aún hoy siguen vigentes”, concluye, sin ocultar su admiración.

Física y economía

La más cuantitativa de las ciencias

Para explicar, entender y predecir ciertos asuntos del mundo, ¿en qué se diferenciaría la propuesta de la astrofísica acerca de la existencia de un nuevo y desconocido tipo de materia cosmológica de la propuesta de económica keynesiana de un nuevo tipo de función de gasto en consumo?

En esta nota:

Daniel Heymann. Licenciado en Economía de Económicas-UBA, licenciado en Física de Exactas-UBA y doctor en Economía de la Universidad de California (Estados Unidos).

Viktoriya Semeshenko. Licenciada en Microelectrónica de la Universidad de Tashkent (Uzbekistan), magíster del Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam (Italia), doctora en Ciencias Cognitivas del Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (Francia).

Diego Hofman. Licenciado en Ciencias Económicas de la Universidad de San Andrés, licenciado en Física de Exactas-UBA y doctor en física de Universidad de Princeton.

Roberto Perazzo. Doctor en Física de Exactas-UBA.



La Economía o *Ley de las Casas* y la Física o *Ley de la Naturaleza* –etimología griega mediante– lucen igualmente ancestrales. La necesidad de los sistemas de numeración acompaña al género *homo* desde el origen de las civilizaciones tanto para el intercambio de bienes como para establecer las efemérides astronómicas. De ciencias cuantitativas por excelencia se trata.

Hoy en día, y desde hace varias décadas, resulta frecuente encontrar a profesionales de la física abordando problemas específicos de la economía no sólo desde la Academia sino como parte de los planteles de empresas y corporaciones. Ángela Merkel, la actual canciller alemana, podría ser un caso emblemático: una física al frente de una de las economías más poderosas del mundo. Física y Economía: un matrimonio estable.

Saltando el charco

“Yo estudié en paralelo física y Economía. Ambas me parecían fascinantes pero, en un momento, los senderos se bifurcaron y opté por el de la Economía”, recuerda Daniel Heymann.

Por su parte, cuenta Viktoriya Semeshenko, investigadora del instituto interdisciplinario de Heymann: “Al llegar a Argentina comencé a trabajar con Daniel y tuve intenciones de cursar la carrera de grado de Economía pero él me disuadió: sólo tenés que complementar tu formación en

física con algunos cursos específicos de Economía”, recuerda.

Diego Hofman, quien trabaja en la Universidad de Princeton bajo la dirección del afamado Juan Maldacena cuenta: “Comencé a estudiar física, administración de empresas y matemáticas por diversión. En ese momento no sabía mucho cómo era dedicarse a la investigación en física pero sí me parecía una carrera interesante. Tenía claro el perfil laboral de un administrador. Supuse que en algún momento iba a optar por una o por otra”, recuerda Hofman y acota: “con el correr de las cursadas mi previsión falló: terminé graduándome en física y cambié de Administración a Economía. Ambas me parecieron académicamente interesantísimas”.

Roberto Perazzo tiene una vasta trayectoria en investigación, docencia, consultorías y desempeños jerárquicos en prestigiosas instituciones públicas. “Mis intereses arrancaron por la física nuclear pero fui diversificando por las redes neuronales, los sistemas estocásticos, la econofísica y la biología teórica”, resume el físico.

Es lo mismo (o casi)

“Lo que hay entre la física y la economía son metáforas compartidas”, sintetiza Heymann. Por ejemplo, aplicar el modelo de la difusión del calor a la formación de opiniones o la *criticalidad auto organizada* de una pila de arena a

un sistema económico no mostrará diferencias entre ambas disciplinas siempre y cuando no se traduzcan mecánicamente las ideas.

El área de la física que más frutos aporta a la creación de conocimiento económico es la de la llamada *Mecánica Estadística*. En otras palabras, la física de muchos cuerpos como gases, materiales, cardúmenes o miembros de redes sociales. “La macroeconomía es muy parecida a la termodinámica del siglo XIX, en la que se entendían algunos principios generales pero no del todo sus orígenes”, opina Hofman (ver recuadro “La Historia no desmiente la relación”) y agrega: “Hay un aspecto llamado *el problema de agregación*, que es la dificultad de entender el comportamiento superpuesto de muchos agentes económicos”. Este punto es vital para analizar, por ejemplo, un tópico crítico de las políticas económicas de los gobiernos: la desigualdad y la distribución de la riqueza. “Muchas veces los modelos predicen bien los valores de expectativa o la riqueza media, pero después no pueden determinar cuáles son las medidas de su distribución”, opina Hofman. La Mecánica Estadística permite predecirla pero la pregunta difícil es: ¿cuánto es mucha desigualdad? Justamente, Hofman estudió en su tesis cuáles eran las cotas mínimas de desigualdad que diferentes modelos económicos normalmente podrían tener asociadas.

Otra rama de la física donde resuenan algunos problemas económicos es la de

Modelo de pila de arena



El modelo de pilas de arena es un modelo matemático diseñado para analizar y explicar el comportamiento de autoorganización crítica, una idea revolucionaria propuesta por el físico danés Per Bak. Cuando se gira un reloj de arena, la pila que se forma estará lejos de encontrarse en equilibrio y colapsará hasta que la pendiente promedio llegue a un valor crítico en el cual el sistema es apenas estable bajo perturbaciones pequeñas. Es considerado uno de los mecanismos que generan la complejidad que nos rodea. Este concepto ha sido aplicado en campos muy diversos incluyendo geofísica, cosmología, evolución y ecología, economía, gravedad cuántica, sociología, física solar, física de plasma, neurobiología y más.

las llamadas *redes complejas*. “Todos los bancos centrales están haciendo análisis de redes complejas, por ejemplo para estudiar la fragilidad de las redes de crédito: si cae un banco, la predicción de cuántos otros se caerán luego se torna vital”, ejemplifica Heymann.

“Lo fundamental es evitar las extrapolaciones automáticas y poco meditadas desde la física hacia la economía”, advierte Heymann. La disciplina económica tiene su respetable identidad propia y no siempre el análisis económico ameritaría innovaciones. “De manera muy simplificada, un sistema económico es un conjunto de agentes interactivos, que hacen cosas —en algunos casos, muy sofisticadas— en función de sus motivaciones particulares y de una representación implícita o explícita de su entorno, de la cual surgen las expectativas relevantes. La economía estudia las propiedades emergentes que resultan de esas conductas e interacciones pero, por supuesto, no puede pretender una descripción completa y precisa”, detalla Heymann. En ese punto, aparece el arte de la simplificación estratégica y de la mínima pérdida de contenido analítico. “Ahí es donde la formación en física, reditúa”, asegura el economista. El espectro que va de la famosa hiper simplificada metáfora del *caballo esférico de masa nula* de la física hasta el mapa borgeano de escala 1:1, incluye numerosos e imaginativos puntos de vista y novedosas ideas donde física y economía, necesariamente deben maridar calibradamente.

Según Hofman, las razones para ver con frecuencia a físicas y físicos haciendo economía son varias. “Primero, porque los físicos tienen aptitudes cuantitativas muy fuertes. Entonces suelen tener

buenas técnicas y buen control para resolver ciertos problemas que la gente de otros campos tiene en menores escalas y experiencias. Están muy acostumbrados a trabajar con sistemas que son complejos en varios sentidos, tanto desde el punto de vista de los sistemas dinámicos como el de la física estadística”, describe Hofman. “En física, la gente es muy curiosa y gusta de los problemas complicados”, admite Hofman. Y, en economía, ciertamente los problemas son complicados. Es más, problemas muy complicados de la física, como el choque de partículas de alta energía en colisionadores, al menos pueden controlarse muy bien por medio de sofisticados experimentos. “En los problemas de la economía, el control fáctico es muy escaso, de ahí su gran dificultad”, concluye Hofman.

Esos nerds con síndrome de Asperger

En su editorial de marzo de 2013, la revista *Nature Physics* relata que en la crisis financiera de 2008, el *establishment* culpó a los físicos por el colapso. En una entrevista de octubre de 2008, en el popular programa de la televisión estadounidense *60 Minutos*, el fundador de un importante diario de finanzas culpó del desastre a “esos físicos *nobelables* —entre los cuales predomina el síndrome de Asperger— que vinieron a trabajar a Wall Street con el único propósito de crear abstrusas teorías y que, además, no fueron capaces de sentir empatía por las vidas que estaban por ser arruinadas por el fracaso inevitable de sus modelos complejos.” ¿No será mucho?. Si de falta de empatía en la banca globalizada hablamos, no son justamente los más sospechosos.

La Historia no desmiente la relación.

En 1966, Nicholas Georgescu-Roegen, en su libro *La Ley de la Entropía y el proceso económico* escribía, “La termodinámica nació gracias a un cambio revolucionario en la ciencia a comienzos del siglo XIX cuando los científicos dejaron de preocuparse casi exclusivamente por las cuestiones celestes y prestaron también atención a algunos problemas terrenales. La obra más sobresaliente de esta revolución es el trabajo de Sadi Carnot sobre la eficiencia de las máquinas de vapor. Puro interés económico el de Carnot: determinar las condiciones en las que podría obtenerse la máxima salida de trabajo mecánico a partir de una entrada determinada de calor libre. Carnot: ¡el primer econométra! Es más, toda la evolución posterior de la termodinámica aportó nuevas pruebas de la vinculación existente entre el proceso económico y sus los principios físicos. La termodinámica es, en gran parte, una física del valor económico”.

Por su parte, la revista *Nature Physics* de marzo 2013 relata: “Cuando en 1995 Eugene Stanley acuñó en una conferencia el término *Econofísica*, ya circulaban innumerables publicaciones de físicos estadísticos deseosos de contribuir a la solución de nuevos y desafiantes interrogantes de la economía. Esta tendencia nació a partir de una repentina disponibilidad de grandes cantidades de datos financieros en la década de 1980. O, visto de otro modo, esa gran disponibilidad de datos vino a tapar la insuficiencia de los enfoques teóricos tradicionales de la economía, que parecían pretender la simplicidad del modelo por sobre la precisión o el acuerdo con los datos empíricos. La econofísica temprana incluyó principalmente muchas analogías físico-matemáticas de la dinámica del mercado. Jóvenes matemáticos y físicos, equipados con poco más que un doctorado y algo de ingenio, fueron cooptados por el sector financiero, astuto para valorar a mentes bien entrenadas en ciencia formal.”

En miradas menos culpabilizadas, hay otras imágenes que economistas de paladar negro tienen de las y los econofísicos.

Perazzo recuerda una anécdota. El concepto físico de criticalidad auto organizada fue instalado originalmente en 1987 por el físico Per Bak en un famoso artículo a partir del cual se reconoció que es la responsable de generar gran parte, si no todas, las complejidades que nos rodean en diferentes escalas y fenómenos. “Per Bak me relató en un congreso que, junto a un par de economistas, había adaptado esa idea a un modelo económico, lo cual les había reeditado interesantes resultados acerca de ciertas tendencias a fluctuaciones del sistema. Sin embargo, Bak me confesó: “¿Es la última vez que trabajo con economistas! Nos *obligaron* a probar los teoremas que validaban nuestro modelo! Estuvimos meses tratando de hacer la demostración que, en verdad, no aportaba nada al conocimiento del sistema económico que pretendíamos estudiar”.

“En nuestro trabajo con Roberto, la decisión sobre la manera más o menos complicada de representar conductas económicas interactivas se nos presentó vívidamente en una ocasión donde nos interesaba ensayar un *modelo de agentes múltiples* en un contexto de formación de precios”, recuerda Heymann. El planteo era sencillo en su formulación, pero para nada trivial dada la cantidad de posibles especificaciones de cómo actuarían los agentes. El modelo consistía en una colección de comercios o kioscos, con costos unitarios dados y sujetos a una restricción de capacidad, que fijaban precios antes de observar la demanda que enfrentarían en el período

la que, a su vez, dependía de las decisiones de los otros kioscos. La pregunta era ¿cómo se determinaría la coadaptación de comportamientos y cuáles serían las características resultantes de la evolución del mercado en su conjunto? “La discusión interna en nuestro equipo acerca de la toma de decisiones en estas condiciones incluía a dos físicos, entre los cuales estaba Perazzo, y a dos economistas entre los cuales estaba yo. Todo era muy simple, pero ¿qué dijimos los economistas como primer reflejo?: “Vamos a tratar de definir un problema de máximo a partir de la información procesada por los agentes a partir de su experiencia, y sus consecuentes conjeturas sobre la respuesta potencial de las ventas a los precios, y...” *pero* Perazzo nos interrumpió con un ‘Paren ahí... ¡háganlo *a lo Brutus!* Si estos tipos venden toda la capacidad suben el precio y si venden por debajo de la capacidad lo bajan’”. Para acotar la duda, los investigadores decidieron testear las hipótesis mediante un experimento social donde los sujetos que tomaban decisiones eran estudiantes de posgrado en economía, es decir, gente que contaba con herramientas formales de optimización, para nada *Brutus*. ¿Resultado?, Perazzo tuvo razón... de alguna manera, el comportamiento *Brutus* cohabitó con el análisis económico fino tal como lo declaró uno de los sujetos en una encuesta posterior. Punto para la física.

Semeshenko, relata una historia similar: “Mi tesis de doctorado incluía un modelo con simulaciones cuyos resultados había que validar con un experimento social muy protocolizado. Al equipo de análisis lo formábamos dos economistas y dos físicos. Mi tarea era la de analizar cómo los agentes aprendían a tomar decisiones. Pensamos y

(Des)equilibrios

Maxi San Miguel cuenta que en una discusión con un economista éste le dice: “Pero estás mirando un estado transitorio, no estás mirando el equilibrio”. A lo que el físico contesta: “Lo único importante es mi transitorio, mi equilibrio me tiene sin cuidado, ya sé que voy a morir...”. ¿Qué significa la búsqueda de equilibrios económicos cuando de un sistema dinámico se trata?. San Miguel opina: “Yo entiendo que las relaciones socioeconómicas son relaciones de no equilibrio. En la economía los problemas son dinámicos, es claro: hay cracks, hay booms, hay subas, hay bajas...”

Por su parte, Heymann explica: “El concepto de equilibrio tiene connotaciones diferentes en economía y en física”.

En la mayor parte de los modelos microeconómicos sencillos de oferta y demanda, se puede observar un equilibrio estático en el mercado. No obstante, el equilibrio económico puede existir en relaciones que no sean de mercado y puede ser dinámico.

Heymann agrega: “En economía, equilibrio implica consistencia de decisión. El individuo A juega con el individuo B, A optimiza en función de lo que optimiza B y viceversa. Las decisiones son compatibles entre sí, proceso de aprendizaje mediante. En el fondo el argumento es la intencionalidad de los agentes que se mueven de situaciones que no son el equilibrio desde el punto de vista físico. Los problemas que interesan en economía, por ejemplo en macroeconomía, en las recesiones, las altas inflaciones, las crisis, no aluden al equilibrio en ninguno de los casos. En estos análisis, corresponde un argumento de simplicidad: el realismo, necesariamente, aparece en algún lado pero no en todos lados”. Modelar los equilibrios demanda, nuevamente, la simplificación de comportamientos, de las interacciones y más.

debatimos entre los cuatro cuáles serían las decisiones en la primera jugada del experimento social. Los físicos decíamos: ‘si yo entro y no conozco a nadie para cooperar, jugaré a 50/50 sin estrategia, explorando’. Los economistas, por su parte, comenzaron a postular complicadas teorías alejadísimas de nuestra estrategia *a lo Brutus*.” De todas maneras, un cuestionario posterior al experimento mostró la preferencia de la primera jugada: ¡50/50! Segundo punto para la física.

Para que todo no parezca tan fácil, Heymann acota: “Obviamente, hay otras situaciones donde no funciona el suponer comportamientos muy esquemáticos. Por ejemplo, si se analizan situaciones como las de las crisis macroeconómicas, en algún punto, hay que referirse a la manera en cómo los agentes evalúan el potencial de crecimiento de la economía y, así, proyectar tanto sus ingresos futuros como la frustración de esas expectativas”.

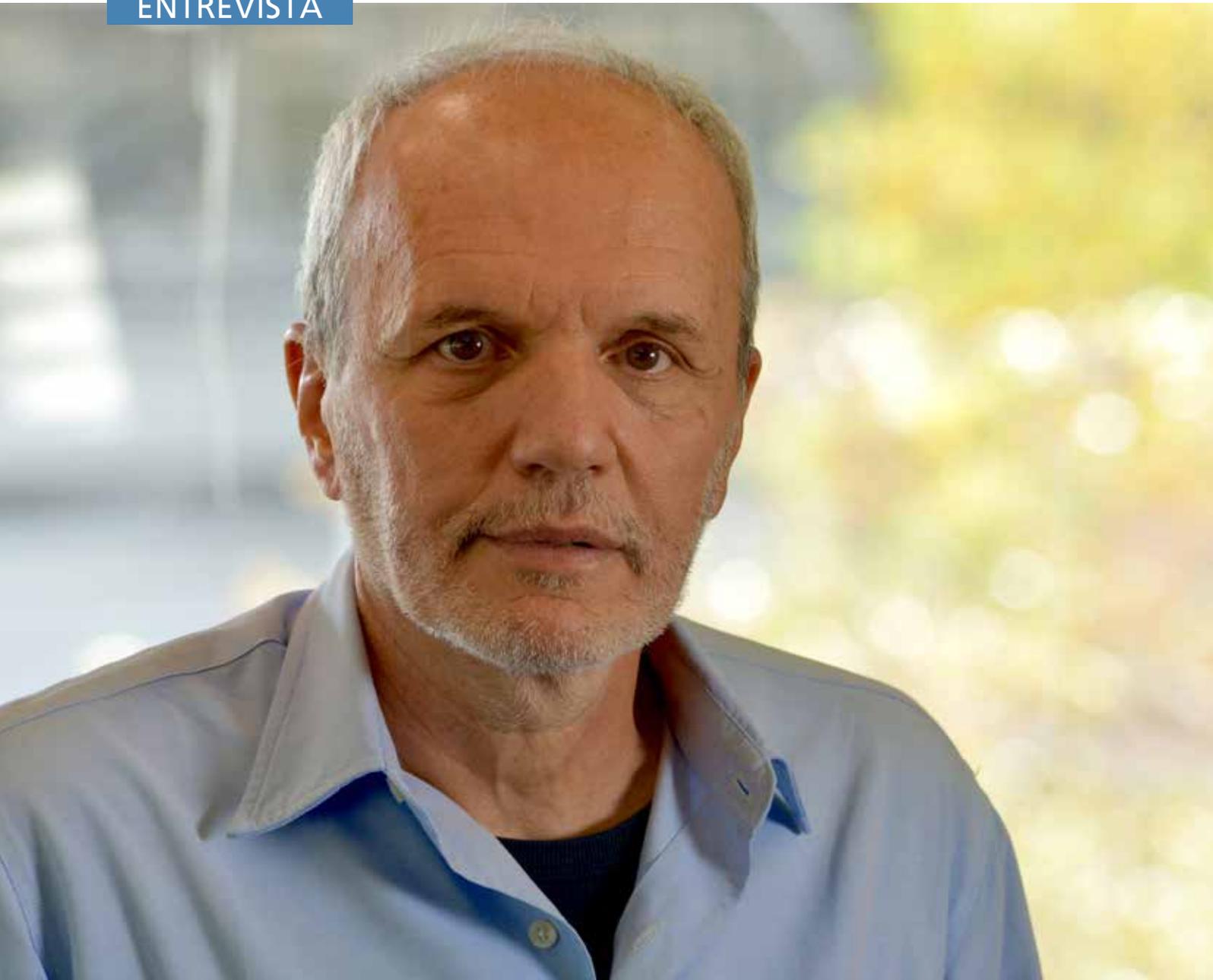
Sociedad o individuos

Margaret Thatcher, primera ministra británica entre 1979 y 1990, fue junto a Ronald Reagan, presidente de Estados Unidos entre 1981 y 1989, el epítome político de la corriente económica fundada por Milton Friedman y Friedrich von Hayek denominada neoliberalismo. Es famosa su frase: “No existe la sociedad, existen los individuos”.

Para Maxi San Miguel, físico catedrático de la Universidad de las Islas Baleares y director del Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, la frase de Thatcher es un grave desconocimiento de lo que es un fenómeno emergente. “La sociedad tiene instituciones, tiene fenómenos generales, tiene normas, todo eso no reducible a un

individuo. Lo importante es el resultado de las interacciones. En eso, los físicos tenemos una cierta experiencia.”, comenta San Miguel.

“En economía es común la referencia al individualismo metodológico”, explica Heymann y agrega: “Es cierto que, en un argumento económico, interesa que se puedan asociar las proposiciones analíticas con ciertos comportamientos subyacentes, pero la frase de Thatcher es de esas que se enuncian como si fueran verdades indudables pero que, cuando se la considera en detalle aparecen los problemas. Por ejemplo, una firma ¿qué es? Es un ente, luego ¿puedo hablar de las decisiones de la firma? Sí, pero una firma no es un individuo, sino que contiene un conjunto de gente que va, viene, trabaja, interactúa, pelea y negocia dentro de lo que las reglas, las condiciones y la estructura le permiten”. Sin embargo, a menudo, se habla con liviandad acerca de las conductas de una empresa, de un gobierno, de distintos grupos o de un país, como si fueran una unidad sin configuración interna. “También, a veces, amerita contemplar posibles inconsistencias del individuo consigo mismo, según enseña la economía del comportamiento.” dice Heymann. “Puede plantearse como objetivo último la instancia de estudiar cuidadosamente las propiedades emergentes del sistema social, que no es otra cosa que lo que hace la economía a partir de una descripción detallada de los comportamientos interactivos de los agentes. Sin embargo, en el estado actual de las cosas, eso sería una aspiración más que una posibilidad práctica. En instancias específicas, hace falta buscar las simplificaciones pertinentes, en cuanto al nivel de agregación y de las estrategias de representación, que se adapten al problema concreto.”, concluye el economista.



Ricardo Villalba, geógrafo

Hace más de 10 años comenzó esta historia, con el objetivo novedoso y prometedor de que la Argentina pudiera disponer de un inventario de sus glaciares. El inventario se presentó en público hace algunos meses pero, lo que para nuestro país significó un gran avance, para su responsable científico se convirtió en una pesadilla.

Armando Doria – mandoexactas@de.fcen.uba.ar

Fotos: Diana Martínez Llaser



Mariano Mantel

En 2006, el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales del CONICET-Universidad de Cuyo, el IANIGLA, recibió un proyecto de ley para la protección de glaciares de manos de la entonces diputada nacional Marta Maffei. Los especialistas del instituto con sede en Mendoza advirtieron que el proyecto tenía algunas limitaciones; por ejemplo, era necesario incluir la protección de cuerpos de hielo que, si bien no eran técnicamente glaciares, representaban un componente importante en el recurso hídrico, estratégico para la región árida del Oeste argentino.

Aquella intervención del IANIGLA, que comenzó como un asesoramiento técnico, derivó en un intenso trabajo por parte del instituto y, en particular, de su director, Ricardo Villalba, científico destacado a nivel internacional. En interacción constante con legisladores provinciales y nacionales, y con las autoridades del Ministerio de Ambiente de la Nación, el IANIGLA resultó la pieza fundamental para definir la actual Ley Nacional de Protección de Glaciares a partir de los proyectos de los diputados Miguel Bonasso y Daniel Filmus. Finalmente, el IANIGLA tuvo a su cargo el desarrollo de una herramienta fundamental de la Ley, el Inventario Nacional de Glaciares, un reporte pormenorizado de la totalidad de cuerpos de hielo significativos de la

Argentina. El inventario es un documento abierto que puede consultarse en glaciaresargentinos.gob.ar y que dispone, además del inventario propiamente dicho, de información sobre los procedimientos y pautas para su implementación y un servidor de mapas, entre otras prestaciones.

Más allá de la auspiciosa publicación del inventario, el responsable del trabajo se topó con una situación impensada y de tono dramático para su vida privada y su labor profesional. Hoy, Ricardo Villalba, geógrafo mendocino de amplio reconocimiento nacional e internacional, se encuentra procesado penalmente, relacionado con la contaminación de cianuro en el río Jáchal, en San Juan, tras los derrames ocurridos en la mina Veladero, de la empresa Barrick Gold, en 2015 y 2016. Se lo acusó de que el diseño del inventario de glaciares que elaboró el IANIGLA influyó en la posibilidad de los derrames, de acuerdo a lo interpretado en su fallo por el juez federal Sebastián Casanello. La Barrick Gold, por su parte, no sufrió consecuencia penal alguna.

¿Cuál es su situación procesal actual?

El procesamiento que estoy viviendo en este momento influye fundamentalmente en un embargo de mis bienes

personales por una suma de cinco millones de pesos. Obviamente no tengo dinero, ni propiedades para cubrir esos cinco millones. También la prohibición de salir del país. Para un científico que trabaja con grupos internacionales, viajar forma parte de nuestra vida académica. Limitar la posibilidad de salir fuera del país es limitar de alguna forma mi actividad, más allá de lo que me afecta como persona recibir este procesamiento. Me parece totalmente injusto que una persona que ha trabajado empujando esta Ley de Protección de Glaciares, las vueltas de la vida lo lleven a un procesamiento donde termina su carrera, su trayectoria, de más de 40 años en el CONICET, siendo acusado de dañar el ambiente por tratar de favorecer la actividad minera.

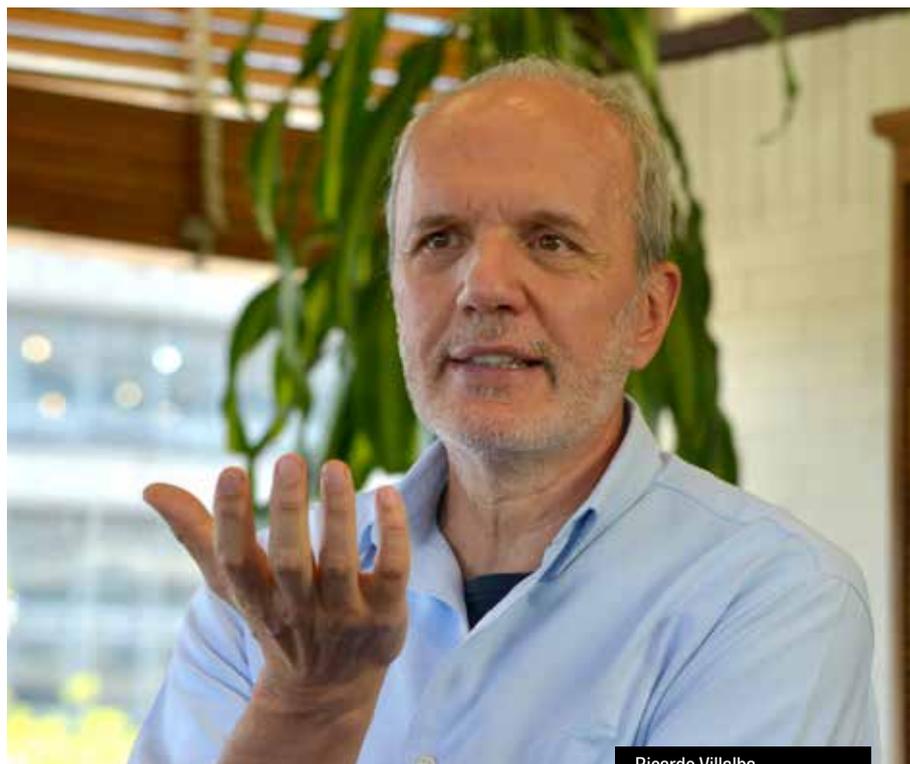
La ley es normativa, el inventario es descriptivo. ¿Dónde y cómo se cruzan?

El inventario no es la única herramienta que posee la Ley de Protección de Glaciares. Es una herramienta clave, estratégica, pero la ley posee otras herramientas, como por ejemplo los estudios de impacto ambiental estratégicos. Inclusive contempla la participación ciudadana en caso de que existan conflictos en un momento determinado para algunas áreas en particular, o

asociadas a algunas actividades. Ahora, un tema muy importante a destacar es que la ley muy claramente establece que en el territorio argentino todos los cuerpos de hielo están protegidos. Para organizar este inventario a nivel nacional, abarcando cuatro mil kilómetros de cordillera, de territorio de muy difícil acceso, con los recursos económicos con que contamos en el país, con el personal con que contamos en el país, seguimos normas internacionales establecidas por las principales comunidades científicas que trabajan en la materia. Y establecimos que en el país iban a ser inventariados todos los cuerpos de hielo que tuviesen superficies mayores a 0,01 kilómetro cuadrado. En base a nuestro conocimiento, esa medida nos aseguraba que todos los cuerpos de hielo que actúan como reservas hídricas estén incluidos en el Inventario Nacional. Esa superficie que se estableció no era un valor caprichoso, algo que se les antojó a los investigadores de IANIGLA en un momento, en un día determinado. Eso nace de un proceso de evaluación a través de años de toda la comunidad científica internacional.

¿Cuál es el detalle actual del informe de glaciares que se presentó en Casa de Gobierno?

El Inventario Nacional se encuentra terminado. Para la parte continental ya hay más de 16 mil glaciares inventariados. Eso representa una superficie superior a los 5.700 kilómetros cuadrados, que es 30 veces el tamaño de la Ciudad de Buenos Aires. Y más de 2.700 kilómetros cuadrados de hielo se acaban de incluir en los inventarios de las Islas Sándwich y las Islas Georgias del Sur, inventarios que han sido recientemente aprobados por el Instituto Geográfico Nacional. Es decir, la etapa inicial para poder responder a todos los argentinos cuántos glaciares hay en Argentina, qué superficies tienen, en qué lugar se ubican, a qué altura se encuentran, está disponible en la página de Internet Inventario Nacional de Glaciares, a la que todos podemos acceder. Ahí están, cuenca por cuenca, los informes elaborados y los mapas, para que todos los



Ricardo Villalba

argentinos tengamos acceso y conozcamos este trabajo que no tiene precedente. Nunca Argentina tuvo un inventario de glaciares como el que tiene en este momento: glaciares y otros cuerpos de hielo de significancia hidrológica. Es un trabajo hecho con todos los estándares internacionales, con un equipo profesional armado especialmente para esto. Y representa sin duda un orgullo para IANIGLA, y un orgullo para mi persona haber participado en su momento y llevado adelante esta iniciativa.

Se cuestiona a IANIGLA por haber elegido esta superficie mínima de 0,01 kilómetro cuadrado.

Ese parámetro, obviamente tiene explicaciones basadas en estándares internacionales e incluye todos los cuerpos de hielo de significancia hidrológica, de importancia de reservas. Se cuestiona a IANIGLA porque no se incluyeron algunos cuerpos menores. Glaciares menores a una hectárea no existen en el país. Existen pequeños cuerpos de hielo menores de una hectárea, pero no son glaciares, porque un glaciar requiere de un área de acumulación de nieve, de un área de movimiento o transporte del hielo, requiere de un área de ablación, y todo eso no se da en una hectárea. Entonces acá hay un problema de interpretación. La ley protege todos los

cuerpos de hielo “cualquiera sea su forma, dimensión y estado de conservación”, pero el Inventario incluye “todos los glaciares y geoformas periglaciares que actúan como reservas hídricas existentes en el territorio nacional”.

El fallo de Casanello hace referencia a lo fundamental de esos reservorios, mucho menores a una centésima de kilómetro cuadrado, y se menciona que son los más importantes para generar recursos hídricos.

Bueno, en el devenir de este procesamiento en el cual estoy involucrado se ha citado gente con distintos niveles de conocimiento. En la región Oeste de Argentina, la nieve cumple un papel clave y fundamental, y según el IANIGLA, que viene estudiando la precipitación de la nieve, esa nieve representa más del 90% de la variabilidad de los caudales de nuestros ríos. Los glaciares tienen la importancia de regular ese caudal acumulando hielo en los años en que las precipitaciones son abundantes y entregando agua en años pobres. Pero es la gran superficie de hielo en una cuenca la que tiene entonces esa capacidad regulatoria, y no los cuerpos de hielo más pequeños. Eso está claramente demostrado: la cantidad de hielo que posee un



Mariano Mantel

glaciar está en relación con su superficie. Es decir, cuanto mayor es la superficie de un glaciar, mayor es la cantidad de hielo, y mayor es la reserva que esos cuerpos de hielo tienen. Por lo tanto, en IANIGLA estamos claramente convencidos de que la contribución de los cuerpos de hielo que se encuentran en el inventario –estos cuerpos de hielo que tienen superficies mayores a 0,01 kilómetros cuadrados– representan la gran reserva hidrológica que tiene el país. Nosotros estamos convencidos de que estamos haciendo un excelente trabajo, porque protegemos esa reserva hídrica estratégica tal cual lo establece la ley. Es así que instituciones como el World Glacier Monitory Service, el servicio de glaciares a escala global, o la Sociedad Internacional de Glaciología, han enviado notas de apoyo, una vez que se enteraron de este procesamiento, coincidiendo con la metodología implementada por IANIGLA, y estableciendo que es la forma correcta de llevar a cabo un inventario de las dimensiones que requieren cuatro mil kilómetros de cordillera.

¿Cómo interpreta usted la relación entre los derrames de Veladero y el inventario de glaciares, postulado en el fallo?

Una de las justificaciones que se establece para involucrar al IANIGLA en este procesamiento es que la forma en que se ha realizado el inventario ha facilitado la ocurrencia de los derrames de cianuro en el río Jáchal. Obviamente que el IANIGLA se solidariza con la gente de Jáchal cuando hay cianuro en su río, y estamos totalmente en contra de esto, pero es muy claro que no existe ninguna relación entre el tamaño de los glaciares y la ocurrencia de estos derrames. La ocurrencia de estos derrames son problemas técnicos e ingenieriles de una empresa que está trabajando en este sector, y de la falta de control, por parte de las autoridades competentes de la provincia de San Juan, sobre cómo trabajan estas empresas. Entonces resulta muy difícil entender cómo se pretende asociar justamente el Inventario Nacional de Glaciares y la forma con que se trabajó con la ocurrencia de derrames. Hay 40 cuerpos de hielo y más de cuatro kilómetros cuadrados de

hielo inventariados por el IANIGLA en esa zona, lo que es suficiente material para proceder a controlar el impacto de las actividades mineras sobre los mismos.

¿Cuál es la responsabilidad del IANIGLA en el control de la actividad minera?

Precisamente, otro de los procesos que llevan al mal entendimiento es asumir que un instituto de investigación, un instituto del CONICET, tiene un poder policial. El IANIGLA en ningún momento tiene que controlar a las empresas. Existe la autoridad. La ley establece quién es la autoridad de aplicación de la ley, quiénes son las autoridades competentes. Somos un grupo de investigadores cuyas armas son las computadoras. No cumplimos una función policial. No es el IANIGLA quien tiene que controlar a las empresas mineras, es responsabilidad del IANIGLA elaborar el mejor Inventario Nacional de Glaciares en función de toda una serie de situaciones técnicas de presupuesto, de personal, y de tiempo. Esa es la misión de IANIGLA.



“Nunca Argentina tuvo un inventario de glaciares como el que tiene en este momento: glaciares y otros cuerpos de hielo de significancia hidrológica. Es un trabajo hecho con todos los estándares internacionales, con un equipo profesional armado especialmente para esto”.

Y no se puede pensar que este instituto es responsable de los derrames porque no controló a las empresas mineras. Eso no es nuestra responsabilidad. Somos una institución científica y nuestra responsabilidad es darle al pueblo argentino el mejor inventario de las reservas hídricas, y estoy seguro de que hemos hecho eso, por lo que el IANIGLA ha cumplido con la Ley de Preservación de Glaciares.

Cada cinco años se va a requerir una actualización del inventario. ¿Quién estaría dispuesto a acceder a estar a cargo con el antecedente del proceso penal que usted sufre? ¿Se comenta eso entre sus colegas?

Sin duda este procesamiento que está viviendo el IANIGLA a través de mi persona afecta a la actividad científica en el sentido en que la gente que trabaja en ciencia, muchos colegas trabajando en glaciares o en temas diferentes, me lo han dicho más de una vez: resulta muy difícil pensar que nos vamos a involucrar en temas que posteriormente terminen en un procesamiento. Eso desalienta a los investigadores

a trabajar en temas que reclama la sociedad y que son necesarios para mejorar la calidad de vida que tienen los argentinos. Es muy difícil que muchos de los temas sobre la calidad de vida de los argentinos no estén asociados a situaciones económicas donde hay perdedores y ganadores. Estas situaciones pueden desencadenar en un procesamiento que lamentablemente desalienta a la comunidad científica, que se siente de alguna forma injustamente atacada por un proceso que está viviendo, a seguir avanzando, a seguir aportando su conocimiento, el fruto de toda la investigación argentina a la solución de problemas que tiene el país.

Imagino que el apoyo de la comunidad científica lo hace reflexionar sobre la calidad del trabajo del IANIGLA.

El IANIGLA propuso una forma de inventariar los glaciares que podría haber sido aceptada o no por las autoridades, lo nuestro fue simplemente una propuesta, una forma de hacer el inventario que era, de acuerdo a

nuestro conocimiento, la mejor forma de llevar adelante el Inventario Nacional de Glaciares. Cumplimos. Se nos dieron 60 días desde la promulgación de la ley para la elaboración de este documento por el cual se me juzga. IANIGLA lo hizo en 43 días para demostrar que la comunidad científica no quería atrasar en ningún momento este proceso de promulgación y de reglamentación de la ley. Hemos terminado el inventario, más de 16 mil cuerpos de hielo inventariados en la República Argentina en la parte continental. Claramente nosotros no somos responsables de los derrames de cianuro en el río Jáchal. IANIGLA, por el contrario, está en contra de estos derrames, en contra de las acciones que dañan el ambiente que representa el corazón de IANIGLA, que es la cordillera. Todos los años vas a encontrar gente de IANIGLA desde la Puna hasta Tierra del Fuego trabajando en la Cordillera de los Andes, haciendo distintas actividades. La cordillera es nuestro corazón. De ahí trabajamos, vivimos y nos sentimos felices tratando de conservarla y protegerla de la mejor forma posible.

Recortes en ciencia y tecnología

Crónica de una caída al precipicio

El presente informe fue redactado antes de que ocurriera la degradación del Ministerio de Ciencia y Tecnología a Secretaría, dependiente del Ministerio de Educación. Los hechos no hicieron más que confirmar la sucesión de decisiones que confirman la visión de la ciencia y la tecnología como un gasto, y no como una inversión.

Valeria Levi y Alejandro Wolosiuk

Si uno es madre o padre o piensa serlo en algún momento, sabe que destinar dinero para la educación y salud de sus hijos e hijas es invertir en su futuro, mientras que comprar un par de zapatillas de moda no lo es. De la misma forma, a nadie se le ocurriría reemplazar una consulta al cardiólogo por una cena en un restaurante sofisticado. Aparentemente, no pasa lo mismo cuando hablamos de ciencia y tecnología (CyT) en Argentina.

En diversos medios, se está tratando de instalar la idea de que la ciencia es un gasto superfluo y no una inversión en el futuro del país. En este contexto, se ataca a las investigaciones básicas ya que se argumenta que sólo servirían para satisfacer la curiosidad del investigador.

En contraposición a esta visión, la historia ha demostrado que la ciencia

básica es la mejor inversión que un país puede hacer, pero muchas veces requiere plazos largos para demostrarlo. Basta pensar en que si Albert Einstein no hubiese estudiado teóricamente la emisión estimulada de luz, en 1917, no se hubieran inventado los láseres que hoy se usan en cirugías de ojos, como punteros para hacer presentaciones y como herramientas en diversas industrias para cortar materiales tan distintos como telas o metales. De la misma manera, no se podía prever, en el año 1975, que el desarrollo de César Milstein para generar anticuerpos monoclonales constituiría una herramienta fundamental para el tratamiento y diagnóstico de diversas enfermedades. Los test de embarazos que hoy encontramos en cualquier farmacia no existirían sin las investigaciones básicas de Milstein. Evidentemente,

si el criterio para financiar los proyectos hubiese sido el de garantizar una aplicación a corto plazo –tal como declama el ministro Barañao– ninguno de estos desarrollos hubiera tenido éxito.

Estos simples ejemplos ilustran que la inversión en CyT es la herramienta fundamental del desarrollo de un país; un país con CyT mejora el bienestar de la sociedad y genera más trabajo y de mayor calidad. En Estados Unidos, por ejemplo, la inversión estatal fue la pieza clave para el 90% de los desarrollos más innovadores en el período 1971-2006.

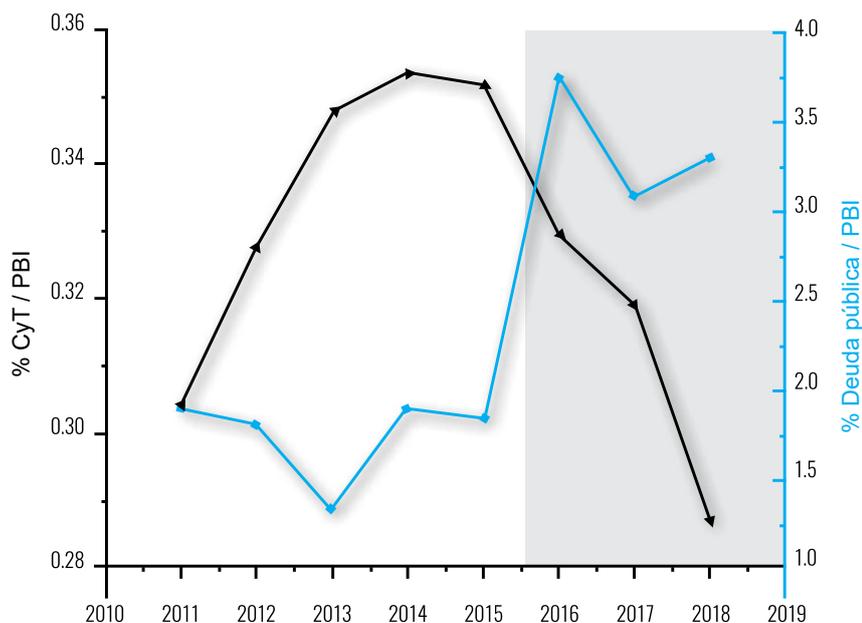
Esta visión se contraponen con la situación de la CyT en Argentina. La siguiente tabla muestra que la inversión en el área de investigación y desarrollo en nuestro país se encuentra muy por debajo de la que hacen países más desarrollados económicamente.

Inversión en Investigación y Desarrollo

| | (% del PBI) |
|-----------------------|-------------|
| Argentina | 0.59 |
| Brasil | 1.17 |
| Singapur | 2.20 |
| Francia | 2.24 |
| Estados Unidos | 2.75 |
| Alemania | 2.89 |
| Dinamarca | 2.98 |
| Japón | 3.4 |

Datos obtenidos de <http://data.uis.unesco.org/> para el año 2014.

Mauricio Macri, como candidato a presidente, prometió duplicar la inversión en CyT. Lamentablemente, como tantas otras promesas de campaña, ésta también ha caído en el olvido. La próxima figura muestra la evolución de la inversión en CyT en los últimos años. A modo comparativo, se incluye también los fondos asignados a la función deuda pública: mientras que estos últimos crecieron hasta superar el 3% del PBI, la función CyT se redujo a un magro 0.29%.



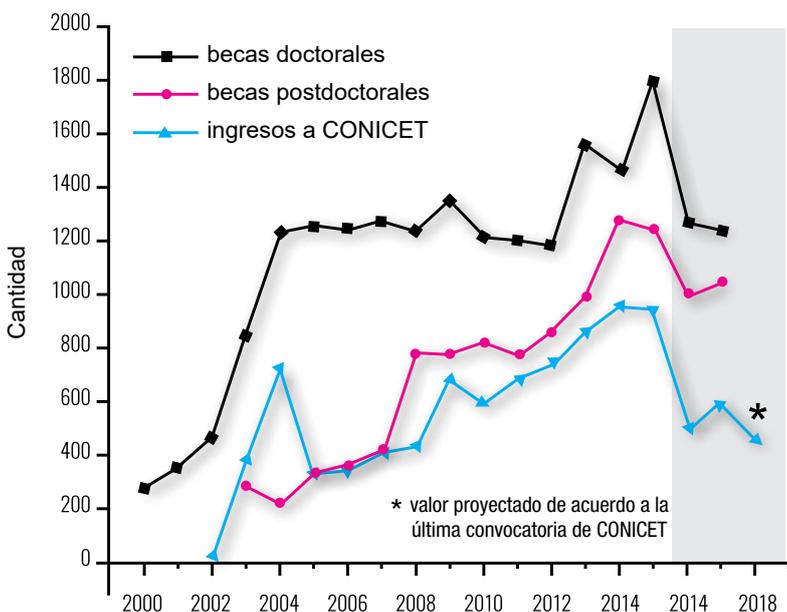
Evolución de la inversión en CyT (negro) y el gasto en deuda pública (azul) respecto al PBI.

Analicemos uno de los múltiples impactos que tiene, en el corto plazo, la reducción del presupuesto. Examinemos la situación en CONICET de los trabajadores de CyT.

Como en cualquier actividad, ya sea pública o privada, el recurso más importante del sistema científico es el humano. Investigadores, profesionales de apoyo, becarios doctorales y postdoctorales trabajan

conjuntamente para convertir una idea abstracta, una pregunta o una hipótesis en conocimiento científico y tecnológico.

En este camino, los becarios adquieren habilidades únicas que les permiten desarrollar ideas innovadoras y llevarlas a la práctica, tanto en universidades y organismos CyT, como en industrias, empresas o pymes. El Estado hace una inversión muy importante



Evolución de becas doctorales, postdoctorales aprobadas e ingresos a la Carrera de investigador científico de CONICET.

en cada uno de estos becarios ya que de ellos depende el futuro de la ciencia y la tecnología.

El cuadro muestra la evolución en el número de becas otorgadas por CONICET en los últimos años; este número en 2017 nos retrotrae al año 2012. En lugar de avanzar, retrocedemos.

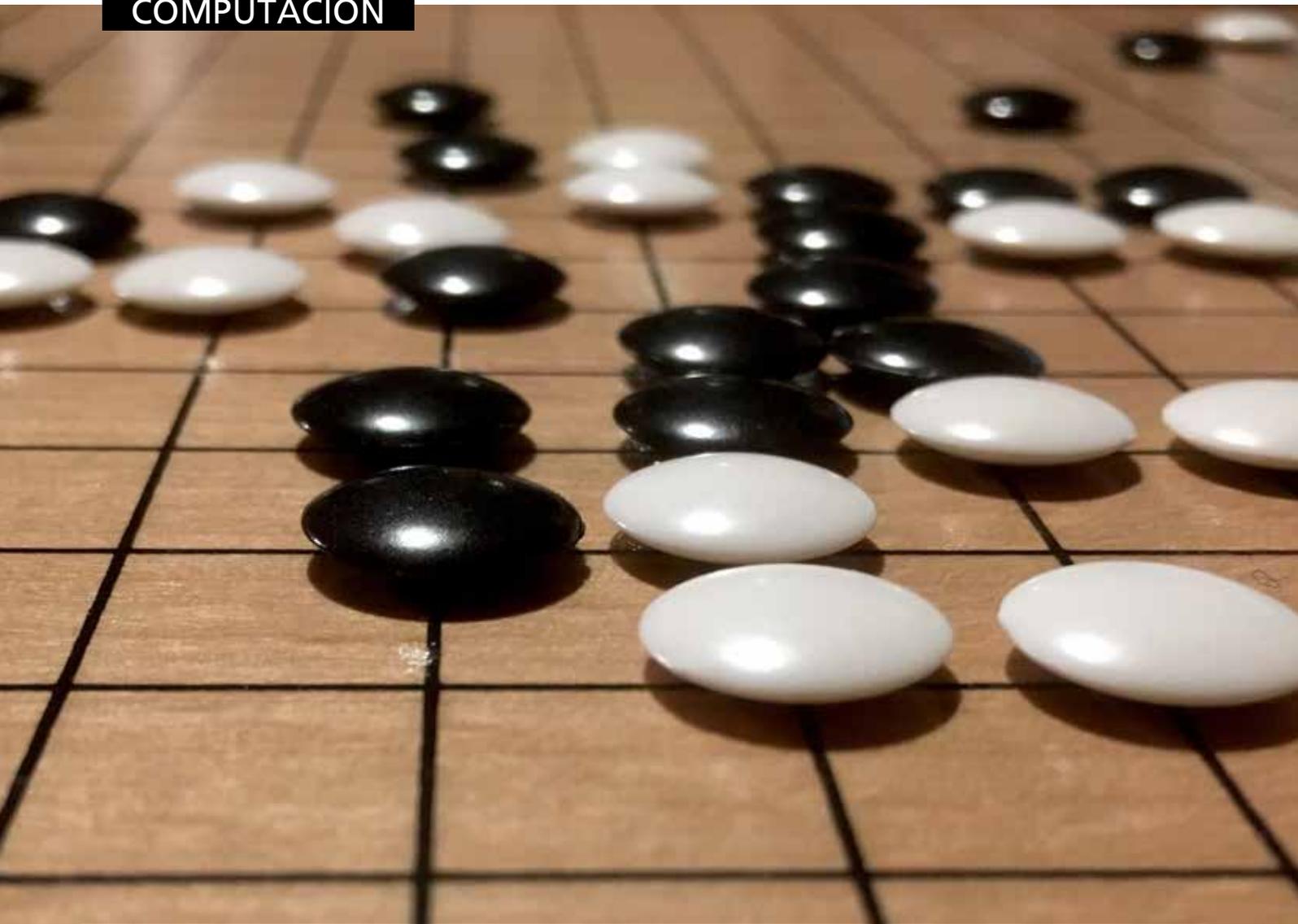
Esta misma tendencia se observa al analizar los ingresos a la carrera de investigador científico y tecnológico de CONICET. Los datos muestran que se proyecta un sistema científico reducido, con menos investigadores y, como consecuencia, con una menor posibilidad de influir positivamente en el desarrollo del país.

Aquellos becarios e investigadores que ahora no pueden insertarse en nuestro sistema científico-tecnológico buscan lugar en otros lados del mundo. Argentina tiene la triste tradición de exportar investigadores jóvenes que son acogidos con los brazos abiertos por países desarrollados. Estos países no invirtieron en su formación, pero recogerán los frutos que nuestros investigadores producen, si no tenemos políticas activas para traerlos de vuelta.

Quienes han hecho una estadía en una institución de CyT en el exterior traen nuevas ideas, nuevos conocimientos tecnológicos y una red de colaboraciones con investigadores que potencian la ciencia en Argentina. Sin ellos, nuestro país se aísla del mundo y el conocimiento que se genera es, muchas veces, obsoleto.

Lamentablemente, el recorte presupuestario, la menor expectativa de desarrollo laboral y la reducción del salario real hacen que los investigadores que ahora desarrollan sus tareas en otros lugares del mundo perciban que las puertas del sistema científico argentino se están cerrando y pongan en duda su regreso al país.

Argentina ya ha transitado experiencias regresivas y dolorosas como las que ocurren hoy. La historia de nuestro país permite afirmar que el daño al sistema científico será irremediable si el Estado no vuelve al camino de inversión y crecimiento.



Inteligencia artificial

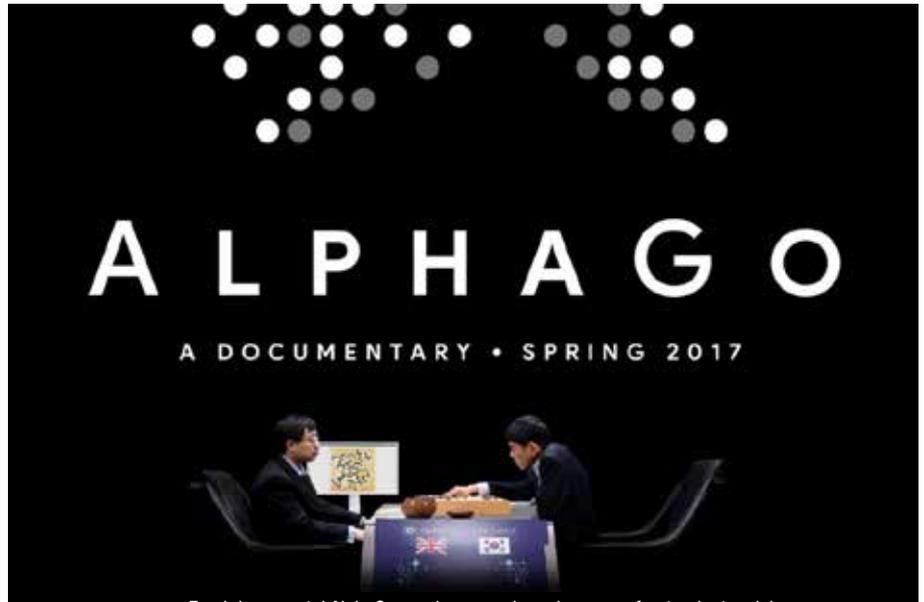
Cuando el discípulo supere al maestro

A fines del año 2017, el programa de inteligencia artificial *AlphaGo* derrotó de forma contundente a los mejores jugadores de go del mundo. Por la profunda complejidad de este juego, muy superior al ajedrez, se creía que esto no sucedería sino hasta dentro de veinte años; en efecto, nadie hubiera esperado que hoy una computadora pudiera tomar decisiones como lo hace un humano, e incluso mejor. ¿Estamos preparados para que nuestra propia creación nos supere en lo que mejor sabemos hacer?

Inteligencia artificial hecha en Argentina

En Argentina, el doctor Diego Fernández Slezak, investigador del CONICET que aplica "Machine Learning" en temas de psiquiatría y educación, precisa: "Recibo datos de entrevistas psiquiátricas y los proceso para tratar de extraer patrones que me permitan predecir si, por ejemplo, el paciente va a tener un brote psicótico".

Por su parte, el doctor Agustín Gravano, también investigador del CONICET, especialista en el procesamiento del lenguaje hablado y la coordinación del diálogo, indica: "Cuando hablamos cotidianamente, usamos muchos mecanismos para maximizar el flujo de información. Nosotros trabajamos en entender estos protocolos y en aplicarlos a las computadoras".



En el documental AlphaGo pueden verse los primeros enfrentamientos del programa de inteligencia artificial contra campeones de go, en marzo de 2016.

La competencia entre el humano y la máquina se planteó desde los inicios de las ciencias de la computación, a principios del siglo XX. Este enfrentamiento es sin duda el más sensible para el hombre, porque plantea destronarlo de una de las características que lo distinguen: su libre albedrío. Sin embargo, al construir una inteligencia artificial podría ganarse el título de creador de seres pensantes y complejos.

Con este objetivo, fueron apareciendo máquinas con diferentes habilidades. Desde hace unos años, se avanzó en programas que juegan go, un juego milenar de estrategia que, como el ajedrez, exige una gran capacidad de decisión para salir victorioso. Lo que lo distingue de su par occidental es que hay tantas posiciones posibles a estudiar como átomos en el Universo y resulta imposible analizarlas a todas, ya sea para un humano o una computadora. Pero solo el hombre conocía otros métodos de análisis más efectivos o, al menos, eso era lo que se creía.

En 2017, un programa llamado *AlphaGo* logró derrotar a los mejores del mundo en esta disciplina, en la Cumbre "El futuro del go", en China. La máquina, desarrollada por la empresa DeepMind, venció al número uno, Ke Jie, en los tres partidos que disputaron, mostrando además una manera de jugar nunca antes vista. "*AlphaGo* puede ver todo el universo del go, yo solo puedo ver una pequeña área", afirmó Ke, luego de las derrotas.

Lo sorprendente de este logro es que no se lo esperaba sino hasta dentro de unas décadas. Esta aceleración se debe

a que hay una nueva manera de pensar la *inteligencia artificial*, basada en lo que hoy se sabe de la mente humana. AlphaGo es la prueba de que no sólo es posible llegar a crear una máquina que supere el intelecto humano, sino que, además, está más cerca de lo que pensamos.

La práctica hace al maestro

No es la primera vez que una máquina le gana al hombre en un juego de estrategia. Hace tan sólo dos décadas, el campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov fue derrotado por *Deep Blue*, una computadora de IBM capaz de elegir la movida más conveniente para su juego analizando 200 millones de posiciones por segundo. "El objetivo era, dado un estado del tablero y todas las posibles formas en que se puede continuar, elegir la que maximiza la posibilidad de ganar", explica el doctor Agustín Gravano, uno de los directores del Laboratorio de Inteligencia Artificial Aplicada (LIAA) de la UBA. Y agrega: "Esto es hacer una exploración que analiza todas las opciones. *Deep Blue* venció a Kasparov simplemente porque pudo explorar más. Pero esto, en el go, no se puede hacer".

El doctor Diego Fernández Slezak, otro de los directores del LIAA, confirma las palabras de Gravano: "Aplicar el enfoque que se empleó en el ajedrez es impracticable en el go porque la cantidad de opciones que se abren es muy grande, sin importar la computadora que se use". Es por eso que *DeepMind* desarrolló una tecnología dentro del área de *Machine Learning*—aprendizaje de la

máquina—, inspirada en el cerebro y los diferentes tipos de memoria para crear *AlphaGo*. "Solo se le programaron las reglas y se la hizo jugar para que aprenda y se acuerde qué es una buena y una mala jugada. Así, logró descubrir cuál es la mejor movida. Esta es la diferencia esencial con respecto a *Deep Blue*: la estrategia no fue programada, la máquina la descubrió por sí misma", aclara Slezak.

Esto trae consigo ideas escalofriantes. "Hoy estamos viviendo la aparición de redes neuronales, muy buenas para aprender patrones, al igual que las nuestras. Esto es lo que da miedo: están hechas a imagen y semejanza del ser humano", sentencia Gravano.

Juntos a la par

Luego de que *AlphaGo* surgiera victorioso, *DeepMind* cerró el proyecto para abrir otro más ambicioso: desarrollar algoritmos capaces de ayudar a los científicos, ya sea a curar enfermedades, a solucionar problemas ambientales o a crear nuevos materiales. Este nuevo plan va en sintonía con lo que se habla hoy en la comunidad científica: "La siguiente generación de máquinas debería poder crear, inventar y diseñar algoritmos. Esencialmente, redes que aprendan a armar redes", señala Gravano. Y Slezak ejemplifica: "Ya hay sistemas que derivan reglas físicas a partir de datos. Por ejemplo, si les damos datos de cómo se mueven tres péndulos acoplados, en un par de pasos derivan la ecuación del péndulo acoplado. No se programa el deductor de esa fórmula, sino una máquina que deduce leyes a partir de datos".

Una nueva era para el go

Un ejemplo impactante del desempeño de *AlphaGo* puede verse en la plataforma de streaming Netflix, en el documental *AlphaGo*, en el que se muestran los primeros enfrentamientos del programa de inteligencia artificial contra campeones de go, en marzo de 2016.

Lo que generó *AlphaGo* en la Cumbre “El futuro del go” realizada en China en 2017, movió los cimientos de este juego milenario de Oriente. Luego de ser derrotado tres veces consecutivas por la máquina, el campeón mundial Ke Jie pidió: “Dejen que el programa explore el universo del go, yo me iré a jugar al patio de mi casa”. Esta frase es la que recuerda Santiago Laplagne, presidente de la Asociación Argentina de Go, cuando piensa en los profesionales de esta disciplina, aunque no se desanima: “No se sabe qué va a pasar en ese nivel, pero la noticia hizo que mucha más gente se acerque al go”.

El go es muy interesante para enfrentar el intelecto de sus jugadores: el objetivo es ir ubicando por turnos y comenzando con un tablero vacío, piedras de color negro y blanco, que representan los lugares ganados de cada jugador. “No se trata de conquistar al adversario, sino de obtener más territorio que el otro”, explica Laplagne. Y compara: “El objetivo del go es el de construir, al ajedrez se lo asocia más con destruir. Pero en el fondo son similares”.



Hace tan sólo dos décadas, el campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov era derrotado por Deep Blue, una computadora de IBM.

Desde los inicios de la inteligencia artificial, se planteó el concepto de la singularidad tecnológica: el momento en que se creara una máquina capaz de automejorarse a sí misma y que, de esa manera, pudiera superar la capacidad intelectual humana. El cine de ciencia ficción nos presentó, en la saga de *Terminator* o en *Yo, robot*, cómo este evento revolucionaría la humanidad, para bien o para mal.

Según Gravano, es posible que estemos cerca de la singularidad, pero no es algo que le preocupe: “Estamos acostumbrados a lidiar con los millones de peligros de la tecnología todos los días. Está en uno saber qué tiene que hacer con ellos”. Además, cuenta que la aplicación de la inteligencia artificial en áreas como la medicina es muy prometedora. Puede ayudar a los médicos a determinar un diagnóstico más acertado o a que un brazo robótico inteligente suture mejor que el más hábil de los cirujanos. “En última instancia, todo depende de qué les permitiremos hacer. Es una decisión, especialidad por especialidad, problema por problema, y hacerlo de manera más informada posible”, concluye Gravano.

Aunque no se advierta, la inteligencia artificial ya es parte de la vida cotidiana. Los servicios de venta y multimedia aprenden de nuestros gustos a medida que los vamos usando. Lo mismo hacen los asistentes personales en computadoras y celulares para conocer nuestras

necesidades. Ya no es novedad que los autos se estacionen solos y se estima que los nacidos en este año no tendrán necesidad de manejar, porque usarán autos autónomos. También existen programas que dialogan con humanos, llamados *chatbots*: algunos son adivinos, otros pueden hacerte enojar y, en Japón, son usuales las parejas virtuales. “Hay barreras culturales que en Japón ya se pasaron, aunque en el resto del mundo persisten”, asegura Slezak. Y concluye: “¿Hasta dónde vamos a permitir que esto penetre en nuestra sociedad? Lo sabremos en veinte años”.

La comunidad científica está atenta a este dilema ético: en 2015 se desarrolló en Buenos Aires la Conferencia Internacional Conjunta en Inteligencia Artificial (IJCAI), en la que hubo una sesión especial sobre el tema. “Es una discusión acerca de hasta dónde hay que incluir, por ejemplo, comités de ética en las conferencias de inteligencia artificial, teniendo en cuenta que cada vez tiene más peso en la vida cotidiana”, cuenta Slezak. Y tranquiliza: “Como ya está instalado que esto puede ser peligroso, un poco deja de serlo. Pero no por eso se deja de ver el problema”.

Gravano cree que, si bien esta revolución tecnológica llegará tarde o temprano, encontraremos la forma de adaptarnos: “Vamos a seguir manteniendo nuestro espacio para ser lo que esencialmente somos, solo que más sofisticados”.

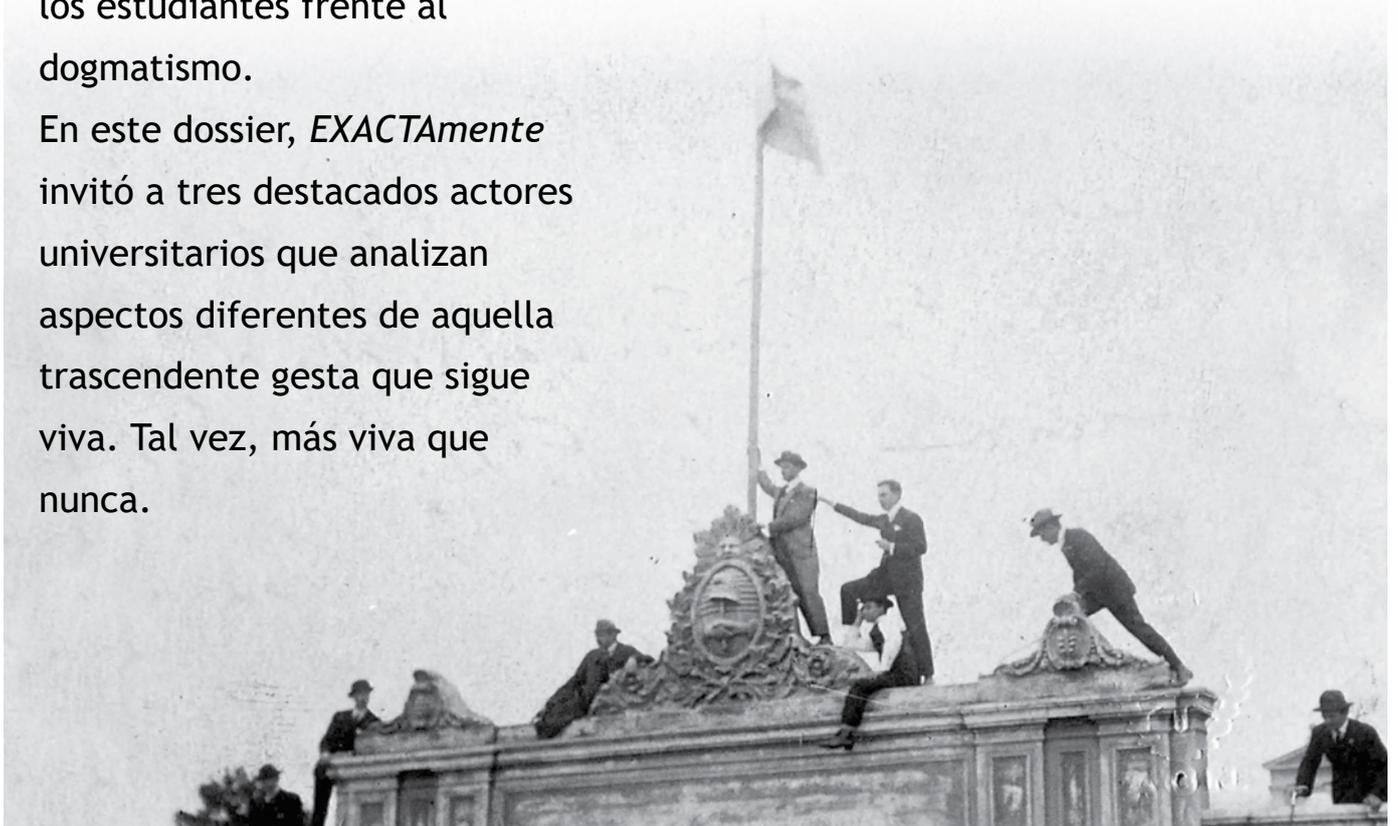
A 100 años de la Reforma Universitaria

La Reforma

Se cumplen 100 años de la Reforma Universitaria, una revuelta estudiantil que nació en Córdoba y que revolucionó la vida y la organización de las universidades tanto de Argentina como de muchos otros países.

Los principios reformistas siguen vigentes y continúan proyectando su fuerza por todo el mundo. La autonomía universitaria (su independencia de los poderes políticos circunstanciales), el cogobierno (profesores, estudiantes y graduados), la periodicidad de cátedra y el concurso abierto, entre otros, son parte cotidiana de la vida universitaria actual y nacieron del hartazgo de los estudiantes frente al dogmatismo.

En este dossier, *EXACTamente* invitó a tres destacados actores universitarios que analizan aspectos diferentes de aquella trascendente gesta que sigue viva. Tal vez, más viva que nunca.



A 100 años de la Reforma Universitaria

Córdoba, 1918: la Reforma Universitaria y su marco social

* Eduardo Díaz de Guíjarro

La Universidad de Córdoba fue fundada en el siglo XVII por los jesuitas, con el objetivo de formar sacerdotes para evangelizar a los pueblos originarios de la región. Para 1918 habían transcurrido trescientos años desde su creación y más de medio siglo desde su nacionalización, pero sin embargo la influencia clerical sobre sus claustros continuaba.

Pero no era una influencia solamente ideológica. Durante las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del XX, se había consolidado en Córdoba una oligarquía que controlaba los principales resortes económicos y políticos del municipio y de la provincia. Dueños de comercios mayoristas, fábricas, campos y negocios financieros ocupaban a la vez cargos en la intendencia, en la gobernación y en los poderes legislativos provincial y nacional, tanto desde el partido conservador como del radical. La mayoría de ellos compartían un fuerte catolicismo y contaban con el apoyo del obispo local.

Ese mismo grupo de empresarios y políticos dominaba las Academias vitalicias que gobernaban la Universidad de Córdoba y ocupaba numerosas cátedras en sus tres facultades. Los estudiantes objetaban su carácter autoritario, el dogmatismo de la enseñanza y la falta de idoneidad científica de varios de ellos.

A finales de 1917 se produjo un conflicto en el Hospital de Clínicas por la supresión del internado y las autoridades universitarias declararon que no aceptarían ningún reclamo de los estudiantes. Ésa fue la chispa que encendió la escalada de movilizaciones. En marzo de 1918 se creó el Comité pro Reforma, que declaró la huelga general, la Universidad fue clausurada y los estudiantes reclamaron la intervención del gobierno nacional. El 11 de abril el presidente Hipólito Yrigoyen designó interventor a José N. Matienzo, quien reformó el estatuto. Al igual que en la UBA, las Academias quedaban reducidas a un papel de asesoramiento científico y el gobierno de las facultades pasaba a manos de Consejos Directivos cuyos miembros, que durarían tres años, serían elegidos por los profesores.

El 1º de mayo, los estudiantes comenzaron a publicar La Gaceta Universitaria, “Órgano de la Federación Universitaria de Córdoba”. Desde Buenos Aires, La Plata, Tucumán y Litoral les llegaron numerosas adhesiones. El 15 de junio los profesores que integraban los consejos recientemente

elegidos debían designar el nuevo rector. Enrique Martínez Paz era el candidato que conformaba a los estudiantes, pero los círculos clericales lograron imponer a Antonio Nores, una de las máximas cabezas de la oligarquía, miembro de la secta “Corda Frates” y apoyado por el obispo, quien acusaba a los reformistas de actuar “por inspiración diabólica”.

Luego de la elección, los estudiantes ocuparon el Salón de Grados, donde se había reunido la asamblea profesoral, desconocieron al nuevo rector, declararon la huelga general y reclamaron del gobierno nacional una nueva intervención. El 21 de junio se publicó el Manifiesto Liminar, redactado por Deodoro Roca, donde se describían los males de la universidad cordobesa y se proclamaban los objetivos estudiantiles: una universidad científica, autónoma con respecto al pensamiento dogmático y oligárquico, proyectada hacia la sociedad y con participación estudiantil en su gobierno.

A partir de ese momento, las calles de Córdoba se poblaron de manifestaciones callejeras, en las cuales los estudiantes confluyeron con numerosos trabajadores de las industrias cordobesas que se encontraban en huelga por diversas demandas laborales. Esta situación de conflicto social generalizado es poco mencionada en la bibliografía clásica sobre la Reforma.

Córdoba tenía un joven pero ya consolidado movimiento obrero, que había formado varios sindicatos y una Federación Obrera Local. La huelga ferroviaria nacional de fines de 1917 actuó como aglutinante de varios conflictos sindicales y favoreció el acercamiento entre los dirigentes obreros y los dirigentes estudiantiles, pues ambos advirtieron que estaban luchando contra el mismo grupo oligárquico clerical. En los primeros meses de 1918 se produjo una huelga en los molinos harineros y los grandes actos que organizaron los reformistas, como el del 23 de junio, al que asistieron alrededor de diez mil personas, fueron en realidad actos conjuntos de obreros y estudiantes. Los anti reformistas también se expresaban en las calles, aunque con mucha menor fuerza.

El gobierno radical demoró varios meses en concretar la nueva intervención reclamada por los estudiantes. Mientras tanto, en agosto se produjeron otros conflictos laborales, que llevaron a la Federación Obrera Local a declarar un paro general de dos días para el 2 y 3 de septiembre. La represión policial tuvo como consecuencia que el paro se prolongara

* Eduardo Díaz de Guijarro, Coordinador del Programa de Historia de Exactas UBA.

hasta el jueves 5 de septiembre, día en que los empresarios accedieron a las demandas obreras.

Los estudiantes reformistas participaron masivamente en el acto obrero del 1º de septiembre, donde se reunieron veinte mil personas y, luego de su intervención como oradores, los presidentes de los centros de estudiantes fueron detenidos por la policía.

Cuando finalizó la huelga, los estudiantes fueron liberados y, en medio de esa conmoción general, resolvieron dar el paso decisivo que les dio el triunfo final en la universidad, que seguía clausurada. El lunes 9 de septiembre ocuparon el rectorado y comunicaron que los presidentes de los centros se harían cargo de los respectivos decanatos, para que al día siguiente pudieran reanudarse las clases y los exámenes.

Los estudiantes fueron desalojados por el ejército, detenidos en un cuartel militar y procesados por sedición. Solo entonces el presidente Yrigoyen envió un segundo interventor, el ministro de Instrucción Pública José S. Salinas, accediendo a las demandas estudiantiles. El gobierno nacional había dilatado la resolución del conflicto porque, a pesar de haber sido elegido por el voto popular después de la sanción de la Ley Sáenz Peña, tenía estrechos vínculos con el sector clerical cordobés.

El nuevo estatuto modificó la forma de elección de los Consejos Directivos. Ahora sus miembros serían elegidos en una asamblea formada por todos los profesores titulares, igual número de profesores suplentes e igual número de estudiantes, elegidos estos últimos por sus pares. La asistencia a clases no sería obligatoria y se autorizaba el dictado de cursos y conferencias libres.

A pesar de que ningún estudiante podría todavía sentarse a la mesa de los Consejos, los reformistas consideraron un triunfo que por primera vez se les otorgara al menos la posibilidad de incidir en la elección de los consejeros.

Tanto Antonio Nores como la mayoría de los profesores de la camarilla clerical habían renunciado. Aunque durante los años posteriores existieron numerosos altibajos en las conquistas obtenidas, sin duda la Reforma de 1918 dio comienzo a una nueva época en la enseñanza superior en la Argentina y en buena parte de América Latina.



REFORMA
UNIVERSITARIA
1918-2018

A 100 años de la Reforma universitaria

El legado

* Gonzalo Álvarez

Lo que se entiende como reformismo universitario, o los valores y principios de la Reforma Universitaria, son en realidad un conjunto de concepciones en torno a los objetivos, fines y organización que una universidad pública debe tener, que tiene origen en los sucesos de la reforma del año 1918, pero que se han ido configurando como tales a lo largo de cien años.

El concepto de universidad pública, producto de ese legado reformista, supone concebir a la universidad como una institución que debe ser pluralista. Pluralismo que implica la ausencia de alineamientos con proyectos nacionales cuya retórica suele ser tentadora y excluyente.

El pluralismo debe ser interpretado como un medio y un fin a la vez. La universidad debe garantizar todas las voces, teniendo como único requisito el apego a la Constitución Nacional y el respeto al mérito académico, garantizando la libertad para investigar y para enseñar de acuerdo con los parámetros científicos de cada época.

Una universidad que se constituye en la plaza pública donde se debaten los grandes temas de nuestra sociedad y se los analiza y estudia científicamente, desde diferentes perspectivas teóricas y metodológicas.

Una universidad cogobernada a través del ejercicio pleno de la ciudadanía por parte de los integrantes de cada claustro.

Una universidad autónoma, que implica el autogobierno bajo las disposiciones del Estatuto aprobado por la Asamblea Universitaria. Autonomía que no supone un aislamiento sino todo lo contrario, implica el ejercicio del mandato constitucional para la satisfacción de las demandas sociales de educación superior.

La universidad es, a través de sus funciones de investigación, docencia y extensión, la principal institución en materia de promoción, preservación y difusión de la cultura. El mandato de excelencia y calidad es intrínseco a este modelo así como también lo son la transparencia y la rendición de cuentas.

Una universidad gratuita. La gratuidad no es un fin en sí mismo, es un medio para posibilitar el efectivo goce del derecho a la educación. A ella deben sumarse todas las otras herramientas que efectivamente garanticen tal compromiso constitucional con la educación concebida como derecho humano fundamental.

El modelo histórico concreto de universidad pública argentina se edificó sobre estos principios de la reforma universitaria nacida en 1918, y bajo la austera cláusula constitucional de autonomía y autarquía de las Universidades Nacionales, y gratuidad y equidad de la educación pública, quedaron plasmados en la reforma constitucional de 1994.

Estos principios se constituyen en un mandato, un límite, una plataforma y una hoja de ruta para los gobiernos, los legisladores, los integrantes de los órganos de gobierno de las universidades y para la comunidad universitaria en general.

Pero la reforma universitaria trascendió los límites de la Universidad Nacional de Córdoba y se proyectó rápidamente hacia el resto del sistema universitario del país en la época, y tuvo una proyección fronteras afuera, constituyendo lo que se conoce como su dimensión americana.

La rápida expansión del movimiento reformista y su impacto en las formas de organización institucional de las universidades latinoamericanas se explica por la matriz común que compartían estas instituciones, muchas de las cuales habían sido creadas por España en pleno período colonial bajo la influencia del modelo de la Universidad de Salamanca.

Es importante señalar que las potencias coloniales que actuaron en el territorio americano desplegaron estrategias diferentes en cuanto a la complejidad de las sociedades que impulsaban en el territorio de sus respectivas colonias, siendo un indicador distintivo de ello la creación de universidades.

El caso de España fue radicalmente distinto a los de Inglaterra o Portugal, mientras que los españoles fundaron universidades desde el inicio de su despliegue

* Gonzalo Álvarez. Profesor regular en las facultades de Derecho y de Psicología de la UBA y rector de la Universidad de la Defensa Nacional. Director de EUDEBA

territorial en América, extendidas a lo largo y ancho de sus dominios coloniales, a partir de la fundación de las universidades de Santo Domingo en 1538 y de México en 1551, los Ingleses fundaron sus primeras instituciones de educación superior casi un siglo después y los portugueses mantuvieron a la Universidad de Coimbra como el destino para la formación universitaria de sus elites, no habiendo fundado las primeras universidades hasta el siglo XX.

Esa matriz común que trazó una identidad universitaria y un tipo de configuración del orden social, se constituyó en la plataforma que impulsó la rápida extensión continental del movimiento reformista desatado a partir de un reclamo gremial estudiantil en una ciudad del interior de la Argentina, generando un cambio radical de la concepción de la universidad, su relación con la sociedad y las formas de organización institucional para el cumplimiento de sus funciones sustantivas. Los males que afectaban a la universidad y a la sociedad cordobesa no eran ni muy distintos, ni muy lejanos a los que afectaban al resto de las universidades latinoamericanas.

La Reforma Universitaria y su programa construido en estos cien años supusieron convertir a las universidades latinoamericanas en instituciones que dieran cuenta del concepto moderno de universidad, donde las funciones de docencia e investigación constituyen sus características definitorias. La experiencia latinoamericana iniciada a partir de la Reforma Universitaria de 1918 le añadió a esa concepción moderna de universidad la idea de la vinculación social a través de la extensión universitaria como una de las funciones sustantivas de la universidad. Por ello, el legado reformista deja la huella del necesario vínculo de la universidad con el entorno social, del cual forma parte y al que debe contribuir en forma directa e indirecta para su desarrollo.



A 100 años de la Reforma Universitaria

Irradiación

* Guillermo Vazquez

Se cuenta que en alguna oportunidad le preguntan en una reunión de la ONU a un primer ministro de la República Popular China cuál era su opinión sobre la Revolución Francesa, a lo que respondió que aún era pronto para valorarla. Con la Reforma Universitaria, en su centenario, acaso pase lo mismo: fue tal su profundidad e irradiación, que aún hoy nos preguntamos sobre el avance de su ideario y la radicalidad de sus propuestas. Atendiendo fundamentalmente al transcurso de la historia y a la comparación de una sociedad y una universidad muy diferentes, sin embargo, principios reformistas bien explícitos en el año 1918 –como la asistencia libre– no están garantizados en muchas facultades. Así es el caso, más grave aún, de la integración plena de estudiantes en los concursos: ha sido frenada judicialmente (con algún voto en disidencia del juez Carlos Fayt, precisamente mencionando a la Reforma del 18) y hoy la mayoría de las universidades, por conocer el criterio de la Corte Suprema de Justicia de la Nación, no se animan a reglamentar esa integración.

La Reforma Universitaria del '18 representa de alguna manera una suerte de Revolución Francesa de las *reformas universitarias* (independientemente de su grado de radicalización política). Esto implica que es un faro fenomenal con el cual muchas veces estamos tentados a explicar todo lo que sigue (como lo hizo el filósofo ruso Alexandre Kojève, quien dijo que la Revolución China fue solo la introducción del Código Napoleónico en ese país). Sin embargo, ese inicio del movimiento estudiantil, ese origen sistemático de un conjunto de principios y acciones políticas para una universidad emancipatoria, se radicaliza y avanza por cauces distintos a lo largo de la historia argentina.

Es tan relevante pensar el '18 por una multiplicidad de factores, como la explosión de matrícula por las políticas públicas durante el primer peronismo; o la inserción tecnológica y la relevancia de la docencia en el período desarrollista que le siguió. Las resistencias al onganato que dieron, entre otras cosas, nada menos que el Cordobazo (inexplicable sin el apoyo estudiantil organizado); la impresionante experiencia de la universidad popular de 1973.

Notorios fueron los intentos en la transición democrática por reconstruir y construir (desde la participación política hasta los programas de cátedra) lo que la dictadura había destrozado, y la renovación de un movimiento universitario de resistencia y protesta en la década de 1990; así como enormes avances presupuestarios y políticas públicas en la década kirchnerista, que devolvieron la trascendencia a la educación superior vinculada a la ciencia y la tecnología, pero también con un considerable crecimiento de matrícula muy vinculado a estudiantes que eran primera generación de universitarios en sus familias.

La disparidad entre facultades es un tema siempre acuciante. No solo en lo político (integración despareja), y en lo vinculado al financiamiento, sino también en la influencia de ciertas “competencias profesionales” que excluyen a unas y sobredeterminan a otras. En algunas facultades, como la de Derecho por caso, la influencia es altísima: es la única disciplina cuyo título es obligatorio para acceder a un Poder del Estado (el Judicial); Poder que, por otra parte, ha tomado una influencia impactante, nunca antes visto en la historia política continental. Paradójicamente, su reclusión al interior de sus espacios, su sectarismo técnico, social y político es inversamente proporcional al grado de hegemonía con el que cuentan.

La CRES 2008

La Conferencia Regional de Educación Superior de América Latina y el Caribe (CRES), tuvo el coraje de expresar algo que marcó un horizonte clave en la discusión pública sobre educación superior en América Latina la década que le siguió: que la educación superior es un bien público social, un derecho humano y universal, y un deber del Estado. Quedó muy presente el tema de los derechos humanos, atendiendo sobre todo a su efecto simbólico.

Creo sin embargo que se postergó el tratamiento del deber de los Estados, y no se llegó a sacar las conclusiones, o al menos los efectos legislativos y prácticos de dicha declaración expresada como “convicción” (y hablo aquí no del excelente documento de la CRES, sino en lo que vino después en los diez años de las universidades de la

* Guillermo Vazquez. Profesor de Teoría Política en la Facultad de Ciencias Sociales de la UNC y Pro-Secretario de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales de la Facultad de Filosofía y Humanidades.

región), que dejó planteados una serie de interrogantes: ¿En qué consiste esa dimensión de la educación superior? ¿Cómo trabajarla más allá de una declaración –sin por eso dejar de tener la relevancia que tiene–? ¿Qué esquema conjunto, que a la vez atienda a las diferencias de cada Estado latinoamericano, puede pensarse en torno a este deber? ¿Cómo lograr un compromiso conjunto de las universidades latinoamericanas en su diversidad?

En Argentina, tomándonos como ejemplo, los derechos humanos llegan a una dimensión única a nivel mundial, no tanto por las características propias del terrorismo de Estado acá, sino por la fortaleza y continuidad del movimiento de derechos humanos para darle la relevancia con que cuenta. Los derechos humanos, y la educación superior como uno entre tantos, se valoran y materializan en políticas de Estado no solo porque estén declarados, tampoco únicamente por su mayor o menor grado de institucionalización, sino fundamentalmente por la defensa activa y “movimientista” de sus postulados (en tanto lleva a acuerdos y desacuerdos, que lleva a consensos y discusiones, que incluyen a actores diversos). Acaso lo que haga falta para completar el panorama de la CRES 2008 sea precisamente fortalecer ese movimiento universitario, que incluye lógicamente al movimiento estudiantil, a las agremiaciones docentes y nodocentes, a los colegios profesionales que siguen vinculados a la universidad y a una realidad de actores no universitarios fundamentales en las discusiones públicas sobre educación superior.

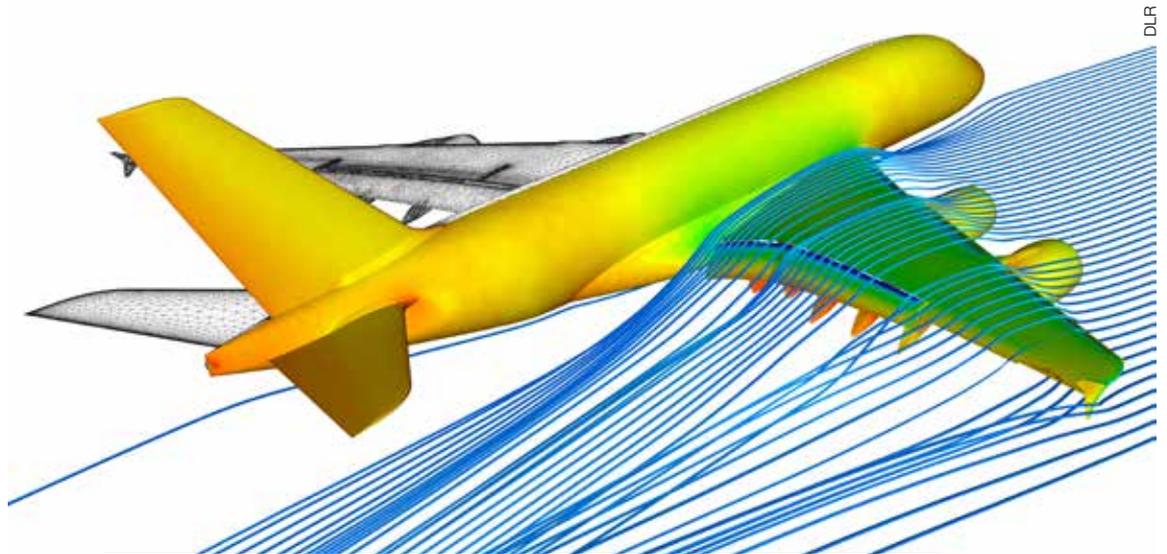


REFORMA
UNIVERSITARIA
1918-2018

Simulación computacional

El laboratorio del siglo XXI

¿Qué tienen en común el lanzamiento de un nuevo satélite al espacio, la mecánica de los fluidos y la investigación sobre el origen del universo? Actualmente, en todos estos ejemplos, se utiliza simulación computacional, una herramienta clave que permite estudiar científicamente las características de diversos fenómenos que no siempre están disponibles para su experimentación directa y que se apoyan en tecnologías de cómputo de alto rendimiento.



Simulación de flujo numérico en un Airbus A380. En el fuselaje se puede ver la distribución de la presión durante el vuelo. En el ala derecha la distribución del flujo. El ala izquierda muestra una llamada "grilla computacional", que sirve como una base para la simulación.

Para entender qué es una simulación por computadora, debemos describir su proceso intrínseco. En primer lugar, se define cuál es el fenómeno que se quiere estudiar (ingenieril, físico, químico, biológico, meteorológico, socioeconómico, urbano, etcétera). Luego, se establecen las ecuaciones matemáticas que rigen el comportamiento del fenómeno. Una vez establecidas esas fórmulas, para que se conviertan en números que se pongan en práctica y se generen resultados de ese modelo matemático, es necesario utilizar recursos computacionales y, en particular, contar con un software de modelado avanzado. De este modo, el conjunto de técnicas que se usan para resolver los modelos numéricos constituye la denominada simulación por computadora o modelo computacional, que trata de representar la realidad del fenómeno y capturar sus características principales.

Ahora bien, ¿por qué la simulación por computadora sería ventajosa, qué beneficios ofrece? Antes de poder contar con extensos recursos computacionales, científicos e ingenieros hacían cálculos manuales con lápiz y papel, se manejaban con el "ensayo y error" y lo aplicaban en el diseño industrial o las diversas construcciones de edificios o de vehículos. Como el cálculo no era exacto, las estructuras que debían usar resultaban más pesadas e ineficientes. A medida que los métodos de cálculo se fueron refinando hasta llegar al modelado computacional, se lograron optimizar esas estructuras, volviéndolas más livianas y seguras. El primer caso conocido ha sido el de la empresa Boeing,

que desde la década de 1960 ha venido simulando el comportamiento de sus aviones antes de diseñarlos.

Durante los últimos cincuenta años, la simulación se ha extendido a dominios muy diversos como mecánica de fluidos, extracción de petróleo, industria aeroespacial, modelos biológicos, climatología, urbanismo y sistemas socioeconómicos, entre otros. Si buscamos ejemplos más recientes, podrían mencionarse la simulación de los satélites de comunicaciones, tales como el Arsat, lanzado en nuestro país, y el uso de simulación para métodos de explotación de hidrocarburos, como en Vaca Muerta, para anticipar factores imprevistos en sus procesos industriales.

El denominador común a estas aplicaciones sería que la simulación se convirtió en una parte más de la experimentación científica e incluso en un método viable a implementar cuando no es posible realizar el experimento porque resulta muy costoso, riesgoso o complejo llevarlo a cabo mediante ensayos tradicionales. "La simulación computacional es una herramienta fundamental de investigación. Desde hace años, el paradigma de la ciencia ha pasado a tener un fuerte anclaje experimental en la computadora como nuevo laboratorio de investigación. En este sentido, los resultados de la simulación ayudan a realizar experimentos más eficientes, teniendo en cuenta que en algunas disciplinas no es nada sencillo generar un experimento", advierte Esteban Mocskos, investigador del Centro de Simulación Computacional para

Aplicaciones Tecnológicas (CSC) del CONICET y profesor de Exactas-UBA.

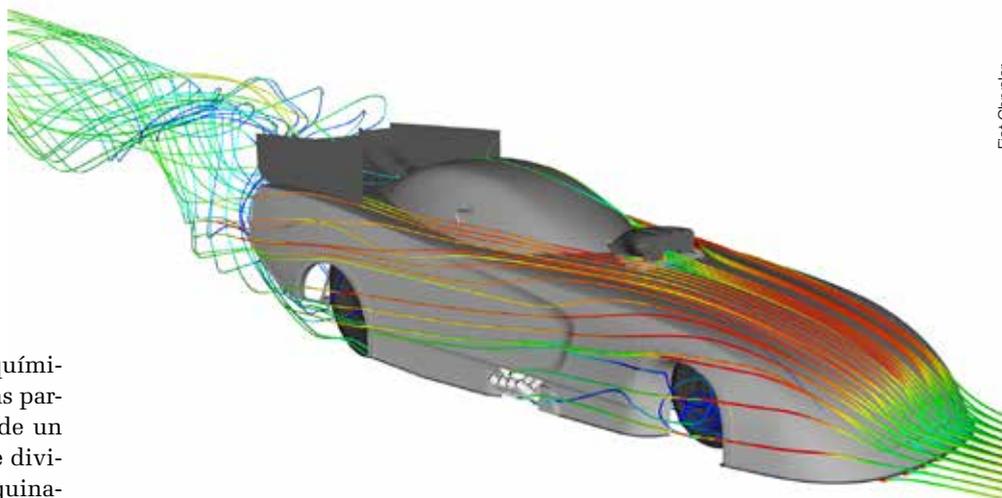
En este aspecto, el investigador pone como ejemplo el hecho de que no se puede recrear el universo o la galaxia varias veces por semana, o bien ver la dinámica de una proteína, estirla y explorarla por dentro. "Estos casos no admiten una experimentación controlada, por ese motivo es necesario recurrir a la simulación computacional así como a técnicas de modelado avanzado, con software, para encarar preguntas que hasta ahora nadie se había animado a intentar responder", puntualiza Mocskos.

Investigación-modelo

Ante el interrogante de cómo trabajan los investigadores que hacen simulación y modelado avanzado, existen diferentes problemas que se atacan en simultáneo.

"Hay dos situaciones en las que se puede aportar conocimiento: en la generación de nuevos modelos o herramientas y en la optimización de herramientas ya existentes. En muchos casos, las herramientas no están diseñadas previamente para resolver problemas altamente complejos o multiescalares, cuando uno introduce mayor cantidad (millones) de elementos. En otros casos puede ocurrir que directamente no haya un modelo generado", comenta el investigador.

Justamente ese sería el caso de los modelos naturales, uno de los proyectos en los que trabaja actualmente Mocskos.



Testeo de la interacción del aire con la superficie de un auto de carreras, utilizando la simulación de dinámica de fluidos.

“El proyecto que desarrollo con químicos y biólogos consiste en mirar las partes estructurales de la célula desde un punto de vista mecánico: cómo se divide, cómo logra estabilizarse la maquinaria que tiene la célula adentro después de que se dividió y que el núcleo quede en un lugar fijo. Es una orquesta de componentes que actúa muy sutilmente, pero gracias a ella hay posibilidad de vida. Aunque uno use microscopios de alta definición para observar estos comportamientos y obtener datos experimentales precisos, no están claras las propiedades que gobiernan estos datos. Al mismo tiempo, es necesario poder ver estos comportamientos como sistemas complejos y no como comunidades pequeñas. Eso hace fundamental la generación del modelo avanzado”, precisa el profesor de Exactas.

Otro desafío es el de poder combinar en un mismo modelo diversos fenómenos físicos o naturales con fenómenos humanos, cuestión que se resuelve a través del modelado híbrido. “Si imaginamos el caso de una inundación en una ciudad combinado con el tránsito vehicular, existe software para modelar y simular el tránsito por un lado y, por otro, para el comportamiento de fluidos, pero modelar las dos cosas juntas no es trivial”, explica Rodrigo Castro, investigador del Instituto UBA-CONICET de Investigación en Ciencias de la Computación (ICC) y profesor en

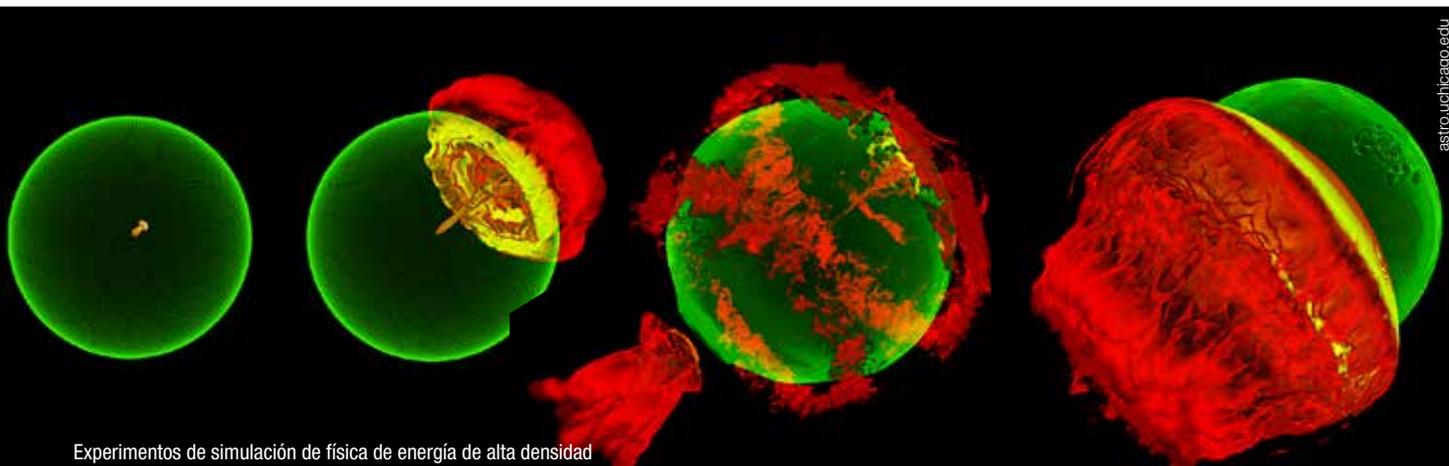
el Departamento de Computación de Exactas-UBA.

Claramente, inundar a propósito una ciudad para entender su funcionamiento o generar un atasco de tráfico real sería inviable y absurdo, tanto por los riesgos como por los costos que acarrearía. Para abordar estos modelos, se utiliza simulación y control híbrido (combinación de sistemas discretos y continuos) y computación distribuida (sistemas y plataformas de cómputo paralelo y distribuidos).

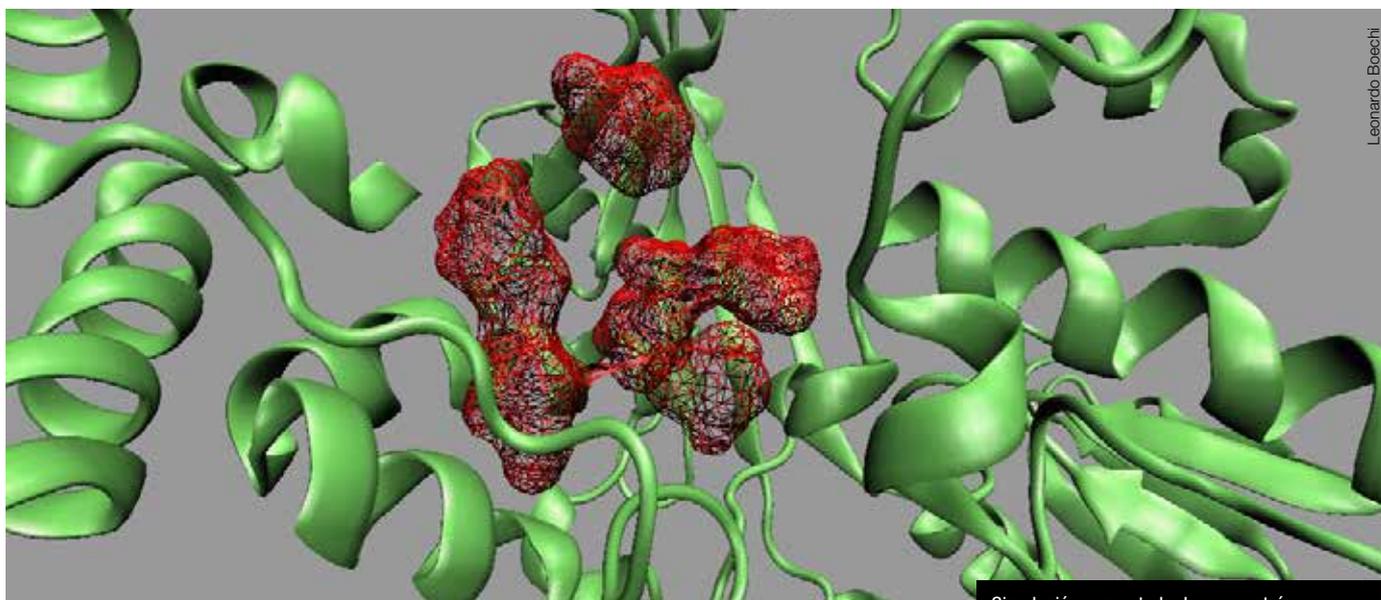
En un modelo continuo, lo físico sería, por ejemplo, las temperaturas o el comportamiento del agua, que se modela mediante un sistema de ecuaciones diferenciales. En cambio, lo discreto sería cómo reacciona un conductor ante la emergencia de calles anegadas, si frena o sigue, dónde dobla o retoma una calle, etcétera, cuestión que se entiende como un sistema complejo y auto-organizado. “Es fundamental considerar cuál es la escala de tiempo (segundos, minutos, horas o días) en la

que ocurren los eventos relevantes que se pretenden simular. En el ejemplo de una inundación y del comportamiento de los conductores en una ciudad, combinar eficientemente escalas de tiempo grandes y pequeñas puede ser una tarea muy compleja”, expone Castro.

En muchos de estos casos los investigadores cuentan con cómputo de alto rendimiento (HPC), que se apoya en tecnologías tales como conglomerados de computadoras unidas entre sí por una red de alta velocidad y que se comportan como si fueran una única computadora (*clusters*). Si tomamos como ejemplo las supercomputadoras de los centros científicos, estas llegan a tener una capacidad de cálculo equivalente a 12.000 computadoras hogareñas; es el caso de la supercomputadora TUPAC instalada en el CSC de CONICET, y que pueden realizar alrededor de 14 billones de operaciones por segundo. Tal es el caso de la supercomputadora Mendieta, alojada en el Centro de Computación de Alto Desempeño de la Universidad Nacional de Córdoba.



Experimentos de simulación de física de energía de alta densidad



Leonardo Boechi

Simulación computada de una proteína.

El experimento ATLAS

En el año 2013, el Departamento de Computación de Exactas-UBA se sumó a una iniciativa de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, con sede en Ginebra, Suiza) para incorporar colaboraciones específicas en computación, siguiendo un modelo ya consolidado internacionalmente en el área de física. En este contexto, el grupo de Simulación de Eventos Discretos, dirigido por Castro, mantiene una colaboración permanente con el experimento ATLAS en CERN. ATLAS es uno de los detectores del Gran Colisionador de Hadrones (LHC o “máquina de Dios”), un anillo de 27 km de circunferencia enterrado cien metros bajo tierra. En este experimento se explora la naturaleza fundamental de la materia que nos rodea y las fuerzas elementales que dan forma al universo. Más de 3000 científicos de 38 países colaboran actualmente en el proyecto ATLAS.

El grupo de becarios e investigadores de Exactas-UBA (en conjunto con otros grupos del país) desarrolla nuevos algoritmos y métodos de modelado y simulación computacional, abarcando desde la simulación de trayectoria de partículas subatómicas hasta la simulación de redes de datos, data centers y clusters que procesan en tiempo real unas 40 millones de colisiones (eventos) por segundo.

Particularmente se estima que el detector de colisiones de partículas de ATLAS procesa entre 60 y 80 terabytes por segundo, lo que equivale a una intensidad de dos veces el tráfico mundial

de Internet. El trabajo es riguroso y ningún byte de información debe perderse, por lo que los datos se almacenan permanentemente para que, luego, un equipo de físicos pueda analizarlos. “Diseñar estos clusters para que sean eficientes y que cada vez procesen más información es un desafío de una escala enorme. Gran parte de las decisiones que tomamos sobre cómo diseñar sus redes y protocolos consisten en modelado, simulación y control automático de infraestructuras de cómputo intensivo”, afirma Castro.

Y agrega: “Además, proveemos mecanismos para evaluar los futuros diseños de las redes de datos y definir nuevas arquitecturas de procesamiento. En esta instancia hay muchísima colaboración, los estudiantes de grado y doctorado del grupo toman estas problemáticas como insumo para sus temas de tesis, viajan a Suiza para hacer estadías de investigación y cada avance en nuevos modelos y motores de simulación se convierte en una publicación científica”.

Perspectivas locales

Al escuchar la pregunta de cómo está competitivamente Argentina en simulación computacional con respecto al resto del mundo, los investigadores ofrecen visiones complementarias. “Soy optimista desde el punto de vista científico”, reflexiona Castro, teniendo en cuenta que “crece el número de científicos de Argentina que participan en forma destacada en las principales conferencias internacionales de modelado y simulación. No obstante, aún existe una inmadurez desde el punto de vista de la transferencia y la aplicación,

ya que en muchos casos se usan paquetes de herramientas cerradas, que no se pueden modificar y no siempre se adaptan a las soluciones que se buscan desde la simulación”, advierte el investigador. Ante este panorama, Castro propone utilizar herramientas de código abierto y desarrollar nuevos productos de innovación tecnológica que no ataquen un único problema puntual, sino clases enteras de problemas a través de herramientas propias: hacer ciencia desde la ingeniería, articulando la frontera entre los problemas básicos y los aplicados.

“Los avances en el sistema científico local son positivos, pero nos falta mucho. Se necesita crear una masa crítica de usuarios, tanto en la academia como en la industria, que puedan estar entrenados en el uso de estas plataformas, es decir, que sepan cuáles son los problemas centrales, que puedan manejar la tecnología e infraestructura de cómputo y sacarle provecho, y que también tengan una pregunta científica relevante”, opina Mocskos. Para enfrentar este escenario adverso, el investigador de CONICET propone “seguir promoviendo la organización de actividades de formación, invertir más recursos, más difusión y fomentar vínculos de colaboración entre la comunidad científica y el sector productivo”. Estas acciones ayudarían, en concreto, a fortalecer la comunidad local de usuarios y a tender nuevas redes de colaboración para generar más y mejores proyectos de modelado y simulación computacional. Ejemplo de ello fue la Escuela Regional de Cómputo de Alto rendimiento (High-Performance Computing Latin America Community, HPC LATAM), desarrollada a fines de 2017 en Exactas-UBA.

Basura electrónica

¿Quién se hace cargo?

La fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos consume recursos naturales y sus residuos crecen exponencialmente y contaminan el ambiente. En el mundo se avanza con legislaciones que fomentan el reciclado y que trasladan la responsabilidad final de los desechos al productor. En la Argentina, la falta de una normativa específica lleva a que terminen en rellenos sanitarios o en basurales.

En esta nota:

Lic. Gustavo Fernández Protomastro: Biólogo (Exactas-UBA), Master en Ingeniería y Gestión Ambiental (Universidad Politécnica de Cataluña), Director del Grupo Ecogestionar. Autor del libro “Minería urbana y la gestión de los residuos electrónicos”.

Lic. Pablo Mesa: Biólogo (UNLP). Ex Director de Gestión Ambiental del GCBA. Integrante del Centro de Economía Circular. Redactor de la iniciativa legislativa presentada por el senador Abal Medina.

Lic. Yanina Rullo: Ex coordinadora de Campaña de RAEE en Greenpeace. Asesora de la Comisión de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Senado de la Nación



Tarde o temprano, los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) que descartamos, terminarán en un basural o un relleno sanitario, y la descomposición de sus componentes, en las napas.

Probablemente, usted posee un teléfono móvil. Para producir ese pequeño dispositivo de unos pocos gramos de peso se dinamitaron toneladas de piedra y se consumieron varios metros cúbicos de agua y de aire. Además, se gastó energía.

Por ejemplo, obtener solamente los aproximadamente 40 miligramos de oro que contiene su aparato –sí, su celular tiene oro– significó que la industria minera rompiera unos 126 kilos de piedra, empleara unos 34 gramos de cianuro y consumiera unos 2.000 litros de agua.

Considere ahora que, solo en la Argentina, hay más de cuarenta millones de teléfonos celulares en uso y que, cada año, los argentinos compran más de diez millones de teléfonos nuevos.

Si todavía le parece poco, súmele ahora lo que implicó para la naturaleza obtener las materias primas necesarias para la producción de los millones de computadoras, impresoras, televisores, heladeras e infinidad de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) que los argentinos compran cada año.

Pero eso no es todo: aunque parezca curioso, esos AEE –que, además de oro, tienen plata, litio, platino y muchos otros elementos valiosos– en algún momento terminarán en un relleno sanitario o en un basural a cielo abierto. Allí, la descomposición, la lluvia o la quema harán que gran parte de los componentes de los AEE –como metales pesados y otras sustancias químicas riesgosas para la salud– alcancen las napas de agua o se liberen a la atmósfera.

En definitiva, el proceso resulta en un doble impacto sobre la naturaleza: por un lado, hay una destrucción de los recursos y, por otro lado, se contamina el ambiente.

Minería inversa

“Se calcula que los argentinos producimos unas 320.000 toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) al año, y ese número crece exponencialmente”, advierte Protomastro.

“Hace pocos años los RAEE representaban el 0,35% del contenido de los rellenos sanitarios. Hoy ya constituyen el 2%”, informa Mesa, y señala: “Son los residuos más peligrosos en términos de su concentración de metales pesados”.

Si no llevamos las pilas, las baterías, las lamparitas o cualquier dispositivo eléctrico o electrónico a un lugar de reciclado y “lo tiramos a la basura”, se lo llevará el camión de recolección de residuos domiciliarios y terminará enterrado en un relleno sanitario o en un basural municipal. Es decir, le devolvemos a la madre tierra metales como cobre, estaño, aluminio, mercurio, hierro, oro, plata y diversos plásticos (o sea, petróleo industrializado), cuya producción primaria representó costos ecológicos –y económicos– significativos.

“Estamos haciendo minería inversa”, ilustra Protomastro. “Al enterrarlos, no sólo perdemos recursos muy valiosos, sino que también dispersamos por nuestro entorno contaminantes riesgosos”, agrega, y propone: “Hay

que pensar en una minería urbana o de pos-consumo. Porque los costos de reciclar serán menores que los crecientes costos energéticos, ambientales y sociales de la minería del subsuelo”.

La moda de lo obsoleto

Hubo un tiempo en el que el prestigio de una marca estaba dado por la durabilidad de sus productos. Eran épocas en las que la heladera o el lavarropas de los padres, o incluso de los abuelos, eran aprovechados por las siguientes generaciones.

Pero las cosas empezaron a cambiar en las últimas décadas del siglo XX. La tecnología permitió reducir los costos de fabricación y masificar el consumo. Con la publicidad, los consumidores empezaron a estimar otras cualidades de los productos: la durabilidad deja de ser un valor y la necesidad es reemplazada por la moda.

Como cualquier producto, los AEE siempre tuvieron un ciclo de vida y, más temprano o más tarde, se transformaron en RAEE. Pero hay quienes sostienen que, en determinado momento, los fabricantes acortaron deliberadamente el tiempo de vida de sus productos, un fenómeno denominado “obsolescencia programada”.

También, muchos de nosotros hemos firmado el certificado de defunción de algunos dispositivos aun cuando siguen funcionando, como la videocasetera o el reproductor de DVD. Esto es lo que se ha dado en llamar “obsolescencia percibida” y, tal vez, el ejemplo



Kristian Peters

Los especialistas coinciden en que solo la participación masiva de la ciudadanía posibilitará el desarrollo de una industria de gestión de los residuos de AEE.

actual más frecuente de esta conducta es la decisión de cambiar regularmente el modelo de teléfono celular.

Sea por la evolución tecnológica, o porque los percibimos frágiles, nos acostumbramos a asumir que los AEE son efímeros.

En definitiva, el concepto de RAEE no solo involucra a los aparatos que ya no funcionan sino que, también, engloba a aquellos dispositivos cuyo poseedor decide descartar.

Economía circular

Históricamente, la economía mundial ha seguido un flujo lineal: extracción, fabricación, utilización y eliminación.

Pero, en los últimos años, la preocupación por la sostenibilidad de los recursos y el ambiente condujo a muchos países industrializados, fundamentalmente de Europa, a poner en marcha una economía de flujo circular.

“Esto implica mantener dentro del ciclo económico, y por el mayor tiempo posible, los materiales y su energía”, comenta Mesa.

La propuesta busca “cerrar el círculo” de los distintos ciclos de vida de un producto: desde la producción y el consumo hasta la gestión de residuos y de un mercado de materias primas secundarias.

“Es pensar en una sociedad orientada a generar recursos que sustituya a la actual, orientada a generar residuos”, puntualiza Protomastro.

Para el caso de los AEE, la economía circular promueve la reparación, el reacondicionamiento, el reciclado y la reutilización con el fin de extraerles el máximo valor y uso a todos los productos, incluidos sus materias primas y residuos. También apunta al eco-diseño, es decir, a que en el momento de la concepción misma del dispositivo se tengan en cuenta los probables impactos ambientales que tendrá el producto a lo largo de su ciclo de vida.

Finalmente, si a lo largo del ciclo de vida del producto quedara algún residuo que no se pudo aprovechar, la economía circular propone valorizarlo como fuente de energía. Por ejemplo, según una auditoría técnica del sistema de reciclaje de RAEE en Suiza, “un 40% del peso total de un teléfono móvil es reciclable y un 50% puede usarse para producir energía. Es decir que solo un 10% del peso del celular puede considerarse basura”.

Responsabilidad extendida

En la mayoría de los países que regulan la gestión de los RAEE se aplica el principio de responsabilidad extendida del productor (REP): “Los productores ya no sólo son responsables por los desechos que generan durante el proceso de fabricación, o de las devoluciones que pudieran tener por defectos u otros motivos, sino por el ciclo de vida completo de sus productos, desde el diseño hasta la gestión de sus desechos”, conigna Protomastro.

Según el experto, el concepto de responsabilidad “de la cuna a la tumba”

lleva a que el fabricante asuma los costos de los posibles impactos ambientales de su producto al finalizar el ciclo de vida útil. De esta manera —explica— “el productor se preocupa por aplicar un diseño que utilice las materias menos contaminantes y que permita optimizar el tratamiento de los RAEE, de manera de minimizar su volumen y favorecer el reciclaje”.

“En Europa, la REP obliga al fabricante a hacer pública la información acerca de los materiales que contiene el producto, cómo desarmarlo, cuáles son las partes aprovechables, cómo va a retirarlo del ambiente y cómo va a tratarlo”, detalla Mesa.

En los países que implementaron la REP, suelen existir sistemas colectivos de gestión de los RAEE. En este modo de organización, los fabricantes se asocian por categorías de artículos, o por regiones, y contribuyen a un fondo común destinado a gestionar la logística y a operar las plantas de tratamiento de los residuos. Así, reducen los costos.

Los críticos de este sistema de gestión aducen que esta forma de “responsabilidad colectiva”, sin distinción entre marcas, lleva a que los fabricantes dividan los costos entre ellos sin preocuparse individualmente por el impacto diferencial de sus productos. De esta manera —alegan— los productores no tienen un estímulo para fabricar artículos que sean más fáciles de reciclar, pues sus costos están relacionados con los porcentajes de venta en el mercado más que con los costos de tratamiento al final de la vida útil de sus productos.

Por ello, algunas organizaciones ecologistas proponen que las normas contemplen la figura de la responsabilidad individual del productor (RIP), es decir, que cada empresa sea responsable de financiar los costos de gestión de sus propios RAEE. Argumentan que la RIP promueve la innovación y el eco-diseño, porque si los empresarios deben pagar por el reciclaje y la disposición final de los productos que fabrican tienen un mayor incentivo para utilizar materiales reciclables o que reduzcan los costos de dicha gestión. Por ejemplo, podrían evitar el costoso tratamiento de los residuos peligrosos excluyendo este tipo de materiales en el diseño de sus productos.

Algunos países de Europa y Japón implementaron la RIP en algunas etapas de la gestión de los RAEE, como la recolección o el reciclaje.

Una industria nueva

Cuando un Estado decide distribuir millones de computadoras portátiles en las escuelas, o cuando un Banco decide renovar los cajeros automáticos, o cuando se implementa un plan canje de lámparas o electrodomésticos, no se tiene en cuenta el destino final de esos AEE. Algunas empresas suelen donar sus computadoras cuando deciden cambiarlas y, con ello, se consigue prolongar su vida útil. Pero, al desprenderse de un AEE nadie está pensando en su destino final.

Según Mesa, el 60% de los RAEE lo producen las grandes empresas y el Estado, y el 40% restante proviene de las Pymes y los hogares.

“Los sistemas integrados de gestión de RAEE sólo funcionarán y serán sostenibles si son masivos y si consisten en el envío o entrega, a cuenta y cargo del usuario final del aparato, hasta el punto verde. La devolución posconsumo de un aparato electrónico debe ser un hábito, como respetar las señales del tránsito”, opina Protomastro.

Los especialistas coinciden en que solo la participación masiva de la ciudadanía posibilitará el desarrollo de una industria de gestión de los RAEE.

“Hoy no tenemos un mercado interno de recuperación y reciclado en cantidad suficiente como para alimentar a una



En los países que regularon la gestión de estos residuos, los productores incorporan la responsabilidad por el ciclo de vida completo de sus productos, desde el diseño hasta la gestión de sus desechos.

industria”, dice Yanina Rullo. “No solo es una industria valiosa porque recupera metales preciosos o porque es importante desde el punto de vista ambiental, también es una gran generadora de empleo. En el mundo, la industria de reciclado emplea más trabajadores que otros sistemas de gestión de residuos, como el de los rellenos sanitarios o el de la incineración”, sostiene, y concluye: “Para que haya un mercado interno significativo de recuperación y reciclado hace falta una normativa”.

Proyectos cajoneados

La falta de una normativa argentina para la gestión de los RAEE no solo impide el desarrollo de una industria con múltiples ventajas sino que, además, lleva a que –por su alto contenido en metales pesados y otras sustancias tóxicas– los RAEE queden enmarcados dentro de la ley de residuos peligrosos y que, por lo tanto, deban ser tratados como un residuo patogénico hospitalario. Es decir, como un desperdicio.

Además, como nuestro país es firmante del Convenio de Basilea (sobre el control de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación), el movimiento interjurisdiccional de los RAEE es complicado y costoso. Incluso entre las provincias, porque deben ser transportados por operadores habilitados por los organismos provinciales o nacionales de medio ambiente.

En 2011, el Senado Nacional dio media sanción a un proyecto de ley para la gestión de los RAEE, pero la iniciativa perdió estado parlamentario porque la Cámara de Diputados nunca lo trató.

Desde entonces, se han presentado varios proyectos en el Congreso y, actualmente, ambas Cámaras tienen iniciativas en este sentido que permanecen “cajoneadas” en distintas Comisiones.

“En general, la agenda ambiental se instala cuando se presenta algún conflicto”, opina Mesa.

Crisis civilizatoria

Nadie duda de que los AEE mejoraron nuestra calidad de vida. Pero, también es un hecho que los residuos provenientes de estos aparatos crecen exponencialmente.

“Dejar los RAEE en la vereda y permitir una gestión informal de estos desechos es barrer el problema debajo de la alfombra”, considera Protomastro, y manifiesta: “Hay que ser ciego, o terco, para no ver por qué nuestros países requieren de una industria gestora de RAEE”.

“El problema no se termina gestionando el residuo: hay que producir distinto”, agrega Rullo.

En ese sentido, Mesa entiende que “más que hablar de crisis ambiental, hay que hablar de crisis del modelo civilizatorio: de cómo producimos y cómo consumimos”, y concluye: “Paradójicamente, los residuos vinculan a los segmentos de alto poder adquisitivo con los de bajo poder adquisitivo. Muchas veces, estos aparatos terminan tirados y contaminando los lugares donde viven personas que nunca tuvieron la posibilidad de acceder a esos dispositivos”.

Aplicando el Convenio de
Diversidad Biológica

Decisiones difíciles

Las autoridades nacionales lanzaron un ambicioso plan para reducir el impacto de las especies exóticas invasoras en los ambientes de nuestro país. Sin embargo, una de las acciones más controversiales es la de eliminar individuos para salvar ecosistemas, y peor aún si se trata de especies carismáticas como ocurre con el castor o las ardillas. ¿Cómo comunicar a los habitantes las medidas de control? ¿Y cómo evitar llegar a ellas?



Paula de Tezanos Pinto

Uno de los daños que producen las ardillas es quitar la corteza de los árboles, favoreciendo la infección por hongos y secando parte de los mismos.

Natasha, quien pide que su identidad se mantenga en reserva, está en Londres. Desde su cuenta de Facebook, pueden leerse sus andanzas. “Un mundo ideal estaría, definitivamente, lleno de dulces ardillas”, publica junto con un video que evidencia su afirmación. Estallan los *me gusta* de aprobación de sus amigos. “¡Trae una, ahora permiten mascotas a bordo del avión!”, le comenta alguien, a lo que ella responde: “Sí, una pareja para poblar las plazas de Buenos Aires. ¡Qué lindo!”. El escenario que se avecina a mi mente es el del desastre. Una nueva especie exótica invasora instalada en la ciudad con consecuencias inimaginables hasta que ya es demasiado tarde. Pero hasta hace poco tiempo atrás, esa publicación hubiera tenido un *me gusta* más... el mío.

Especies invasoras

Las especies exóticas invasoras son un problema social, ambiental y económico para muchas regiones de Argentina. Al no existir predadores naturales, su reproducción y expansión es muy rápida en el nuevo territorio donde se asientan. Por ello, desde la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación crearon una Estrategia Nacional para mitigar sus efectos. La situación es compleja y abarca múltiples actores. Basados en los antecedentes, los especialistas evaluarán siete casos piloto, que son importantes porque representan alguna característica particular del problema.

Uno de ellos es la ardilla de vientre rojo (*Callosciurus erythraeus*). Nativa del sudeste de Asia, es el mamífero más recientemente introducido de manera intencional en Argentina que ha establecido poblaciones silvestres. Su inserción ocurrió en la localidad de Jáuregui, partido de Luján, Provincia

de Buenos Aires. “Las traje en 1970 el empresario belga Julio Steverlynck, un personaje importante en la historia de Luján. Su idea era recrear en su estancia condiciones exóticas”, nos cuenta Mariela Borgnia, investigadora de la Universidad Nacional de Luján. “Armó lagunas artificiales, trajo plantas, ciervos, pavos reales... y ardillas. Parece que algunas se murieron, otras escaparon y otras fueron liberadas. No más de cinco y, de ahí, se generó toda la población que hoy existe”, comenta Mariela. Actualmente, se expandió en ocho distritos de Buenos Aires, dos localidades de Santa Fe y una de Córdoba. Este es un ejemplo de los casos asociados a especies carismáticas, cuya diseminación se ve fuertemente potenciada por los transportes de particulares, para tenencia, obsequio o venta como mascota, que luego pueden escapar o son liberadas al medio silvestre. “El problema es que sus efectos son difíciles de predecir, y normalmente actuamos cuando la situación ya es grave”, añade.

Los impactos de las especies exóticas invasoras no son menores. En Estados Unidos, los analistas estimaron que las pérdidas económicas anuales debido a este problema llegan a 1600 millones de dólares, lo que equivaldría a cinco veces la inversión anual del CONICET. En este sentido, la Estrategia Nacional evaluará en nuestro país cuál es la pérdida económica ocasionada por las invasoras. En el caso de la ardilla, Borgnia comenta que, en una de las localidades, tuvieron que cambiar todo el cableado urbano y hacerlo subterráneo, ya que estos pequeños mamíferos roían los cables expuestos dejándolos fuera de uso. “La Cooperativa de Teléfonos de Flandria gastó cien mil pesos en un solo mes para reponer todos los cables comidos”, enfatiza la investigadora. Las ardillas se están expandiendo

rápidamente. Se alimentan de frutos y semillas. ¿Qué pasaría si llegaran a zonas donde hay cultivos de consumo humano, que son parte de su dieta? La Estrategia Nacional permitirá la gestión conjunta entre autoridades de aplicación municipal, provincial y nacional, para evitar su propagación. De ocurrir, habría daños en los sistemas productivos y de servicios, que perjudicarían a los pobladores y productores locales. Sin contar que no son buenas mascotas porque muerden y no resisten el cautiverio, su tenencia, traslado, liberación y comercialización son actividades ilegales. Además, los especialistas temen que puedan ser portadores de enfermedades transmisibles al hombre, como la leptospirosis.

Aplicando estrategias

Cuando una especie exótica se instala exitosamente en un nuevo ambiente, es decir, se vuelve invasora, se aplican diferentes estrategias según la gravedad del problema. Las etapas de control son la prevención, la erradicación, la contención y el manejo a largo plazo. En el caso de las ardillas, la Estrategia Nacional pone el énfasis en la prevención y comunicación para evitar que continúe su expansión. Y en eso está el grupo de Ecología de Mamíferos Introducidos, de la Universidad de Luján, al que pertenece Borgnia, con numerosas campañas de concientización. Aun así, cuando el tema se instaló en los medios, los opositores no se hicieron esperar. Crearon una página de Facebook llamada “Las ardillas de Luján” para firmar un petitorio en contra. Algunas personas, incluso, acusaron a las investigadoras de asesinas. Pero ellas no realizan el control, sino que asesoran a las autoridades sobre el estado del problema.

Otras asociaciones fundamentalistas, como Especismo Cero, están en contra de cualquier acción que involucre dañarlas, ya que son “seres sintientes, que sufren”, como citan en su página web para este caso. Muchos podríamos estar de acuerdo. “El debate es álgido, pero como profesionales debemos evitar caer en discusiones abstractas que, en lo concreto, son impracticables”, señala Sergio Zalba, investigador del CONICET, especializado en plantas exóticas y conservación de la biodiversidad. Argumenta que el problema fue



Kristian Peters

Ardilla de vientre rojo.

Ahora que entendí quiero ayudar. ¿Cómo hago?

Si detectaste la presencia de ardillas exóticas fuera de los sitios donde se confirmó su presencia en Argentina, te invitamos a enviar la información a:

Ecología de Mamíferos Introducidos, Universidad Nacional de Luján

ardillas@unlu.edu.ar

Dirección Nacional de Fauna Silvestre:

faunadenuncias@ambiente.gov.ar

Teléfono: (011) 4348 8531

generado por el hombre y somos nosotros los que debemos solucionarlo. “Mucha gente rechaza la intervención, pero no saben lo que pasa si no se interviene. Sabemos que no vamos a obtener 100% de consenso pero, al menos, queremos llegar a un nivel de concientización que evite que las minorías condicionen las acciones concretas”, enfatiza Zalba. Las estrategias de manejo y control que se implementen deberán tener en cuenta la susceptibilidad social. Lo que se busca con la Estrategia Nacional es instalar el tema en la agenda y conseguir el mayor consenso antes de ejecutar las estrategias de control. En esa misma línea, el Ministerio realizará un estudio de la percepción de nuestra sociedad sobre las especies exóticas invasoras para tener información de partida desde la cual accionar.

Control biológico

El control biológico, es decir, la eliminación de individuos para evitar su expansión, es lo que más rechazo social produce. A esta medida se llegó con el caso piloto del castor. “Es una especie carismática y, por ello, la erradicación siempre va a tener resistencia. Una lengua centenaria derribada por este roedor es menos valiosa para gran parte del público que el mismo castor. Esta es una visión sesgada, ya que solemos dar mayor valor a especies más cercanas a nosotros biológicamente –mamíferos– y tendemos, a menudo, a asignarle atributos humanos

–el castor trabajador, el ingeniero hidráulico–, lo que las pone más cerca nuestro afectivamente”, señala Alejandro Pietrek, graduado de Exactas-UBA que realizó su doctorado en la Universidad de Duke, Estados Unidos, estudiando la invasión del castor en Tierra del Fuego. La información que generó sirvió como línea de base para la prueba piloto de erradicación que se realizará en el marco de la Estrategia Nacional. A muchos de nosotros nos generaría un conflicto ético eliminar individuos de manera directa, pero existen razones científicas para tomar estas medidas que a priori nos parecen controversiales. “Hoy en día, el castor es una especie que, en su distribución original, está aumentando sus poblaciones y, en las áreas donde se introdujo, genera un enorme impacto sobre las especies nativas. Por ello, su erradicación local no perjudica a la especie, por el contrario, podría beneficiar enormemente a los ecosistemas afectados en Patagonia”, sostiene Pietrek.

La base del desarrollo económico-social son nuestros recursos biológicos. Argentina suscribe al Convenio de Diversidad Biológica junto con otros 196 países. Los objetivos son conservar la diversidad biológica, hacer un uso sustentable de nuestros recursos y compartir los beneficios que derivan de esa utilización, de manera justa y equitativa. La Estrategia Nacional es el órgano ejecutor de ese convenio. Una de las amenazas más preocupantes es que

la ardilla de vientre rojo alcance provincias con especies nativas, como las del norte argentino. Existen antecedentes mundiales de la gravedad que representa la invasión de esta especie. Defenderla puede comprometer la diversidad biológica de nuestros ecosistemas. “No se trata de un nacionalismo biológico, sino que, cuando una especie exótica se vuelve invasora, ahí comienza el problema, porque amenaza los objetivos del Convenio”, enfatiza Zalba.

“En mi caso, nunca creí que mi herramienta de trabajo como biólogo iba a ser una motosierra”, dice aún sorprendido Zalba y agrega: “Nos enseñaron a conservar especies y solemos poner el foco allí, pero el panorama es más amplio. Ahora entiendo que es necesario. Mi intervención, eliminando árboles exóticos como el pino, ayuda al ecosistema a recuperarse. Estamos preservando el patrimonio natural del pastizal”. Desaprender lo aprendido. Enfocarnos, no en una especie o en individuos, sino en la conservación de la diversidad biológica y los recursos que nos brindan los ecosistemas. Ese re-aprendizaje aplica para todas las personas, formadas o no en el tema. “Muchas veces se trajeron especies porque los europeos miraron el paisaje y dijeron ‘Acá no hay nada’. Lo que tenemos que lograr es revalorizar nuestros ambientes naturales. Aprender a mirar. Yo confío en que, informándonos bien, todos lo podemos llegar a entender”, concluye Borgnia.

Tu experiencia cuenta.
Contanos tu experiencia:

¿Cómo usás EXACTAMENTE?

bit.ly/EncuestaEXm2018

Ingresá y ayudanos a
mejorar este canal de
comunicación contestando



una muy
breve
encuesta
anónima.





Dinámica no lineal

Gabriel B. Mindlin
 Quilmes, UNQ Editorial: 2018
 978-987-5585-03-4
 248 páginas

El material incluido en este libro es la base del curso de Dinámica no lineal que dicta el Departamento de Física de Exactas UBA para estudiantes de física, química, ingeniería, astronomía y biología.

Los primeros capítulos describen a los sistemas dinámicos no lineales pero, a diferencia de la bibliografía clásica, mediante técnicas de estudio muy avanzadas. Los últimos capítulos tratan sobre sistemas caóticos, aplicaciones al análisis de señales temporales y espacio-temporales complejas y el problema de la sincronización. Particularmente, el último capítulo está relacionado con importantes características de la termodinámica alejada del equilibrio. Cada uno de los once capítulos cuenta con introducciones muy jugosas, figuras muy claras y referencias comentadas.

En palabras del autor: “pretendo que este libro sirva tanto a quien busque una introducción al tema, como a quien necesite herramientas de dinámica no lineal para investigar y generar conocimiento”. Gabriel Mindlin es un emblemático profesor del Departamento de Física de Exactas UBA y un consagrado investigador del CONICET.



Física hasta en la sopa

Hernán Grecco
 Buenos Aires, Iamiqué: 2018
 978-987-4444-17-2
 48 páginas

Dentro de la muy prestigiosa saga de libros para niñas y niños de la ya tradicional e instalada Editorial Iamiqué, hoy la novedad es *Física hasta en la sopa* de Hernán Grecco, docente del Departamento de Física de Exactas-UBA e investigador del CONICET.

El libro, del característico formato cuadrado de la colección *Sopa de Ciencias* de Iamiqué, incluye además excelentes ilustraciones de Pablo Pycik

Redactado en primera persona, Hernán va dialogando con sus propios hijos acerca de los fenómenos del mundo que los rodea, con una elocuencia y un lenguaje deliciosos. “Apareció Nico y le di su globo y un abrazo. Empezó a soplar tanto el viento que el globo casi se le escapa, por lo que me apresuré a cerrar las ventanas”, comienza el capítulo del viento. Del mismo modo, los tópicos del calor, frío, gravitación, fricción, oscilaciones, fluidos, gases, luz, color, sonido y electricidad forman parte de esos diálogos intrafamiliares que podemos disfrutar leyendo como involuntarios espías.

Asimismo, el libro incluye recuadros con contenido un tanto más formal y riguroso para complementar los conceptos de los diálogos principales.

En síntesis, una producción ideal para estimular la imaginación y la sorpresa por el mundo natural entre las y los más pequeños.



Crónicas del cielo y la Tierra.

Astronomía historia y cultura.

Mariano Ribas
 Buenos Aires, Tantaagua: 2018
 978-987-42-7807-4
 180 páginas

“No hay cielos sin historias... ni historias sin cielos”, reza el comienzo de este libro en el que se entretienen los eventos astronómicos más curiosos y bellos con las aventuras –y desventuras– de la humanidad. Mariano Ribas, autor de estas crónicas, y de muchas de las fotografías del cosmos que ilustran este libro-objeto, es periodista, escritor y divulgador especializado en astronomía, pero sobre todo, es un gran contador de historias.

¿Qué evento astronómico fue la estrella de Belén? ¿Qué relaciona las exploraciones vikingas en América y las explosiones solares? ¿Cómo era el cielo la noche del naufragio del Titanic? Un recorrido a través de episodios fascinantes de la historia humana que obliga a detenerse a observar el cielo nocturno.

Con presentación de Adrián Paenza y prólogo de Juan Carlos Forte, el libro está dividido en cinco capítulos: Mensajes Celestiales; Los genios miran hacia arriba; Astronomía, arte y cultura; Fantasías astronómicas y Del cielo y el mar. La edición de Tantaagua es impecable y cada historia incluye ilustraciones y fotografías del cielo, que el mismo Mariano obtiene en su terraza de Boedo. Un poco como ver el universo a través de la lente de un telescopio mágico mientras te cuentan una buena historia al calor de un fuego.

Derivando

Autor: Eduardo Sáenz de Cabezón Irigaray

Título del canal: Derivando

Url del canal: www.youtube.com/channel/UCh-Z8ya93m7_RD02WsCSZYA/featured

Fecha de publicación: desde marzo de 2015 hasta la actualidad

Derivando es un canal en español de la plataforma YouTube. En él su creador y conductor, Eduardo Sáenz de Cabezón, divulga matemática en forma simple y divertida. Desde sus inicios en 2015 acumula más de 80 videos y ya suma cerca de 580 mil suscriptores.

Cabezón es doctor en matemática y profesor de informática de la Universidad de La Rioja, España. Una de sus actividades anteriores a la academia era la de cuentista. En 2013 presentó su monólogo "Un teorema es para siempre" en FameLab, el principal certamen internacional para fomentar la divulgación de la ciencia y ganó la final española. Más tarde, junto a otros monologuistas, crearon el grupo Big Van que se especializa en presentaciones de monólogos científicos, espectáculos teatrales interactivos de "ciencia payasa" (Clowntifics) y talleres de comunicación de la ciencia.

El canal está dirigido a todo público y tiene más de 40 mil seguidores

en Facebook. Uno de sus objetivos es reivindicar el papel de la matemática en la cultura. Cabezón, que es un gran contador de historias, muestra en sus relatos que la matemática puede disfrutarse.

Cada edición de Derivando encara un tópico diferente, desde problemas clásicos y famosos de la matemática, hasta situaciones de la vida real que presentan algún desafío.

Todos los videos mantienen la misma estética: un pizarrón negro de fondo con algunas fórmulas escritas en tiza blanca, el conductor en primer plano hablando a la cámara y algunos elementos de animación que se combinan en la presentación. En estos episodios, que no duran más de diez minutos cada uno, se plantean cuestiones como ¿cuál es la mejor forma de pagar la cena?, ¿cuántas veces se puede doblar una hoja de papel por la mitad? o ¿cuál es la fila más rápida del supermercado?

A diferencia de los muchos videos de matemática con fines educativos que hay en YouTube, tiene el plus del formato stand up. La gracia gestual y el misterio con el que Eduardo relata sus historias y el lenguaje coloquial con el que se maneja, lo destacan del resto. Ser monologuista y aprovechar las herramientas de la teatralización le dan un valor agregado a sus presentaciones.

Derivando atrapa y entretiene, sin resignar rigor matemático, una conjunción difícil de obtener.



Física y economía: Lord Kelvin enuncia el segundo principio de la termodinámica neoliberal



¿Influye la rotación terrestre en la navegación aérea?

Responde la doctora Matilde Nicolini, profesora en Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (Exactas-UBA) e investigadora principal en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA).

Muchas veces sucede que un viaje en avión entre América y Europa (por ejemplo, de Nueva York a Madrid) no tarda lo mismo que un viaje de Europa a América. Así, viajar en avión en dirección Este parecería durar menos que hacerlo en dirección Oeste.

Para explicar este fenómeno, se pueden considerar dos tipos de influencias, una indirecta y otra directa. La influencia indirecta se relaciona con los vientos del oeste que soplan en latitudes medias y en los niveles en los que vuelan los aviones comerciales. Es la corriente en chorro, causada, entre otros factores, por la rotación terrestre. Eso explica que el tiempo requerido para que un avión complete un vuelo de Oeste a Este (con viento de cola) sea menor al necesario para realizarlo en sentido opuesto (de Este a Oeste, con viento de frente). Esto resulta de sumar, a la velocidad del avión, la velocidad del aire, lo que implica mayor velocidad en el primer caso (menor tiempo para la misma distancia).

Además, el avión vuela en un flujo de aire que recibe la influencia del efecto Coriolis (descrito en 1836 por el francés Gaspard-Gustave Coriolis), y se observa cuando un cuerpo se encuentra en movimiento respecto de un sistema de referencia en rotación, y sufre una aceleración relativa perpendicular al eje de rotación del sistema. Esta fuerza aparente hace que un objeto que se mueva sobre los meridianos, en una esfera en rotación, reduzca o incremente la distancia respecto al eje de giro de la esfera.

Así, el avión se verá desviado en dirección perpendicular a la trayectoria; y su rumbo resulta afectado por la rotación terrestre. La desviación por el efecto Coriolis dependerá, por un lado, de la velocidad del avión, que es la suma de la velocidad relativa al flujo de aire –obtenida por instrumental del avión– y las correcciones que se realicen por distintos factores. Por otro lado, depende, en forma proporcional, de la latitud y la magnitud de la velocidad angular de la Tierra (que es pequeña, lo cual reduce el efecto).



Excepto en el ecuador, un objeto que se moviera en cualquier dirección parecerá desviarse de su rumbo debido al efecto Coriolis. Este efecto es mayor en los polos, y disminuye a cero en el ecuador. En el Hemisferio Norte, en un vuelo de Oeste a Este, Coriolis desvía la trayectoria hacia la derecha, es decir, hacia el sur. En el Hemisferio Sur, la desviación de la trayectoria es hacia la izquierda, hacia el norte. Fuente: Donald Ahrens, C. (2009).



¿Tiene aroma el helado?

Cuando caminamos cerca de una pizzería es inevitable percibir el olor a la pizza recién horneada; lo mismo sucede si en una panadería acaban de hornear las medias lunas. Pero no pasa lo mismo al entrar en una heladería. ¿Es que el helado no tiene aroma?

Para poder percibir los aromas a través de nuestros receptores olfativos primarios, ubicados en las fosas nasales, las sustancias olorosas deben ser volátiles y viajar con el aire hacia nuestra nariz. Por ejemplo, si molem los granos de café o calentamos chocolate, las partículas aromáticas de esas sustancias consiguen llegar hasta nuestros receptores olfatorios.

Sin embargo, el paquete de café en grano o la tableta de chocolate casi no tienen olor. Solo al moler los granos de café o al calentar el chocolate, las sustancias olorosas se liberan, se volatilizan y son transportadas por el aire.

En muchos de los alimentos, los aromas están unidos a otros compuestos, y solo se liberan cuando los enlaces químicos se rompen, lo cual se produce por distintos mecanismos: el corte, la trituración o el calentamiento, entre otros. Una cebolla, por ejemplo, empieza a oler de manera notable cuando es cortada, pues se rompen las estructuras y los aromas se liberan.

En el helado, los compuestos aromáticos se encuentran ligados a otras sustancias y, por lo tanto, es difícil detectar el olor. Sólo lo percibimos cuando lo saboreamos en la boca. En realidad, los aromas son detectados a través de dos vías: la nasal y la retronasal, o interna, por la conexión entre la boca y la nariz. Una vez que el helado está en la boca, los aromas pueden percibirse gracias a esta segunda vía. Al respirar, el aire lleva, a través de la vía interior, los compuestos aromáticos desde la cavidad bucal hasta la región olfatoria. Asimismo, la masticación y el calentamiento del alimento por la temperatura corporal contribuyen a la liberación de los compuestos volátiles.

Conocé la nueva página web de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

EXACTAS UBA

Futuros Alumnos | Alumnos | Docentes | No Docentes | Graduados | Investigadores | Comunidad Exactas | Contacto

Institucional | Enseñanza | Investigación | Extensión

Vista del Pabellón 2 desde el edificio del IFIByNE

NOTICIAS

Historia de una pionera
Se presentó el nuevo libro del Programa de Historia de la Facultad: "La química es para las mujeres. Delfina Molina Y Vedia pionera en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales".

Para atrapar al ión
En el Departamento de Física se está terminando de armar un nuevo laboratorio en las fronteras tecnológicas de características únicas en América Latina.

El otro juego ciencia
El playón central del Pabellón II fue ocupado por tableros en los que se jugaron 15 partidas simultáneas de go contra Fernando Aguilá, uno de los mejores jugadores amateurs del mundo.

La rana fluorescente
Todos los detalles de una investigación de seis años que dio la vuelta al mundo y que fue posible a partir de la interdisciplina y la tradición científica.

CANAL EXACTAS

Conocé Exactas. Video institucional de la Facultad de Cienc...

TWITTER

Exactas UBA @Exactas_UBA
Finalmente el lito llegó al cielo! Ernesto Carvo (Exactas-INQUIMAE) ganó el #RightMindChallenge Conocé su proyecto bit.ly/2sXNVz7

El lito, cerca del cielo
Un proyecto encabezado por www.exactas.uba.ar

AGENDA

Conferencia "Desafíos profesionales para la gestión medioambiental en la minería metalífera"
14 JUN El miércoles 14 de junio, a las 11:00 hrs., tendrá lugar la charla "Desafíos profesionales para la gestión medioambiental en la minería metalífera": que estará...

Presentación del libro "La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política"
14 JUN El miércoles 14 de junio, a las 17:30 hrs., se realizará la presentación del libro "La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política"...





¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

Nex Ciencia en: <http://nexciencia.exactas.uba.ar>

2 sumate

a <http://www.facebook.com/NEXciencia> para recibir todas las novedades



3 seguinos

por Twitter a través de [@nex_ciencia](https://twitter.com/nex_ciencia)

nexciencia.exactas.uba.ar