

# CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy

Volumen 22 número 131 febrero - marzo 2013

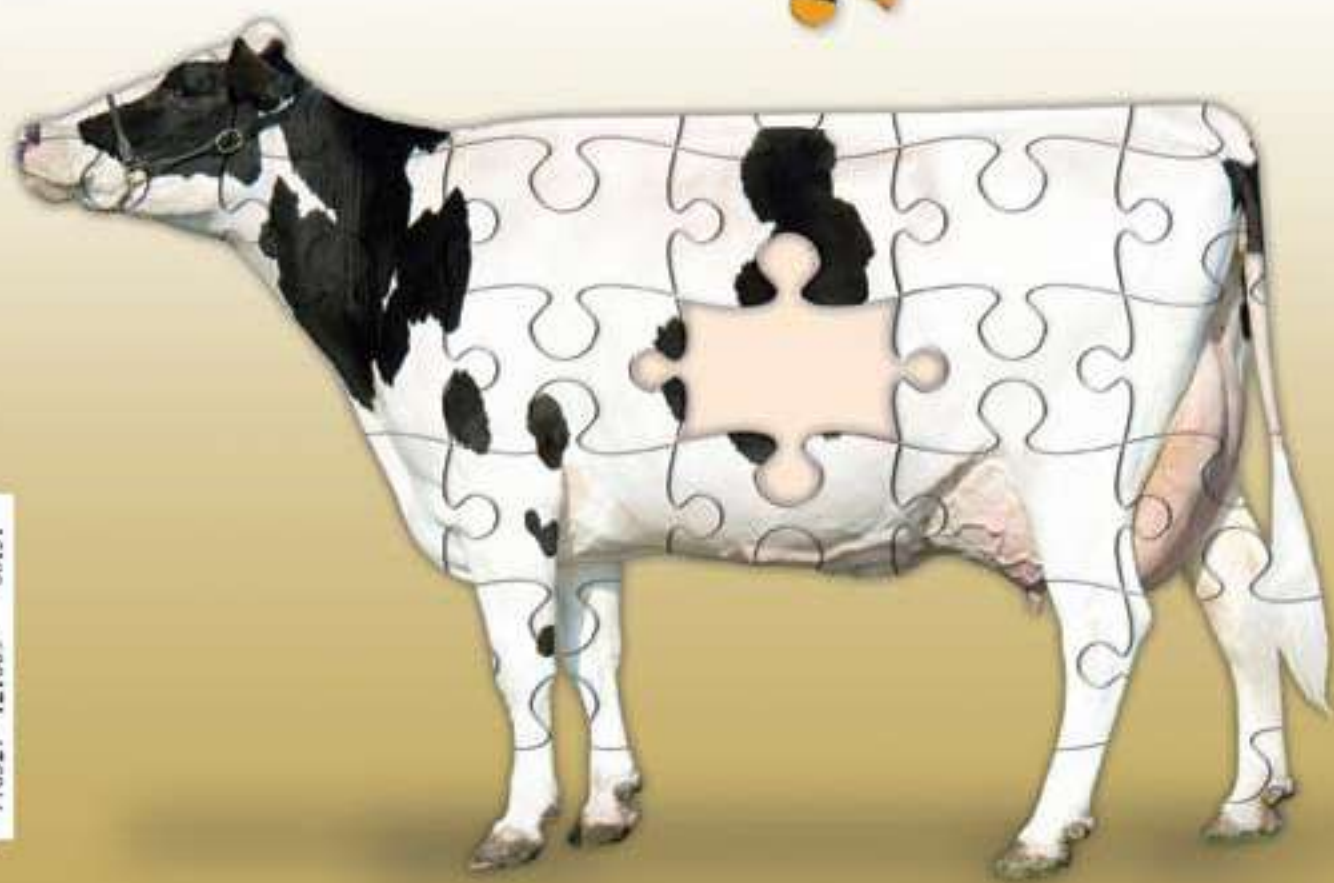
Ejemplar en la Argentina \$29

## Producción de **BOVINOS TRANSGÉNICOS**

Infarto agudo de miocardio

Tránsito urbano

Agua de lastre



# CON LA DOSIS EXACTA DE CREATIVIDAD, SE PUEDE CAMBIAR EL MUNDO



UNA VIDA CONSAGRADA A REVOLUCIONAR LAS TÉCNICAS DE VACUNACIÓN  
Y COMBATIR LAS ENFERMEDADES. SU SUEÑO PRONTO SE CUMPLIRÁ  
Y MILLONES DE PERSONAS PODRÁN SER TESTIGOS DE SU LOGRO.

MARK KENDALL, LAUREADO ROLEX 2012



ROLEX AWARDS  
for ENTERPRISE



PARA MÁS INFORMACIÓN [ROLEXAWARDS.COM](http://ROLEXAWARDS.COM)

**Propietario:** ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

**Director:** Pablo Enrique Penchaszadeh

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de la revista puede reproducirse, por ningún método, sin autorización escrita de los editores, los que normalmente la concederán con liberalidad, en particular para propósitos sin fines de lucro, con la condición de citar la fuente.

**Sede:** Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330  
Correo electrónico: [pab@retina.ar](mailto:pab@retina.ar)  
<http://www.cienciahoj.org.ar>

Lo expresado por autores, corresponsales y avisadores no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.

## Consejo científico

**Coordinadora:** Olga Dragún (Departamento de Física, CNEA)

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEYN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Eduardo Míguez (IEHS, UNCPBA), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Jacques Parraud (UVT, INTA), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP), Eduardo H Rapoport (Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, UNLP)

**Secretaría del comité editorial:** Paula Blanco

**Administración:** Adelina Blanco

**Representante en Bariloche**

Edgardo Ángel Bisogni (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);  
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)  
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

**Representante en Mar del Plata**

Raúl Fernández (Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social, UNMDP)  
Saavedra 3969 (7600) Mar del Plata,  
Buenos Aires. Tel: (0223)474-7332  
Correo electrónico: [raferna@mdp.edu.ar](mailto:raferna@mdp.edu.ar)

## Editores responsables

**Federico Coluccio Leskow**

Departamento de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

**Omar Coso**

Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet

**María Luz Endere**

Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

**Alejandro Gangui**

Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

**Aníbal Gattone**

UNSAM

**José X Martini**

Asociación Ciencia Hoy

**Paulina E Nabel**

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

**Pablo Enrique Penchaszadeh**

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

**María Semmartin**

Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas a la Agricultura, UBA-Conicet

**Susana Villavicencio**

Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA

## Corresponsal en Río de Janeiro

Revista Ciência Hoje  
Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27,  
CEP 22290-140, Río de Janeiro - RJ - Brasil  
Teléfono: (55) 21-295-4846  
Fax: (55) 21-541-5342  
Correo electrónico: [cienciahoje@cienciahoje.org.br](mailto:cienciahoje@cienciahoje.org.br)

## Suscripciones

ARGENTINA: 6 números, \$ 170  
EXTRANJERO: 6 números, US\$ 40 + envío

**Artículos digitalizados:** \$15

## Costo de envío

PAÍSES LIMÍTROFOS DE LA ARGENTINA: US\$ 33  
RESTO DE AMÉRICA: US\$ 54  
RESTO DEL MUNDO: US\$ 60  
(American Express - Visa)

## Distribución

**En Ciudad de Buenos Aires  
y Gran Buenos Aires:**

Rubbo SA  
Río Limay 1600 (C1278ABH)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Teléfono: (011) 4303-6283/85

**En el resto de la Argentina:**

Distribuidora Interplazas SA  
Pte. Luis Sáenz Peña 1836  
(C1135ABN) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ISSN 0327-1218

N° de Registro DNDA: 5025233

## Diseño y realización editorial

Estudio Massolo  
Callao 132, E.P. (C1022AAO)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
Tel/fax: (011) 4372-0117  
Correo electrónico: [estudiomassolo@fibertel.com.ar](mailto:estudiomassolo@fibertel.com.ar)

## Impresión

Forma Color Impresores SRL  
Camarones 1768 (1416ECH)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

## ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Es una asociación civil sin fines de lucro que tiene por objetivos: (a) divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica de la Argentina; (b) promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; (c) estimular el interés del público en relación con la ciencia y la cultura; (d) editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales, y de sus aplicaciones tecnológicas; (e) promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico rioplatense; (f) colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

## COMISIÓN DIRECTIVA

Pablo E Penchaszadeh (presidente), Carlos Abeledo (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sabato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Ana Belén Elgoyhen (vocales).

La revista CIENCIA HOY se publica merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe —ni ha recibido en toda la historia de la revista— remuneración económica. Fundada en 1988.



[www.facebook.com/RevistaCienciaHoy](http://www.facebook.com/RevistaCienciaHoy)

# Sumario



Febrero 2013 - marzo 2013

Volumen 22 - Número 131

## EDITORIAL

### 4 FORMAR DOCTORES: ¿CUÁNTOS Y PARA QUÉ?

## CARTAS DE LECTORES

### 6 ¿DÓNDE VIVIÓ EL AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS?

### MEJORAR LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

## ARTÍCULO

### 8 BIOMARCADORES Señal de alerta de contaminación ambiental Aplicación del estrés oxidativo

por Anabella Victoria Fassiano, María del Carmen Ríos de Molina y Ángela Beatriz Juárez

La creciente actividad humana frecuentemente resulta en procesos de contaminación ambiental y los cuerpos de agua están entre los sistemas más afectados. En estos casos, la utilización de biomarcadores resulta esencial para prevenir el deterioro ambiental. Así, el monitoreo de ciertos organismos nos permite evaluar la presencia y magnitud de distintos contaminantes en un ecosistema.



## ARTÍCULO

### 13 PRODUCCIÓN DE BOVINOS bitransgénicos y clonados para la producción de leche maternizada

por German Kaiser, Nicolás Mucci y Adrián Mutto

En la Argentina se ha tenido éxito en incorporar dos genes en un bovino clonado para que produzca leche con dos proteínas deseables para los humanos. Esta tecnología reproductiva biológica recién empieza y promete cambiar en un futuro no muy lejano la forma en que curamos y alimentamos.

### 18 TRÁNSITO URBANO El caso de Buenos Aires

Arturo D. Abriani

El variado conjunto de cambios en el ordenamiento del tránsito de Buenos Aires dispuesto por las autoridades urbanas en los últimos tiempos ha cosechado un buen número de adhesiones entre el público, pero también rechazos. No se trata de experimentos hechos a la ligera, ni de decisiones sujetas al buen o mal sentido de funcionarios y políticos, sino del resultado de estudios empíricos sistemáticos y del uso de modelos matemáticos de simulación que buscan (aunque no siempre logran) la mejor solución posible al complejo problema del tránsito urbano.

### 25 LAS ROYAS DEL TRIGO La seguridad alimentaria amenazada

por Márcia Soares Chaves y Nageli Pereira de Almeida

El trigo puede considerarse como la base de la alimentación humana: es la principal fuente de calorías en más de ochenta países. Por este motivo, la reaparición de la roya del trigo, enfermedad producida por hongos, pone en riesgo la seguridad alimentaria mundial.

## ARTÍCULO

### 31 EL INFARTO AGUDO DE MIOCARDIO El camino hacia nuevas terapias para su tratamiento

por Romina Hermann, Débora E Vélez, María Gabriela, Marina Prendes y Alicia Varela

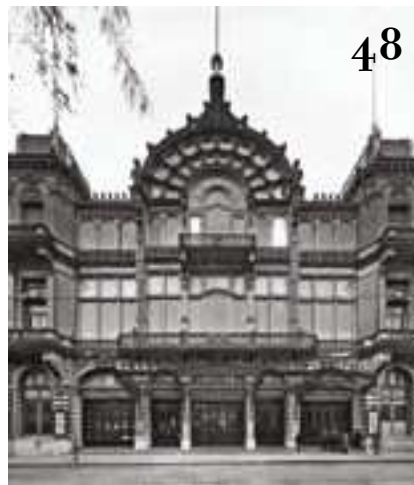
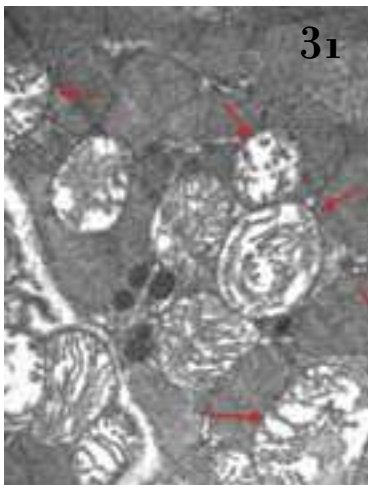
El infarto agudo de miocardio es una de las principales afecciones mortales en la actualidad. Si bien la atención médica inmediata resulta crucial, las terapias para restaurar la función cardíaca pueden presentar complicaciones severas. En los últimos años se ha avanzado significativamente en el conocimiento de los factores que determinan estas complicaciones.

## CIENCIA EN EL AULA

### 40 DE CARACOLES Y BERILIO Tensiones entre datos y teorías

Gabriel Gellon

En el ejercicio de la investigación, lo mismo que en la enseñanza de la ciencia, muchas veces se advierte una tensión entre los datos que se relevan y se miden, y las ideas que se elaboran para dar sentido a esos datos y observaciones, es decir, las teorías. Algunas actividades sencillas permiten poner estas cuestiones de relieve en el aula y dar a los alumnos una mayor comprensión de la índole de la actividad científica.



## CIENCIA Y SOCIEDAD

### 45 LA MASA DEL PAN

Mariana Koppmann

El simple proceso de mezclar harina de trigo con agua y levadura, amasar el engrudo resultante, meterlo en un horno y sacar un delicioso pan no es, en realidad, para nada simple. Requiere cumplir en orden una sucesión de pasos, cada uno de los cuales provoca cambios químicos en el producto e influye en el resultado final.

## EL PASADO EN IMÁGENES

### 48 VIEJOS TEATROS DE BUENOS AIRES

## ARTÍCULO

### 59 AGUA DE LASTRE Y ESPECIES EXÓTICAS

por Nancy Correa y Pablo Almada

Los buques de carga no pueden navegar vacíos en altamar porque serían inestables. Cuando no tienen carga para transportar, embarcan lastre. En la actualidad ese lastre es agua, con la que se llenan tanques destinados a ese propósito. Normalmente, el agua que se recoge contiene organismos diversos, que habitan el lugar de origen. Ingresan con ella en los tanques y salen cuando la embarcación la descarga al arribar al destino en el que recogerá mercadería. En ese destino, los organismos descargados son especies exóticas y en muchos casos originan serios trastornos ambientales.

# Formar doctores: ¿cuántos y para qué?

**E**n el editorial del número anterior ('Desafíos del sector académico', CIENCIA HOY, 131: 4-5, diciembre de 2012-enero de 2013) reflexionamos sobre algunas cuestiones vinculadas con la educación superior y la investigación científica. En este comentaremos un aspecto particular del mismo asunto: la formación de doctores, es decir, de quienes están llamados a ocupar la cúspide del sistema académico. (Por doctores entendemos a los que cumplieron un riguroso programa de formación en investigación, incluida una tesis, y no nos referimos a los miembros de las profesiones a quienes se tiende llamar así, sean médicos, dentistas o abogados.)

El tema tiene alguna actualidad en el ámbito académico porque el Conicet dio a conocer hace poco conclusiones de una reciente encuesta sobre la situación laboral de 934 de sus antiguos becarios doctorales (estudiantes de posgrado que recibieron un estipendio mensual para obtener un doctorado). Ese número constituye una muestra del total de los 6080 becarios de esa categoría que tuvo la institución en el período 1998-2011. Los resultados del relevamiento se sintetizan en la tabla siguiente:

Como guarismos a destacar, apuntemos que el 52% de los encuestados se desempeña en el propio Conicet, como miembro de la carrera de investigador científico y tecnológico, y el 19% lo hace en el país en universidades estatales o privadas, como profesor investigador con alta dedicación. Es decir, teniendo en cuenta que la gran mayoría de los investigadores del Conicet, si no la totalidad, realiza también labores docentes (por lo menos de posgrado), un sólido 71% de la muestra de antiguos becarios se ha ubicado laboralmente en el corazón del sector académico argentino. Este, además, recibe el aporte de los ex becarios que trabajan en empresas o entidades estatales y enseñan con baja dedicación en universidades; ignoramos cuántos son, pero suponemos que conforman una fracción significativa del 17% de los doctores incorporados a esa clase de instituciones.

Es también de destacar la alta proporción de empleados en el país, por contraste con los ubicados en el extranjero, sobre todo si se tiene en cuenta que entre los segundos, en particular entre los 85 que están en universidades de otros países, debe haber no pocos realizando pasantías posdoctorales de un par de años como paso previo a integrarse a grupos de investigación en la Argentina.

Situación laboral presente de una muestra de becarios doctorales del Conicet 1998-2011	Casos	%
<b>Empleados en el país</b>	<b>826</b>	<b>88,44</b>
Investigadores del Conicet	485	51,93
Integrantes de universidades estatales	164	17,56
Funcionarios estatales	99	10,60
Integrantes de empresas	61	6,53
Integrantes de universidades privadas	17	1,82
<b>Empleados en el extranjero</b>	<b>94</b>	<b>10,06</b>
Integrantes de universidades	85	9,10
Integrantes de empresas	7	0,75
Autónomos	2	0,21
<b>Desempleados</b>	<b>14</b>	<b>1,50</b>
<b>TOTAL</b>	<b>934</b>	<b>100,00</b>

Fuente: 'Análisis de la inserción laboral de los ex becarios doctorales', diciembre de 2012, Conicet.

Resulta satisfactorio advertir, pues, que no estemos en estos momentos ante una de las cíclicamente proclamadas situaciones de fuga de cerebros, aunque conviene tener en cuenta que entre las causas de lo anterior, en adición a las favorables condiciones locales para iniciar una carrera profesional en la ciencia, seguramente debemos contar las restricciones presupuestarias que la actividad está sopor-tando en los países más avanzados.

Y es altamente significativo que solo un escaso número de los encuestados declarase no tener trabajo, tan escaso que permitiría indagar en profundidad qué sucede con cada uno, lo que con toda probabilidad ponga de mani-fiesto una variedad de circunstancias individuales espera-bles en cualquier grupo de tamaño comparable.

Si bien ignoramos hasta qué punto la muestra encues-tada es representativa del universo de becarios doctorales del Conicet (suponemos que lo es), conviene tener pre-sente que se limita a las camadas más jóvenes de estos, pues sus integrantes deben tener hoy entre unos 30 y, a lo sumo, 48 años. Aunque esto constituye una limitación por cuanto deja de lado a los estratos de edades más maduras, tiene en cambio el interés de señalar más nítidamente en qué dirección se mueve el sistema. De cualquier forma, sería deseable conocer datos que reflejen la situación del conjunto completo de los doctores formados por las uni-versidades argentinas, tanto los jóvenes como los mayores, tanto los que se beneficiaron de becas del Conicet como los que recibieron apoyo de otros orígenes (incluyendo a quienes se hayan doctorado en el extranjero y trabajen en instituciones locales).

El panorama que pinta la encuesta es halagador para el Conicet y, más allá de este, para el sistema estatal de promoción de la ciencia y la tecnología, y constituye un respaldo para las políticas que se aplica en la materia. Para empezar, pone de manifiesto que las becas doctorales pa-san la prueba del mercado, por así decirlo: responden a las necesidades del público al que se dirigen, pues de no ser así la encuesta habría revelado mayores desajustes entre oferta y demanda de doctores.

También reafirma la bondad de los programas doctora-les que resultan de la participación conjunta de una univer-sidad y del Conicet. Téngase presente que el título de doctor es en todos los casos expedido por una universidad, que por ende establece los requisitos a satisfacer por los postulantes. Estos, consecuentemente, están sujetos a una doble evalua-ción: por parte de la universidad en cuanto al cumplimien-to de los objetivos académicos, y de manera independiente de lo anterior, por el Conicet, para la obtención y renova-ción de sus becas. Un bienvenido mecanismo institucional de controles y contrapesos que favorece a ambas entidades y, sobre todo, beneficia a la calidad de la educación.

Un valor que ha dado lugar a comentarios divergentes es el porcentaje de becarios que terminó como investiga-

dor de carrera en el propio organismo otorgante de las becas. Dejando de lado posibles diferencias de esa cifra por grupos de disciplinas (en particular, sin entrar en la especial situación de las humanidades y las ciencias so-ciales), ese 52% puede ser objeto de varias lecturas. Una interpretación dada a conocer por algunos es que hay algo seriamente mal en una entidad que solo incorpora a la mitad de los que, con mucho esfuerzo y dinero, consiguío formar, y deja en la calle a la otra mitad. Después de todo, el doctorado es un programa académico diseñado para aprender a investigar, y el Conicet está para promover la investigación. Parece un razonamiento bien fundado, pero es endeble, por no decir equivocado.

Ante todo, admitamos que es buena política en una organización preparar más gente que la estrictamente ne-cesaria para cubrir sus necesidades, pues quedará protegi-da de muchas contingencias y tendrá margen para elegir a los mejores. Pero, ¿cuántos más? ¿Es razonable que forme el doble de los que incorporará? Quizá no, si se tratara de una entidad privada. Pero el Conicet no es una entidad privada, por lo que sus objetivos trascienden sus propios intereses y, de hecho, actúa como organismo ejecutor de la política de becas del ministerio del ramo. Es decir, es muy apropiado que forme doctores no solo para sí, sino también para cubrir otras necesidades de la sociedad.

Viendo las cosas de esta manera, se advierte que cri-ticar el 52% por considerarlo reducido responde a una mirada demasiado estrecha. Sin ir más lejos, ignora el 19% de los becarios que ejercen la profesión académica en universidades, lo mismo que aquellos (cuyo número no conocemos aunque suponemos reducido) que reali-zan investigación o desarrollos tecnológicos en empresas u organismos del Estado. Por eso resulta más significativo resaltar la cifra de 71%, que es la porción mínima de beca-rios que, independientemente del lugar en que lo hagan, trabajan en tareas para las que los formó el doctorado.

¿Es ese un valor razonable? Un indicio que lleva a pen-sar que es razonable es que prácticamente todos los doc-tores tienen empleo. Pero no basta con ese indicio: para responder fundadamente a la pregunta es conveniente considerar los propósitos de emprender estudios de doc-torado (vista la cuestión por el estudiante) o los de for-mar doctores (vista por las instituciones que promueven o financian esos estudios). Cuántos y para qué, como lo plantea el título de estas reflexiones, no son preguntas in-dependientes: la respuesta a la primera depende de la que demos a la segunda.

Para responder a esta, es conveniente mirar más allá del Conicet y enfocar el sistema educativo en su conjun-to. Como parte de ese sistema, el doctorado es, al mismo tiempo, el programa más avanzado de formación intelectual ofrecido por la universidad, uno que apunta a quienes aspiran a ser parte de los círculos académicos y culturales


más exigentes, y un programa de capacitación profesional, orientado a aquellos que desean ganarse el sustento como investigadores científicos. Ese doble carácter explica la existencia de doctores que no trabajan en investigación, de la misma manera que hay médicos, abogados, ingenieros o arquitectos que no ejercen sus respectivas profesiones, pero se ocupan provechosamente de otras cosas, para las que su formación les proporciona particulares destrezas.

Así, con una mirada menos constreñida que aquella que solo considera la situación intramuros del Conicet, la conclusión a la que se llega es que formar un excedente de doctores por sobre las necesidades previsibles de ese organismo es claramente deseable y meritorio. Ese excedente, a nuestro juicio, no constituye un fracaso sino, más bien, un mérito, entre otras razones porque enriquecerá diversos sectores sociales y económicos con miradas idóneas en materia científica. Por otra parte, dejemos apuntado que el número de quienes sean admitidos a la carrera del investigador científico no es función de la cantidad de doctores que se reciban sino de otras consideraciones en las que no entraremos aquí.

Paradójicamente, en ciertas condiciones convendría ver disminuir el 52% en discusión, no porque sean menos los doctores que el Conicet incorpore a las filas de su carrera, sino porque crezca más el número de aquellos que se ubiquen laboralmente en otras entidades, públicas o privadas, sobre todo para realizar en ellas labores

de investigación científica o de desarrollo tecnológico.

Esto, sin embargo, merece alguna aclaración. Si la formación doctoral fue diseñada como preparación para la vida académica y la investigación, independientemente del lugar en que estas se ejerzan, puede no ser necesaria, y quizá no ser la más adecuada, para quienes terminen prefiriendo desempeñarse en otras funciones. Que sea beneficioso (y aun imprescindible) confiar tales funciones a personas con educación científica, no significa que deban ser doctores. Las buenas licenciaturas de cinco años de muchas universidades argentinas proporcionan una excelente base científica. Y entre ellas y los doctorados están las maestrías, a las que quizá haya que prestar un poco más de atención.

Con estas disquisiciones hemos salido del ámbito específico del Conicet y hemos pasado a considerar la pregunta del título en el marco general de la educación en el país, en el cual –creemos– el incremento del número de genuinos doctores es a todas luces deseable (una hipótesis que sería conveniente respaldar con datos empíricos del tipo de los de la encuesta comentada). También es deseable ver ese incremento como parte de una mejora general del sistema, en particular de la oferta de maestrías, un tema que en sí mismo merece atención. En ese marco, esperamos que el Conicet siga marcando rumbos, como lo hizo desde su creación y reafirmó en los últimos años. 



## Cartas de lectores

### ¿Dónde vivió el *Australopithecus afarensis*?

El número 129 de CIENCIA HOY (octubre-noviembre de 2012) me resultó sumamente interesante e instructivo. Sin embargo, en el artículo ‘Origen y evolución de los humanos’ de S Ivan Perez (pp. 22-30), parece haberse deslizado un error en la figura 2, según cuyas leyendas el *Australopithecus afarensis* procede de la actual Tanzania, cuan-

do es habitual en la literatura (y el texto de la figura 4 así lo presenta) leer que los fósiles de esa especie fueron hallados en lo que hoy es Etiopía.

**Martín Roubicek**  
Mar del Plata

### Contesta el autor Perez

Tiene razón el lector en llamar la atención sobre la incongruencia de lo que se lee en ambas figuras, producto de no haber aclarado en ellas lo que quedó indicado en la página 26 bajo el título ‘Fósiles de homíninos’, a saber, que *Australopithecus afarensis* parece haber tenido una distribución bastante amplia en África oriental. Tomadas individualmente, las leyendas de las figuras 2 y 4 son ambas correctas: la incongruencia fue producto de no haber aclarado en cada una que

los sitios marcados no son los únicos en los que se encontraron rastros de la especie en cuestión. En Laetoli, en Tanzania, se descubrieron las pisadas más famosas de ejemplares de ese homínino; Lucy, en cambio, de la misma especie, fue hallada en Etiopía. Aprovecho para apuntar que en la figura 1, donde dice ‘Separación de los primates superiores’, algo ocurrido hace unos 15 millones de años, tal vez hubiese sido mejor poner ‘Origen de los primates superiores’.



## Mejorar la enseñanza universitaria

Acabo de jubilarme como investigador del Conicet y profesor universitario en el área de las ciencias agrarias, con respectivamente 30 y 40 años de antigüedad en esas funciones. Coincido con el diagnóstico formulado en el editorial del número 130 de CIENCIA HOY sobre la situación presente de la universidad argentina en cada una de sus tres funciones ineludibles. En la comunidad académica, en efecto, se está notando un merecido reconocimiento de la labor de los organismos de promoción de la ciencia, sobre la cual el editorial emitió un juicio benigno. Acerca de la enseñanza el escrito indicó que no parecen abundar ideas innovadoras, pero no avanzó más en el diagnóstico: creo que en esto pudo haber ido un poco más lejos, incluso con alguna sugerencia de acción. Por ejemplo, recomendar que los investigadores del Conicet que tienen como lugar de trabajo una universidad participen más en la enseñanza (con todo lo que ello implica). En mi opinión, sería aconsejable que cada investigador asuma la responsabilidad de cierto número de tareas de gestión, que tome a su cargo en forma completa por lo menos un curso de grado y que haga lo mismo con uno de posgrado. De la misma manera, que cada becario sea responsable durante uno o dos semestres de la gestión de los trabajos prácticos (donde eso exista) y que corrija parciales. Con eso, la enseñanza mejorará. Estas no son ideas innovadoras, pues desde hace muchos años se aplican regularmente en otros países e incluso en algunos sitios en la Argentina. Deberíamos considerar generalizarlas, como lo está haciendo Brasil. Ser un buen investigador no es fácil; ser un buen docente, tampoco, pero con empeño se puede lograr cumplir bien ambas funciones.

**Hugo Laborde**

Profesor consulto, Universidad Nacional del Sur

### Felicitaciones a nuestros autores

Como lo viene haciendo anualmente, la Universidad de Buenos Aires otorgó a fines del año pasado sus 'Premios UBA a la divulgación de contenidos educativos y culturales', que abarcan varias categorías y rubros de actividades, y en cada una comprenden un premio y dos menciones. En el rubro 'Divulgación científica', de la categoría 'Gráfica', fueron distinguidos dos autores de sendos artículos publicados en CIENCIA HOY. Mercedes García Ferrari obtuvo el premio y Gustavo Basso una de las menciones. ¡Felicitaciones a los dos!

Los artículos premiados son, respectivamente, 'Una innovación en la Argentina del Centenario: las huellas digitales como forma de identificación' y 'La acústica de salas de conciertos', ambos aparecidos en el número 120 (diciembre de 2010-enero de 2011).

The advertisement features a photograph of Hugo Laborde, an older man with glasses wearing a dark shirt, standing next to a grey podium. The background is white with colorful geometric shapes (cubes and pyramids) scattered around. At the top left, there is a graphic of a microscope. A blue banner at the top right contains the text 'CIENTÍFICOS INDUSTRIA ARGENTINA'. At the bottom, a blue curved banner displays 'SÁBADOS 11.30 hs.' and the 'TV Pública DIGITAL' logo, which includes the Argentine flag's sun emblem.

# Biomarcadores

## Señal de alerta de contaminación ambiental Aplicación del estrés oxidativo

**N**umerosas actividades humanas resultan en procesos de contaminación ambiental. Durante las últimas décadas algunas actividades como la agricultura, la industria, la minería, el sector de servicios, la demografía y la economía de consumo han aumentado notablemente y han resultado en impactos diversos sobre el ambiente rural y urbano, y sobre los organismos que habitan en ellos.

Los cuerpos de agua están entre los ambientes más afectados por la contaminación ambiental (figura 1). Cuando una sustancia química es liberada por el hombre al ambiente y llega a un cuerpo de agua es rápidamente transportada más allá de donde se liberó. Esta dispersión de la sustancia puede alcanzar a muchos organismos y afectarlos de distintas maneras. Entre estos organismos se encuentra el hombre que, por lo tanto, también está expuesto a distintos agentes contaminantes en su vivienda y a través de los alimentos

que consume. La Organización Mundial de la Salud muestra que la contaminación de aguas es la principal causa de muertes y enfermedades en el mundo, con valores globales que superan las catorce mil personas cada día.

Numerosos incidentes de contaminación acuática en todo el mundo han recibido gran atención de los medios, lo que provocó la preocupación pública por la calidad del agua y el interés del sector legislativo por medidas para el cuidado del medio ambiente. Entre los casos más emblemáticos de la Argentina se destacan la contaminación del Riachuelo, de la cuenca del río Matanza y el río Reconquista (figura 2), la instalación de una fábrica de producción de pasta de celulosa en la costa oriental del río Uruguay y la contaminación de cuerpos de agua vecinos a zonas de minería a cielo abierto en el noroeste. Asimismo, en los últimos tiempos distintos grupos de investigación y otras organizaciones en todo el país se han enfocado a

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

Descargas de efluentes sin tratamiento o derrames accidentales de sustancias pueden resultar en procesos de contaminación de los cuerpos de agua. ¿Cómo pueden, ciertos organismos, indicarnos la presencia o magnitud de uno u otro contaminante? ¿Existen herramientas de detección temprana de procesos de contaminación que nos permitan prevenir el deterioro ambiental?

Nivel de organización	Parámetros utilizados como biomarcadores
<b>Molécula</b>	Daño genético, mutaciones, actividad de enzimas detoxificantes, niveles de producto de daño oxidativo.
<b>Célula</b>	Daños en organelas, alteraciones de funcionalidad (por ejemplo, en la actividad mitocondrial), proliferación celular.
<b>Organismo</b>	Deformaciones, enfermedad, formación de tumores.
<b>Población</b>	Tasas de supervivencia, crecimiento, mortalidad.
<b>Comunidad</b>	Cambios en la diversidad y abundancia de especies.

los problemas ambientales y de salud asociados al uso de pesticidas en la actividad agropecuaria (figura 3).

Frente a la presencia de estas sustancias contaminantes, los investigadores utilizan distintos organismos, como lombrices, algas o bivalvos, como indicadores para evaluar el impacto de estos compuestos. Entonces, el estudio del efecto de los contaminantes ambientales sobre estos organismos permite definir una herramienta de diagnóstico para evaluar la calidad y el estado de salud de los ecosistemas: los biomarcadores.

## ¿Qué son los biomarcadores y cómo funcionan?

Los biomarcadores son parámetros morfológicos, fisiológicos o bioquímicos que se pueden medir en los organismos y que varían cuando un determinado organismo se expone a un tóxico particular. Una analogía útil para comprender mejor cómo funcionan los bioindicadores en los cuerpos de agua es pensar en el cuerpo humano. Los biomarcadores utilizados en cuerpos de agua funcionan

de manera semejante a un análisis de sangre en una persona; los organismos que viven en él son como la sangre mientras que los biomarcadores representan los parámetros que describen el estado del cuerpo de agua, del mismo modo que las concentraciones de glucosa, hormonas o colesterol en la sangre describen el estado de salud de la persona. De esta manera, los biomarcadores permiten identificar las fuentes de contaminación y establecer límites a la liberación de contaminantes al medio.

La detección de alteraciones en biomarcadores permite evaluar de forma temprana los efectos negativos de los contaminantes, sirviendo como herramientas de diagnóstico. Los biomarcadores pueden ser agrupados en distintos niveles de organización, molécula, célula, organismo, y otros que se describen en la tabla anterior. Según qué nivel de complejidad se quiera analizar, se seleccionan diferentes biomarcadores.

Los biomarcadores se pueden utilizar para:

- Demostrar la presencia de contaminantes en un medio a partir de una respuesta específica a un tóxico.
- Estimar las consecuencias biológicas y ambientales de la exposición a un contaminante.



**Figura 1.** Diagrama de contaminación en los cuerpos de agua y sus consecuencias. Tomado y adaptado de Wisconsin Water Resources Clip Art Collection (<http://clean-water.uwex.edu/pubs/>).



**Figura 2.** (a) Imagen de la cuenca Matanza-Riachuelo en el tramo que atraviesa la localidad de Ezeiza (gentileza de Lara Rocchetta); (b) desembocadura de efluentes cloacales en un tramo del río Reconquista que atraviesa la localidad de Moreno (<http://naturalezademoreno.blogspot.com.ar>).



**Figura 3.** Envases de pesticidas utilizados en campos en la provincia de Entre Ríos, desechados al costado del campo donde se aplicaron (gentileza de Gerardo Cueto).

- Servir como herramienta para tomar decisiones de manejo de efluentes o bien para intervenir legislativamente o incluso modificar las políticas de uso y liberación al ambiente de sustancias químicas.

Por otra parte, los contaminantes dentro de un organismo pueden sufrir distintos procesos:

- Bioacumulación, que se da cuando un organismo absorbe un contaminante y lo retiene en su cuerpo por mucho tiempo.
- Biomagnificación, que se da cuando un organismo contaminado es ingerido por otro organismo y se produce un incremento de la concentración de un contaminante en los organismos de los sucesivos niveles tróficos, incrementando así los efectos tóxicos provocados por el contaminante.

Los biomarcadores también permiten determinar si se está dando alguno de estos procesos en los organismos de estudio y monitorear organismos clave dentro de un ecosistema, de forma tal de obtener una visión del impacto del contaminante sobre ese ambiente. El monitoreo de especies sensibles a contaminantes (organismos centinela) puede utilizarse como un aviso temprano de potenciales riesgos ecológicos.

## Parámetros de estrés oxidativo como biomarcadores

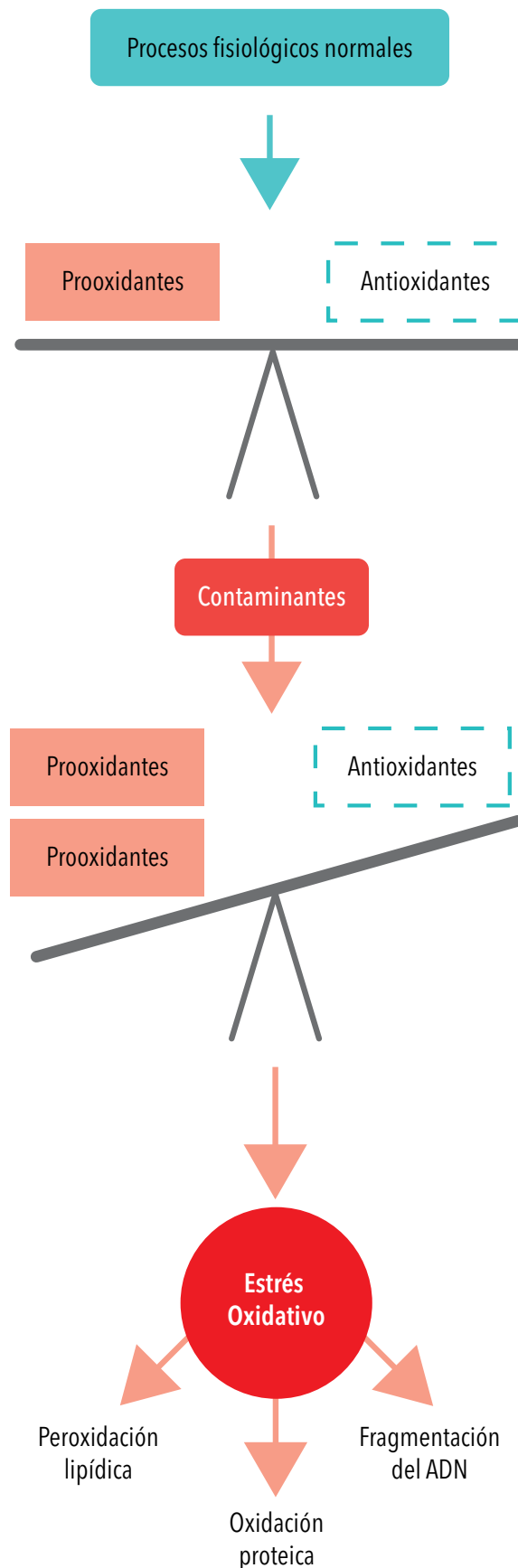
El estrés oxidativo es un estado fisiológico de desbalance entre sustancias prooxidantes y los mecanismos de defensa

antioxidante del organismo (figura 4). Este desequilibrio puede darse tanto por un aumento en la producción de prooxidantes como por una deficiencia en los mecanismos celulares de defensa y, en el caso de la producción de sustancias prooxidantes, estas pueden ser endógenas o exógenas al organismo. El estrés oxidativo está asociado a daños de los componentes celulares que a su vez pueden resultar en la afección de tejidos y, en última instancia, puede derivar en el desarrollo de procesos patológicos.

Los ambientes acuáticos son los más afectados por la contaminación ambiental debido a la descarga continua de tóxicos a los cuerpos de agua, ya sea por proximidad al sitio de uso, por derrames accidentales o por deriva de agroquímicos desde la zona en que se aplican hacia los cuerpos de agua vecinos. Existen numerosas evidencias que indican que muchos de estos agentes contaminantes, al llegar a los cuerpos de agua, son absorbidos por los organismos que allí habitan y pueden desencadenar en ellos el proceso de estrés oxidativo. Alteraciones en los parámetros de estrés oxidativo pueden servir como una señal temprana de exposición a contaminantes y de posibles consecuencias relacionadas con daños celulares posteriores y es por esto que su estudio ha despertado el interés en el campo de la toxicología acuática y ambiental en los últimos tiempos. Más aún, los avances en esta materia han permitido su utilización como herramienta de diagnóstico, con capacidad predictiva para evidenciar el impacto de los contaminantes sobre los organismos.

En investigaciones recientes se ha demostrado la participación del estrés oxidativo en el mecanismo de toxicidad de diversos contaminantes (efluentes urbanos, herbicidas y metales pesados) en organismos de ambientes acuáticos. Por medio de organismos modelo tales como las algas unicelulares o las almejas (figuras 5a, 5b), hemos podido corroborar la participación del estrés oxidativo en procesos de toxicidad, en forma simultánea con la existencia de otras alteraciones morfológicas y funcionales de los organismos expuestos a los agentes contaminantes. Estas alteraciones generalmente son una función positiva de la concentración y el tiempo de exposición a los contaminantes.

Los distintos contaminantes ambientales tienen efectos muy diversos sobre los organismos, por lo tanto, no es posible establecer un efecto único para un contaminante dado. Para el estudio del impacto de contaminantes de un ecosistema se debe considerar el ecosistema en su conjunto y tener en cuenta que todos los organismos en la comunidad son importantes para mantener el equilibrio. Es por esto mismo que los trabajos de investigación de un mismo contaminante sobre distintos organismos no son redundantes sino complementarios. Asimismo, la gama de biomarcadores utilizados se ha ampliado con el avance de las tecnologías disponibles, lo que también permite aumentar el entendimiento sobre el mecanismo de acción de los contaminantes. El conocimiento de los mecanismos de acción permite inferir posibles efectos




**Figura 4.** Esquema de la generación de estrés oxidativo por contaminación a través del desbalance entre sustancias prooxidantes y defensas antioxidantes y su efecto sobre macromoléculas de vital importancia.

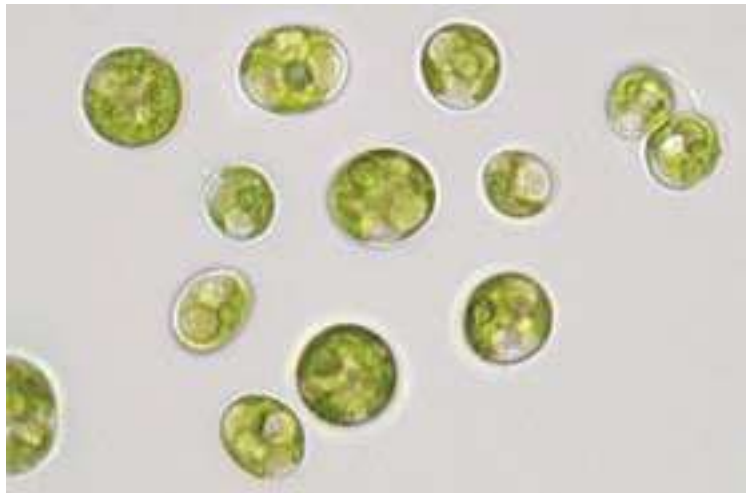
del contaminante sobre otros organismos que aún no han sido estudiados.

## Perspectivas en nuestro país y en el mundo

El objetivo común a todos estos trabajos es poder proponer biomarcadores que den una señal temprana de toxicidad en el ambiente y aportar herramientas que contribuyan a monitorear ambientes acuáticos y generar adecuadas políticas de protección al medio.

La propuesta de desarrollar un biomarcador debe basarse en el conocimiento de su mecanismo de respuesta frente a un contaminante dado. Es entonces cuando en las últimas décadas, tanto en la Argentina como en el mundo, numerosos grupos de investigación han enfocado sus esfuerzos en el estudio de los efectos de los contaminantes sobre distintos organismos afectados con el fin de seleccionar los parámetros adecuados como biomarcadores.

En este sentido, se han hallado para distintos ambientes biomarcadores que responden a ciertos contaminantes específicos alrededor del globo. Incluso, se han desarrollado programas de monitoreo ambiental que utilizan biomarcadores como la herramienta para diagnosticar el estado de salud del ecosistema y las comunidades que lo habitan. Particularmente, en la Argentina, algunos ejemplos de los programas de biomonitoreo en marcha son el de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, que analiza la calidad del aire a través de líquenes; el que analiza las comunidades de abejas de la ciudad de Bahía Blanca para determinar presencia de metales pesados e hidrocarburos en el agua y el aire y, en Mar del Plata, el que busca determinar la presencia de metales pesados y pesticidas en el agua. 



**Figura 5.** Imágenes de algunos de los modelos de estudio empleados en el LEEM: (a) microalgas de agua dulce, *Scenedesmus vacuolatus*, (b) almeja de agua dulce, *Diplodon chilensis* (gentileza de María Soledad Yusseppone).



### Anabella Victoria Fassiano

Licenciada en ciencias biológicas, UBA.  
Becaria doctoral.  
[afassiano@qb.fcen.uba.ar](mailto:afassiano@qb.fcen.uba.ar)



### María del Carmen Ríos de Molina

Doctora en ciencias químicas, UBA.  
Profesora adjunta, Departamento de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.  
Investigadora independiente del Conicet.  
Miembro de la subcomisión de doctorado del Departamento de Química Biológica, FCEYN, UBA.  
[mcrios@qb.fcen.uba.ar](mailto:mcrios@qb.fcen.uba.ar)



### Ángela Beatriz Juárez

Doctora en ciencias biológicas, UBA.  
Jefe de trabajos prácticos, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEYN, UBA.  
Investigadora en UBA categoría III.  
[abjuarez@bg.fcen.uba.ar](mailto:abjuarez@bg.fcen.uba.ar)

## LECTURAS SUGERIDAS

**BLESSING, A.**, 2001, *Pesticides and water quality*, Purdue Pesticide Programs. <http://www.ppp.purdue.edu/Pubs/PPP35.html>

**MUDRY M. y CARBALLO M.**, 2006, *Genética toxicológica*, Buenos Aires, De los Cuatro Vientos.

**RÍOS DE MOLINA M.C.**, 2003, 'El estrés oxidativo y el destino celular', *Química Viva*, 2 (1). Revista electrónica. [www.qb.fcen.uba.ar](http://www.qb.fcen.uba.ar).

Blog del Laboratorio de Enzimología, Estrés y Metabolismo. [www.leemqb.blogspot.com.ar](http://www.leemqb.blogspot.com.ar)

Biomarcadores de contaminación. Patricia Olivella. Noticias de Exactas. <http://noticias.exactas.uba.ar/?p=2877>

Germán Kaiser

Nicolás Mucci

Universidad Nacional de Mar del Plata

Adrián Mutto

Universidad Nacional de San Martín

# Producción de bovinos bitransgénicos y clonados para la producción de leche maternizada

## La producción bovina hoy

El uso de técnicas biológicas reproductivas durante los últimos cincuenta años ha provocado un impacto de enorme magnitud en la producción animal con consecuencias directas tanto en la calidad como en la cantidad de los alimentos. Hoy en día (2012), se inseminan artificialmente más de 100 millones de bovinos en todo el mundo con el fin de incrementar su producción de carne y leche. La inseminación artificial constituyó, en realidad, la primera generación de biotécnicas reproductivas usada en programas de mejora genética en animales y la que cambió drásticamente las posibilidades de producción de las especies domésticas. La siguieron la inducción y sincronización de celos asociadas a la inseminación a tiempo fijo, la utilización de la superovulación y transferencia de embriones, y la producción in vitro de embriones. Todas ellas potenciaron marcadamente el impacto de la inseminación artificial.

La última generación de biotécnicas reproductivas la constituye la transgénesis, o sea, la transferencia directa de genes al nuevo animal. En realidad es una herramien-

ta que va más allá de la mejora cualitativa y cuantitativa de la producción, ya que puede convertir a las especies animales en productores de alimentos con cualidades especiales (nutricéuticos) así como productores de componentes medicinales trascendentes para la salud animal y humana (farmacéuticos). La generación de animales transgénicos se utiliza para producir ejemplares con mejor performance (crecimiento rápido), como modelos de estudio en patologías humanas, para la producción de órganos compatibles al de un paciente humano que así lo requiera (trasplante de un animal a un humano), para la expresión génica, la regulación de promotores y secuencias codificantes así como la generación de animales para la producción de proteínas de interés. En este último caso, la producción de proteínas de uso farmacológico en un sistema de glándula mamaria cimentó el uso del término *gene-pharming* o granja génica, acuñado a principios de los años 80. Conejos, ovejas, cabras, vacas y cerdos transgénicos que expresan proteínas para varios usos fueron desarrollados exitosamente por varios grupos de investigación. La producción de biofarmacéuticos

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

De 'insertar' en el núcleo de una célula genes que expresen características deseadas y clonarla luego para que el animal tenga una propiedad buscada.

es útil para una gran variedad de propósitos: tratamiento de enfermedades como esclerosis múltiple, hepatitis, fibrosis quística, varios tipos de cáncer, hemofilia, trombosis, desórdenes del crecimiento y para la expresión de enzimas importantes en la nutrición humana.

## ¿Cómo lograr un animal transgénico?

Existen diferentes técnicas para lograr individuos transgénicos, pero la más utilizada a nivel mundial es la transformación de células somáticas con dotación genética completa y posterior transferencia nuclear (NT, por su sigla en inglés). La generación de individuos transgénicos por NT implica que se toma una célula donante, se la modifica genéticamente y se la transfiere a óvulos (ovocitos) previamente vaciados de su núcleo para reconstruirlos, en un proceso que se denomina *clonación*. El uso de esta técnica para generar animales transgénicos asegura que todos los individuos nacidos porten la modificación genética. A pesar de esta ventaja, la técnica no deja de tener problemas; el más importante es su baja eficiencia pues la frecuencia de gestaciones y de anima-

les nacidos es reducida debido al estrés a que son sometidos tanto la célula donante modificada como el ovocito. La metodología es altamente demandante, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

La clonación por medio de la transferencia nuclear de células somáticas fue el hito que precedió a la transgénesis animal. El nacimiento de la oveja Dolly anunciado por el escocés Ian Wilmut en 1997 confirmó que podía hacerse en mamíferos lo que el inglés John Gurdon, premio Nobel de medicina 2012, había iniciado en la década del 70 del siglo XX en la rana africana *Xenopus laevis*, y que fue demostrar que era posible obtener individuos genéticamente idénticos a partir de células de un animal adulto. A partir de esto las posibilidades se multiplicaron. La trascendencia de esta técnica no sólo se basa en permitir multiplicar animales de alto valor productivo o afectivo, sino que a través de la inclusión de genes foráneos en las células donantes del núcleo se pueden generar animales modificados genéticamente para la producción de proteínas.

## Buena leche

Desde que el hombre comenzó la crianza de animales para mejorar su situación alimentaria comenzó a seleccionarlos mediante el cruzamiento destinado a transferir los caracteres deseados. Un paso más avanzado en la selección dentro de una especie es la incorporación a esta de genes de interés presentes en otra. Esta alternativa ha sido posible mediante la ingeniería genética. Estos organismos genéticamente modificados, comúnmente denominados *transgénicos*, son organismos vivos a los que se ha insertado o eliminado gen o genes de su repertorio genético, generando así un animal con nuevas características fenotípicas de utilidad para los humanos.

La inserción de genes que modifiquen la producción, particularmente de la leche, que constituye el 30% de las proteínas consumidas por el hombre, es la forma más conocida de uso de esta biotecnología. La leche de vaca carece, en forma total o significativa, de algunos componentes importantes de la leche humana como es el caso de dos proteínas: la lactoferrina y la lisozima C. Introducir los genes necesarios para producir estas proteínas humanas en la leche de vaca es muy relevante por los efectos sobre la salud de la población que un producto animal así acarrearía.

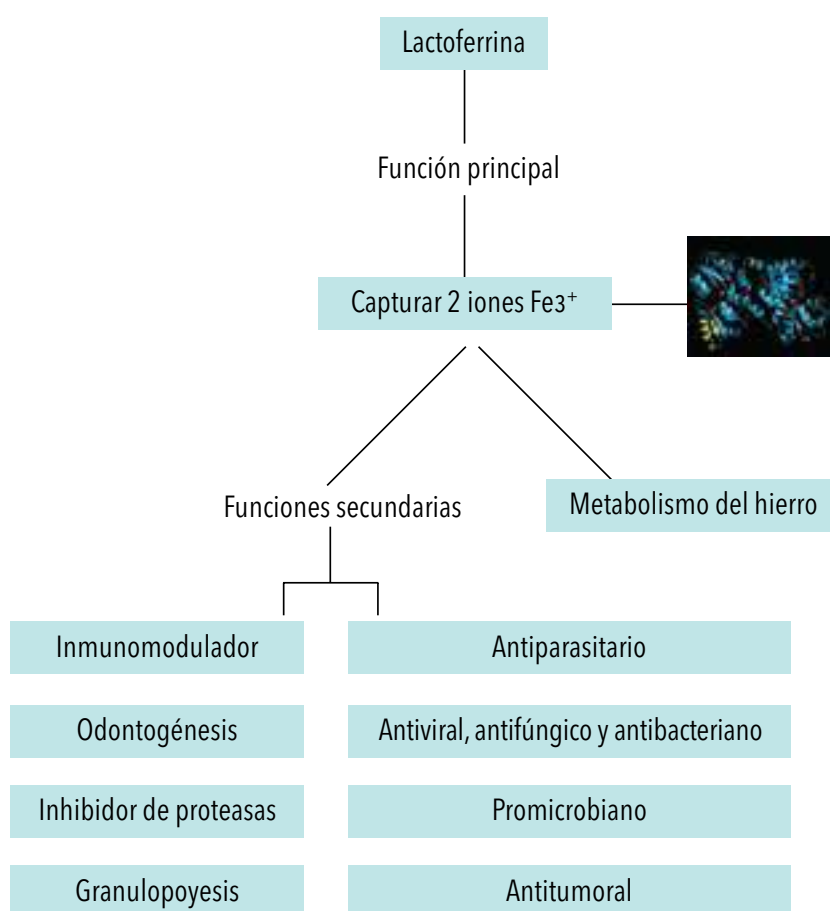


Figura 1. Roles de la lactoferrina, adaptado de Farnaud y Evans, 2003.



La secreción láctea de las glándulas mamarias de los mamíferos es un líquido de composición compleja cuyo propósito natural es la alimentación de la cría durante los primeros meses de vida. La composición porcentual promedio de las leches de las diferentes especies de mamíferos varía en el contenido proteico, lipídico y de azúcares. Las principales proteínas en la leche son las caseínas y entre ellas las más ubicuas en la leche de los bovinos son las beta-caseínas, que en humanos se hallan en menor concentración. Estas proteínas actúan sobre el neonato como fuente de aminoácidos, los ladrillos a partir de los cuales se construyen las proteínas. Hay otras proteínas que se encuentran en las leches y que presentan variación en las diferentes especies de mamíferos son la lactoferrina, la lactoperoxidasa y la lisozima. Esta última está presente en la leche humana y en la de otras especies. En los bovinos su actividad es indetectable, pero en cambio son muy activas en el humano donde tienen propiedades antibacterianas de amplio espectro. Asociada con la lactoferrina, por ejemplo, es efectiva contra la bacteria *Escherichia coli*, responsable del síndrome urémico hemolítico y la salmonella.

Por otro lado, la lactoferrina interviene activamente en el metabolismo del hierro y pertenece a la familia de las transferrinas, capaces de combinarse con iones férricos para neutralizar su toxicidad (moléculas que capturan iones). Esta proteína es de suma importancia para el neonato humano ya que es la responsable del ingreso de hierro al organismo y, debido a los receptores presentes en la superficie de las células del intestino (enterocitos), su actividad es especie específica. Si bien aún restan por aclarar muchos aspectos acerca de los mecanismos de acción exactos de esta proteína, se ha demostrado que es fundamental en los procesos de defensa del huésped ante patógenos. Posee, además, otras funciones secundarias (figura 1) actuando como agente antibacteriano, antifúngico, antiviral, promotor de la odontogénesis y de la maduración de las células del epitelio intestinal. Promueve el crecimiento de especies de *Bifidobacterium*, bacterias que predominan en la flora intestinal de los infantes y actúan en los procesos inflamatorios e inmunes. La lactoferrina es importante en el sistema inmune, donde actúa como inmunomodulador reduciendo la respuesta inflamatoria de modo dosis dependiente frente a un posible daño en el tracto digestivo.

Hasta el día de hoy, el modelo de transgénesis en glándula mamaria se utilizó para la producción de proteínas recombinantes humanas, por ejemplo, a-antitripsina, el factor IX, la antitrombina III y las inmunoglobulinas. A quienes trabajamos en el Laboratorio de Biotecnología Aplicada a la Reproducción Animal del IIB-INTECH perteneciente a la UNSAM y el Laboratorio de Reproducción Animal del INTA Balcarce se nos ocurrió que estábamos en condiciones de elevar el valor nutricional a la leche bovina. La razón es simple: el humano es la única especie



Figura 2. Ternera bitransgénica (Rosita ISA) a los cuatro meses de edad.

## ■ NUEVAS TÉCNICAS DE INGENIERÍA GENÉTICA EN TRANSGÉNESIS ■

Desde el nacimiento de Dolly (el primer mamífero clonado) hasta la fecha, se han generado cientos de animales modificados genéticamente, los cuales contienen genes no propios de una amplia variedad de funciones, farmacéutica, industriales, salud y aquellos que benefician la nutrición humana. Si bien en China existen vacas transgénicas para lactoferrina y lisozima humanas, a diferencia de Rosita ISA, estas proteínas se encuentran en animales diferentes. El logro generado por la UNSAM y el INTA de Balcarce se basa principalmente en la utilización de nuevos métodos de ingeniería genética para generar animales multitransgénicos en un solo sitio de modificación del ADN, con lo que conllevó a obtener una vaca que expresa dos proteínas humanas que eleven el valor nutricional de la leche bovina en un solo paso.

# Producción paso a paso de la ternera doble transgénica

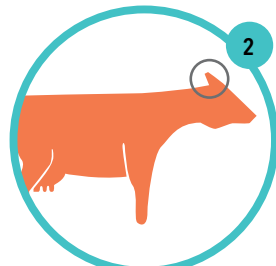
Se obtuvo el primer bovino capaz de generar en su leche dos proteínas de interés nutricional para infantes humanos.

## Generación de una célula transgénica

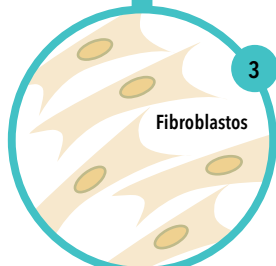
**1 Genes humanos**  
Con métodos de ingeniería genética se preparó un vector portador de los dos genes humanos de interés.



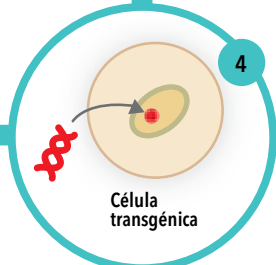
**Vector con genes**



Se seleccionó una vaca Jersey como espécimen a clonar. Se tomó una muestra de piel del pabellón auricular.

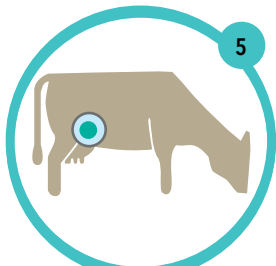


La muestra de piel se procesó en laboratorio y se estableció un cultivo primario de células llamadas fibroblastos.

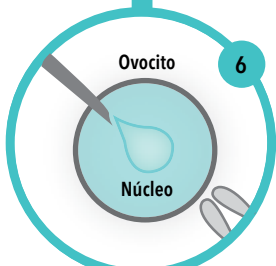


El cultivo de fibroblastos fue transfectado con el vector. El material genético fue arrastrado hacia el núcleo de las células.

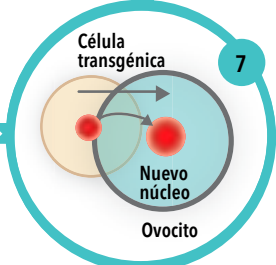
## Clonación por transferencia nuclear



Se obtuvieron ovocitos de vacas faenadas y fueron madurados in vitro en estufa de cultivo.



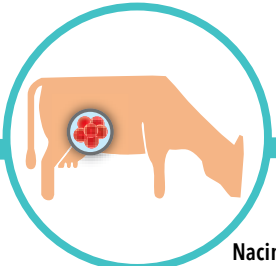
Mediante micromanipulación se extrajo el núcleo del ovocito, eliminando de este modo toda su información genética.



Se incorporó la célula transgénica al ovocito y se fusionaron con un pulso eléctrico. El núcleo del ovocito se transformó en núcleo embrionario y se generó un embrión.

## Transferencia del embrión y gestación

**8 Vientre**  
Luego de siete días en cultivo, el embrión fue transferido a una vaca receptora, sincronizada con la edad del embrión, para continuar su gestación.



## Nacimiento y control

**9 Rosita ISA**  
Nueve meses después nació por cesárea. Durante sus primeros meses de vida recibió asistencia y cuidados especiales.

**Verificación**  
A Rosita ISA le realizaron análisis que certificaron el éxito de la transgénesis y la clonación. Porta en su genoma los dos genes humanos de interés.

**Funcionalidad**  
Todo indica que, al madurar, Rosita ISA debería producir naturalmente leche con las proteínas humanas lisozima y lactoferrina.



**Rosita ISA adulta**



**Hija natural de Rosita ISA**

**10 Reproducción**  
Por la forma en que se realizó la transgénesis, los dos genes humanos quedaron incorporados al genoma de Rosita. Esto indica que su descendencia podría heredar esos dos genes.

que consume leche siendo adulto y que ingiere leches de otras especies; de ellas, la más consumida en el mundo es la leche de vaca. Esto la hace deficiente nutricionalmente para los neonatos que no cuentan con leche de sus madres. La idea es introducir los genes de interés, por primera vez en el mundo, en un bovino de raza Jersey.

## Otra vaca argentina

Se utilizó un concepto innovador en el que el vector (vehículo genético) construido por métodos de ingeniería genética permitió la expresión de dos proteínas humanas en un mismo ARN mensajero (los organismos eucariotas en su gran mayoría expresan una proteína por cada ARN mensajero) y, adicionalmente, se lograron optimizar los procesos de inserción (transfección) en líneas celulares reduciendo el número de inserciones necesarias para la producción de dos proteínas al mismo tiempo. El desarrollo de esta tecnología, que se cuenta rápido pero que llevó meses de prueba y error, constituye una importante plataforma para el desarrollo de nuevos trabajos mediante la inclusión de otros genes al genoma bovino. A raíz de estos resultados, la Argentina se ha posicionado en el mundo como líder en biotecnologías aplicadas al mejoramiento genético animal.

La ternera fue bautizada como Rosita ISA por el acrónimo entre INTA y San Martín. Esta ternera posee la ca-

pacidad de producir leche con dos enzimas humanas, las ya mencionadas lisozima y lactoferrina, elevando el valor nutricional para los seres humanos (figura 2).

El nacimiento de esta ternera, que produce leche bovina con el agregado de dos proteínas de alto valor en cuanto a la prevención de enfermedades del tracto digestivo de los lactantes, tiene una aplicación inmediata, que es la posibilidad de una mejora en la calidad de vida de los bebés que por alguna razón no pueden acceder a la leche materna. Esto, sin embargo, es solo el comienzo; es necesario aún discutir acerca del uso de este tipo de tecnologías y sus productos para la nutrición humana. Mientras se da este debate se debe notar que una ventaja de producir proteínas eucariotas recombinantes en animales transgénicos es la posibilidad de realizar modificaciones postraduccionales en individuos donde los sistemas de expresión, tanto bacterianos como levaduras, es deficiente o directamente no existe, lo que hace a sus productos no funcionales. Para estos individuos la incorporación de las proteínas a través de la leche significa una solución sencilla y de fácil acceso. Esto, a su vez, nos lleva al tema de los costos; producir estos animales modificados es, en inversión, muy inferior al costo de sistemas de producción en células eucariotas en cultivo. Adicionalmente, al utilizar esta tecnología como plataforma productiva, se tiene la posibilidad de cubrir altas demandas de proteínas tanto de uso medicinal como nutracéuticas con un escaso número de animales en producción. **CH**

### LECTURAS SUGERIDAS

**DUNN D et al.**, 2005, 'Foundation review: Transgenic Animals and their impact on the drugs discovery industry', *Drug Disc Today*, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359644605034525>.

**PALMA G**, 'Biotecnología de la reproducción', <http://www.reprobiotec.com.ar>.

**SCOTT G**, 'Developmental biology', <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9983/>.

**SENGER PL**, 'Pathways of pregnancy and parturition', [http://www.2shared.com/document/hzE9k2tl/Pathways\\_to\\_Pregnancy\\_and\\_Part.html](http://www.2shared.com/document/hzE9k2tl/Pathways_to_Pregnancy_and_Part.html).



#### Adrián Mutto

Doctor en biotecnología y biología molecular, Universidad Nacional de San Martín.

Jefe de trabajos prácticos, UNSAM.

Jefe del Laboratorio de Biotecnología Aplicada a la Reproducción Animal, IIB-INTECH.

[amutto@unsam.edu.ar](mailto:amutto@unsam.edu.ar)



#### Germán Kaiser

Máster en producción animal, Universidad Nacional de Mar del Plata.

[reproduccion@balcarce.inta.gov.ar](mailto:reproduccion@balcarce.inta.gov.ar)



#### Nicolás Mucci

Máster en producción animal, UNMDP.

[nmucci@balcarce.inta.gov.ar](mailto:nmucci@balcarce.inta.gov.ar)

# Tránsito urbano

## El caso de Buenos Aires

### El contexto

Reflexionar sobre el tránsito en las ciudades supone abordar un fenómeno complejo que es parte de la cuestión más general del *transporte urbano*. Este aumenta con el tamaño de la ciudad tanto en extensión territorial como en número de habitantes, especialmente si su crecimiento no sigue lineamientos adecuados de urbanización, que armonicen las relaciones entre la ciudad y el transporte.

A la circulación generada por las actividades propias de la ciudad y su interacción con el área circundante, se suman generalmente viajes interurbanos pasantes. Ello resulta en un conjunto de movimientos de personas y de bienes que exhiben características diversas en cuanto a motivos de viaje, velocidades de circulación y longitudes de recorridos, realizados mediante los distintos *modos de transporte* que conforman el *sistema de transporte* de la ciudad.

Un sistema de transporte puede resultar de la aplicación de criterios urbanísticos que formen parte de un

plan integral de gestión de la ciudad y su crecimiento, o ser consecuencia de decisiones aisladas, generalmente inconexas y discontinuas, a menudo tomadas por jurisdicciones administrativas superpuestas que dejan áreas con vacíos de poder. Desde hace décadas, en las ciudades y áreas metropolitanas de los países desarrollados las decisiones sobre políticas y proyectos de transporte se basan en estudios que prevén cómo evolucionaría el uso del suelo en cuanto al tipo e intensidad de las actividades, deducen la demanda de transporte asociada con cada tipo de uso, y programan la realización gradual y sostenida de mejoras en las instalaciones y los servicios. Se trata de procesos cíclicos de planeamiento: tras una fase inicial de diagnóstico, se diseñan y evalúan políticas y proyectos, que una vez ejecutados se controlan y se corrigen.

Para realizar esos trabajos se requiere la participación de equipos multidisciplinarios y el empleo de instru-

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

El problema del tráfico en las ciudades es universal y no tiene una solución óptima aplicable en todas partes. Existen, sin embargo, conceptos generales que permiten a cada ciudad encararlo teniendo en cuenta las circunstancias locales. ¿Qué se ha hecho en Buenos Aires?

mentos conceptuales, en particular modelos matemáticos de simulación que pronostican la demanda de viajes y sus características, entre otras, origen, destino, motivo y modo de transporte. Esos modelos también tienen la capacidad de asignar los viajes a las redes de transporte, para simular la interacción entre la demanda y la oferta, así como determinar cambios o mejoras aconsejables de la segunda teniendo en cuenta, entre otras variables, los tiempos de viaje, los costos y las consecuencias ambientales de los cambios.

Para poder hacer uso de los mencionados instrumentos se requiere obtener y actualizar la información con la que trabajan, tanto la asociada con la demanda de viajes, como datos demográficos y socioeconómicos, usos del suelo y *tasas de motorización*, entre otros, lo mismo que la relacionada con la oferta de transporte, por ejemplo, velocidades y tiempos de viaje, costos y tarifas, capacidades de las redes y los servicios, etcétera. El proceso es dinámico: a los cambios propios de la evolución urbana, que inciden sobre las causas de los viajes, se suman las innovaciones en materia de transporte y comunicaciones, tanto las tecnológicas como las operacionales y las regulatorias.

En los últimos lustros, los avances de la tecnología de la información y de las comunicaciones, junto con los sistemas de geolocalización habitualmente conocidos por la sigla GPS, de *Global Positioning System*, han abierto la posibilidad de crear sistemas inteligentes de transporte, es decir, que pueden adaptar su funcionamiento en tiempo real y en forma automática a la luz de los datos que recogen; por ejemplo, tienen la capacidad de ajustar los tiempos de los semáforos a los cambios del tráfico y de la congestión de vehículos. Hoy se dispone de una gama de herramientas para controlar la congestión en las áreas centrales, la cual entre otras cosas provee a conductores y pasajeros información que les permite elegir lo que les parezca más conveniente en cada caso. Asimismo, esas tecnologías han hecho posibles innovaciones como realizar trabajo de oficina desde el hogar o teletrabajo (que a veces aparece denominado por la palabra inglesa *telecommuting*), el que a su vez altera los desplazamientos de propósito laboral.

La índole cambiante del problema acentúa la necesidad del planeamiento integral, entendido como proceso dirigido a guiar y controlar los cambios. Algunos recordamos con nostalgia que en esta materia la Argentina fue pionera en Iberoamérica. En 1969, en efecto, organismos técnicos del Poder Ejecutivo Nacional realizaron un estudio que aplicó métodos avanzados, como modelos matemáticos de simulación. El informe correspondiente (*Estudio preliminar del transporte de la región metropolitana*, dos volúmenes aparecidos en 1972 y 1973 respectivamente) conserva notable interés tanto metodológico como de contenido, sobre todo en la actual situación del sistema de transporte de Buenos Aires.

## El problema del tránsito

Para encuadrar de modo sucinto el problema del tránsito en las ciudades conviene señalar tres de sus componentes más importantes: la congestión, el deterioro ambiental (incluidas en este la contaminación sonora y atmosférica) y los accidentes. Además, es oportuno poner de relieve un factor agravante: la distorsión del concepto de vía pública urbana, que solo ve en esta su función de permitir la circulación de vehículos (o de servir de infraestructura de transporte), a la que se concede indiscriminadamente una prioridad que hace perder de vista las otras funciones de calles y avenidas. También son parte del problema del tránsito el uso de recursos escasos, como el espacio urbano y los combustibles que propulsan a los vehículos.

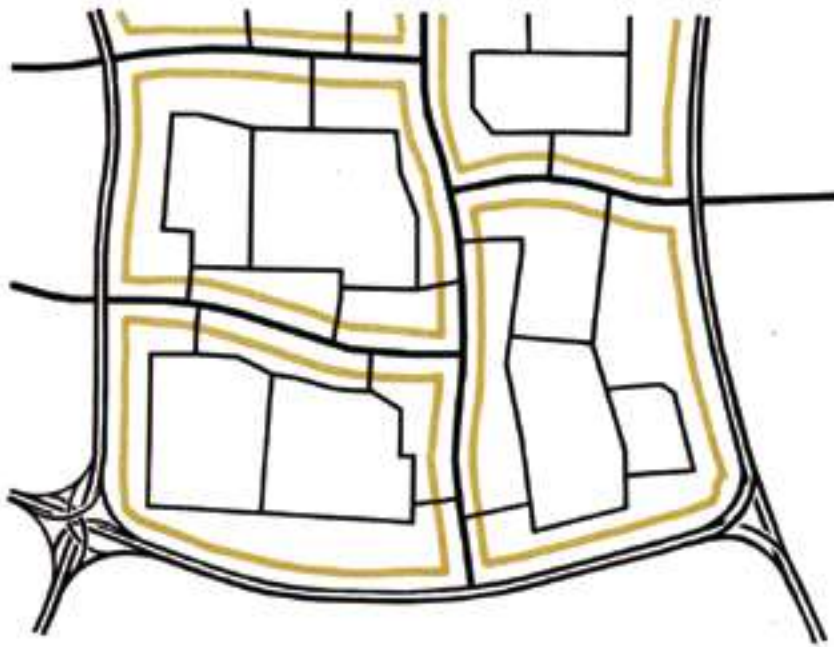
La congestión, además de aumentar los tiempos de viaje y sus costos, impide aprovechar plenamente la ventaja comparativa del transporte automotor: su flexibilidad, tanto espacial (la posibilidad de seleccionar el itinerario y permitir el transporte de puerta a puerta) como temporal (la posibilidad de elección del momento del viaje). Por lo demás, la congestión afecta a la regularidad de los servicios de colectivos.

En rigor, el automóvil particular es ineficiente y, en muchos casos, ineficaz, para satisfacer la demanda de viajes cotidianos hacia y desde las áreas centrales. Sin embargo, con el aumento del nivel de ingresos tiende a crecer su utilización, particularmente si el transporte público carece de atractivo. Tal es el caso de Buenos Aires, con nuevas autopistas que tras pocos años de uso ven saturada su capacidad, con ferrocarriles de superficie y subterráneos sin las necesarias cobertura geográfica y calidad, y ómnibus afectados en su regularidad, tiempos de viaje y rentabilidad por la congestión vial, en una suerte de círculo vicioso que deriva viajes al auto particular y este incrementa la congestión.

## Algunos lineamientos de solución

Conviene ante todo partir de que existe unánime acuerdo entre los especialistas sobre la necesidad —particularmente en ciudades medianas y grandes— de organizar sistemas adecuados de transporte público. Si bien eso es imprescindible, no es suficiente. Se necesita al mismo tiempo realizar una esclarecida y activa gestión vial urbana, tema sobre el que en muchas partes se ha acumulado suficiente experiencia como para poder definir un conjunto de buenas prácticas.

En esto es crucial manejarse con una acertada definición de la índole, las funciones y el carácter de las vías públicas. Las calles y avenidas, además de canalizar el tránsito, permiten el acceso a edificios y predios, son lugar



- Vías troncales o primarias
- Colectoras o distribuidoras de distrito
- Colectoras o distribuidoras locales
- Bordes de las áreas ambientales

Esquema teórico que ilustra el principio de una red jerárquica. Para mayor claridad se han omitido las vías de acceso que se conectan con las distribuidoras locales de cada área ambiental.

de ascenso y descenso de pasajeros de los vehículos, sitio donde se realiza la carga y descarga de objetos, y espacio que alberga el movimiento de peatones en sus aceras y por sendas específicas. Asimismo, las aceras alojan múltiples actividades generadas por la sociabilidad de los peatones y por el trajinar diario de la vida urbana.

Se pueden clasificar todas esas funciones en dos grandes categorías. Una incluye los múltiples aspectos de la movilidad o el transporte, incluidos los movimientos vehiculares, la carga y descarga de objetos, el ascenso y descenso de pasajeros, la componente peatonal de un viaje vehicular, el ingreso o la salida de vehículos de edificios y el estacionamiento en la adyacencia de estos. La otra categoría abarca las funciones sociales de la vía pública como ámbito de las relaciones que ligan la vida de cada persona con su comunidad, y las funciones ambientales de proporcionar luz, aire y un entorno adecuado para los edificios.

El diseño y la operación de una red vial urbana deben contemplar todas esas funciones y las relaciones entre ellas, y tener en cuenta que el tránsito de vehículos no es uniforme en el espacio ni en el tiempo. Por ello se procura diferenciar las vías según su particular composición de funciones, de modo de tender a una homogeneidad del flujo de tránsito y a separar las diferentes clases de este para disminuir los conflictos. Estos principios bási-

cos conducen a la clasificación funcional de las vías, realizada considerando la extensión de los viajes, los volúmenes de tránsito, las velocidades y los tipos de vehículos, y adoptando criterios concordantes de diseño vial y de ordenamiento de la circulación.

La teoría y la práctica en los países desarrollados han resuelto esta cuestión hace décadas. En 1960, el ministro de transporte británico encomendó al ingeniero escocés Colin Buchanan (1907-2001) un estudio acerca del efecto en el largo plazo del tráfico urbano sobre las ciudades de ese país. El documento que resultó de ese estudio, dado a conocer en 1963, fue difundido con el nombre de Informe Buchanan. Entre las lecturas sugeridas al final aparece la versión simplificada de ese informe, que terminó siendo la fuente de los conceptos que desde entonces orientan la literatura técnica mundial sobre vialidad urbana, diseño de redes de transporte y gestión del tránsito. Entre esos conceptos se destacan tres: *red jerárquica*, *capacidad ambiental* y *área ambiental*.

El concepto de red jerárquica implica la clasificación funcional de los componentes de una red, de suerte de distinguir las vías en que predomina la función de tránsito de aquellas cuyo cometido predominante es el acceso. Por lo general, las primeras se designan como vías troncales y distribuidoras principales; las de función mixta –tránsito y acceso– comprenden vías denominadas *colectoras* o *distribuidoras* de distrito o locales; y aquellas con predominio de la función de acceso se llaman *vías de acceso*. A esta tipología básica se suele agregar las calles peatonales y las sendas para ciclistas. A cada función –y por ende a cada tipo de vía– corresponden unas características de diseño y unos criterios operacionales diferentes.

La capacidad ambiental está definida por el número máximo de vehículos que pueden pasar por una vía en cierto lapso sin que las condiciones ambientales se deterioren más allá de determinado *estándar ambiental*. Este se define sobre la base de limitar, entre otras cosas, el ruido, la contaminación del aire, las demoras peatonales y los accidentes.

Finalmente, la idea de área ambiental se refiere a espacios libres de tránsito pasante, en los que las consideraciones ambientales reciben prioridad por sobre el uso de vehículos.

Llevar a la práctica estos conceptos es relativamente fácil en ciudades nuevas o en áreas de expansión urbana. Pero es mucho más difícil y hasta puede parecer inviable

en una ciudad consolidada que carezca de vías troncales, entre otras razones, por los costos y las consecuencias de las remodelaciones necesarias para establecerlas. Sin embargo, son conceptos relevantes para configurar redes, abrir nuevas vías e integrarlas con las existentes, asignar sentidos de circulación, determinar itinerarios de colectivos y tránsito pesado, establecer velocidades máximas y mínimas, diseñar cruces peatonales, crear sendas para ciclistas y regular el estacionamiento en la vía pública.

Paralelamente, las buenas prácticas recomiendan desde hace varias décadas dar prioridad al transporte público en las áreas centrales y en tramos congestionados de los centros secundarios, desalentar el empleo del automóvil y evitar la congestión y los problemas ambientales asociados con ella. Sobre estas bases se toman medidas como designar calles y carriles exclusivos para el transporte público y alterar las fases de los semáforos, con lo que se mejora la regularidad y confiabilidad de los servicios del transporte colectivo, se disminuyen los tiempos de viaje y los costos de operación de los vehículos, y, en general, se incrementa la capacidad de los servicios.

## El caso de Buenos Aires

Los habitantes de Buenos Aires y su área metropolitana sobrellevan las deficiencias de un sistema de transporte declinante, que asimismo tiene múltiples consecuencias socioambientales adversas, entre ellas accidentes. Sobre lo último, a los problemas crónicos de seguridad vial se han sumado las trágicas consecuencias de la inseguridad ferroviaria.

Una causa de lo anterior ha sido la falta de inversión en los ferrocarriles suburbanos y en el subterráneo. A esto se agrega la ausencia de coordinación interjurisdiccional: el Ente Coordinador del Transporte del Área Metropolitana, creado en 1998 por la aún vigente ley nacional 25.031, nunca se constituyó. También ha incidido el temor de las autoridades a tomar medidas que limiten el uso del automóvil en una situación en que la participación del auto particular en el total de viajes diarios de la región se incrementó en forma marcada.

Los colectivos, destacables por la amplia cobertura territorial de su red y por sus elevadas frecuencias, son parte fundamental del sistema. Su participación en los viajes totales de la región descendió en las últimas décadas: pasó de 54% en 1970 a alrededor de 37% en la actualidad, pero continúa siendo la más importante de los modos públicos de transporte, de cuyo total de viajes se encarga del 76% –aproximadamente 8 millones diarios– frente a participaciones del orden del 12% para el ferrocarril y del 11% para el subterráneo. Los efectos de la congestión vial sobre los colectivos, consecuentemente, perjudican a gran número de personas.

La red vial regional no se ajusta a criterios de jerarquización, con los consiguientes conflictos por la mezcla de tránsitos pasantes y locales, y de vehículos livianos con pesados. Presenta discontinuidades, especialmente en las autopistas y los itinerarios para camiones, e interferencias en los cruces a nivel con la red ferroviaria de superficie. Este crítico escenario, sin embargo, incluye algunas novedades alentadoras.

Aunque con marcada lentitud, ha continuado la expansión del sistema de subterráneos, en el marco de lo dispuesto en 2001 por la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos (ley 670 y sus modificaciones). Así, se

La abundancia y ubicuidad de vehículos estacionados y en movimiento han modificado irreversiblemente las características de los ámbitos urbanos y las interacciones de los ciudadanos con los espacios de su ciudad. Como lo señaló sagazmente el Informe Buchanan, es común que percibamos los edificios emergiendo de un basamento de automóviles.



avanzó en la construcción de la nueva línea H y en las prolongaciones de las existentes A, B y E. El plan aprobado por dicha ley incluye la construcción de tres líneas adicionales –llamadas F, G e I– que ampliarán notablemente la cobertura de la red.

Se dispuso recientemente conformar una entidad de coordinación regional integrada por la Nación, la provincia de Buenos Aires y la Capital Federal o Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En 2006-2007, la Secretaría Nacional de Transporte llevó a cabo un estudio sobre el transporte urbano público de Buenos Aires. El área estudiada abarcó la Ciudad Autónoma y 27 del los 42 partidos suburbanos. Si bien se limitó a los modos públicos, produjo datos sobre frecuencias y recorridos de colectivos y servicios de trenes, subterráneos y premetro, pasajeros transportados, origen, destino y distribución horaria de los viajes, y transbordos (véase <http://www.transporte.gov.ar/intrupuba/index.html>). En 2009-2010 se realizó, con la misma cobertura territorial pero considerando la totalidad de los modos de transporte, una encuesta de movilidad domiciliar que permitió obtener y analizar información relevante

sobre los viajes según origen, destino, motivo, duración, frecuencia y características de la población (véase <http://www.ptuma.gov.ar/publicaciones/index.html>).

En la ciudad de Buenos Aires –que carece de competencia sobre los ferrocarriles, los accesos viales y aun sobre los ómnibus, todos dependientes del gobierno nacional– se vienen adoptando medidas innovadoras tanto en materia de ordenamiento urbano como de políticas y proyectos de transporte. La Legislatura porteña aprobó a finales de 2008, por la ley 2930 y tras años de estudios y discusión, un plan urbano-ambiental que proporciona respaldo urbanístico y pautas específicas sobre transporte. Estos elementos orientaron la elaboración del Plan de Movilidad Sustentable actualmente en ejecución (véase <http://movilidad.buenosaires.gob.ar/>).

Dicho plan abarca las cuatro dimensiones del concepto de sustentabilidad: la eficacia y eficiencia, la equidad, la cuestión ambiental y la gestión. Así, incluye políticas y proyectos dirigidos a reordenar el tránsito y priorizar el transporte público, obras en puntos o sectores críticos de la red vial, y diversas mejoras para la



Metrobús en el corredor Juan B Justo. Es la primera aplicación en el país del sistema BRT (*Bus Rapid Transit*), que reduce el tiempo de viaje circulando por vías exclusivas y los de ascenso y descenso de pasajeros por andenes al nivel del piso de los vehículos.



circulación de peatones y ciclistas. La gestión subordina el planeamiento del transporte al urbano, y adopta decisiones basadas en relevamientos y análisis de datos, y en la prueba y evaluación de soluciones mediante modelos de simulación.

Es importante destacar la última frase: sin descartar que se cometan errores, las decisiones que se van tomando, más que producto de la intuición, buen o mal sentido, intereses o preconcepciones de los funcionarios y políticos que intervienen en su trámite, constituyen el resultado de recopilar abundante información cuantitativa y cualitativa, y de aplicar las mejores técnicas disponibles para analizarla y para prever, con la ayuda de los mencionados modelos matemáticos de simulación, cómo evolucionaría el sistema ante las modificaciones contempladas. Entre los diversos programas del plan se destacan los siguientes:

**Prioridad peatón.** Prioriza la circulación peatonal en determinadas calles, particularmente en el área central. Incluye modificaciones en el diseño de las calles, supresión de cordones y elementos que obstaculicen el paso de los peatones y la creación de puntos de encuentro.

**Vías preferenciales para el transporte público.** Establece prioridades para los ómnibus mediante mecanismos que les dan preferencia en la circulación y cambios de recorridos de líneas que los desplazan de las calles a las avenidas. Los casos puestos en práctica permitieron disminuir hasta 35% los tiempos de viaje de los pasajeros de colectivos, y reducir los niveles de ruido y contaminación atmosférica en las calles.

**Metrobús.** Constituye la primera aplicación en el país de una variante del sistema BRT (*Bus Rapid Transit*). La expresión *tránsito rápido* designa modos de transporte público que operan con velocidad relativamente alta. Lo hacen merced a circular por vías exclusivas y a reducir los tiempos de detención para ascenso y descenso de pasajeros por andenes a nivel del piso de los vehículos. Los sistemas BRT integran una categoría intermedia entre el ómnibus común, de baja capacidad, y el ferrocarril de superficie o subterráneo, de alta capacidad, y se caracterizan por su bajo costo relativo.

La etapa inicial, de Liniers a Puente Pacífico, llamada el corredor Juan B Justo, incluye carriles exclusivos de dos sentidos y veintiún estaciones; circulan colectivos convencionales y ómnibus articulados provistos de dispositivos GPS que permiten controlar las condiciones de operación e informar al usuario. Los tiempos de viaje entre los extremos se redujeron cerca del 40%. Está en construcción un segundo corredor en la avenida 9 de Julio, para vincular Constitución con Retiro. Y se ha aprobado la construcción de un tercero, denominado

Metrobús Zona Sur, con ramales sobre las avenidas Roca y Cruz que conectarán Constitución con el puente de la Noria.


**Buenos Aires mejor en bici.** Comprende dos acciones complementarias: una red de un centenar de kilómetros de vías protegidas para ciclistas, cuyas sendas están físicamente separadas de las calles vehiculares; y un sistema de transporte público gratuito en bicicletas provistas en veintitrés estaciones, en cuya primera etapa se inscribieron más de cincuenta mil usuarios.

**Conectividad vial.** Obras de remodelación de los puentes sobre el Riachuelo, dirigidas a facilitar la vinculación con el sur del área metropolitana, y construcción de pasajes a desnivel (de los cuales se han habilitado once) para mitigar las interferencias entre la red ferroviaria de superficie y la red vial.

## A modo de conclusión

Las medidas adoptadas por las autoridades urbanas de Buenos Aires reflejan los criterios generales y las buenas prácticas que hemos comentado. Priorizan los modos públicos de transporte con relación al automóvil para los viajes cotidianos, aplican conceptos de jerarquización vial al desplazar líneas de colectivos a las avenidas y proveer espacio exclusivo para ciclistas, promueven formas de transporte de capacidad intermedia, reconocen la importancia de asignar espacio público a los peatones, facilitan el uso de la bicicleta y tienden a disminuir el consumo de energía y los accidentes.

Relativamente modestas en el contexto del sistema de transporte regional, estas acciones constituyen, sin embargo, tras décadas de estancamiento, un punto de inflexión importante: responden a un plan urbano aprobado por ley, que apunta a su continuidad, y a conceptos actualizados; han sido diseñadas y evaluadas con métodos cualitativos y cuantitativos a la altura de los últimos avances en la materia, un aspecto crucial para minimizar el riesgo de arbitrariedades y errores por parte de los funcionarios, y sus resultados fueron aceptables, en concordancia con las previsiones de los estudios de factibilidad.

Cabe esperar que la extensión del esquema a la escala regional permita revertir gradualmente la situación negativa del transporte público masivo y aliviar la sobrecarga del sistema vial. Ello requiere establecer acuerdos entre los distintos actores con jurisdicción en ese territorio y capacidad de tomar decisiones. 

**Área ambiental.** Espacio libre de tránsito pasante, en el que las consideraciones ambientales reciben prioridad por sobre el uso de vehículos.

**Asignación de viajes.** Concepto utilizado en la modelización del transporte para simular la elección de itinerarios cuando para un determinado modo de transporte existen alternativas de recorridos.

**Capacidad ambiental.** Número máximo de vehículos que pueden pasar por una vía en cierto lapso sin que las condiciones ambientales se deterioren más allá de determinados estándares.

**Estándar ambiental.** Conjunto de valores máximos tolerables de diversas alteraciones ambientales, entre otras, ruido, contaminación del aire, demoras peatonales y accidentes.

**Modo de transporte.** Forma de transporte definida por determinadas características tecnológicas, operacionales y regulatorias. Son modos diferentes el automóvil, el ómnibus, el subterráneo, etcétera.

**Motivo de viaje.** Está determinado por la actividad que realiza la persona en el lugar de destino. La clasificación típica comprende, entre otras categorías, trabajo, estudio, compras, recreación, salud. El concepto es muy relevante para analizar la generación de viajes, la distribución de estos entre orígenes y destinos, y la partición entre los distintos modos de transporte.

**Red jerárquica.** Es aquella red de transporte urbano o regional cuyas partes tienen distintas funciones y se distinguen por nombres como vías troncales, distribuidoras principales, colectoras, vías de acceso, calles peatonales, sendas para ciclistas, etcétera.

**Sistema BRT (Bus Rapid Transit).** Nombre que designa a una variedad de sistemas de transporte público por ómnibus que brindan un servicio más rápido y eficiente que las líneas ordinarias de esos vehículos. Una de las ciudades que iniciaron el BRT fue Curitiba, en el sur del Brasil.

**Sistema de transporte.** Conjunto de elementos inherentes al transporte. Comprende la vía, la terminal, la unidad de carga, la unidad propulsora y los dispositivos de control de las operaciones.

**Sistemas inteligentes.** Son aquellos que pueden adaptar su funcionamiento en tiempo real y en forma automática mediante datos que van recogiendo; por ejemplo, ajustan los tiempos de los semáforos a los cambios del tráfico y de la congestión de vehículos.

**Tasa de motorización.** Número de automóviles particulares per cápita o por hogar.

**Telecommuting.** Expresión inglesa que alude a la sustitución de viajes de personas, entre el hogar y el trabajo, por la interacción virtual mediante herramientas telemáticas. Tiene su origen en el término *commuting*, empleado para designar los desplazamientos cotidianos entre lugares de residencia y trabajo.

■ LECTURAS SUGERIDAS ■



**AAVV,** 2008, *Buenos Aires, metrópolis y transporte. Antecedentes, diagnóstico, propuestas*, Fundación Estudios del Transporte, Buenos Aires.

**BUCHANAN C,** 1964, *Traffic in Towns*, Penguin Books, Harmondsworth. Versión en castellano: *El tráfico en las ciudades*, Tecnos, Madrid, 1973.

**GIOMENTI B y PICCIRILLO JM,** 2012, *Implementación del Metrobús en la ciudad de Buenos Aires*, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, disponible en internet en [www.utn.edu.ar/download.aspx?idFile=18413](http://www.utn.edu.ar/download.aspx?idFile=18413).

**HERRERA GALLO G,** 2009, 'El nuevo paradigma de la seguridad del tránsito', *La Ingeniería*, 1100, mayo, Centro Argentino de Ingenieros, Buenos Aires.

**KRANTZER G y BUSSI G,** 2012, 'Plan de movilidad sustentable de la ciudad de Buenos Aires', *Vial*, edición especial 11, Buenos Aires.



**Arturo D Abriani**

Ingeniero civil, UBA.  
Master of science en ingeniería, Universidad de Londres.  
Profesor consulto, Facultad de Ingeniería, UBA.

Márcia Soares Chaves

Nageli Pereira de Almeida

Centro Nacional de Investigación del Trigo,  
Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria

# Las royas del trigo

## La seguridad alimentaria amenazada

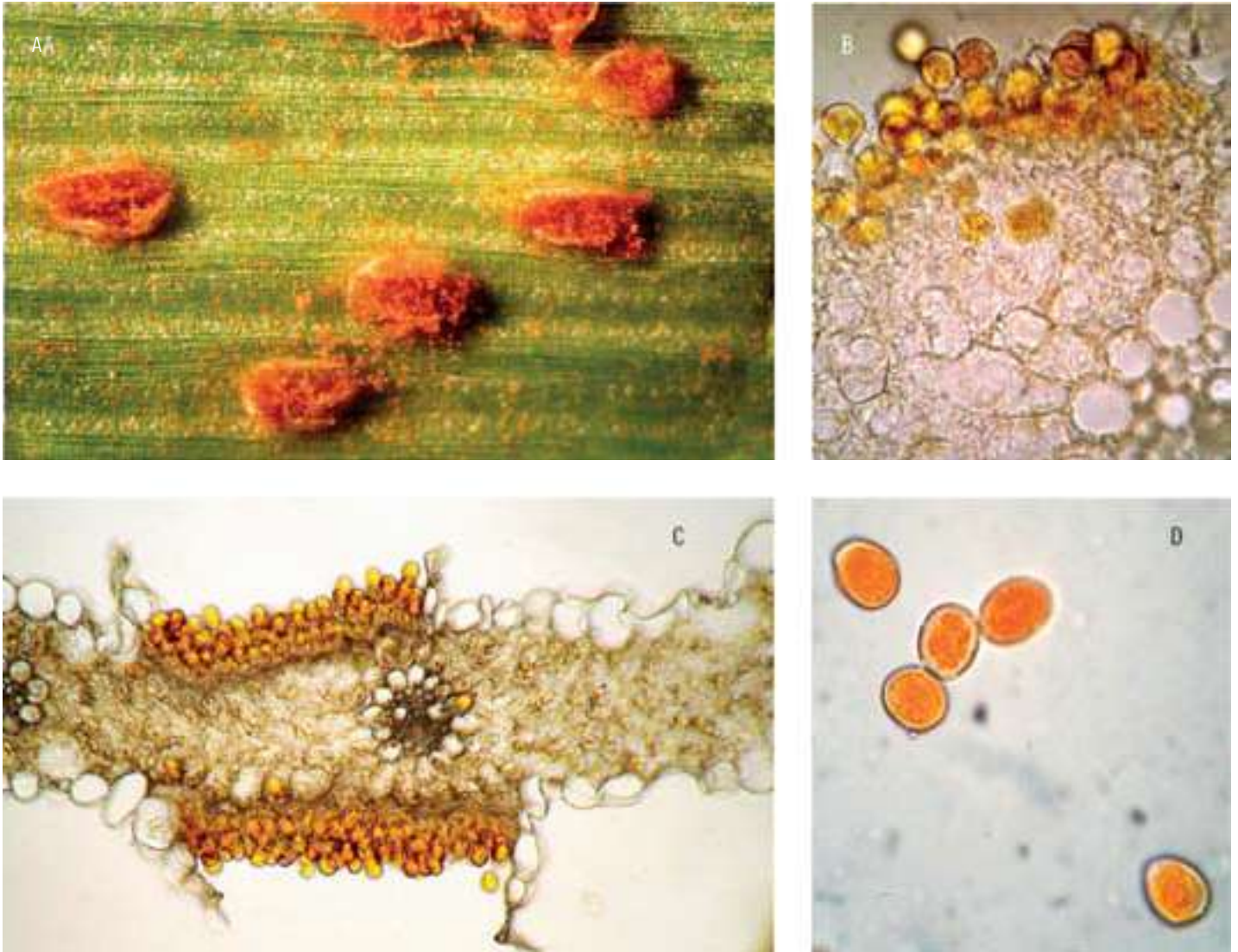
**E**n el siglo XVIII, el economista y estadista británico Thomas Malthus (1766-1834) ya alertaba al mundo respecto de las consecuencias del rápido crecimiento de la población y la necesidad de alimentarla. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la seguridad alimentaria existe 'cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico, social y económico a una alimentación suficiente, segura y nutritiva, que atienda las necesidades de su dieta y sus preferencias alimentarias para una vida activa y saludable'. Algunos datos de esta entidad revelan que la población mundial se duplicó entre 1961 y 2007 y alcanzará los nueve mil millones de personas para el 2050. Ante este escenario, volvió a resonar fuertemente cierto alarmismo malthusiano en todo el mundo: ¿cómo se podrá alimentar a todas esas bocas?

La seguridad alimentaria mundial dependerá del aumento de la producción de los tres principales cultivos de cereales: trigo, arroz y maíz. Sin embargo, el trigo puede ser considerado el más importante para la alimentación de la población mundial. Cultivado desde tiempos prehistóricos, actualmente es la principal fuente de calorías en más de ochenta países, lo que corresponde a cerca del 30% de la población mundial.

Aunque los datos de la FAO indican que la cosecha global de trigo en 2010 fue la tercera mayor registrada, las repentinas interrupciones en la oferta agitan los mercados, lo que vuelve inestable el escenario económico y social. Un ejemplo de esto fue el gran estiaje de 2010 en la región en torno al Mar Negro: en Rusia, Ucrania y Kazajistán. Esta región produce actualmente cerca de 30% del trigo comercializado en el mundo, y abastece la mayor parte de la demanda mundial. En aquel momen-

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

La seguridad alimentaria mundial depende principalmente del aumento de la producción de trigo, arroz y maíz. Ellos constituyen la base de la alimentación humana, y el trigo en particular es la principal fuente de calorías en más de ochenta países. De este modo, es fundamental conocer a fondo los factores que limitan la producción de este cereal, y el principal es la enfermedad conocida como roya, producida por hongos. Esta enfermedad puede reducir drásticamente la productividad del cereal y poner en riesgo la seguridad alimentaria de muchos países.



**Figura 1.** Las lesiones denominadas 'pústulas' (A) son los síntomas más evidentes de la roya del trigo. El hongo coloniza el interior de los tejidos de la planta (B, en fotomicrografía con un aumento de 200 veces), donde inicialmente produce esporas unicelulares anaranjadas, las uredosporas (C, en fotomicrografía con un aumento de 400 veces). Las pústulas se producen con el rompimiento de la epidermis de la planta (de una hoja, en la imagen) y la exposición de las uredosporas (D, en fotomicrografía con un aumento de 100 veces). Fotos MS Chaves/Embrapa

to, Rusia anunció que perdería cerca de un quinto de su cosecha debido a la sequía e impuso restricciones a las exportaciones, que se extendieron hasta julio de 2011. En consecuencia, surgieron señales de inquietud en regiones que importan el trigo ruso, tales como Mozambique, donde en septiembre de 2010, confrontaciones provocadas en parte por un aumento brusco en el precio del pan (30%) terminaron con trece muertos y centenares de heridos.

Tanto las alteraciones en los patrones climáticos, el estiaje en la región del Mar Negro, como la aparición de enfermedades y plagas en niveles epidémicos en los cultivos de trigo, arroz y maíz representan factores de riesgo para la estabilidad de la producción mundial de alimentos.

## Los hongos patógenos

La roya de los cereales es producida por hongos basidiomicetos de la familia *Pucciniaceae* (orden *Uredinales*), que incluye 17 géneros y cerca de 4100 especies, cuya mayor parte pertenece al género *Puccinia*. Estos organismos son parásitos obligatorios, es decir, se desarrollan solo en plantas vivas. Los síntomas de la enfermedad son lesiones elípticas, denominadas 'pústulas', que resultan del desarrollo de los hongos dentro de los tejidos de la planta. El invasor, después de infectar la planta, comienza a producir esporas unicelulares de color naranja (llamados *uredosporas*) que, al romper la epidermis del vegetal, forman las lesiones típicas de la enfermedad (figura 1). Estas esporas son muy livianas y el viento las dispersa

fácilmente a largas distancias, con la consecuente diseminación de la enfermedad.

Al final del ciclo de cultivo, cuando la planta alcanza su madurez, el hongo comienza a producir otro tipo de espora en lugar de los uredosporos. Estas nuevas esporas (denominadas *teliosporas*) son bicelulares y presentan una coloración marrón oscura, debido a sus gruesas paredes celulares. Esta característica da una tonalidad oscura a las lesiones, que en ese caso reciben la denominación de *telias* (figura 2).

Las especies de hongos responsables de la roya presentan diferentes formas fisiológicas, llamadas *cepas*. Lo que define una cepa es su capacidad de infectar de modo diferenciado las distintas variedades del cereal; esto significa que una cepa del hongo puede causar la enfermedad en una variedad A de un cereal, pero no en las variedades B o C, mientras que otra cepa puede infectar la variedad B (pero ninguna de las otras). Las variedades del trigo utilizadas en las plantaciones son, en general, resistentes a las distintas cepas del hongo que predominan en el momento de lanzarse al mercado por los programas de mejoramiento genético; sin embargo, como estos organismos presentan una gran capacidad de mutación, una cepa puede sufrir una alteración genética que la vuelva capaz de infectar una variedad anteriormente inmune.

Existen tres tipos de roya del trigo, producidas por especies diferentes de hongos del género *Puccinia*: i) la parda de las hojas, causada por *P. triticina*; ii) la negra del tallo (tallo de las gramíneas), causada por *P. graminis* f. sp. *tritici*; e iii) y la amarilla de los cereales o linear, causada por *P. striiformis* f. sp. *tritici* (figura 3). La abreviatura f. sp. significa *formae specialis* (forma específica), e indica qué especie (en este caso, del trigo) se infecta con el citado organismo.

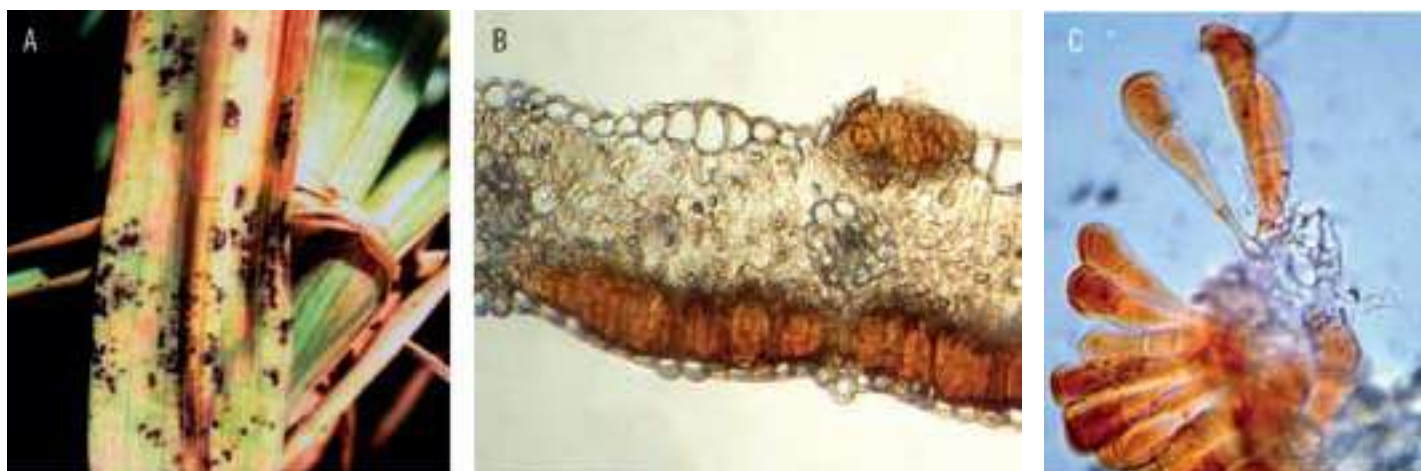
Aunque la roya de las hojas y la linear infectan preferentemente las hojas, y la roya del tallo se presenta

en general en esa parte de la planta, los tres tipos de la enfermedad pueden afectar cualquier órgano verde del trigo (figura 4), si las condiciones ambientales fueran propicias para el desarrollo de la enfermedad y si la variedad cultivada del cereal fuera muy susceptible. En Brasil, actualmente, solo la roya de la hoja se presenta a niveles epidémicos en el cultivo del trigo.

## Amenaza aún presente

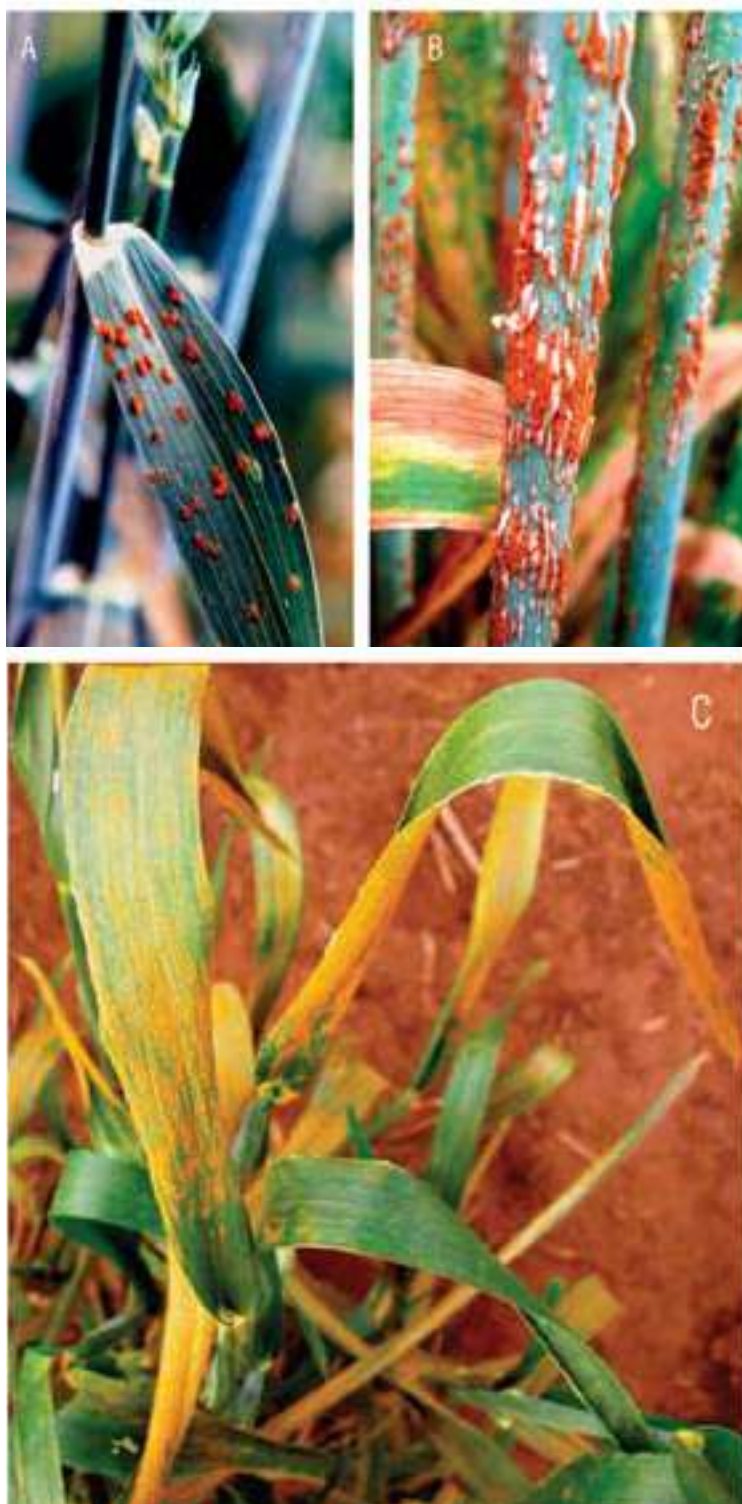
Desde la antigüedad, la roya de los cereales ha tenido gran influencia en las civilizaciones humanas. Durante siglos, han amenazado a la humanidad, produciendo serios perjuicios en el rendimiento de los cultivos, así como también impactos económicos y sociales y, a veces, hambre. En siglos anteriores al inicio de la era cristiana, los daños provocados por la roya de los cereales fueron registrados por las civilizaciones griega y egipcia. Debido a su facilidad de dispersión y de adaptación a las variedades de los huéspedes, la roya sigue siendo una de las mayores preocupaciones para los programas de mejoramiento genético de cereales de importancia económica.

La roya del trigo es el principal limitante de la producción de este cereal porque puede reducir de manera significativa la productividad del cultivo, o incluso impedir su cosecha. Aunque esta enfermedad sea conocida desde la antigüedad, el cálculo de las pérdidas que provoca recién atrajo la atención en el siglo XX, en razón del mejor entendimiento de la biología del hongo y de la necesidad creciente de evaluar la viabilidad económica de las inversiones en programas de control. Desde entonces, los daños en la producción y el impacto econó-



**Figura 2.** El hongo de la roya produce lesiones negras denominadas *telias* (A) en plantas huéspedes maduras. En el interior de los tejidos (B, en fotomicrografía con un aumento de 100 veces), el hongo produce las *teliosporas* (C, en fotomicrografía con un aumento de 400 veces), esporas bicelulares, parduzcas y de paredes gruesas. Foto MS Chaves/Embrapa

mico de la roya del trigo se calcula en millones, tanto en toneladas como en dólares. Por lo tanto, las epidemias de roya del trigo pueden afectar las cuatro dimensiones involucradas en la seguridad alimentaria: disponibilidad, estabilidad, acceso y utilización.



**Figura 3.** Los agentes que producen los tres tipos de roya son diferentes especies de hongos: *Puccinia triticina* (A) produce la roya de la hoja del trigo; *P. graminis f. sp. tritici* (B) es responsable de la roya del tallo del trigo, y *P. striiformis f. sp. tritici* (C) produce la roya de los cereales o linear. Fotos (A) NP de Almeida/Upf (B y C) S Germán/INIA, Uruguay.

## Nueva fase del antiguo enemigo

El centeno, otro cereal utilizado para la alimentación, fue una especie muy usada en el mejoramiento genético del trigo. Mediante cruzamientos de estas dos especies, varios genes resistentes a los tres tipos de roya del trigo se transfirieron del centeno al trigo. Uno de los genes más explorados con esta finalidad, denominado Sr31, se obtuvo de la variedad de centeno Petkus, y otorga resistencia a todas las cepas de *Puccinia graminis f. sp. tritici*, el hongo que produce la roya del tallo del trigo.

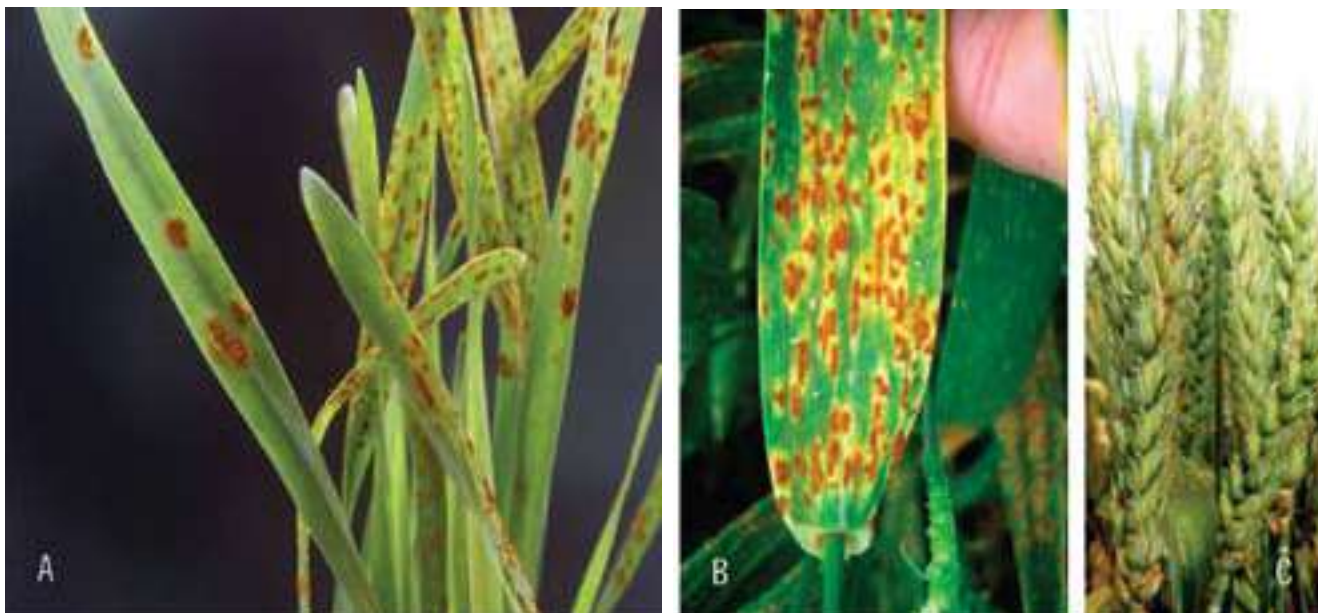
Por más de treinta años, el uso del gen Sr31 no produjo mayores problemas, y su empleo se diseminó tanto que está presente aún hoy en, probablemente, cerca del 80% del área sembrada con trigo de primavera (plantado en esa estación del año) en países en vías de desarrollo. No obstante, la roya mostró nuevamente su capacidad de adaptación, lo que nos recuerda que la coexistencia milenaria con el huésped no podría suprimirse.

En 1999, se detectó en Uganda una nueva cepa del hongo *Puccinia* que adquirió la capacidad de infectar variedades de trigo con el gen Sr31 y otros genes de resistencia importantes. Esta cepa se conoció como Ug99 (en referencia al país africano y al año de su identificación), y la repercusión mundial de este hecho no se hizo esperar. La historia muestra que, en la irrupción de royas de este tipo, la magnitud del problema está relacionada con la frecuencia de uso del gen 'derrotado' en las plantaciones locales y con las condiciones climáticas favorables al aumento de la enfermedad.

Desde que se la detectó por primera vez en Uganda, la cepa Ug99 ya se constató en más de siete países: Sudáfrica, Etiopía, Yemen, Kenia, República Islámica de Irán, Sudán y Zimbabue. No obstante, otros 26 países se encuentran en áreas de riesgo, entre ellos algunos de los 10 mayores productores mundiales, como Paquistán, Australia e India. Además de que originalmente afecta variedades de trigo con diversos genes de resistencia (presentes en campos de todo el mundo), la nueva cepa, en su camino migratorio, se volvió más destructiva, superando las defensas que presentan otros genes de resistencia importantes (también ampliamente usados), lo que aumenta la vulnerabilidad global del cultivo. Las diversas variantes detectadas hasta ahora se denominan 'cepas del linaje Ug99'.

La detección de Ug99 en Sudáfrica, en 2007, marcó la primera vez que se constató la presencia de esta nueva cepa en el hemisferio sur, lo que aumenta aun más el estado de alerta sobre el riesgo de la diseminación mundial. Sin embargo, hasta ahora Kenia fue el único país que sufrió pérdidas significativas: también en 2007, cuatro quintos de todas las áreas de cultivo de este país africano resultaron afectados, lo que terminó en la pérdida de un cuarto de la cosecha (figura 5).

Debido a las circunstancias del surgimiento y a los efectos dañinos de la cepa Ug99, algunos la consideran



**Figura 4.** La roya del tallo del trigo puede afectar otras partes de la planta, como hojas jóvenes (A), hojas adultas (B) y espigas (C). Los otros tipos de roya también pueden afectar diferentes partes de la planta. Fotos (A) NP de Almeida/Upf (B y C) S Germán/INIA, Uruguay.

como la ‘polio’ de la agricultura, una referencia a la poliomielitis, enfermedad humana devastadora y casi olvidada. También es inevitable la comparación con otros episodios históricos de gran impacto, tales como la ‘hambruna de la papa’, en la década de 1840, en Irlanda, y la ‘hambruna del arroz’, en Bengala y en la India, en la misma década. De este modo, la migración de esta cepa del hongo de la roya a otras regiones del planeta se reconoce como una amenaza real a la seguridad alimentaria mundial.

## La ciencia contra el hambre

La genética sigue siendo considerada la principal herramienta para aumentar la productividad de los cultivos agrícolas. Esto se consigue mediante nuevas variedades desarrolladas con el uso de técnicas clásicas de mejoramiento (selección de plantas y cruzamientos controlados) o de técnicas más recientes, como la ingeniería genética (manipulación artificial de genes).

La aparición de la cepa Ug99 en el este africano ha movilizando a la comunidad científica mundial desde 2005. En aquel año, el agrónomo norteamericano Norman Borlaug (1914-2009), considerado el ‘padre’ de la llamada Revolución Verde y ganador del premio Nobel de la paz (en 1970) por su actuación en la lucha contra el hambre en el mundo, lideró el lanzamiento de una acción global para detener el avance de esta cepa y de la roya en general: la Global Rust Initiative ([www.globalrust.org](http://www.globalrust.org)), más tarde denominada Borlaug Global Rust Initiative (BGRI).

Entre las principales estrategias de BGRI están el monitoreo de la diseminación de la cepa Ug99, el examen masivo de variedades de trigo ya cultivadas y de linajes aún no lanzados comercialmente (para evaluar la susceptibilidad y la resistencia) en Kenia y en Etiopía, y programas de cruzamientos de variedades para alcanzar niveles satisfactorios de resistencia. Esta iniciativa también implantó un sistema global de monitoreo de esta cepa del hongo, y toda la información disponible puede obtenerse en los tres idiomas oficiales de las Naciones Unidas (inglés, árabe y ruso), en el portal Rust Spore ([www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/en/](http://www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/en/)). También ya se han identificado variedades de trigo que combinan resistencia y alto potencial productivo.

En Brasil, se están realizando investigaciones sobre la resistencia genética y la epidemiología de la roya del trigo en el Centro Nacional de Investigación del Trigo (Embrapa Trigo), unidad de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria ubicada en Passo Fundo (Río Grande del Sur). Se han desarrollado varios proyectos nacionales e internacionales, en cooperación con importantes centros de investigación en todo el mundo. Desde 2005, Embrapa Trigo participa de las acciones de BGRI, con actividades que incluyen el monitoreo de la aparición de la roya del tallo en Brasil y el envío de variedades de trigo para pruebas en África.

La cepa Ug99 aún no se detectó en América, pero las pruebas que se hicieron en 2006 y 2007 en Kenia, donde su frecuencia de aparición es muy alta, mostraron que gran parte de los cultivos brasileños de trigo son susceptibles a esta mutación del hongo. Esto representa un serio riesgo para el cultivo brasileño de trigo: si la



**Figura 5.** Variedad de trigo altamente susceptible a la roya del tallo en parcela experimental de Kenia. En algunos países de África, los cultivos del cereal se ven afectados por una nueva cepa denominada Ug99 y que ya presenta variantes del hongo causante de la enfermedad. Fotos S Germán/INIA, Uruguay.

nueva cepa llegara a ese país, los efectos en la producción podrían ser catastróficos.

Aunque la roya del trigo siga siendo un desafío para los investigadores y productores de todo el mundo, el escenario actual revela que es incesante la investigación para obtener variedades resistentes y para poner en disponibilidad estrategias que permitan un manejo adecuado de la enfermedad. El desarrollo y la aplicación de estas estrategias requieren un trabajo multidisciplinario y de colaboración para convertir la información específica de varias áreas del conocimiento en respuestas valiosas para sustentar la producción de granos para los nueve mil millones de personas que habitarán el planeta en los próximos cincuenta años. **CH**

## LOS CEREALES Y SUS ENFERMEDADES

Las autoras llevan a cabo estudios sobre las interacciones de cereales de invierno y hongos, que producen la roya, con énfasis en la resistencia genética y la epidemiología de las royas del trigo.

Traducido y adaptado de *Ciência Hoje*, vol. 49, N° 290, marzo de 2012, pp. 36-41.

## LECTURAS SUGERIDAS

**CHAVES MS y BARCELLOS AL**, 2006, 'Especialização fisiológica de *Puccinia triticina* no Brasil em 2002', *Fitopatologia Brasileira*, vol. 31, p. 57.

**CHAVES MS et al.**, 2008, 'The cereal rusts: an overview', *Pest Technology*, vol. 2, p. 38.

**CUNHA GR**, 2009, *Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura brasileira*, Embrapa Trigo, Passo Fundo.

En internet

Borlaug Global Rust Initiative ([www.globalrust.org](http://www.globalrust.org))

Metas de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas ([www.pnud.org.br/odm/](http://www.pnud.org.br/odm/)).

Rust Spore ([www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/en/](http://www.fao.org/agriculture/crops/rust/stem/en/))



**Nageli Pereira de Almeida**

Bióloga, Universidad Federal de Río Grande del Sur.



**Márcia Soares Chaves**

Doctora en fitopatología, Universidad Federal de Río Grande del Sur.

Investigadora en el Centro Nacional de investigaciones del Trigo y en la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria. [marcia.chaves@embrapa.br](mailto:marcia.chaves@embrapa.br)



Romina Hermann

Débora E Vélez

María Gabriela Marina Prendes

Alicia Varela

Facultad de Farmacia y Bioquímica, Instituto de Química y  
Metabolismo del Fármaco (UBA-Conicet)

# El infarto agudo de miocardio

## El camino hacia nuevas terapias para su tratamiento

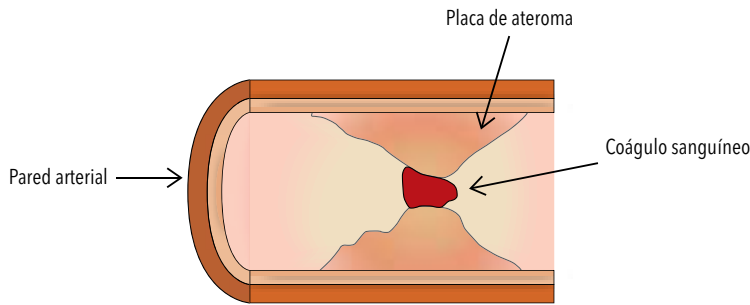
**L**a isquemia cardíaca es la falta, o bien la disminución, del flujo sanguíneo coronario que produce un desequilibrio entre el aporte y la demanda de sangre oxigenada por el corazón. Este desequilibrio compromete tanto la entrega de oxígeno y nutrientes a las células como la remoción de sus desechos metabólicos, cuya acumulación resulta potencialmente tóxica. Si la intensidad y duración de la isquemia son suficientes para producir la muerte de las células cardíacas afectadas, ocurre el infarto agudo de miocardio (IAM). En cuestión de segundos

cesa la actividad contráctil y se alteran las propiedades eléctricas en la zona afectada.

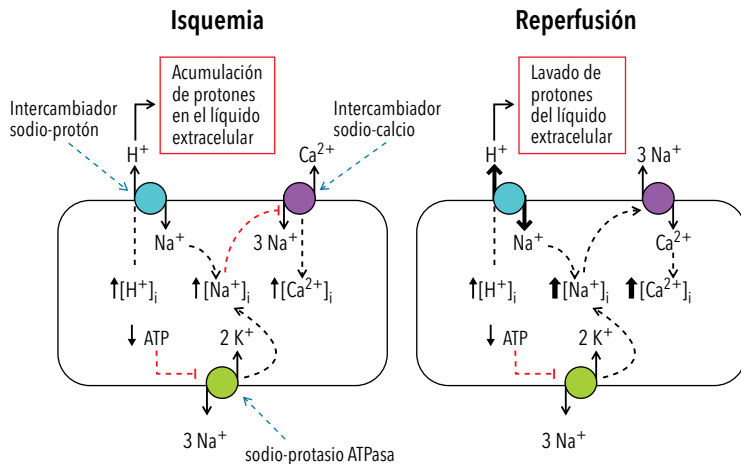
Las células que mueren por necrosis sufren cambios morfológicos que incluyen aumento de su volumen debido a la acumulación de metabolitos celulares durante la isquemia, que promueven la entrada de agua a la célula. También ocurre la ruptura de la membrana plasmática que rodea a la célula y la consecuente liberación del contenido celular que resulta, una vez restaurada la irrigación coronaria, en un proceso inflamatorio que también daña a las células vecinas. Entre las sustancias liberadas,

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

El infarto agudo de miocardio constituye una urgencia médica que requiere atención inmediata. Paradójicamente, algunas de las terapias más exitosas para su tratamiento pueden generar una nueva lesión, similar a la original. ¿Cuáles son los mecanismos responsables de estas complicaciones? ¿Cómo se puede avanzar en el diseño de nuevas terapias?



**Figura 1.** Representación esquemática en corte transversal del bloqueo de una arteria coronaria provocado por un trombo sanguíneo.



**Figura 2.** Mecanismos que alteran la homeostasis iónica durante la isquemia y la reperfusión. El exceso de protones ( $H^+$ ) generados durante la isquemia es exportado hacia el medio extracelular en intercambio con sodio ( $Na^+$ ). Este proceso junto con la disminución de la actividad de la bomba sodio-potasio ( $K^+$  ATPasa) producen un aumento del sodio intracelular, que a su vez genera una sobrecarga celular de calcio ( $Ca^{2+}$ ) vía el intercambiador sodio-calcio. Durante la reperfusión, la remoción de los protones del medio extracelular y la persistente acidosis intracelular producen hiperactivación del intercambiador sodio-protón, que acompañada por el agotamiento de ATP exagera la sobrecarga celular de calcio.

la enzima creatina kinasa-isoenzima muscular cardíaca (CK-MB) y las proteínas troponina-T y troponina-I son usadas en la clínica como marcadores biológicos del daño sufrido por el músculo cardíaco (miocardio). El tejido necrótico es luego reemplazado paulatinamente por una matriz de colágeno que constituye el tejido cicatricial carente de propiedades contráctiles, es decir, de tejido no funcionante.

Según el Informe sobre la salud en el mundo 2008 de la Organización Mundial de la Salud, el proceso de urbanización, el envejecimiento y los nuevos modos de vida en todo el mundo están haciendo que las enfermedades cardiovasculares sean una causa cada vez más importante de morbilidad y mortalidad. Al respecto, las causas más comunes del IAM son la formación de un trombo sanguíneo, generalmente ocasionada por rotura o erosión de una placa de ateroma (depósito e infiltración de lípidos, células inflamatorias, macrófagos en las paredes

de las arterias), lo cual produce la obstrucción del vaso coronario e isquemia de la zona del miocardio irrigada por la arteria afectada (figura 1).

El grado de extensión de la necrosis depende de la extensión del área en riesgo, que es la región irrigada por la arteria afectada, de la existencia de circulación colateral que permita cierto flujo de sangre en dicha región y de la duración de la isquemia. De ello se desprende la importancia de disminuir el tiempo que se tarda desde el comienzo de los síntomas hasta la restauración de la irrigación sanguínea del área de riesgo (reperfusion) para conseguir que la extensión de la necrosis celular, y por lo tanto el tamaño del infarto, se reduzca al mínimo.

La reperfusión, sea mediante la administración de medicamentos para disolver el trombo intravascular o mediante otros procedimientos como la angioplastia coronaria transluminal percutánea, es la intervención imprescindible para salvar al tejido isquémico de la muerte celular segura. La angioplastia consiste en la introducción de un balón en el extremo distal de un catéter frente a la oclusión, que se infla hasta mejorar el flujo sanguíneo. Esta intervención finaliza con la implantación de un dispositivo tubular (stent) que evita el colapso vascular luego de la dilatación del vaso.

Sin embargo, numerosas investigaciones han demostrado que, paradójicamente, puede ocurrir una nueva lesión por la reperfusión que contrarresta sus efectos beneficiosos y que suele ocurrir durante los minutos siguientes a la intervención. Por ello la reperfusión es considerada 'un arma de doble filo'. Las causas de este fenómeno, conocido como daño o lesión por reperfusión, están siendo intensamente investigadas con la finalidad de mejorar la eficacia de las intervenciones empleadas para restablecer el riesgo sanguíneo mediante tratamientos cardioprotectores coadyuvantes. En los últimos años se ha producido un gran avance en la identificación de los factores que desempeñan un papel fundamental en la lesión por reperfusión, lo cual ha permitido nuevas dianas terapéuticas potencialmente útiles para prevenirla y limitar así el tamaño del infarto.

Uno de los mecanismos que actualmente está recibiendo gran atención es la pérdida de la estructura y función de las mitocondrias durante el proceso de isquemia y reperfusión. Estas organelas constituyen las centrales energéticas de la célula. Poseen dos membranas, una externa y otra interna, que delimitan tres compartimientos: el citosol, el espacio intermembrana y la matriz mitocondrial. La membrana interna posee una permeabilidad altamente selectiva y forma numerosos pliegues o crestas donde se asientan proteínas de transporte y enzimas que conforman la vía de la fosforilación oxidativa, responsable de la síntesis del trifosfato de adenosina (ATP) en presencia de oxígeno. El ATP es un compuesto fundamental ya que almacena gran cantidad de energía para las funciones biológicas vitales, que se libera cuando parte

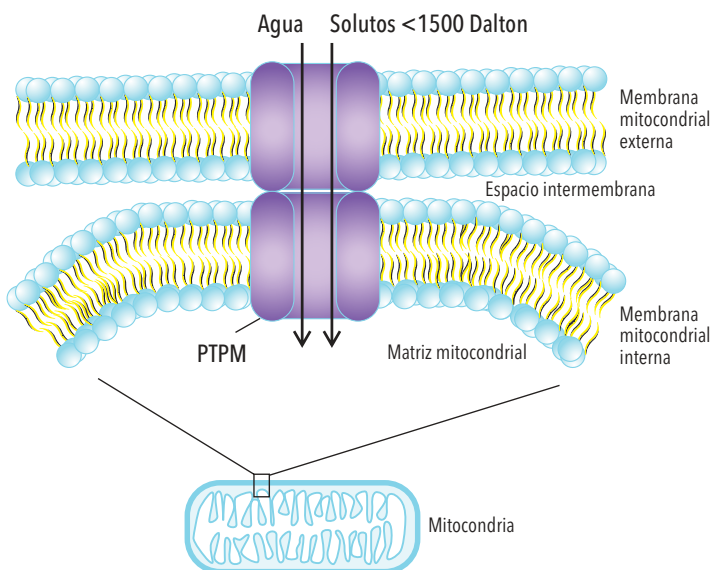
de los enlaces fosfato de la molécula se separan. Más del 95% del ATP, imprescindible para mantener la viabilidad celular y la adecuada funcionalidad cardíaca, se produce en las mitocondrias en presencia de oxígeno.

Bajo situaciones de isquemia seguida de reperfusión se produce un grave deterioro en la producción de energía. Durante la isquemia la disminución o falta de oxígeno que ocurre en la zona afectada del corazón ocasiona un rápido agotamiento de sus reservas energéticas, representadas principalmente por el ATP. De manera conjunta y gradual, durante la isquemia aumenta la acidez del contenido celular (la concentración de protones o iones hidrógeno), por lo que se produce el fenómeno de acidosis celular. La recuperación del balance normal de la concentración de protones resulta en una paulatina activación del intercambiador sodio-protón, proteína transportadora presente en la membrana que rodea la célula muscular cardíaca o miocito, que exporta protones aprovechando la energía que libera la entrada de sodio a la célula a favor de su gradiente electroquímico. Dicho gradiente depende de la actividad de una bomba presente en las membranas celulares, la bomba sodio-potasio ATPasa, que elimina sodio de la célula e introduce potasio, y consume para ello la energía proveniente del ATP. El exceso de protones generados durante el período de isquemia junto con la disminución de la actividad de la bomba sodio-potasio ATPasa producen un aumento del sodio intracelular. A su vez, este hecho afecta también el intercambiador sodio-calcio, cuya función es mantener baja la concentración de calcio intracelular al exportarlo aprovechando la energía que libera la entrada de sodio a favor de su gradiente electroquímico, contribuyendo de esta manera al aumento de calcio intracelular durante este período (figura 2).

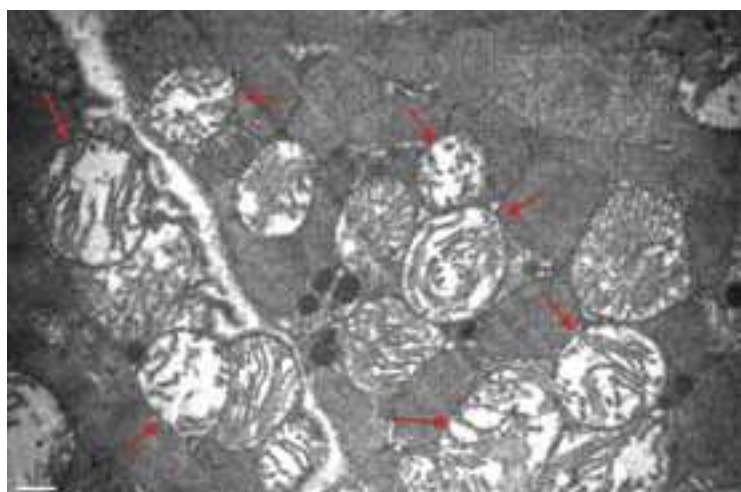
Así, durante los primeros minutos de la reperfusión, y principalmente como consecuencia de la puesta en marcha de mecanismos dirigidos a corregir la acidosis intracelular, puede precipitarse un empeoramiento abrupto de la sobrecarga de sodio y calcio por hiperactivación de los intercambiadores sodio-protón y sodio-calcio, funcionando este último de manera revertida favoreciendo el ingreso de calcio a la célula. Al proceso de agotamiento de ATP y los desbalances de sodio y calcio ya descritos (figura 2) se agrega la producción de radicales libres del oxígeno, moléculas muy pequeñas altamente reactivas, que aumentan marcadamente con el reingreso del oxígeno a la célula cardíaca y debido a su liberación por parte de células sanguíneas fagocíticas que intervienen en la respuesta inflamatoria aguda en los focos de necrosis tisular. La combinación de estos eventos durante los primeros minutos de la reperfusión puede desencadenar un aumento acentuado de la permeabilidad de la membrana mitocondrial interna de tal manera que esta pierde su selectividad permitiendo el paso indiscriminado de moléculas de elevado peso molecular con la consiguiente entrada de agua a la mitocondria (figura 3). Esto

genera un importante edema mitocondrial que puede a su vez producir la ruptura de la membrana mitocondrial externa (figura 4).

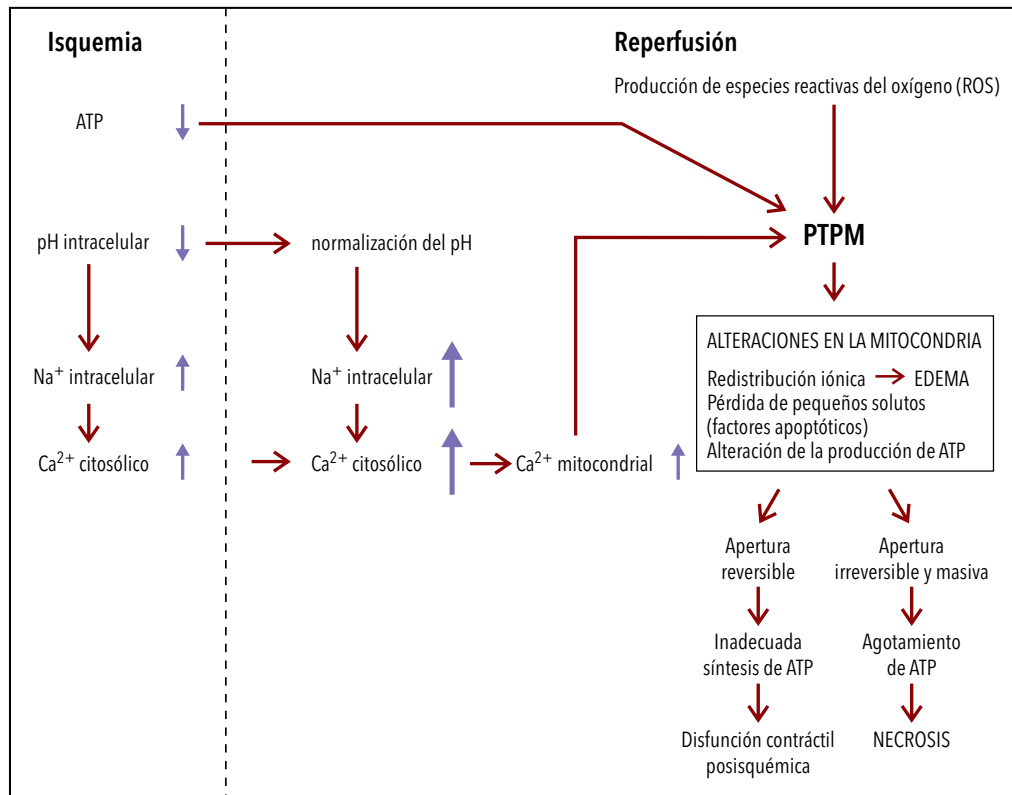
Esta alteración en la permeabilidad selectiva de la membrana mitocondrial interna parece deberse a la apertura de un poro inespecífico de alta conductancia, conocido como *poro de transición de la permeabilidad mitocondrial* (PTPM), que convierte a la mitocondria de productora en consumidora de ATP. Este brusco cambio, que produce un grave deterioro en la producción de energía, resulta



**Figura 3.** El poro de transición de la permeabilidad mitocondrial. La apertura del poro de transición de permeabilidad mitocondrial (PTPM) –poro inespecífico de alta conductancia– produce un aumento de la permeabilidad de la membrana mitocondrial interna, permitiendo el paso de moléculas de hasta 1500 Dalton de peso molecular con la consiguiente entrada de agua. Por otra parte, convierte a la mitocondria de productora en consumidora de ATP y permite la liberación de factores apoptóticos.



**Figura 4.** Microscopía electrónica de una biopsia de miocardio de rata tomada a los 75 minutos de la reperfusión luego de un período de 75 minutos de isquemia. Se observan mitocondrias marcadamente hinchadas, edematizadas, con desorganización y separación de las crestas y aclaramiento de la matriz mitocondrial (flechas rojas).



**Figura 5.** Eventos que durante la isquemia y la reperfusión llevan a la apertura del PTPM. Si bien la apertura del PTPM ocurre durante los primeros minutos de la reperfusión, durante el período isquémico comienza a prepararse el escenario para que ello ocurra.

incompatible con la supervivencia de la célula cardíaca y promueve la muerte celular aguda por necrosis. Cabe destacar que si bien este fenómeno ocurre durante los primeros minutos de la reperfusión, el escenario para ponerlo en marcha comienza a prepararse durante el período isquémico.

Por otra parte, a partir de su material genético cada célula posee un programa de muerte llamado *apoptosis*, que al ser desencadenado de manera espontánea o inducida conduce a la desaparición de la célula. La apoptosis ocurre fisiológicamente durante la embriogénesis, el desarrollo y mantenimiento normal de órganos y tejidos, la regulación del sistema inmunitario y durante el envejecimiento. La apertura del PTPM podría desencadenar este tipo de muerte celular programada a más largo plazo, ya que permite la liberación de factores que desencadenan la apoptosis. Con independencia del mecanismo exacto responsable de este proceso de transición de la permeabilidad mitocondrial, este evento puede marcar el punto de no retorno en el proceso de muerte celular (figura 5).

Se ha demostrado en animales de experimentación que la prevención de la apertura del PTPM protege al corazón del daño por isquemia-reperfusión, por lo que este poro se ha convertido en una importante diana para el desarrollo de estrategias farmacológicas cardioprotectoras, como la administración del agente inmunosupresor ciclosporina A (Cs A), droga que inhibe directamente la apertura del poro, o intervenciones que aminoren las causas que conducen a su apertura. En un ensayo clínico piloto llevado a cabo en Francia, y cuyos resultados se publicaron

en 2008, la Cs A ha demostrado efectos beneficiosos en pacientes sometidos a revascularización mediante angioplastia. Sin embargo, la Cs A posee efectos colaterales, por lo que no representa el tratamiento coadyuvante ideal a ser usado en la reperfusión del miocardio.

En 1986, en el Duke University Medical Center de Carolina del Norte, Estados Unidos, descubrieron que cortos períodos de oclusión coronaria antes de una oclusión sostenida reducían el infarto de miocardio en un 70%. Este fenómeno, que se conoce como *preacondicionamiento isquémico*, desencadena mecanismos endógenos de cardioprotección contra el daño por isquemia-reperfusión, que son los más potentes descubiertos hasta el presente. Los mecanismos moleculares responsables del efecto cardioprotector del *preacondicionamiento isquémico* no han sido aún totalmente dilucidados, pero numerosas evidencias experimentales señalan al PTPM como efector final fundamental para la preservación de la funcionalidad mitocondrial y de la viabilidad celular. Se han descrito dos fases de protección: una fase inicial clásica o primera ventana de protección que actúa de una a dos horas luego de aplicados los cortos períodos de isquemia no letal (estímulo *preacondicionante*) previos a la isquemia sostenida y una fase tardía conocida como la segunda ventana de protección que se manifiesta veinticuatro horas después de dicho estímulo. La necesidad de aplicar el estímulo *preacondicionante* antes de la isquemia del miocardio, que en el caso del IAM es difícil de predecir, es un obstáculo para su empleo en el ámbito clínico. En 2003, investigadores de Atlanta, Estados Unidos,

lograron una notable reducción del tamaño del infarto aplicando en animales de experimentación esa estrategia cardioprotectora en el inicio de la reperfusión. A este fenómeno se lo denominó *posacondicionamiento isquémico*. Numerosos estudios experimentales señalan al PTPM como efector final de los mecanismos moleculares endógenos disparados por el posacondicionamiento isquémico. Estudios experimentales de laboratorio demostraron que las mitocondrias aisladas del área de riesgo de corazones pre y posaconicionados sometidos a isquemia-reperfusión muestran una morfología altamente preservada, mayor resistencia a la apertura del PTPM frente a una sobrecarga de calcio y, por supuesto, una marcada reducción del tamaño del tejido infartado.

Dos años después de las investigaciones realizadas en Atlanta, el posacondicionamiento isquémico fue aplicado por primera vez y con éxito en un ensayo clínico llevado a cabo en Francia, en pacientes con IAM sometidos a angioplastia coronaria. Se empleó un protocolo en el cual el balón de angioplastia fue inflado y desinflado cuatro veces durante un minuto, dentro del primer minuto de la reperfusión coronaria. La reducción del tamaño del infarto, evaluado mediante la determinación de los niveles séricos de CK-MB durante las 72 horas posteriores a la intervención, en un 36% con respecto a pacientes no sometidos a posacondicionamiento aporta un fuerte sustento a la existencia de la lesión por reperfusión. Sin embargo, ensayos posteriores arrojaron resultados discordantes, por lo que es aún necesario profundizar en el conocimiento del papel que juegan en estas intervenciones factores como la edad, el género o la existencia de enfermedades como la diabetes, la hipertensión arterial, la hiperlipidemia, el síndrome metabólico, la hipertrofia ventricular, etcétera. También es necesaria la realización de ensayos clínicos multicéntricos y a gran escala para confirmar en el ámbito clínico los efectos beneficiosos de esta estrategia que ha arrojado resultados positivos en el laboratorio.

Finalmente, la posibilidad de salvar el miocardio mediante tratamientos farmacológicos coadyuvantes aplicados durante la reperfusión coronaria representa una nueva oportunidad terapéutica para los pacientes con IAM. No obstante, resta aún un largo camino por recorrer. A pesar de las numerosas evidencias del papel desempeñado por el PTPM en el daño por isquemia-reperfusión y en los efectos beneficiosos del pre y del posacondicionamiento isquémicos, falta todavía establecer una relación causal fehaciente entre la inhibición de la apertura del poro y los efectos cardioprotectores de estas intervenciones. Un obstáculo importante que se interpone para el logro de este objetivo es la incertidumbre acerca de la exacta estructura molecular del PTPM y de los efectos colaterales de las herramientas farmacológicas con que se cuenta para inhibir su apertura, que no impiden descartar otras dianas moleculares en sus mecanismos de ac-

ción. Además, la dilucidación de su estructura y su papel en situaciones de isquemia trasciende el IAM, ya que el PTPM parece también desempeñar un papel clave en los daños causados en el accidente cerebro-vascular.

En resumen, el IAM constituye una urgencia médica por definición y se debe buscar atención profesional inmediata. Las demoras son un error grave que se cobra miles de vidas cada año. El pronóstico vital de un paciente con IAM depende de la extensión de la lesión y del tiempo transcurrido hasta la atención médica. Sin embargo, la reperfusión del miocardio puede llevar aparejada una nueva lesión que amortigua sus efectos beneficiosos originales. Por ello, el diseño de estrategias cardioprotectoras novedosas que sean efectivas aun en presencia de otras enfermedades representa un importante requerimiento para mejorar los resultados clínicos y un desafío para la ciencia en el área biomédica. **GH**

## LECTURAS SUGERIDAS

**CINGOLANI HE, PÉREZ NG y CAMILIÓN DE HURTADO MC,** 2000, '¿De qué es culpable el intercambiador Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> en cardiología?', *Medicina*, vol. 60, pp. 709-721.

**MOSCA SM,** 2011, 'Pre y posacondicionamiento isquémicos: papel del poro de permeabilidad transitoria de la mitocondria', *Revista de la Federación Argentina de Cardiología*, vol. 40 (2), pp. 115-120.



### Romina Hermann

Bioquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica (FFYB), UBA.  
Ayudante de primera, FFYB, UBA.  
Becaria de doctorado, UBA.  
[rhermann@ffyb.uba.ar](mailto:rhermann@ffyb.uba.ar)



### Débora Elisabet Vélez

Bioquímica, FFYB, UBA.  
Ayudante de segunda, FFYB, UBA.  
Becaria estímulo, UBA.  
[velez.debora@hotmail.com](mailto:velez.debora@hotmail.com)



### María Gabriela Marina Prendes

Doctora en bioquímica, UBA.  
Jefe de trabajos prácticos, FFYB, UBA.  
[gmarina@ffyb.uba.ar](mailto:gmarina@ffyb.uba.ar)



### Alicia Varela

Doctora en bioquímica, UBA.  
Profesora adjunta, FFYB, UBA.  
[avarela@ffyb.uba.ar](mailto:avarela@ffyb.uba.ar)

## El 98 por ciento de los doctores formados por el CONICET tiene empleo

Según un informe dado a conocer por este organismo científico acerca de la inserción de doctores, sólo un 1 por ciento de estos ex becarios no tiene trabajo o no poseen ocupación declarada y un 10 por ciento posee remuneraciones inferiores a un estipendio de una beca doctoral.

Asimismo, proyecta que el 89 por ciento de los encuestados tiene una situación favorable en su actividad profesional, pero sobre todo asegura que más del 98 por ciento de los científicos salidos del CONICET consiguen trabajo.

Los datos surgidos del estudio "Análisis de la inserción laboral de los ex becarios doctorales financiados por CONICET", realizado por la Gerencia de Recursos Humanos del organismo, involucró 934 casos sobre una población de 6.080 ex becarios entre 1998 y 2011.

Al respecto, en el mismo se considera que del número de ex becarios consultados, el 52 por ciento (485 casos), continúa en el CONICET en la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico.

De los que no ingresaron en el organismo pero trabajan en el país, sobre 341 casos, el 48 por ciento se encuentra empleado en universidades de gestión pública y un 5 por ciento en privadas; el 18 por ciento en empresas, un 6

por ciento en organismos de Ciencia y Técnica (CyT), un 12 por ciento en la gestión pública y el resto en instituciones y organismos del Estado.

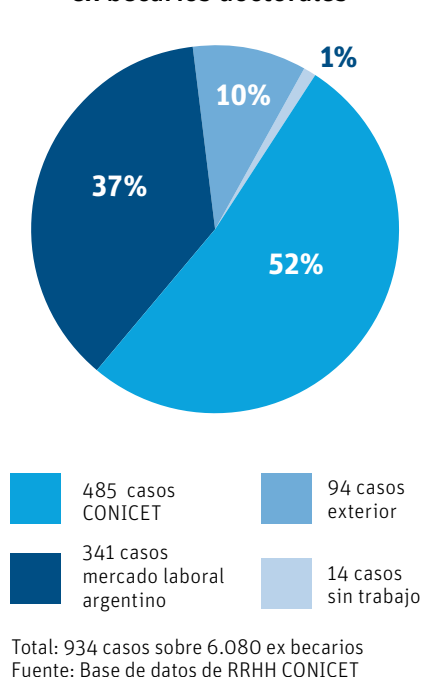
En tanto, en el extranjero, sobre 94 casos, el 90 por ciento trabaja en universidades, el 7 por ciento en empresas y el 2 por ciento es autónomo.

El mismo informe traduce que la demanda del sector privado sobre la incorporación de doctores no es aún la esperada, pero está creciendo. La inserción en el Estado, si se suma las universidades nacionales y ministerios, se constituye en el mayor ámbito de actividad.

Frente a ello, a los fines de avanzar en la inserción en el ámbito público-privado el CONICET realiza actividades políticas de articulación con otros organismos de CyT, es decir, universidades, empresas, a través de la Unión Industrial Argentina (UIA), y en particular con YPF que requiere personal altamente capacitado en diferentes áreas de investigación.

Desde el CONICET se espera que en la medida que la producción argentina requiera más innovación, crecerá la demanda de doctores. Para cuando llegue ese momento el país deberá tener los recursos humanos preparados para dar respuestas. Es por ello que se piensa en doctores para el país y no solamente doctores para el CONICET. ■

**Inserción laboral de ex becarios doctorales**



### Programa +VALOR.DOC

## Sumar doctores al desarrollo del país

A través de esta iniciativa nacional, impulsada por el CONICET y organismos del Estado, se amplían las posibilidades de inserción laboral de profesionales con formación doctoral.

El programa +VALOR.DOC bajo el lema "Sumando Doctores al Desarrollo de la Argentina", busca vincular los recursos humanos con las necesidades y oportunidades de desarrollo del país y fomentar la incorporación de doctores a

la estructura productiva, educativa, administrativa y de servicios.

A partir de una base de datos y herramientas informáticas, se aportan recursos humanos altamente calificados a la industria, los servicios y la gestión pública. Mediante una página web, los doctores cargan sus curriculum vitae para que puedan contactarlos por perfil de formación y, de esta manera, generarse los vínculos necesarios.

Con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, este pro-

grama tiene como objetivo reforzar las capacidades científico-tecnológicas de las empresas, potenciar la gestión y complementar las acciones de vinculación entre el sector que promueve el conocimiento y el productivo.

+VALOR.DOC es una propuesta interinstitucional que promueve y facilita la inserción laboral de doctores que por sus conocimientos impactan positivamente en la sociedad.

Para conocer más sobre el programa, [www.masVALORDoc.conicet.gov.ar](http://www.masVALORDoc.conicet.gov.ar) ■

## Diálogo con un investigador



Sebastián Benítez Larghi, investigador del CONICET, es sociólogo por la Universidad de Buenos Aires (UBA) e hizo su doctorado en la misma casa de estudios. Con lugar de trabajo en el Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales (UNLP-CONICET), a partir de la convocatoria del International Development Research Centre de Canadá (IDRC), decidió estudiar cómo hacen los jóvenes de los sectores populares para acceder a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs).

### ¿QUÉ ES LA BRECHA DIGITAL Y CÓMO OPERA EN LOS SECTORES POPULARES?

Al hablar de brecha digital se parte del supuesto que sólo los que acceden a las herramientas materiales y simbólicas específicas pueden hacer uso de las tecnologías. Es cierto que las computadoras personales están diseñadas para trabajadores intelectuales, de oficinas, y no para familias con trayectoria en trabajos manuales, concretos, prácticos; pero todos los sujetos construyen representaciones sobre las tecnologías.

### ¿AUNQUE NO ACCEDAN DE MANERA MATERIAL?

Siempre tienen algún tipo de representación imaginaria acerca de para qué sirven, quiénes las usan y qué usos hay que darles. Nosotros partimos de las preguntas sobre qué hacen los jóvenes de sectores populares con las TICs, qué tácticas utilizan para acceder a ellas y qué invenciones colectivas realizan para adquirir habilidades y superar temores y ansiedades que les generan objetos en principio extraños no diseñados para ellos.

### ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE PARA LOS SECTORES POPULARES EL MANEJO DE LAS TICs?

De acuerdo a sus propios contextos y universos socioculturales el acceso público constituye, entre otras, una trinchera simbólica de lucha por lograr inclusión social y sentirse parte del mundo. Hay un proceso de apropiación de los espacios de uso público a las tecnologías de información y comunicación.

### ¿QUÉ PARTICULARIZA A LOS CENTROS DE CAPACITACIÓN DE OTROS LUGARES DE ACCESO A LAS TICs?

Los cursos brindados en los espacios comunitarios de operador de PC, de reparador o sobre el uso de Internet, constituyen una plataforma de autoestima para afrontar lo que se percibe como un desafío muy grande del mercado laboral. Es una táctica ingeniosa de los sectores populares. Que un movimiento de trabajadores desocupados dicte los cursos porque sus militantes y sus bases sociales lo demandan, habla de algo inesperado. Se crea una instancia colectiva de apropiación de la PC que por definición es, como su nombre lo indica, un artefacto personal.

### ¿QUÉ MOTIVA A LOS SECTORES POPULARES A ASIMILAR ESTOS CONOCIMIENTOS?

Está arraigada la idea que para ser alguien hay que saber computación y si no aparecés en Internet no existís. Al incorporar las TICs como una herramienta sienten que cumplen con un mandato de la sociedad actual, que tienen las capacidades para afrontar lo que ellos decodifican como una exigencia social.

### ¿HAY UNA MODIFICACIÓN DE LAS CONDUCTAS A PARTIR DE LA INCORPORACIÓN TECNOLÓGICA?

A partir de estos cursos, muchos sintieron el incentivo de terminar el secundario o realizar alguna carrera universitaria. Por otro lado, hay mucha sociabilidad a través de los juegos online y las redes sociales. Hay instancias de ayuda mutua muy fuerte. Pero no es una conducta nueva. A través de la tecnología se manifiestan procesos sociales que van mucho más allá de la computadora. A veces es un modo por el cual los sectores populares extienden una solidaridad que forma parte de una tradición muy arraigada vinculada a la familia ampliada.

### ¿QUÉ VÍNCULOS SE AFIANZAN Y CUÁLES SE INCORPORAN?

A través de las redes sociales hay posibilidad de conocer gente distante físicamente. En su imaginario creen que pueden recurrir a esas personas lejanas para viajar o para conseguir algún trabajo y, de hecho, en algunos casos, estos viajes se han concretado. Por otro lado, es fuerte la idea de buscar gente del mismo barrio. Intentan darle visibilidad a su cotidianeidad. Si se produce algún episodio en su comunidad, lo buscan rápidamente en Internet para ver si tuvo repercusión en los medios. ■

IBYME CONICET-UBA

## Logran revertir la degeneración neuronal en esclerosis múltiple

La administración de una proteína que actúa sobre las células que atacan las neuronas redujo los síntomas y llevó a una recuperación de los nervios afectados. Este hallazgo abriría las puertas al desarrollo de potenciales tratamientos

Por Ana Belluscio

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad autoinmune neurodegenerativa severa donde el organismo ataca y degrada las vainas de mielina de los nervios. Estas estructuras son parecidas al aislante que recubre los cables: cuando se pierde, la transmisión de impulsos nerviosos se vuelve más lenta o incluso desaparece.

La función de la proteína galectina-1 (Gal-1) había sido descubierta en estudios previos por Gabriel Rabinovich, investigador principal del CONICET, y un estudio reciente demostró que, en el cerebro, es clave para controlar la inflamación que lleva a la pérdida de neuronas en pacientes con EM.

“En esta patología el sistema inmune está sobreactivado y ataca a los nervios, lo que causa los síntomas de los pacientes”, explica Rabinovich, director del equipo internacional de investigación.

Los resultados en animales de laboratorio muestran que la administración de Gal-1 previene la pérdida de las vainas de mielina, impide el avance de la EM, lleva a la recuperación

de las neuronas afectadas y revierte los síntomas a través de un mecanismo de desactivación de un tipo celular llamado “microglia M1”. Los resultados fueron publicados en la prestigiosa revista *Immunity*, del grupo Cell.

Pero estos resultados también abren a futuro perspectivas terapéuticas no solo la EM sino también otras patologías neurodegenerativas. Para Lawrence Steinman, profesor de neurología y ciencias neurológicas en la Universidad de Stanford, Estados Unidos, estos hallazgos podrían ayudar a individuos con enfermedades neuroinflamatorias como Alzheimer o patologías de las neuronas motoras.

### Un interruptor molecular

“Galectina-1 es producida por células especializadas llamadas astrocitos y su función es desactivar la microglia M1, un conjunto de células del sistema inmune innato que se ubica entre las neuronas”, dice Rabinovich.

Cuando la microglia está sobreestimulada libera sustancias que causan un evento inflamatorio muy fuerte y lleva a la degeneración neuronal. Existen dos formas de activación: M1, la más ‘fuerte’, que libera una serie de sustancias pro inflamatorias que causan la pérdida de la vaina de mielina; y la M2, más ‘moderada’. Justamente, Gal-1 actuaría como el interruptor que hace que las células de la microglia cambien de un estado a otro.

“Gal-1 es esencialmente un regulador del sistema inmune”, explica Iván Mascanfroni, investigador asistente del CONICET y primer autor del trabajo junto con Sara Starossom, “y en las enfermedades autoinmunes como la EM su función en el cerebro es actuar sobre la microglia para que permanezca en el estado M2 y controlar así la inflamación”.

Cuando se administra Gal-1, se activa M2 y los síntomas remiten. Con el tiempo, se recuperan los nervios afectados y los síntomas desaparecen durante la fase aguda de la enfermedad.

“En animales de experimentación observamos, además, que cuando se inyecta Gal-1 desaparece la microglia M1, se regeneran los axones y comienza el proceso de mielinización nuevamente”, grafica Rabinovich, y agrega que esto lleva a que los síntomas de parálisis se revertan en el paciente.

### Potencial tratamiento

A partir de los resultados obtenidos, el grupo comenzó a explorar diferentes alternativas para llevar estos hallazgos al ámbito terapéutico. “Gal-1 tiene un potencial muy grande porque hasta hoy no hay tratamientos totalmente efectivos para los pacientes con EM que experimentan picos de la enfermedad y recaídas durante toda su vida”, dice Mascanfroni.

El investigador explica que, en el cerebro, la microglia M2 actúa como un agente de limpieza: remueve las células muertas, como ocurre en el Parkinson, y los depósitos de proteínas que se forman en el mal de Alzheimer, por ejemplo.

Con estos resultados, comenzaron a trabajar con Jorge Correale, jefe del Servicio de Neuroinmunología y Enfermedades Desmielinizantes de FLENI, para evaluar su uso como potencial tratamiento.

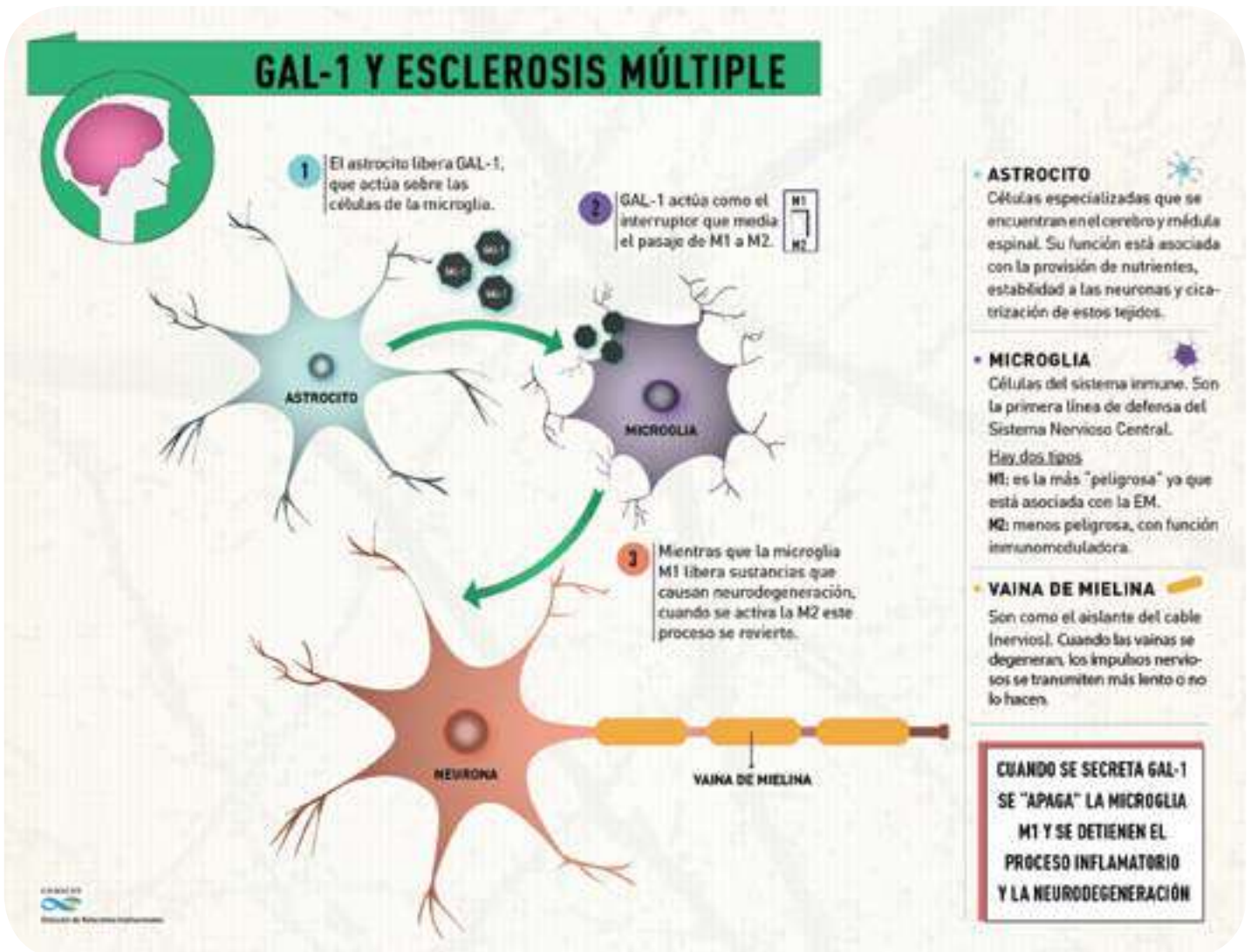
Correale asegura “si podemos reproducir en pacientes con esclerosis múltiple los resultados que se observaron con Gal-1 en los modelos animales, entonces estamos viendo una alternativa novedosa que funciona en forma muy diferente a los fármacos disponibles en la actualidad para esta patología”, afirma.

### Esclerosis múltiple sí, otras enfermedades no

Según Rabinovich, lo interesante de Gal-1 es que afecta selectivamente la función de las células del sistema inmunológico responsables de la patología inflamatoria en las enfermedades autoinmunes.







“En las infecciones es importante que el organismo esté alerta para defendernos. Por eso, estos mecanismos de Gal-1 actúan por pulsos durante el pico de la EM, cuando es necesario desactivar la microglia, y después desaparece”, enfatiza.

En dos estudios previos, publicados en la revista *Nature Immunology*, el grupo de Rabinovich demostró que Gal-1 mantiene el balance de la respuesta inmune al suprimir la acción de dos grupos celulares, los linfocitos T y células dendríticas, componentes del sistema inmune que circulan en forma constante durante la enfermedad.

En forma complementaria, este nuevo estudio permitió descubrir la función de Gal-1 en el sistema nervioso durante el desarrollo de estas patologías. “El trabajo nos permitió ade-

más aprender mucho del sistema nervioso a partir de la colaboración con Samia Houry y Sara Starossom, de la Universidad de Harvard en Boston”, analiza el investigador.

### Esclerosis múltiple

Según la Organización Mundial de la Salud se estima que en el continente americano la prevalencia media de la EM es de 8,3 cada cien mil habitantes, y en el mundo hay más de 1.300.000 individuos afectados.

Los datos publicados en 2002 por el Ministerio de Salud de la Nación muestran que la incidencia calculada para Argentina es 2,24 personas cada 100.000 (Cristiano y col.).

Los síntomas son progresivos: comienzan con sensación de entumecimiento en los

miembros y avanzan hasta que el paciente sufre pérdidas de equilibrio, espasmos musculares, dolor intenso, problemas motores y de coordinación. La degradación de la vaina de mielina también lleva a que sufra temblores e incluso pérdida del control de esfínteres.

### Financiación

Esta investigación fue financiada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través de un PICT Bicentenario, CONICET, la National Multiple Sclerosis Society, de Estados Unidos, y la Fundación Sales (Argentina). ■

# De caracoles y berilio

## Tensiones entre datos y teorías

### Un caracol insólito y la ingenuidad del alumno

A un los genios deben aprender a pensar científicamente. No solo a realizar observaciones sagaces y experimentos ingeniosos sino, también, muy especialmente, a interpretar los resultados que obtienen con esos experimentos y observaciones. Los datos solo tienen sentido en el contexto de las ideas, es decir, de teorías, pero existe una tensión no siempre sencilla de disipar entre lo que vemos y lo que inferimos, entre el dato y la teoría. Charles Darwin (1809-1882) se tropezó por primera vez con esa dura realidad de la ciencia una noche de agosto de 1831, cuando el geólogo Adam Sedgewick (1785-1873), una figura importante de los inicios la geología moderna, lo contradujo frente a su familia paterna.

Darwin tenía entonces veintidós años y era estudiante en la Universidad de Cambridge. No era un alumno muy aplicado: dedicaba la mayor parte de su tiempo a cabalgar, cazar y salir de parranda. El botánico John Henslow (1796-1861), un destacado profesor de quien era amigo, pidió en una ocasión a Sedgewick que llevara al joven Charles en una de sus expediciones geológicas por el oeste de Inglaterra.

La excursión iba a durar unos siete días y partiría de Shrewsbury, localidad cercana de la frontera con Gales, donde estaba la casa paterna de Darwin. Charles invitó al geólogo a pasar en ella la noche anterior a la partida y, durante la cena con su padre y hermanos, mencionó con entusiasmo el

hallazgo en una cantera vecina del fósil de un caracol tropical, quizá queriendo impresionar a Sedgewick. Pero este solo rió y explicó que si se tomara en serio el hallazgo habría que descartar todo lo sabido sobre la estructura geológica de la región. Lo más probable, sugirió, es que alguien hubiese dejado caer allí ese fósil.

La lección implícita en la anécdota era clara: las teorías son sólidas estructuras que permiten encontrar sentido a una multiplicidad de datos y observaciones; por ello, el hecho de que una sola observación no coincida con lo que predice la teoría correspondiente no es motivo suficiente para descartar esa teoría. En un

caso así, es más sensato descartar el dato. Darwin debió advertir esa noche que mucho le restaba por aprender sobre cómo opera la ciencia.

### Orden: un fin deseable para la enseñanza y la investigación

Como muchos estudiantes jóvenes, ese día Darwin fue al mismo tiempo ingenuo y osado. La osadía, sin embargo, no es atributo exclusivo de los estudiantes. El químico

Casa paterna de Charles Darwin en Shrewsbury, en el oeste de la región inglesa de los Midlands, cerca de la frontera con Gales.



### ¿DE QUÉ SE TRATA?

Las historias de Darwin y Mendeleiev ilustran acerca de la relación entre teoría y datos en la investigación científica, y revelan aspectos que a veces no se tienen presentes de la índole de esta.

## UN EXPERIMENTO MUY SIMPLE

Dimitri Mendeleiev (1834-1907) cometió sus actos de osadía académica cuando ya no era alumno sino maestro. Como profesor de la Universidad de San Petersburgo, hacia fines de la década de 1860, procuraba transmitir a sus estudiantes una cantidad descomunal de información sobre miles de sustancias químicas. Buscando orden en el caos de datos, decidió estudiar las propiedades fundamentales de los elementos químicos que componen esas sustancias y notó determinadas regularidades que le permitieron confeccionar la primera versión de lo que hoy llamamos la tabla periódica. Más concretamente, percibió que si ordenaba los elementos por peso atómico creciente, ciertas propiedades parecían repetirse en forma periódica. Sobre esa base construyó una tabla con ocho columnas que agrupan elementos de propiedades químicas parecidas.

Hoy la tabla se enseña en escuelas y universidades de todo el mundo; es sintética y engañosamente sencilla, pero a Mendeleiev no le resultó fácil armarla, convencerse de su validez y persuadir a sus colegas. La verdad es que si en ese momento se ordenaban todos los elementos químicos conocidos como Mendeleiev lo sugería, no se advertían las regularidades que este había imaginado. Pero osadamente cambió algunas cosas y forzó otras; si los datos no encajaban a primera vista, siguió mirando sin amedrentarse. Como bien podía suceder que no todos los elementos hubiesen sido descubiertos, dejó casilleros vacíos en su tabla inicial. Pero aun así, había elementos que no encajaban bien, como es el caso del berilio.

## Un metal misterioso y el ingenio del maestro

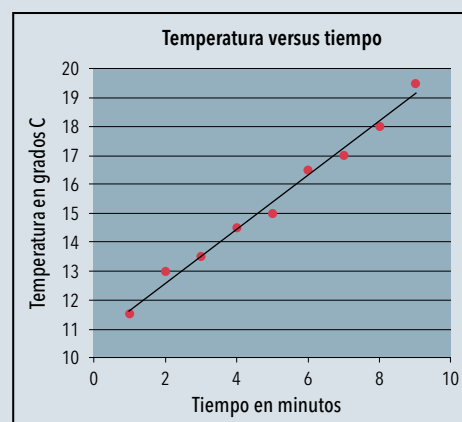
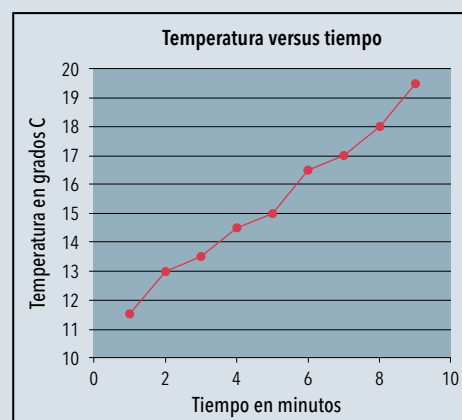
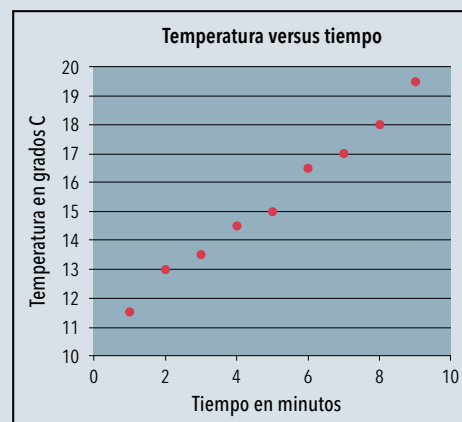
El berilio es un elemento relativamente escaso, tanto en la Tierra como en otros cuerpos celestes. En estado puro o elemental, en el que no es encontrado en la corteza terrestre, es un metal plateado y liviano, reminiscente del aluminio. Se extrae del mineral *berilo*, un silicato de berilio y aluminio [ $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ ] algunas de cuyas formas se consideran piedras preciosas (como la esmeralda) o semipreciosas. En la época de Mendeleiev se asignaba al berilio un peso atómico de 14,6, que lo ponía muy cerca del nitrógeno y del oxígeno, en la parte derecha de la tabla periódica, donde se alojan los no metales. Sin embargo,

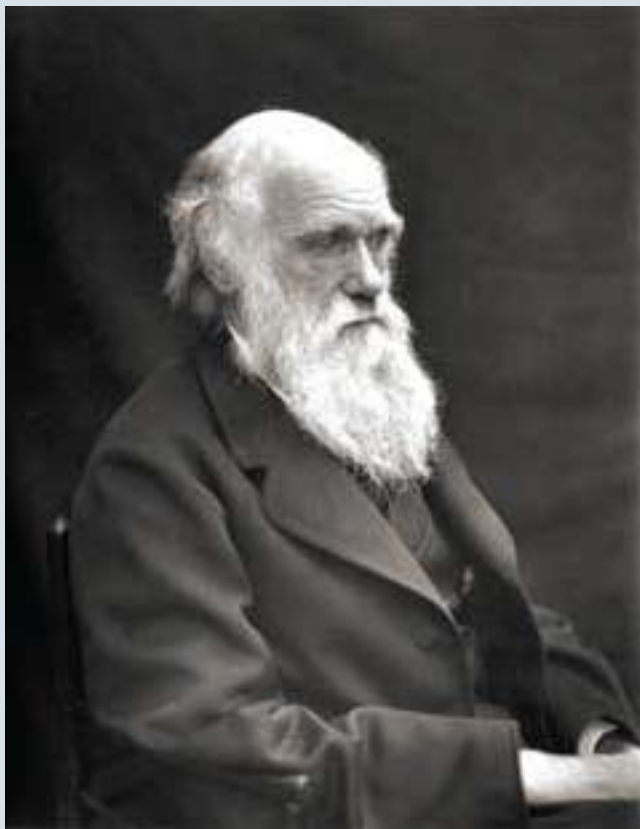
Imaginemos que realizamos en el aula una medición sencillísima con una masa de agua fría que se calienta lentamente por contacto con su entorno más caliente, el cual actúa como una fuente constante de calor. Con cierta frecuencia, digamos cada minuto, medimos la temperatura del agua. Queremos saber si aumenta de manera regular, es decir, a velocidad constante. Obtenemos los datos y los registramos en un gráfico de temperatura en función del tiempo. ¿Qué hacer con esto?

Los puntos nos dan cierta idea, pero mejor sería saber qué pasa con nuestra muestra de agua en todo momento, a pesar de que no hemos medido la temperatura sino cada minuto. Es probable que la primera reacción de los alumnos sea unir los puntos con segmentos de recta, pero un poco de reflexión indica que esto no sería una buena descripción de la realidad, porque parece extraño que la tasa de calentamiento cambie bruscamente cada vez que a nosotros se nos ocurre tomar una medición (como puede verse por los cambios de pendiente en cada segmento del gráfico). Sin duda la mejor aproximación a la realidad del fenómeno es la curva que mejor acomode los datos, la cual puede obtenerse a simple 'ojo', o matemáticamente evaluando diferentes funciones por el método de los cuadrados mínimos (este elige la curva conocida para la cual la suma de los alejamientos de cada punto sea mínima). Por uno u otro camino seguramente llegaremos a una recta inclinada como indica el tercer gráfico.

Si queremos saber la temperatura del agua entre dos de nuestras mediciones, la curva sin duda nos dará una buena respuesta. Pero si nos preguntamos cuál era la temperatura a los 2 minutos de empezada la medición, nos encontramos ante dos respuestas divergentes: el dato que efectivamente medimos (13 grados) y el número que nos devuelve la curva que mejor refleja el conjunto de todos los datos (12,6 grados). ¿En qué confiar: en el dato tomado por nosotros o en el que resulta de la curva? ¿Cuál es más *real*?

La curva es una entidad teórica, una visión hipotética —y si se quiere aventurada— de la realidad, basada en datos observables y en ciertas suposiciones, como la de que los fenómenos naturales tienen cierta regularidad. Sin embargo, como acomoda muchos datos, y no solamente uno, *para sacar conclusiones generales* podemos confiar más en ella que en cualquiera de las observaciones individuales, que pudieron haber sufrido la influencia de innumerables circunstancias inadvertidas, incluso errores en el procedimiento o los instrumentos de medición.





Charles Darwin



Dimitri Mendeleiev

el peso atómico asignado al berilio sugería que debía ser menos metálico que el nitrógeno, lo cual no tenía sentido. Mendeleiev concluyó entonces que el peso atómico del berilio debía estar mal determinado.

Su conclusión no fue desatinada. Los métodos para determinar sin ambigüedades los pesos atómicos de los elementos eran entonces bastante recientes. El mejor de ellos, derivado del trabajo del químico siciliano Stanislao Cannizzaro (1826-1910) solo servía para elementos que formarían numerosos compuestos gaseosos. Para los metales se usaba la ley definida en 1819 por los físicos franceses Pierre Dulong y Alexis Petit, que hoy lleva sus nombres, según la cual el producto de la capacidad calorífica y el peso atómico es aproximadamente constante. Era una ley derivada de observaciones, sin el apoyo de una teoría, por lo que Mendeleiev se sintió autorizado a ponerla en tela de juicio. Notó que el berilio se parecía en algo a los metales alcalinotérreos, como el calcio y el magnesio, y sugirió que su peso atómico debía ser de alrededor de 9, con lo que ocuparía el cuarto puesto en la tabla periódica, después del litio y antes del boro, y encabezaría la columna de dichos metales alcalinotérreos.

El tiempo le dio la razón. Además se comprobó que la ley de Dulong y Petit se cumple mejor a altas temperaturas, y en ese caso el peso atómico del berilio sí se ajustaba a lo sugerido por Mendeleiev.

Algo parecido sucedió con el uranio, cuyo peso atómico aceptado era de 120, lo que lo ponía en un lugar ya ocupado de la tabla. Primero Mendeleiev pensó que esto se debía a un ligero error y sugirió un peso atómico de 116, pero más tarde, tras realizar varios experimentos, concluyó que el peso atómico del uranio era el doble, 240, valor vigente hoy.

Estos no fueron los únicos casos en que Mendeleiev revisó, dudó, cuestionó y replanteó datos aceptados para acomodarlos al orden que demandaba su concepción de la tabla, es decir, a la teoría que estaba elaborando.

## Teoría y datos

Al comparar estas dos historias –la del joven alumno Darwin y la del veterano maestro Mendeleiev– advertimos la presencia de una de las complejidades más interesantes que suelen aparecer en la ciencia y en su enseñanza: una tensión

entre, por un lado, aquello que vemos y medimos, que da origen a los datos con que trabajamos, y por otro lado el conjunto de ideas que elaboramos para dar sentido a esos datos y observaciones, es decir, las teorías.

Las teorías ordenan mentalmente y dan sentido a la realidad mediante esquemas racionales de ideas. Pero hacen mucho más: ofrecen una visión de la realidad que trasciende los detalles y accidentes observables y revela sus causas. En esas circunstancias, ¿qué debe primar: la contundencia de un dato concreto que efectivamente se observa y registra mediante los sentidos y los instrumentos, o una idea abstracta sobre cómo debe ser la realidad, algo no observable pero racionalmente fundado? O dicho de otra manera: ¿a qué debe asignarse más peso: a la observación primaria y concreta, o a las de ideas que ordenan y proporcionan sentido a un conjunto grande de datos?

Las dos historias relatadas muestran que la buena ciencia consiste en evaluar críticamente los datos empíricos en función de las ideas teóricas que los ponen en contexto. Un fósil individual de caracol difícilmente pueda poner en cuestión una compleja construcción de ideas acerca

## LA TABLA PERIÓDICA

La tabla periódica de los elementos es el símbolo universal de la disciplina química. Su principal función es *ordenar, clasificar y organizar* la gran variedad elementos químicos *según sus propiedades*. El análisis de su historia muestra que no surgió en forma espontánea, ni fue el producto de la imaginación de los químicos, sino que constituyó la culminación de un largo proceso. De este, por lo menos tres aspectos constituyen los hitos salientes en el camino de la construcción de la tabla periódica.

En primer lugar, el descubrimiento de los propios elementos, que proveen el material básico del que está compuesta la tabla. Los antiguos solo conocían unos pocos, pero para la época en que se construyó la tabla ese conocimiento se había extendido a más de sesenta, gracias a los descubrimientos de la química y la física de los siglos XVIII y XIX.

En segundo lugar, el conocimiento de las propiedades de esos elementos, el cual reveló que existían ciertas semejanzas y regularidades

entre ellos. Esto motivó un interés natural en clasificarlos y ordenarlos. Un avance notable en ese esfuerzo organizativo fue la clasificación primaria de los elementos en metales y no metales, inicialmente sugerida por Antoine Lavoisier (1743-1794).

Y en tercer lugar, la medición, si bien inicialmente imprecisa, de los pesos atómicos de los elementos, una propiedad clave para ordenarlos. Las imprecisiones de los experimentos por los que se establecían esos pesos dieron lugar a polémicas y condujeron a sucesivas modificaciones de la tabla, como describe el texto para el caso del elemento berilio.

Como en otras ocasiones en la historia de la ciencia, sucedió que el importante descubrimiento de la tabla periódica acaeció casi simultáneamente en más de un lugar del mundo, señal clara de que las condiciones estaban maduras para su alumbramiento. En 1869, Dimitri Mendeleiev publicó una primera versión de ella, basada en dos premisas: la ubicación de los elementos

en el orden de su peso atómico creciente, y el agrupamiento de aquellos de propiedades similares. La versión moderna de la tabla que aquí presentamos, algo distinta de la definida inicialmente por Mendeleiev, permite apreciar la forma que toma ese agrupamiento, sin entrar en detalles que llevarían técnicamente muy lejos.

Un año después, el químico alemán Lothar Meyer (1830-1895) publicó una tabla análoga, apoyada en principios similares. Un gran mérito de Mendeleiev consistió en pronosticar la existencia de nuevos elementos, cuyas casillas habían quedado inicialmente vacías en su tabla; incluso se aventuró a pronosticar sus propiedades. Esos elementos se descubrieron con el correr de los años, y se constató experimentalmente que sus propiedades coincidieron con las vaticinadas por Mendeleiev. Este hecho, sumado a su precedencia en publicar la tabla, llevó a que los químicos, en forma unánime, lo consideren el padre de la tabla periódica.

Los números atómicos entre corchetes son estimados. Los nombres completos de los elementos se pueden encontrar en <http://www.lenntech.es/periodica/nombre/alfabeticamente.htm>

Alejandro C Olivieri  
Universidad Nacional de Rosario

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Período																		
1	H 1,008																	He 4,003
2	Li 6,941	Be 9,012											B 10,81	C 12,01	N 14,01	O 16,00	F 19,00	Ne 20,18
3	Na 22,99	Mg 24,31											Al 26,98	Si 28,09	P 30,97	S 32,07	Cl 35,45	Ar 39,95
4	K 39,10	Ca 40,08	Sc 44,96	Ti 47,87	V 50,94	Cr 52,00	Mn 54,94	Fe 55,84	Co 58,93	Ni 58,69	Cu 63,55	Zn 65,39	Ga 69,72	Ge 72,63	As 74,92	Se 78,96	Br 79,90	Kr 83,80
5	Rb 85,47	Sr 87,62	Y 88,91	Zr 91,22	Nb 92,91	Mo 95,94	Tc [98]	Ru 101,07	Rh 102,91	Pd 106,42	Ag 107,87	Cd 112,41	In 114,82	Sn 118,71	Sb 121,76	Te 127,60	I 126,90	Xe 131,29
6	Cs 132,91	Ba 137,33	*	Hf 178,49	Ta 180,95	W 183,84	Re 186,21	Os 190,23	Ir 192,22	Pt 195,08	Au 196,97	Hg 200,59	Tl 204,38	Pb 207,2	Bi 208,98	Po [209]	At [210]	Rn [222]
7	Fr [223]	Ra [226]	**	Rf [267]	Db [268]	Sg [269]	Bh [270]	Hs [269]	Mt [278]	Ds [281]	Rg [281]	Cn [285]	Uut [286]	Fl [289]	Uup [289]	Lv [293]	Uus [294]	Uuo [294]
* Lantánidos	La 138,91	Ce 140,12	Pr 140,91	Nd 144,24	Pm [145]	Sm 150,36	Eu 151,96	Gd 157,25	Tb 158,93	Dy 162,50	Ho 164,93	Er 167,26	Tm 168,93	Yb 173,04	Lu 174,97			
** Actínidos	Ac [227]	Th 232,04	Pa 231,04	U 238,03	Np [237]	Pu [244]	Am [243]	Cm [247]	Bk [247]	Cf [251]	Es [252]	Fm [257]	Md [258]	No [259]	Lr [262]			

## Clave de los colores

Metales					Metaloides	Elementos no metálicos			Propiedades químicas desconocidas
Metales alcalinos	Metales alcalino-térreos	Metales internos de transición		Metales de transición		Metales post-transicionales	Otros no metálicos	Halógenos	
		Lantánidos	Actínidos						

de la estratigrafía y el pasado geológico probable de una región, a pesar de que su estructura conceptual contenga partes oscuras o imperfectas. Lo mismo se puede decir acerca del metal díscolo. De hecho sucedió que, por más cuidado que se había puesto, la observación (o, como diría un científico, el dato experimental) estaba mal, porque las técnicas de medición no eran adecuadas o porque hubiese sido necesario tomar la capacidad calorífica a altas temperaturas.

Una de las bellezas de los cuerpos de teoría es que ayudan a decidir en qué datos confiar y cuáles revisar. Pero es una belleza no exenta de peligros, porque así como una teoría puede revelar lo que era invisible, puede llevarnos a ignorar alguna faceta de la realidad que asoma bajo nuestras mismas narices.

## De alumno a maestro

La humillación de Darwin no cayó en saco roto. En su viaje de estudio por las colinas de los Midlands ingleses y de Gales, Sedgewick no se cansó de demostrar cómo opera la ciencia geológica: caminando, haciendo innumerables observaciones en el campo, obteniendo numerosos datos y tratando de acomodar lo que se observa en el marco de lo que se sabe y se cree, en un cuidadoso proceso de modificación de las ideas y de calibración de lo que se mira y se busca.

En pocos días, el maestro y el alumno reelaboraron la concepción vigente sobre la geología de esa región particular de las islas británicas y el segundo aprendió una lección profunda. En poco tiempo zarpó en su histórico viaje a bordo del *Beagle*, durante el cual aplicó y hasta superó lo aprendido de Sedgewick. Llevó consigo un libro que le estaba proporcionando un nuevo y ambicioso marco teórico a la geología, escrito por Charles Lyell (1797-1875).

Darwin aprendió a leer la naturaleza en el espejo de ese nuevo marco general, que le resultó no solo ordenador sino también altamente inspirador, dos atributos centrales de las teorías científicas. Al final de su viaje, poco quedaba del estudiante avergonzado por Sedgewick. En pocos años más publicó su notablemente poderoso marco teórico: la teoría de la evolución por selección natural.

En *El origen de las especies* Darwin dedicó dos capítulos a argumentar por

qué el registro fósil, tan fragmentado, debe ser tomado con cautela a la hora de analizar las fortalezas y debilidades de su teoría. No solo un caracol tropical en una cantera inglesa: el registro fósil en su totalidad debía ser puesto en tela de juicio. La transformación era para entonces completa: había aprendido la fuerza de los marcos teóricos. El alumno se había convertido en maestro.

## En el aula

Sedgewick y Mendeleiev conocían perfectamente los complejos caminos por los que opera la ciencia. Como Darwin en su juventud, los alumnos de ciencias tienen dificultades en apreciar esa característica de la investigación científica. No es infrecuente que piensen que los datos son siempre confiables y que deben acumularse hasta que su sentido resulte obvio. O que crean que una simple observación brillante puede hacer desmoronar de un solo golpe el castillo de una teoría científica.

Como sucedió con Darwin, la visión ingenua del proceder científico debe ser reemplazada por otra más real, producto del trabajo educativo. ¿Cómo puede hacerse? La historia relatada sugiere que una excelente manera es salir a caminar por las colinas del oeste de Inglaterra con el mejor geólogo del momento, para hacer ciencia con él. Pero esto difícilmente resultará posible para los docentes y alumnos a quienes más probablemente llegue esta

nota. Algunos podrán hacer excursiones por la llanura pampeana, la Patagonia o los Andes centrales, por donde también anduvo Darwin con la lección aprendida de Sedgewick. Pero todos pueden ganar en comprensión de la tarea científica valiéndose del análisis de algunos cuerpos de teoría y su génesis, con la precaución de destacar al hacerlo las características que hemos puntualizado.

En otras palabras, aunque no se recurra a palabras difíciles, es necesario tener claro el criterio epistemológico implícito en lo que se desea enseñar. En nuestra concepción de la naturaleza de la ciencia y de las características de las teorías científicas, debemos incluir la no siempre fácil relación entre las observaciones, los datos que obtenemos de ellas y las ideas teóricas que nos permiten entenderlos. Los alumnos, idealmente, deberían poder enfrentarse con datos divergentes y resolver las dudas y los temores que generan. También deberían ser conducidos a observar cómo los científicos han lidiado con esas cuestiones.

Es parte de la madurez científica de un estudiante apreciar que (aun en un caso tan simple como el de la curva presentada en el recuadro 'Un experimento muy simple') es más razonable aceptar como verdadero aquello que dedujimos con muchos datos, aunque entre en cierto conflicto con cada uno de los datos individuales que registramos. Las teorías amplias nos indican el orden general de las cosas y nos dicen qué hacer o no hacer con moluscos díscolos y metales desconcertantes. **CH**

### LECTURAS SUGERIDAS

**BARLOW N** (ed.), 1958 [1887], *The Autobiography of Charles Darwin 1809-1882*, John Murray, Londres. En castellano se puede consultar: Charles Darwin, *Autobiografía*, en <http://fierasysabandijas.galeon.com/enlaces/libros/darwauto.pdf>.

**BROWNE J**, 1995, *Charles Darwin. Voyaging*, Princeton University Press.

**SCERRI ER**, 2007, *The Periodic Table. Its History and Significance*, Oxford University Press.



### Gabriel Gellon

Doctor en ciencias biológicas (PhD), Universidad de Yale.  
Presidente, Asociación Civil Expedición Ciencia.

Mariana Koppmann

# La masa del pan

**C**onvertir en pan una mezcla de agua, harina y levadura es una de las tantas operaciones que realizamos al cocinar. Gracias a la particular composición de la harina de trigo, según qué ingredientes agreguemos y, sobre todo, según cómo los trabajemos podremos lograr desde un pan esponjoso hasta una galletita que se deshaga en la boca.

La harina de trigo proviene de moler el endospermo del grano de ese cereal, es decir, de un tejido que se encuentra dentro del grano cuyos componentes principales son almidón y un conjunto de proteínas. En los primeros pasos de la preparación del pan (hidratación y amasado), que en seguida describiremos, dichos componentes dan origen a una trama de proteínas llamada *gluten*. Esta hace que la masa de la que saldrá el pan sea elástica y que atrape las burbujas de gas que se generan durante otro de esos pasos (fermentación).

El almidón está formado por dos grandes moléculas llamadas *amilosa* y *amilopectina*, compuestas solo por unidades de glucosa unidas entre sí. Se encuentran en las semillas de plantas (en el endospermo), o en tejidos especializados como tubérculos, en ambos casos dentro de gránulos. Los almidones son insolubles en agua a temperatura ambiente y solo se hidratan completamente durante las cocciones, por las que cambian su consistencia y pasan de crudos a cocidos.



## ¿DE QUÉ SE TRATA?

La ciencia en la cocina: un poco de química ayuda a entender los cambios que tienen lugar en los alimentos que cocinamos.

Dos de los grupos de proteínas contenidas por la harina son especialmente importantes para el amasado: las *gliadinas* y las *gluteninas*. Una vez hidratadas, tienen la facultad de asociarse entre ellas y formar la mencionada trama o malla de gluten que atrapa al resto de los componentes de la masa. Es decir, esa asociación de gliadinas y gluteninas ocurre durante el amasado, luego de la hidratación, y no está presente en la harina.

Para la preparación de pan necesitamos un tercer ingrediente fundamental: las levaduras. Estas son microorganismos capaces de convertir algunos de los azúcares presentes en la harina en el gas dióxido de carbono, alcohol y otros subproductos que dan su sabor característico al pan. Lo hacen por el proceso de *fermentación*.

Las levaduras comerciales se venden deshidratadas o frescas; por lo general, todas las recetas indican que se debe hidratarlas y agregarles un poco de azúcar antes de mezclarlas con la harina. El objetivo de esa indicación es generar un ambiente estimulante para las levaduras, y lograr que estas se adapten rápidamente al nuevo entorno, comiencen a reproducirse y generen el dióxido de carbono que torna la masa esponjosa.

El mencionado azúcar es solo el estímulo inicial ya que, una vez hidratada la harina, las enzimas van degradando el almidón en maltosa y glucosa, que a su vez sirve de alimento de las levaduras para la generación de gas.

En cada uno de los pasos de la preparación del pan se va generando la malla de gluten que necesitamos, la que

a su vez permite que las levaduras ejerzan su acción. Los pasos típicos son los siguientes:

1. Mezcla de los ingredientes e hidratación. En este paso se mezcla la harina con agua, levadura, un poco de azúcar y un poco de sal. Al mezclar se advierte que inicialmente se tiene un engrudo, es decir, una mezcla pegajosa que no se parece en nada a una masa.
2. Amasado. Este paso tiene el objetivo de lograr el encuentro de las gliadinas y las gluteninas hidratadas. Debido a la orientación del amasado, esas proteínas van formando una malla que atrapa al resto de los ingredientes. A medida que se amasa la mezcla se torna cada vez menos pegajosa y adquiere creciente consistencia y firmeza. Durante esta etapa, además, se incorporan a la masa pequeñas burbujas de aire, que facilitan la fermentación.
3. Descanso del bollo. Es el momento en que ocurren simultáneamente dos fenómenos muy importantes. Uno, la trama del gluten se va relajando, ya que algunas de las asociaciones formadas entre ambas proteínas se deshacen. Dos, la fermentación que está ocurriendo por la presencia de las levaduras genera gas y alcohol, y provoca el levado.
4. Trabajado. Una vez que la masa levó, se la aplasta, lo que le saca el gas que se formó. También se la amasa otro poco, lo que redistribuye las levaduras y les permite alcanzar nuevos lugares donde encontrar alimento para continuar la fermentación. Dado





que las levaduras no se pueden desplazar dentro de la masa y se reproducen en el sitio en que se encuentran, consumen el alimento que tienen alrededor. Trabajar la masa las lleva a encontrar nuevo alimento y a continuar el proceso.

5. Formado. Es el paso que da forma al pan o los panes que se hagan. Se procura que la trama de gluten cubra la superficie en forma pareja. Culinariamente el proceso se denomina bollado o formado y de su resultado depende la forma final que adquiera el pan en los pasos siguientes.

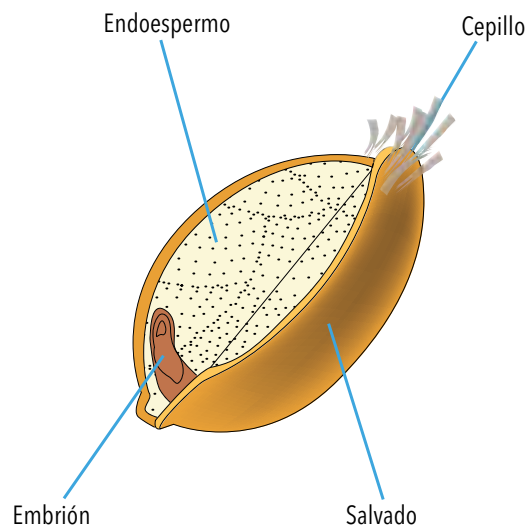
6. Descanso y fermentación. Un nuevo descanso relaja la trama del gluten y permite que la masa leve tanto durante la fermentación adicional como durante la cocción. Si esa trama no se relaja, la cantidad de gas que producen las levaduras y el vapor de agua desprendido durante la cocción no adquieren fuerza suficiente para cambiar el volumen del pan.

7. Durante la cocción, la masa aumenta de volumen, el almidón se cocina, el gluten fija la forma y contiene las burbujas de aire y se forma la costra del pan. Cada uno de estos cambios ocurre a medida que el calor del horno penetra la masa. El volumen aumenta por varios efectos simultáneos: las levaduras generan gas hasta que la masa alcanza los 40°C, el aire y el dióxido de carbono contenidos en ella se expanden, y, como efecto principal, el agua y el alcohol que también contiene se evaporan. Para que el aumento de volumen no deforme el pan, se le hace cortes en la parte superior, de suerte que el pan se abra donde deseamos y no en cualquier lado. El volumen aumenta hasta que las proteínas del gluten se desnaturalicen por el calor y fijen la forma, cosa que ocurre entre los 70 y 80°C.

Sin la capacidad de las proteínas del gluten de fijar la forma de la masa en cocción, el volumen del pan no se sostendría una vez sacado del horno. Justamente, preparar pan para quienes no pueden consumir gluten presenta la dificultad de cómo contener el aire, y conduce a buscar mezclas y formas de cocción que de alguna manera fijen las burbujas formadas dentro de la masa.

Para que el pan esté completamente cocido, debe estarlo el almidón, un fenómeno que ocurre entre los 60 y los 75°C, cuando el almidón absorbe agua y se gelatiniza. Si ello no sucede, la miga del pan quedará cruda.

Otro fenómeno importante de la cocción es la formación de costra. La costra es el resultado de la reacción de Maillard y de la caramelización. Por la primera, así llamada en honor de Louis-Camille Maillard (1878-1936), los azúcares presentes en la masa reaccionan bajo la acción del calor con aminoácidos libres y se transforman en compuestos aromáticos y coloreados. La segunda consiste en la formación de caramelo por parte de algunos de esos azúcares, cuyas moléculas resultan desarmadas por



Un grano de trigo es una semilla de la que puede crecer una nueva planta, y es también la parte de esta que se procesa para hacer harina. Los granos de trigo tienen por lo general forma ovalada, aunque los hay casi esféricos o largos y achatados. Su tamaño suele oscilar entre unos 5 y unos 9mm, y su peso entre unos 35 y unos 50mg.

el calor y convertidas en los compuestos coloreados a los que damos ese nombre.

Hay muchas maneras de hacer pan y por ende tipos de panes, pero finalmente son muy parecidos y todos resultan de los mismos pasos. Una de las formas más fascinantes de panificación es la correspondiente a panes que casi no se amasan. Sus ingredientes se mezclan de la forma descrita pero con ligeramente más de agua (digamos, un 10% más). Se mezcla el engrudo y se lo deja reposar tapado durante unas 5 a 6 horas; al destaparlo, se advierte que, a pesar de no haber amasado, el movimiento debido a la fermentación dentro de la masa logró formar una esponja laxa que levó y dio lugar a la trama de gluten. Para finalizar la preparación de esos panes, se toma la masa con manos enharinadas o aceitadas (porque es ligeramente pegajosa) y se da forma a los panes, por lo general con un movimiento envolvente que redistribuye las levaduras. Luego se deja que siga la fermentación y después se pasa a la cocción.

Las principales diferencias entre el pan amasado y el no amasado son varias. Por un lado, la miga del primero tiene alveolos bastante parejos y pequeños, mientras los del segundo son más grandes y desperejados. Otra diferencia es que, dado el mayor tiempo de fermentación del segundo, tiene más productos secundarios de la fermentación y resulta mucho más aromático.



### Mariana Koppmann

Bioquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA.  
Presidenta de la Asociación Argentina de Gastronomía Molecular.

[mkoppmann@marianakoppmann.com](mailto:mkoppmann@marianakoppmann.com)

# Viejos teatros de Buenos Aires

En todos los países, el teatro —hablado o musical— ocupó a lo largo del siglo XIX un lugar central en el interés de la sociedad, como actividad de esparcimiento, manifestación cultural y ámbito de reunión. Su protagonismo solo disminuyó a partir de la segunda década del siglo XX, en gran medida a causa del cine y también por la popularización del deporte como espectáculo. En Buenos Aires, y sin remontarnos a sus modestos antecedentes coloniales, después de la Revolución de Mayo el teatro constituyó una aspiración siempre presente, solo limitada por la pobreza del medio y por el escaso entusiasmo de gobiernos poco interesados en él, como el de Juan Manuel de Rosas, sobre todo en sus años finales.

En septiembre de 1825 se representó en la ciudad por primera vez una ópera completa, *El barbero de Sevilla*, compuesta en 1816 por Gioachino Rossini (1792-

1868). El acontecimiento tuvo lugar en el teatro Coliseo, o Coliseo viejo, en un edificio relativamente precario inaugurado en 1804 y situado en Reconquista y Cangallo, frente a la iglesia de la Merced.


Desde mediados de la década de 1850, caído Rosas, se registró una notable eclosión de actividad teatral en Buenos Aires y se multiplicaron las salas dedicadas a ella, en coincidencia con el clima cultural de modernización entonces implantado. En 1854, por ejemplo, actuaron dos compañías de ópera, una italiana y una francesa, que trajeron de Europa sus decorados, cantantes, orquestas y coros: estrenaron una treintena de obras, y a veces representaban dos al mismo tiempo en teatros cercanos (hasta se dio el caso de presentarse ese año simultáneamente la misma ópera, en versión italiana y francesa).





Entre esos años y aproximadamente el fin de la guerra europea de 1914-1918, los empresarios teatrales, italianos casi sin excepción, fueron protagonistas centrales de la actividad operística (y musical en general) de Buenos Aires, con resultados normalmente satisfactorios para el público y a la larga económicamente dudosos, cuando no desastrosos, para ellos.

En la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX, la ópera ocupaba en términos sociales lo que se percibía como la cúspide de una pirámide jerárquica de consumos teatrales, con el circo en su base y, entre ambos, la vasta gama de géneros con que los empresarios procuraban dar satisfacción de la demanda de esparcimiento y cultura de una sociedad crecientemente diversificada pero uniformemente atraída por el teatro, casi el único medio disponible en la época para alcanzar esa satisfacción.

Ricardo O. Pasolini, un autor actual, afirmó: Entre 1870 y 1910, la ópera, por un lado, y el circo, por el otro, se transformaron en los polos antagónicos que asumía la oferta teatral de Buenos Aires [...] El consumo teatral incluía también la zarzuela, las comedias y los dramas en italiano o en francés, los sainetes de origen español, y a principios de siglo, los dramas de autores argentinos. Pero es en la ópera y en el circo donde esos consumos alcanzan la dimensión de entidades sociales antagónicas ('La ópera y el circo en el Buenos Aires de fin de siglo. Consumos teatrales y lenguajes sociales', en Fernando Devoto y Marta Madero eds., *Historia de la vida privada en la Argentina*, t. 2, Taurus, Buenos Aires, 1999). 

Antiguo Teatro Colón (página anterior). Foto Samuel Boote y James Niven, ca. 1880, colección Diran Sirinian. Levantado por un grupo de inversores locales, fue donde, según una pluma filosa, *empezó su vida de ostentación la burguesía porteña*. Estaba en un lugar conocido como el Hueco de las Ánimas, coincidente con la parte sudoeste del solar que hoy ocupa el Banco Nación, sobre la Plaza de Mayo. Abrió sus puertas en 1857 con *La Traviata*, de Giuseppe Verdi, un año después de la función inaugural del teatro Solís, de Montevideo, que aún está en pie. El edificio de Buenos Aires, obra del ingeniero y pintor saboyano Charles-Henri Pellegrini (1800-1875), que también integró la sociedad promotora, era monumental, con el primer techo del país sostenido por una estructura metálica (construida en Dublín), iluminación de gas, sala en herradura, platea con piso inclinado, tres estratos de palcos, uno de cazuela (para mujeres) y uno de galería (para hombres), además de un lujoso foyer. Podía albergar hasta 2500 espectadores, una capacidad algo exagerada para la ciudad de entonces. La foto parece haber sido tomada desde el balcón del Cabildo, mirando hacia el noreste. A la derecha aparece la Recova vieja, demolida a fines de 1883 para dar lugar a la actual Plaza de Mayo. A la izquierda se ve una parte de la Pirámide de Mayo, en su emplazamiento original.

Banco Nacional. Foto Sociedad Fotográfica Argentina de Aficionados, ca. 1895, Biblioteca Gálvez. En 1884, la Municipalidad compró el antiguo Colón a la empresa propietaria, que estaba en quiebra y había tenido marcados altibajos durante los veintisiete años en que explotó el teatro (al punto que este, en su peor momento, llegó a albergar un circo). En 1887, el gobierno municipal decidió cerrarlo y vender la enorme construcción al Banco Nacional, que la refaccionó para instalarse en ella, con el resultado que muestra la foto. Se inició así el período de destino bancario del predio, el cual dura hasta la fecha con el Banco Nación alojado en un edificio levantado entre 1939 y 1946, cuando el que se aprecia en la imagen fue demolido.

Esta sección se publica con el asesoramiento de Abel Alexander y Luis Priamo.



Teatro Ópera. Foto atribuida a Christiano Junior, ca. 1875, Archivo General de la Nación. Edificio erigido en 1872 en la calle Corrientes (donde en 1935 se levantó el cine del mismo nombre, hoy teatro de variedades) por el empresario italiano Antonio Pestalardo (1800-1877), sobre un proyecto del arquitecto belga Émile Landois (1820-1878). Su nombre revela tanto el interés del público por el género como los propósitos del empresario. Durante los veinte años que mediaron entre el cierre del antiguo Colón y la apertura del actual, más el tiempo de decadencia de aquel, fue el principal coliseo lírico de la ciudad.

Teatro Ópera (página siguiente). Foto Samuel Rimathé, ca. 1895, Biblioteca Gálvez. En 1889, diecisiete años después de inaugurado, el edificio que muestra la foto de esta página fue remodelado por otro arquitecto belga, Jules Dormal (1846-1924), con lo que siguió ocupando por otros diecinueve años la primera posición entre los teatros de Buenos Aires, hasta la apertura del actual Colón en 1908.







Teatro San Martín. Foto Alejandro Witcomb, ca. 1888, Archivo General de la Nación. Estaba en Esmeralda 257, entre Cuyo y Cangallo, y fue el primer teatro de ese nombre en la ciudad. La foto muestra la sala armada para un espectáculo de circo, el género popular por antonomasia en que se destacaba el célebre payaso inglés Frank Brown. Abrió 1887 con funciones de circo, pero también albergó otros géneros. Cerró a fines de la década de 1940 y fue demolido.

Teatro Nacional. Foto Samuel Boote, ca. 1885, Archivo General de la Nación. La imagen muestra el primero de los tres teatros de ese nombre que hubo en Buenos Aires. Se inauguró en 1882, en Florida 146, entre Piedad y Cangallo. Sobre su escenario se representó tanto teatro de palabra como musical (ópera, zarzuela y opereta). Sufrió un incendio en 1895 que lo dejó muy deteriorado.





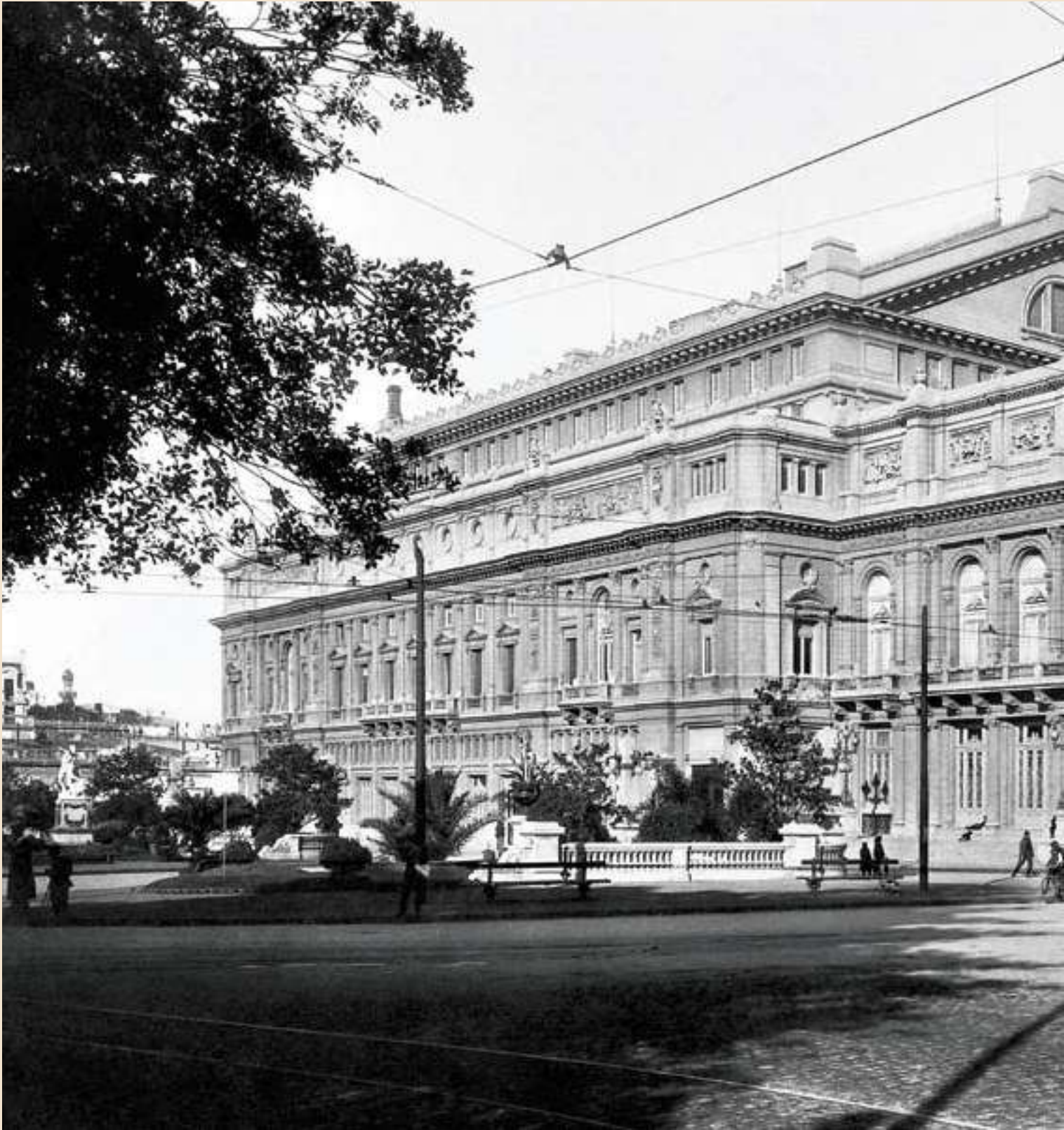


Teatro Onrubia (página anterior arriba). Foto Samuel Rimathé, ca. 1890, colección César Gotta. Construido por el empresario y escritor Emilio Onrubia, estaba en la esquina sudeste de Victoria y San José. Proyectado por el arquitecto italiano Giovanni Battista Arnaldi (1841-1915), abrió en 1889; en 1895 cambió su nombre a Victoria; en 1928 retornó a su denominación original, y en 1934 pasó a llamarse Maravillas, hasta su desaparición a mediados de la década de 1940. Integraba con los teatros Rivadavia (hoy Liceo), Mayo, Comedia y Avenida el circuito en el que actuaban las compañías españolas.

Teatro Doria (página anterior abajo). Foto Alejandro Witcomb, ca. 1890, colección Diran Sirinian. Estaba en Rivadavia 2330. Abrió sus puertas en 1887 y ofreció todo tipo de espectáculo teatral y musical, incluso circo, prestidigitación, lucha grecorromana y payadas. Tampoco faltaron actos políticos y reuniones sindicales. Cerró y fue demolido en 1903. En su lugar se levantó ese mismo año el teatro Marconi.

Teatro Marconi. Foto Foto HG Olds, ca. 1905, colección particular. Existió en Rivadavia 2330 entre 1903 y 1967. Presentaba ópera –en los carteles se distingue el anuncio de *La Bohème*– y también teatro de palabra. Lo mismo que el Onrubia, fue obra del arquitecto Arnaldi.





Teatro Colón. Foto Juan Beck, 1911, Archivo General de la Nación. El Colón fue el último en ser construido de los grandes teatros clásicos de ópera y ballet de la tradición decimonónica europea. También es uno de los de mayor capacidad. Fue concebido por el arquitecto Francesco Tamburini (1846-1890) hacia fines de 1888, por encargo del empresario Angelo Ferrari (1835-1897), pero no se comenzó a edificar hasta 1892, cuando Tamburini había muerto. Tomó su lugar su colega y colaborador Vittorio Meano (1860-1904), que hizo algunas modificaciones a los pla-

nos. Hacia 1895 la empresa de Ferrari quebró, las obras se paralizaron y no mucho después murió Ferrari, lo que llevó a la estatización del teatro por parte de la Municipalidad. Esta logró inaugurar el edificio parcialmente terminado en 1908, luego de sufrir otro cambio de arquitecto, ya que Meano murió y fue reemplazado por Dormal, el responsable de la remodelación del Ópera de 1889.

La imagen fue tomada desde la vereda de la residencia de la familia Miró Dorego, que estaba en la esquina de Viamonte y Libertad, en un terreno que hoy



es parte de la plaza Lavalle. A la izquierda se distingue la plazoleta Colón (actual plaza República del Vaticano), construida en 1909 por el paisajista francés Charles Thays (1849-1934), entre el teatro y la calle Viamonte.

La escultura que se aprecia sobre el borde izquierdo ocupaba el centro de la plazoleta y era un grupo de mármol denominado *El progreso*, firmado en su base 'Tony Noël, Paris 1906'. Hoy se encuentra en la plaza Ejército de los Andes (Rivadavia 10300). El parisino Edmé-Antony-Paul Noël (1845-1909), que firmaba de esa

manera, ganó el premio de Roma para su especialidad en 1868 y fue autor, entre otras obras, de una estatua de André Le Nôtre que está en el castillo de Chantilly y otra de Jean-Antoine Houdon que está en Versalles.

Politeama Argentino. Foto Alejandro Witcomb, ca. 1890, Archivo General de la Nación. El término *politeama*, tomado del italiano, designa un teatro que ofrece representaciones de varios géneros (por lo que antecederlo por la palabra teatro es redundante). La sala que muestra la foto –armada para celebrar un baile– no fue la única de Buenos Aires que llevó ese nombre: existió el Politeama Humberto I, en Europa [Carlos Calvo] y Piedras. Ubicado en Corrientes 1478, el Politeama Argentino abrió en 1879 con una representación de *Los hugonotes*, ópera de Giacomo Meyerbeer (1791-1864). Ofreció también opereta, teatro hablado y circo. En él actuaron Sara Bernhardt y Eleonora Duse. En 1936, el arquitecto Alejo L Pazos lo reconstruyó con las formas de la arquitectura moderna de entonces, y en 1958 fue demolido.



Teatro Coliseo Argentino. Foto HG Olds, ca. 1910, colección particular. El Coliseo viejo, donde en 1825 se representó por primera vez una ópera completa, databa de tiempos coloniales y había sido hasta fines de la década de 1830 el único teatro de la ciudad (en 1783 se había instalado el precario teatro de la Ranchería, en Perú y Alsina, que se incendió en 1792). Reconstruido en 1834, el Coliseo pasó a ser conocido como Coliseo Argentino o teatro Argentino. Fue demolido en 1872. El nombre Coliseo Argentino reapareció en la plaza Libertad en 1905, en la sala que muestra la foto, diseñada por los arquitectos alemanes Carl Nordmann y Ernst Meyer con abundante hierro y vidrio, que al principio estuvo destinada a funciones de circo, pero tuvo también su cuarto de hora como teatro de ópera. Subsistió hasta 1925. En 1961 se inauguró en el mismo predio el Coliseo actual.

**Nancy Correa**

Servicio de Hidrografía Naval

**Pablo Almada**Departamento de Ecología, Genética y  
Evolución, FCEYN, UBA

# Agua de lastre y especies exóticas

## Especies exóticas y su introducción en los ecosistemas

El término *especies exóticas* es antónimo de *especies autóctonas*. Estas, que comprenden desde los microorganismos hasta las plantas y los animales superiores, son las nativas de cada ecosistema, las que forman parte natural de él y participan del equilibrio de relaciones entre todos sus integrantes. Las especies exóticas o introducidas, en cambio, están fuera de esa trama de relaciones, a la que necesitan integrarse a su llegada (o desaparecer) y a la que pueden llegar a perturbar notablemente.

Muchos animales y plantas son llevados de un lugar a otro deliberadamente por los seres humanos. Eso sucede sobre todo con las especies domésticas, tanto las plantas cultivadas para fines agrícolas o forestales y las usadas en

jardinería, como la gama de ovinos, bovinos y equinos de interés ganadero, perros, abejas y mucho más. En la Argentina se han importado del hemisferio norte, con fines deportivos, truchas, salmones, antílopes, ciervos y jabalíes, y se los ha liberado al medio natural.

Sin embargo, un alto porcentaje de los organismos exóticos que ingresaron en los ecosistemas nativos del país no fue introducido ex profeso sino accidentalmente. Llegaron como polizones, por así decirlo, ocultos en mercaderías y sus embalajes, en el equipaje de viajeros, o en el cuerpo mismo de personas y animales domésticos. En otros casos su introducción fue producto de haber escapado de estaciones de cría, zoológicos, laboratorios, acuarios, etcétera. Hay raros casos de arribos por medios naturales, como pájaros africanos transportados a América por una tormenta.

Para los organismos acuáticos, actualmente una de las

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

El agua que los navíos embarcan como lastre cuando deben atravesar el océano sin carga suele contener organismos vivos. Al ser descargada aquella, estos ingresan en un medio al que son ajenos y pueden convertirse en plagas.

vías más comunes de entrada es el agua de lastre de los barcos. Cuando un buque sale vacío o semivacío de un puerto, para compensar la falta del peso de la carga, que haría peligrar su estabilidad en altamar, embarca agua en tanques especialmente diseñados para ese propósito. Al llegar al destino en que debe tomar carga, elimina el agua de lastre, y con ella salen al medio los organismos que puede contener, provenientes del puerto de origen. Se estima que en el mundo se movilizan entre 3000 y 5000 millones de toneladas de agua de lastre por año, y que transportan diariamente de manera involuntaria individuos de unas 7000 especies de animales y plantas.

Este mecanismo de dispersión de especies, que no existía cuando se usaba lastre sólido (por ejemplo, rocas o ladrillos), fue aumentando exponencialmente con el incremento del comercio internacional. En la bahía de San Francisco, en California, por ejemplo, se han registrado hasta unas 450 especies introducidas. Se estima que allí el ritmo de las introducciones creció de una nueva especie cada 55 semanas entre 1851 y 1960, a una cada 14 semanas entre 1961 y 1995.

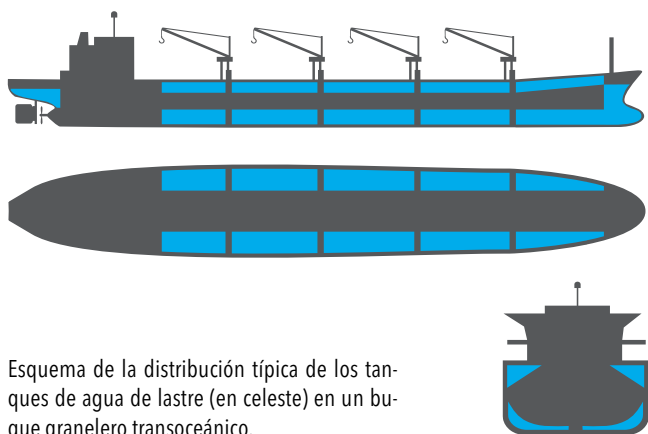
## Trastornos causados por las especies exóticas

Si bien la mayoría de los organismos embarcados con el agua de lastre muere antes de llegar a destino, algunos sobreviven el viaje. De estos, muchos pertenecen a especies que no logran adaptarse a las condiciones del nuevo lugar y desaparecen rápidamente. Los que se adaptan pueden generar poblaciones estables que se integran sin causar mayores alteraciones en la mencionada trama de relaciones del ecosistema. Pero esporádicamente llegan individuos de especies que, por diversas razones, encuentran el nuevo lugar particularmente favorable para multiplicarse, y lo hacen con tal éxito y generan tal cantidad de descendientes que dominan, por no decir monopolizan, el espacio y los recursos disponibles. En tales casos, su presencia provoca modificaciones en las condiciones de vida de la mayoría de las especies locales. Según desde qué punto de vista se las mire, esas modificaciones no necesariamente resultan adversas al medio nativo, pero las hay que generan muy importantes consecuencias negativas.

Alrededor de 1990, un mejillón de agua dulce (*Limnoperna fortunei*) proveniente del sudeste de Asia apareció en las costas del Río de la Plata. Se presume que sus larvas fueron traídas en el agua de lastre de algún buque. Quince años más tarde ese mejillón estaba presente en Brasil, Uruguay, Bolivia y Paraguay, y se lo podía ver agolpado en costas con densidades de hasta 200.000 individuos por metro cuadrado. Estudios recientes indican que la



Algunas especies introducidas en la Argentina los últimos veinte años por agua de lastre. De arriba a abajo: 1. Mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*), foto Paraguay Biodiversidad. 2. Alga japonesa (*Undaria pinnatifida*), foto Ignacio Bárbara, AlgaeBase. 3. Cangrejo verde (*Carcinus maenas*), foto Hans Hillewaert, Wikimedia Commons. 4. Caracol asiático (*Rapana venosa*), Foto Jiří Novák, BioLib.cz.



Esquema de la distribución típica de los tanques de agua de lastre (en celeste) en un buque granelero transoceánico.

presencia masiva de esta nueva especie aumenta la diversidad y la cantidad de organismos que viven en el fondo de los cuerpos de agua que habita, disminuye la turbidez del agua, favorece la presencia de plantas y aves acuáticas, y constituye una importante fuente de alimentación para peces locales. Pero para instalaciones industriales y centrales generadoras de electricidad, incluidas las nucleares, que utilizan agua de ríos y lagos, es un flagelo, porque taponan filtros y cañerías. Además, su actividad favorece el desarrollo de algas tóxicas en lagos y embalses.

Hay centenares de ejemplos de este tipo, algunos muy dramáticos. En la década de 1980, la pesquería de la anchoa europea (*Engraulis encrasicolus*) colapsó en el Mar Negro y dejó sin trabajo a miles de pescadores y operarios. Si bien dicha pesquería ya estaba afectada por la sobreexplotación, la causa del colapso fue el ingreso vía agua de lastre y proliferación descontrolada de un pequeño organismo llamado ctenóforo con el nombre científico de *Mnemiopsis leidyi*, un invertebrado de consistencia gelatinosa, oriundo de aguas costeras del Atlántico norteamericano, que se alimenta de larvas de peces y otros animales integrantes de la dieta de la anchoa. Los ctenóforos son una categoría de invertebrados distinta de los celenterados o medusas, aunque a veces se aplica a ellos por error este último nombre. Curiosamente, unos años más tarde, también con agua de lastre, ingresó en el Mar Negro otra especie de ctenóforo (*Beroe ovata*) que se alimenta del primero, proviene de la misma región que este, redujo sus poblaciones y permitió el restablecimiento de la pesquería.

## Formas de mitigar los trastornos

En la década de 1990 comenzó a tomarse conciencia de que la carga y descarga de agua de lastre constituía un peligro latente para los ecosistemas acuáticos del mundo. Como resultado, la Organización Marítima Inter-

nacional (OMI) elaboró una serie de recomendaciones orientadas a mitigar las consecuencias de esa práctica del tráfico marítimo. La principal medida recomendada es realizar un recambio del agua de lastre en alta mar, con el objeto de evitar el traslado de especies costeras o de agua dulce de los puertos de origen a los de destino. La justificación del procedimiento reside en que los organismos que habitan el océano abierto no sobreviven en aguas costeras o dulces, y viceversa. Por ende los organismos costeros y de agua dulce no representan un peligro para el océano abierto, mientras que las especies del océano abierto no son riesgosas para los ambientes costeros y de agua dulce.

En concordancia con estas recomendaciones, la Prefectura Naval Argentina emitió un par de ordenanzas (7/98 y 12/98) que, entre otras cosas, regulan la descarga de agua de lastre en los puertos de la cuenca del Plata y en trece áreas protegidas a lo largo de la costa marítima argentina. Como cualquier otra regla, para garantizar su cumplimiento estas normas requieren que exista fiscalización.

## Un estudio de cinco puertos argentinos

Entre julio de 2007 y diciembre de 2008 se llevó a cabo en la Argentina un estudio orientado a evaluar el cumplimiento de las normas de la OMI y de la legislación argentina. Consistió en la fiscalización de los buques que arribaron a los puertos de Dock Sud (Buenos



*Mnemiopsis leidyi*, el pequeño invertebrado gelatinoso introducido involuntariamente en el Mar Negro por agua de lastre y responsable allí del colapso de las pesquerías de anchoa europea. Foto de Steven G Johnson, tomada en el Boston Aquarium, Wikipedia Commons.

Aires), San Antonio Este (Río Negro), Puerto Madryn (Chubut), Puerto Deseado (Santa Cruz) y Ushuaia (Tierra del Fuego).

Recibieron en ese lapso embarcaciones provenientes de Algeciras y Gibraltar, España; Amberes, Bélgica; Gdynia, Polonia; Kaliningrado y San Petersburgo, Rusia; Klaipėda, Lituania; Portsmouth, Reino Unido; Rotterdam y Vlissingen, Holanda; y Zeebrugge, Bélgica, todos en Europa; Casablanca, Marruecos; Dakar, Senegal; Lagos y Port Harcourt, Nigeria; Las Palmas, islas Canarias; Lomé, Togo; Matadi, República Democrática del Congo; Pointe Noire, Congo; y Warri, Nigeria, todos en África; Willmington, Delaware, Estados Unidos; St John's, Antigua y Barbuda; Bridgetown, Barbados; Panamá; Auckland, Nueva Zelanda; Rota, Turquía y Jeddá, Arabia Saudita; más, del Brasil, Aratu, Bahía; Imbituba y San Francisco del Sur, Santa Catalina; Paranaguá, Paraná; Río de Janeiro; Río Grande y Tramandai, Río Grande del Sur; Salvador, Bahía; Santos, San Pablo; Villa del Conde, Pará; y Vitoria, Espíritu Santo; de Chile, Puerto Williams, Punta Arenas, Quellón, San Antonio, San Vicente y Valparaíso; Montevideo; y los puertos argentinos de Bahía Blanca, Campana, Mar del Plata, San Pedro y Zárate, además de Puerto Argentino, en las Malvinas.

Los relevamientos de campo del estudio estuvieron a cargo de personal de la Prefectura Naval, mientras que los análisis biológicos fueron realizados por una decena de especialistas de diferentes instituciones.

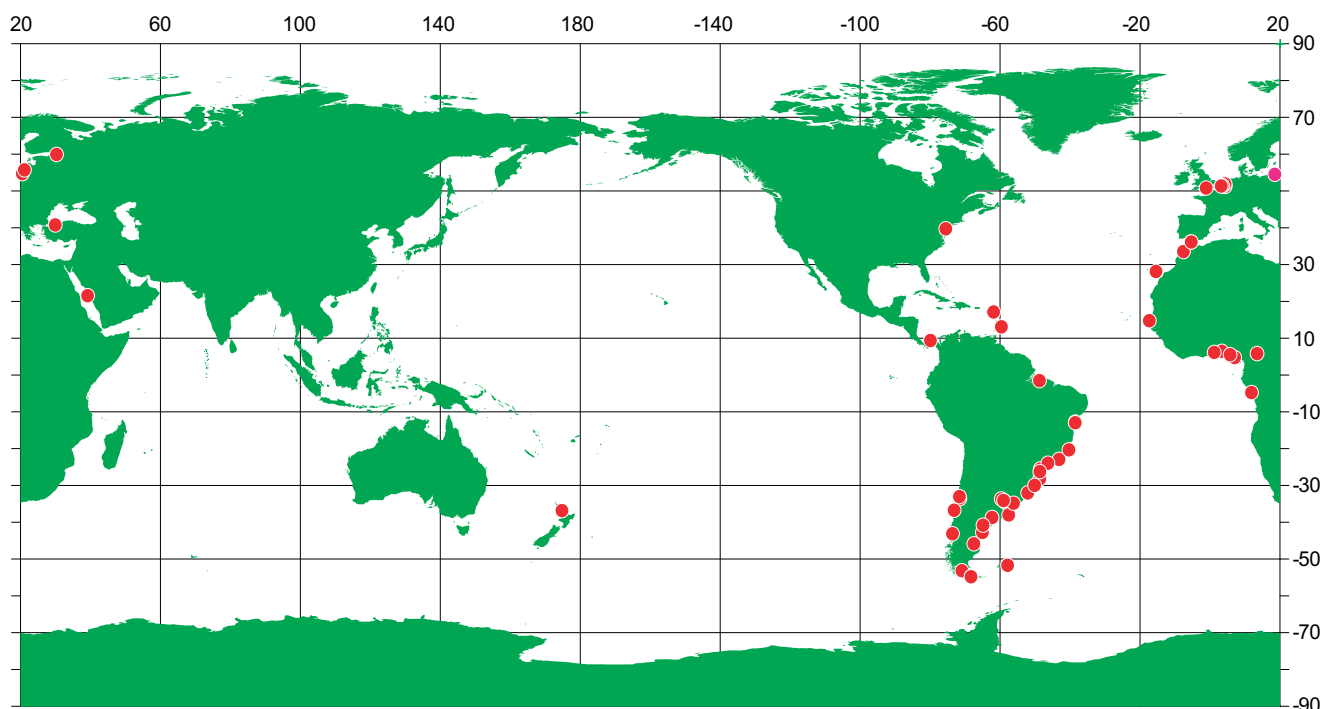
Se analizaron las planillas de manejo de agua de lastre

de los buques, en las cuales se detalla, para cada uno de los tanques (puede haber más de veinte por embarcación), dónde y cuándo se cargó el agua, dónde, cómo y cuándo se hizo el recambio, y dónde y cuándo se realizó la descarga. Además se tomaron muestras de agua de lastre de tanques seleccionados al azar para verificar qué organismos contenían, determinar si eran de agua dulce o marinos, costeros o de mar abierto, y para medir la salinidad del agua.

La salinidad del agua constituye un buen indicador de su origen, ya que en el océano abierto es normalmente mayor que 30 partes por mil (30 gramos de sal por litro de agua), mientras que en las aguas costeras puede ser considerablemente menor, y en las aguas interiores o dulces de ríos y lagos no supera generalmente las 4 partes por mil. En consecuencia, si un buque consigna en sus planillas que el agua de lastre que planea descargar en el puerto argentino fue reemplazada en altamar, pero su salinidad es inferior a 30 partes por mil, es señal de que el agua no fue cambiada, o que el cambio no se realizó de manera adecuada de acuerdo con las recomendaciones de la OMI.

En total el estudio fiscalizó a 194 buques comerciales para cumplir con los siguientes objetivos:

- Caracterizar del tráfico comercial de los puertos indicados y relevar el lugar de origen de los buques entrantes.
- Evaluar el grado de conocimiento de las tripu-



Mapa que indica los puertos de origen nombrados en el texto de los viajes de buques comerciales que operaron con cinco puertos argentinos durante el período julio de 2007 a diciembre de 2008.



laciones tanto de las recomendaciones la OMI sobre agua de lastre como de las regulaciones argentinas en la materia.

- Analizar la documentación relacionada con el manejo del agua de lastre, comprobar el cumplimiento de las normas y verificar la utilidad de la documentación para constatar los movimientos del agua de lastre.
- Analizar la salinidad del agua de los tanques de lastre.
- Determinar los tipos de organismos vivos y muertos presentes en los tanques de lastre y establecer la presencia de especies potencialmente peligrosas para los ecosistemas locales.

El estudio indicó que en la mayor parte de los buques las tripulaciones estaban al tanto de las normas de la OMI y tenían a bordo una copia de ellas. Pero en más del 70% de los navíos se desconocían las normas argentinas y carecían de copias de ellas a bordo.

El 77% buques inspeccionados (149) llevaba algún tipo de registro de movimientos del agua de lastre, pero en solo 56 casos la información registrada permitía deducir inequívocamente el origen del agua; 138 buques carecían de esos registros, o llevaban planillas incompletas, desactualizadas, con información errónea o hasta vacías. En consecuencia, en el 71% de las inspecciones la documentación revisada no ofrecía información de utilidad para analizar el origen del agua de lastre.

Se tomaron muestras para determinar la salinidad del agua de lastre contenida en 261 tanques. Para más del 60% de ellos fue imposible establecer el origen del agua. Para 73 tanques se logró establecer el origen del agua y su salinidad. La gran mayoría de esos casos presentaron inconsistencias severas, incluyendo salinidades inferiores a 30 partes por mil para tanques supuestamente llenados en altamar, sitios de recambio de agua de lastre demasiado próximos a la costa o fuera del derrotero del buque, etcétera.

De 115 muestras biológicas obtenidas de diferentes tanques, 24 no contuvieron organismos identificables. En cada una de las restantes 91 se encontraron entre 1 y 103 especies diferentes, generalmente vivas y en buen estado de salud en el momento de su recolección. En total se registraron 408 especies de plantas y animales acuáticos, tanto marinos como de agua dulce. De estos, 3 especies marinas —dos algas unicelulares y un crustáceo microscópico— nunca antes habían sido registradas en aguas argentinas y podrían constituir nuevas introducciones.

Estos resultados muestran que en la fecha del estudio el grado de cumplimiento de las normas locales e internacionales sobre manejo de agua de lastre era su-

mamente bajo. Las labores de manejo del agua de lastre y su registro detallado requieren de las tripulaciones un esfuerzo que, si pueden, procuran evitar. La señal más clara de que inspecciones periódicas pueden mejorar el cumplimiento de las normas es que en varios buques inspeccionados más de una vez —en el mismo o en diferentes puertos—, en el lapso de 18 meses que abarcó el estudio, se apreciaron con cada nueva entrada a puerto evidentes adelantos en el buen manejo del agua de lastre y de los correspondientes registros. Se puede decir que los controles realizados por la Prefectura contribuyeron a mejorar la respuesta de las tripulaciones.

## La situación actual

El estudio comentado fue el punto de partida de una serie de acciones llevadas a cabo en varios puertos del país. Una de ellas fue capacitar a personal de la Prefectura en el muestreo de agua de lastre y en cuestiones de seguridad y protección ambiental. Eso se llevó a cabo en todos los puertos del Paraná y del Plata, además de los puertos marítimos comerciales expuestos a recibir especies exóticas. La Prefectura adquirió equipos de medición de salinidad para quince puertos clave, con el fin de posibilitar inspecciones rutinarias in situ por parte de su personal, cosa que este efectúa regularmente en la actualidad.

Como resultado de estos controles, durante 2011 se impusieron sanciones a media docena de buques comerciales que no cumplían con las disposiciones de manejo de agua de lastre, incluyendo la prohibición de entrar en puerto o la exigencia de regresar a altamar para realizar el cambio del agua de lastre. Por otro lado, se diseñaron formularios de inspección para obtener datos que permitan confeccionar estadísticas e identificar riesgo en los puertos.

En 2004 la OMI instrumentó el Convenio Internacional de Control y Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos. Para su entrada en vigor se requiere que sea ratificado por lo menos por treinta países cuyos buques representen más del 35% del tonelaje total de la flota mercante mundial (los 35 signatarios actuales representan el 30% de ese tonelaje mundial; en la Argentina, el proyecto de ley ratificatoria está en trámite en el Congreso). El ritmo de adhesiones indica como muy probable que el convenio entre en vigencia hacia fines de 2013, y haga así obligatorio cumplir con normas estrictas en materia de riesgo de dispersión de especies por el agua de lastre.

Los puertos patagónicos no son los más vulnerables en cuanto a la introducción de especies, tanto por su nivel moderado de actividad, como por el comparativamente modesto tonelaje que mueven. Cuanto mayor




Control de salinidad del agua de lastre por parte de personal de la Prefectura Naval Argentina.

es el peso de la carga que se embarca, mayores son las posibilidades de que los buques entren a puerto vacíos o semivacíos y salgan completamente cargados. Ello implica que entran con mucha agua de lastre y salen sin ella, y que la liberen en o cerca del puerto. En este sentido, son mucho más vulnerables los puertos cerealeros, en la costa marina (Quequén o Bahía Blanca) y, principalmente, en el río Paraná. Por los puertos del Paraná sale el 95% de las exportaciones argentinas de granos. Es probable que una buena parte del agua de lastre de los buques que operan en esos puertos fluviales se descargue en aguas marinas o salobres en la desembocadura del Río de la

Plata, para entrar con el mínimo calado al poco profundo estuario.

Según datos recopilados en la Universidad Nacional del Sur (<http://www.uns.edu.ar/inbiar/top.htm>), en la Argentina se han registrado unas 650 especies introducidas, de las cuales algo menos del 25% son acuáticas. En comparación con otros lugares del mundo, se trata de números moderados, lo que puede deberse a la baja actividad de los puertos argentinos, al hecho de estar ubicados en el extremo de las derrotas de los buques comerciales, a que el mayor tráfico proviene de países vecinos, de los que no es probable que lleguen especies que no estén ya viviendo en nuestras aguas, y a las condiciones costeras poco favorables para el arraigo de organismos introducidos, por sus aguas frías y turbulentas, y la escasez de sustratos duros.

A pesar de lo anterior, se siguen registrando nuevas especies a lo largo de la costa. Algunos ejemplos entre otros de los últimos años son un alga japonesa (*Undaria pinnatifida*) que está desplazando a las locales en áreas costeras de la Patagonia, el cangrejo verde (*Carcinus maenas*) y un caracol asiático depredador (*Rapana venosa*). El país está lejos de ser inmune al riesgo de las invasiones biológicas, lo que hace aconsejable replicar los controles del agua de lastre efectuados en el estudio que se comentó en todos los puertos argentinos, sobre todo los marítimos de la provincia de Buenos Aires y los del río Paraná.

Esta problemática seguramente no es exclusiva de la Argentina, sino común a diversos países tanto en América del Sur como en otros lugares donde el cumplimiento de las normativas de la OMI por parte de los buques es laxo. 

## LECTURAS SUGERIDAS

**BOLTOVSKOY D, ALMADA P & CORREA N**, 2011, 'Biological invasions: assessment of threat from ballast-water discharge in Patagonian ports', *Environmental Science and Policy*, 14, 5: 578-583.

**DARRIGRAN G y DARRIGRAN J**, 2001, 'El mejillón dorado, una obstinada especie invasora', *CIENCIA HOY*, 61: 20-23, febrero-marzo.

**KIDDEYS AE**, 2002, 'Fall and rise of the Black Sea ecosystem', *Science*, 297: 1482-1483, agosto.

**PAOLUCCI EM, CATALDO DH y BOLTOVSKOY D**, 2012, 'Un mejillón invasor alimenta a peces nativos', *CIENCIA HOY*, 127: 40-45, febrero-marzo.

-, 2012, 'Nueva dieta para las larvas de peces locales: consecuencias de una invasión biológica', *CIENCIA HOY*, 127: 4-45, junio-julio.

**PENCHASZADEH PE** (ed.), 2005, *Invasores. Invertebrados exóticos en el Río de la Plata y región marina aledaña*, Eudeba, Buenos Aires.

**SCHWINDT E**, 2008, 'Especies introducidas', en Boltovskoy D (ed.), *Atlas de sensibilidad ambiental de la costa y el Mar Argentino*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, accesible en [http://atlas.ambiente.gov.ar/tematicas/mt\\_04/especies.htm](http://atlas.ambiente.gov.ar/tematicas/mt_04/especies.htm).



### Nancy Correa

Licenciada en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.

Jefa de la sección Biología, Servicio de Hidrografía Naval., Ministerio de Defensa.

[ncorrea@hidro.gov.ar](mailto:ncorrea@hidro.gov.ar)



### Pablo S Almada

Licenciado en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.

Estudiante de doctorado, departamento de Ecología, Genética y Evolución, FCEYN, UBA.

[pabalmada76@yahoo.com](mailto:pabalmada76@yahoo.com)

Suscríbese al conocimiento

# CIENCIAHOY

Si lo apasiona la ciencia  
y el descubrimiento...  
no puede dejar pasar  
esta oportunidad

Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A  
(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires  
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330

Suscríbese por internet en el sitio  
<http://www.cienciahoy.org.ar/suscripcion/index.php>  
usando la opción Dinero Mail (solo Argentina)





Nicolás Bonadeo, Jefe del Departamento de Física Aplicada y Ensayos No Destructivos.

130 profesionales, 249.600 horas  
de investigación al año.

Desde el Centro de Investigación Industrial de Tenaris en Campana se mejoran los procesos en planta mientras se estudia e investiga el producto junto a usted. Para que pueda contar con la mejor respuesta de nuestros productos hasta en la más exigente de sus operaciones. Porque para que pueda llegar lejos, necesitamos estar más cerca.

**Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.**