# Índice

2	¿QUÉ TE PICA CUANDO TE PICA AL SALIR DEL AGUA? por Aylen A. Veleizán y Verónica R. Flores
8	LA HISTORIA DE UNO DE LOS ÁRBOLES MÁS FAMOSOS DE LA CIENCIA por Guillermo Abramson
14	SECRETOS GUARDADOS EN LA CABEZA DE ANIMALES EXTINTOS por Ariana Paulina-Carabajal
22	DESDE LA PATAGONIA SEGUNDO WORKSHOP DE DIFUSIÓN Y ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA por Mariana Orellana
<b>27</b>	EDDY RAPOPORT, NUESTRA DESPEDIDA
28	UNA PEQUEÑA GRAN INVASORA por Romina F. Betancurt, Gustavo Baffico y S. Guadalupe Beamud
35	RESEÑA DE LIBRO ARCHIVOS DEL SILENCIO. ESTADO, INDÍGENAS Y VIOLENCIA EN PATAGONIA CENTRAL, 1878-1941 por Lorena Cañuqueo
36	¿QUÉ SE ESCONDE TRAS LA INTRODUCCIÓN DE UNA ESPECIE? por Carlos Rauque, Agustina Waicheim, Pedro Cordero y Guillermo Blasetti
42	ENSAYO ECOLOGÍA Y CAPITALISMO por Ariel Petruccelli
48	REPORTAJE DR. VÍCTOR PENCHASZADEH por Andrea Premoli y Andrés López
56	CIENCIA AL PASO EMBALDOSAR EL PATIO por Mónica de Torres Curth
60	EN LAS LIBRERÍAS
	ARTE: CHINGOLO CASALLA

EL PIOJO DE PATO, LA CERCARIA Y LA DERMATITIS CERCARIAL

# ¿QUÉ TE PICA CUANDO TE PICA AL SALIR DEL AGUA?

La patología conocida como dermatitis cercarial es una reacción alérgica cutánea que afecta a los bañistas, causada por platelmintos parásitos de caracoles y aves acuáticas.

### Aylen A. Veleizán y Verónica R. Flores

Los platelmintos (Platyhelminthes) o gusanos planos son animales invertebrados macizos y aplanados, que pueden ser de vida libre o parásitos. La mayoría de ellos poseen ambos sexos en un mismo individuo (hermafroditas) y se clasifican en diferentes grupos según la forma en la que se sujetan al hospedador, las características de los órganos reproductivos y los estadios larvales que están presentes en el ciclo de vida (ver Glosario). Una de las clases en las que se dividen los platelmintos, denominada Trematoda, incluye a la familia Schistosomatidae (ver Recuadro), cuyo nombre significa "cuerpo partido" dado que los individuos no son hermafroditas sino que hay machos y hembras, la cual es una característica excepcional para esta clase.

Los trematodes pasan por varios estadios larvales en su ciclo de vida, pudiendo alojarse en hasta tres hospedadores, de los cuales uno o dos son hospedadores intermediarios (ver Glosario), y el tercero es el hospedador definitivo (ver Glosario).

En particular para las especies de la familia Schistosomatidae, el hospedador intermediario es un caracol acuático, mientras que un ave cumple el rol de hospedador definitivo (ver Figura 1). Los parásitos adultos viven en las venas que rodean al intestino de gaviotas, patos, gallaretas y cisnes de cuello negro. Los huevos

**Palabras clave:** caracoles, dermatitis cercarial, factores de riesgo, prevención.

#### Aylen A. Veleizán<sup>1</sup>

Lic. en Ciencias Biológicas aylenveleizan@hotmail.com

#### Verónica R. Flores

Dra. en Biología veronicaroxanaflores@gmail.com

<sup>1</sup> Laboratorio de Parasitología, Centro Regional Universitario Bariloche, INIBIOMA (CONICET – UNCo).

Recibido: 13/06/2016. Aceptado: 06/09/2016

Clasificación taxonómica de los esquistosomátidos presentes en Patagonia.

Phylum: Platyhelminthes

Clase: Trematoda

Familia: Schistosomatidae

**Especies**: Dendritobilharzia rionegrensis

Trichobilharzia szidati

depositados por los gusanos adultos, atraviesan los vasos sanguíneos y la pared del intestino para salir al exterior con la materia fecal. Del huevo sale la primera larva (miracidio) que nada en busca del caracol, en el cual ingresa y se desarrolla en una segunda larva (esporocisto). Esta larva a su vez produce asexualmente numerosos esporocistos "hijos". Luego, cada uno de estos esporocistos hijos produce asexualmente una enorme cantidad larvas conocidas como cercarias. Las cercarias salen del caracol y nadan en busca del hospedador definitivo. Las sucesivas reproducciones asexuales del parásito contribuyen a asegurar el éxito reproductivo de la especie, calculándose que se producen alrededor de 100.000 cercarias por cada miracidio que ingresa a un caracol (ver Figura 1).

### ¿Qué es el piojo del pato?

Los nombres comunes como "piojo de pato" o "pique" son aquellos con los que se conoce al agente causal de la dermatitis cercarial o esquistosómica (en inglés swimmer's itch). Esto hace que la mayoría de las personas consideren que son los piojos comunes de las aves los culpables de esta dolencia. Sin embargo no se trata de un piojo, sino que la afección es causada por algunas especies de cercarias de la familia Schistosomatidae (ver Figura 1). La cercaria, que es la larva que causa la dermatitis, nada en el agua impulsada por su cola en busca de patos, cisnes o ga-

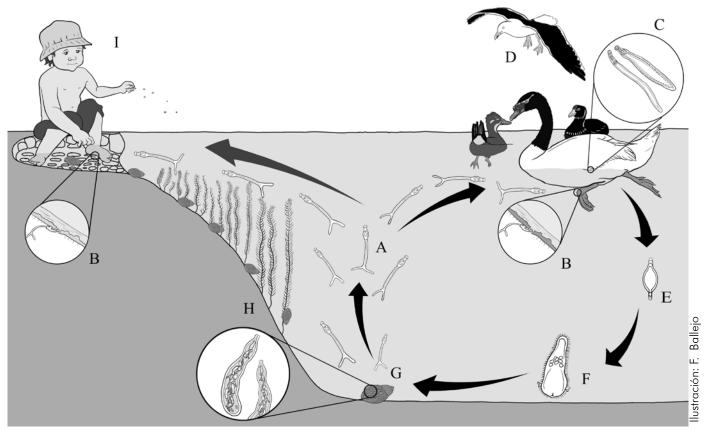


Figura 1. Ciclo de vida de Schistosomatidae. Estadios del parásito: A. Cercarias; B. cercarias penetrando; C. Adultos; E. Huevo; F. Miracidio D. Hospedadores definitivos, aves acuáticas (gaviotas, gallaretas, patos y cisnes de cuello negro); G. Hospedadores intermediarios, caracoles pulmonados (*Chilina* sp.); H. Esporoquiste; I. Hospedadores accidentales.

llaretas que son sus hospedadores definitivos. Es atraída hacia el hospedador por su temperatura corporal, y dado que la temperatura de los seres humanos es similar a la de las aves, estas larvas infectan a las personas accidentalmente. Cuando la cercaria penetra en la piel de un bañista, se desarrolla la dermatitis cercarial, generando una fuerte picazón, que es el resultado de la destrucción del parásito en la dermis (capa inferior de la piel), lo que desencadena una reacción alérgica.

### Historia y distribución del "piojo del pato"

El hecho de que las cercarias de la familia Schistosomatidae sean agentes causales de la dermatitis cercarial se determinó por primera vez en 1928, en los grandes lagos de los Estados Unidos. En diversos lugares del mundo, especialmente en áreas templadas, se ha incrementado el número de casos y se han registrado brotes, los cuales han sido asociados al cambio climático. Algunos autores sugieren que otros factores podrían explicar la aparición de brotes, como por ejemplo la eutrofización (ver Glosario) de los ambientes acuáticos y la colonización de los mismos por caracoles susceptibles y por patos infectados que anidan en dichos sitios. En Argentina, los primeros casos de dermatitis cercarial se registraron en la década del '50 en la laguna Chascomús (Buenos Aires). Posteriormente, en la década del '80, se registraron casos en el lago Pellegrini (Río Negro). Más recientemente, se produjeron brotes en los lagos Mari Menuco y Los Barreales (Neuquén), en la laguna La Patagua en la Península de Quetrihué (Río Negro) y en el lago Puelo (Chubut). Los brotes de dermatitis cercarial en los lagos Pellegrini y Mari Menuco son recurrentes cada verano, cuando las temperaturas son altas, mientras que en el lago Puelo los brotes son ocasionales registrándose en veranos excepcionalmente cálidos como el del año 2009.

En Argentina, se han identificado 11 especies de cercarias (ver Figura 2), de las cuales tres se han registrado en diferentes especies de caracoles patagónicos del género Chilina (ver Figura 3). Además, se ha descripto una especie (Dendritobilharzia rionegrensis) a partir de gusanos adultos que se encontraron parasitando las venas de la gallareta de escudete rojo (Fulica rufifrons) en el lago Pellegrini. De las especies registradas en Patagonia aún no se ha podido identificar cuáles de ellas son las que provocan esta dolencia.

## ¿Qué sabemos de la cercaria? Biología del estadío infectante.

La emergencia de las cercarias desde los caracoles ocurre principalmente en horas tempranas del día, momento en el cual la mayoría de las aves acuáticas se encuentran en el agua y pueden ser infectadas. Una

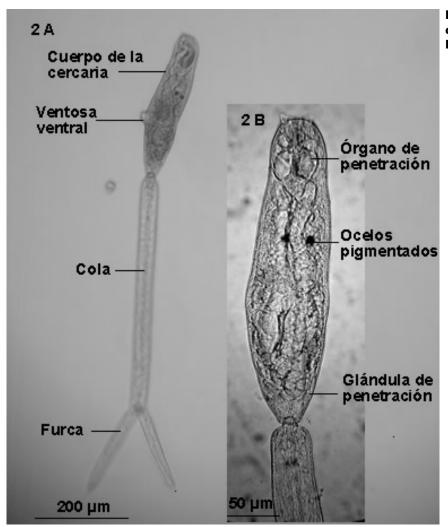


Figura 2. A. Agente causal de la dermatitis cercarial (Cercaria). B. Detalle del cuerpo de la cercaria.

dar hacia la superficie, mostrando un complejo patrón de comportamiento que se repite en el tiempo, con fases de natación y de reposo. La fase de natación se caracteriza por un movimiento activo hacia zonas más luminosas, en la superficie del agua. Para detectar la luz las cercarias poseen dos tipos de fotorreceptores, los pigmentados (ocelos) que se encuentran en la zona dorsal del cuerpo y permiten detectar la dirección de la luz entrante para controlar la trayectoria de la natación, y los no pigmentados que sirven como monitores de intensidad de la luz. Las cercarias se concentran formando "nubes de larvas" justo por debajo de la superficie del agua, donde se encuentran nadando las aves. El comportamiento de la natación de las cercarias se estudió en detalle para una especie europea (Trichobilharzia szidati) y se observó que las mismas son capaces de reaccionar a estímulos de sombras que se mueven, lo que provoca que naden hacia adelante en búsqueda de las patas de las aves acuáticas, que es el sitio por donde penetran. También se desencadenan movimientos para fijarse al hospe-

dador, como por ejemplo extender su ventosa ventral (ver Figura 2). Estos movimientos son incrementados

vez que la cercaria sale del caracol comienza a na-

por estímulos térmicos y químicos emitidos por la piel. Entre las señales químicas que perciben están los ácidos grasos poliinsaturados, como el linoleico que se encuentran en las membranas celulares y como moléculas libres en la superficie de la piel de los seres humanos y de las aves.



Figura 3. Caracoles de la especie Chilina gibbosa.

Imagen: V. Flores



Figura 4. Pápulas causadas por la penetración de cercarias.

Se ha observado que cada especie de cercaria responde de manera diferente a las variaciones de la intensidad de la luz, la sombra y las señales físicas y químicas. Esta capacidad de percibir las señales del ambiente refleja las adaptaciones de las diferentes especies de parásitos a sus hospedadores definitivos. El comportamiento para la penetración comienza una vez que se localizaron las patas de las aves y, en el caso de los humanos, es guiado por las arrugas de la piel o los folículos pilosos, lugares donde se registran la mayoría de los sitios de penetración. Las cercarias aceleran el proceso de penetración mediante secreciones de unas glándulas ubicadas en su cuerpo (ver Figura 2). Estas glándulas liberan sustancias a través de aberturas en el vértice del órgano de penetración durante los movimientos de empuje contra la superficie de la piel. Una vez atravesada la epidermis, la cercaria pierde la cola y comienza a migrar hacia la dermis, para luego alcanzar las venas que rodean al intestino de las aves. En el caso de los seres humanos, una vez que llega a la dermis, la cercaria muere.

magen: A.A. Veleizán

# ¿Cuáles son los síntomas de la enfermedad en el humano?

La infección produce una reacción alérgica que comienza con una picazón en el punto de penetración. Los síntomas que aparecen son hormigueo en la piel, sensación de quemazón y picazón. Luego, en el sitio de penetración, aparece una mácula (ver Glosario) de uno a dos milímetros de diámetro, que en algunos casos pueden persistir varias horas. Después de pasadas 10 a 15 horas desde la penetración, las máculas se transforman en una erupción de la piel formada por ronchas, pequeños granos, ampollas o pápulas (ver Glosario) con aspecto de picadura de insectos, que

alcanzan un diámetro de tres a cinco milímetros (ver Figura 4).

Las ronchas son el resultado de una respuesta exagerada (o descontrolada) del sistema inmune del individuo y su malestar se incrementa por el rascado. Al segundo y tercer día se forman vesículas y éstas generalmente se rompen por el rascado. Las pápulas en general desaparecen una semana después de la penetración, dejando un pequeño punto rojo en la piel.

La severidad y el curso que lleva la reacción alérgica dependen del número de cercarias a la que fue expuesta la persona, así como también las exposiciones previas y la susceptibilidad. Es posible que ante una primera exposición al parásito, no se produzca la aparición de los síntomas, pero exposiciones repetidas aumentan la sensibilidad de las personas y con ello, la probabilidad de desarrollar la dermatitis cercarial. La picazón puede ocurrir en un rango desde nula hasta causar insomnio. Penetraciones masivas de cercarias pueden causar fiebre, inflamación de las extremidades, náuseas y diarrea. En casos severos o en reinfecciones continuas, la dermatitis puede transformarse en crónica.

## ¿Cuál es el impacto de esta enfermedad en las economías locales?

Esta dolencia es considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) una "enfermedad emergente", dado que en la última década se han detectado brotes en áreas recreacionales en diferentes latitudes de América del Norte, Europa y Asia. En América del Sur, han sido citados casos de dermatitis cercarial en Chile y en Argentina. La ocurrencia de brotes en personas que visitan un determinado ambiente acuático tiene efectos negativos principalmente sobre el tu-



Figura 5. Cartel del lago Pellegrini mostrando cuál es la bandera que indica la presencia de cercarias.

rismo, ya que desalienta el uso recreacional de estos ambientes. Aunque no hay cálculos precisos acerca de la incidencia de esta enfermedad a nivel mundial, en la última década es cada vez más frecuente el registro de casos en áreas recreacionales.

### ¿Cómo se diagnostica y se trata?

El diagnóstico clínico de esta dolencia no es sencillo porque las lesiones producidas en la piel son similares a las de otras dermatitis de contacto, picaduras de insectos y dermatitis causadas por bacterias. Para realizar el diagnóstico es necesario considerar, además la información clínica y la epidemiológica, es decir si la persona ha estado en reciente contacto en lagos o lagunas con cercarias dentro de las 96 horas previas; y que la aparición de máculas y/o una severa picazón ocurra dentro de las 12 a 24 horas post-exposición, solamente en las partes del cuerpo que estuvieron inmersas en el agua.

Cuando las personas desarrollan la dermatitis cercarial, se aconseja la aplicación de compresas frías para mitigar la molesta picazón, como así también realizar baños con sales de *Epsom* o de bicarbonato de sodio. Particularmente los visitantes de algunos de los balnearios patagónicos suelen aplicar productos caseros como vinagre, con la creencia de que esto genera alivio, aunque estos métodos no están comprobados científicamente. Un elemento fundamental es evitar el rascado de la zona afectada ya que se puede provocar ulceración y llevar a una infección bacteriana

secundaria. Si la reacción alérgica es muy intensa se debe consultar al médico para una medicación adicional.

### Factores de riesgo

El uso intensivo de los ambientes acuáticos para realizar actividades como windsurf, kit surfing, natación, rafting y canotaje, junto con el incremento de ambientes artificiales ha aumentado el reporte de casos de dermatitis cercarial. La aparición de los brotes se da generalmente cuando aumenta la temperatura, tanto del aire como del agua, en primavera y en verano, lo que coincide además con el uso del ambiente con fines recreativos. Un factor de riesgo que está involucrado en la dermatitis cercarial, entre otros, es la hora del día en el que se realizan las actividades acuáticas, dado que las cercarias presentan un ritmo de emisión diario, donde la mayor cantidad de larvas liberadas ocurre en horas de la mañana.

Por otra parte, la actividad humana genera cambios climáticos, como el calentamiento global y la eutrofización de los ambientes acuáticos, permitiendo que las cercarias se dispersen a sitios donde antes estaban ausentes y que los períodos de transmisión del parásito se prolonguen. El calentamiento global incrementaría la producción de cercarias en los sitios ya infectados y asimismo facilitaría la colonización de nuevos ambientes asociados a la migración de aves acuáticas. La eutrofización permite el crecimiento poblacional de los caracoles y con ello el número de individuos infectados. Las características ambientales como la dirección

del viento también afectan la probabilidad de infección, dado que las cercarias pueden ser arrastradas con las olas de un lugar a otro o acumularse en determinados sectores de los lagos, fenómeno que pudimos observar en el lago Pellegrini. En general, se considera que los factores de riesgo para los bañistas son: la edad, siendo los niños los más susceptibles dado que permanecen largos períodos a escasa profundidad en el agua; realizar actividades acuáticas por la mañana, y haber sido infectado en el pasado.

### ¿Cómo se puede evitar?

Las medidas de prevención pueden ser clasificadas en ambientales y personales; entre las primeras están las relacionadas con el conocimiento de la presencia, la biología y la ecología de estos parásitos en los cuerpos de agua. En Argentina, queda un largo camino por recorrer dado que el conocimiento sobre estos parásitos aún es escaso. Entre las medidas de prevención personales se aconseja: no nadar durante la mañana, por ser el horario de mayor emergencia de cercarias, evitar las zonas costeras, poco profundas y con abundante vegetación acuática, por ser los lugares donde está la mayor densidad de caracoles de los cuales salen las cercarias y al momento de ingresar al agua protegerse la piel con ropas que la cubran adecuadamente o utilizar protectores solares. Esto último se pudo comprobar mediante encuestas, realizadas recientemente en los lagos Pellegrini y Mari Menuco, donde las personas que utilizaron estos productos reportaron un menor porcentaje de infección.

Aunque estos métodos pueden reducir el riesgo de contraer la dermatitis cercarial, el único totalmente efectivo es evitar bañarse en aguas donde está presente este parásito (ver Figura 5).

#### Glosario

**Ciclo de vida:** es el conjunto de generaciones o estadios de un organismo, incluyendo aquellas con reproducción sexual y asexual.

**Eutrofización:** es el incremento de nutrientes como fósforo y nitrógeno en un cuerpo de agua, generalmente producto de actividades humanas. Este proceso induce el crecimiento de algas y modifica el ecosistema acuático.

**Hospedador:** organismo que alberga un parásito y que en general sufre un perjuicio causado por este último

**Hospedador intermediario:** organismo que alberga las larvas de un parásito.

**Hospedador definitivo:** organismo parasitado por el estadio adulto de un parásito, es decir donde el parásito puede reproducirse.

**Mácula:** lesión cutánea que consiste en una mancha de la piel, sin elevarse respecto de la piel que la rodea.

**Pápula:** erupción de la piel, menor a 1 cm de diámetro, con bordes bien definidos y contenido sólido.

### Lecturas sugeridas

Flores, V.R., Brant S.V. y Loker E.S. (2015). Avian schistosomes from the South American endemic gastropod genus *Chilina* (*Pulmonata*, *Chilinidae*), with a brief review of South American schistosome species. *Journal of Parasitology* 101(5), pp. 565–576.

Horák, P., Mikeš L., Lichtenbergová L., Skála V., Soldánová M. y Brant S. (2015). Avian Schistosomes and Outbreaks of Cercarial Dermatitis. Clinical Microbiology Reviews 28 (1), pp. 165–189.

Kolárová, L., Horák P., Skírnisson K., Marečková H. y Doenhoff M. (2013). Cercarial Dermatitis, a Neglected Allergic Disease. Clinical Reviews in Allergy & Immunology 45 (1), pp. 63–74.

Veleizán, A.A., Flores V.R. y Viozzi G.P. (2016). Dermatitis cercarial en bañistas del norte de la Patagonia Argentina. *Medicina* 75, pp. 25–29.

DE INGLATERRA A BARILOCHE

# LA HISTORIA DE UNO DE LOS ÁRBOLES MÁS FAMOSOS DE LA CIENCIA

En el Instituto Balseiro tenemos un retoño del famoso Manzano de Newton. ¿Cómo lo conseguimos? Y, por otro lado, ¿es cierta la anécdota de que a Newton se le ocurrió la idea de la Gravitación viendo caer una manzana?

### **Guillermo Abramson**

#### La manzana

Todos conocemos la anécdota: Isaac Newton, el genial físico y matemático de la Revolución Científica del siglo XVII, tuvo una de las ideas más influyentes en la historia de la ciencia al ver una manzana cayendo del árbol. Se preguntó si la fuerza que atraía la manzana hacia el centro de la Tierra tendría alguna relación con la fuerza que mantenía a la Luna girando en su órbita. Newton podría haberse comido la manzana y listo. Pero no: Newton sabía calcular esas fuerzas y describir matemáticamente los movimientos (aparentemente tan disímiles) de ambos cuerpos (ver Recuadro). El resultado fue una de las primeras grandes unificaciones en la historia de la Física: la del movimiento de los objetos terrenales y los celestes. Newton descubrió que ambos obedecían a la misma acción, que llamó Gravitación Universal.

Cabe preguntarse, por supuesto, si la historia de la manzana es cierta o no. Se trata de una de esas anécdotas acerca de personajes históricos que parecen inventadas. En este caso, sin embargo, es muy probablemente cierta. Si bien Newton no habla de manzanas en ninguno de sus escritos, existen varios relatos de personas a quienes él mismo les habría contado la famosa historia. Entre ellas están su sobrina favorita Catherine Barton y su marido John Conduitt, Master of the Mint (presidente de la Casa de la Moneda). Catherine se lo contó a su vez a Voltaire, quien fue el primero en reproducir la anécdota en forma impresa.

**Palabras clave:** historia de la ciencia, Instituto Balseiro, Newton

### **Guillermo Abramson**

Dr. en Física Centro Atómico Bariloche, Instituto Balseiro y CONICET, Bariloche, Argentina abramson@cab.cnea.gov.ar

Recibido: 12/01/17. Aceptado: 24/04/17

Conduitt lo relata así en sus memorias:

"En el año 1665, cuando se retiró a su casa en ocasión de la Plaga, ideó su sistema de gravedad que se le ocurrió observando la caída de una manzana de un árbol."

Conduitt se refiere aquí a la Gran Plaga de Londres, una epidemia de peste bubónica que asoló Inglaterra entre 1665 y 1666. Fue uno de los rebrotes de la Peste Negra que había arrasado Europa entre 1347 y 1351, afectando profundamente todos los órdenes de la vida de la sociedad medieval. En la primavera de 1665 la epidemia escapó de control y acabaría cobrándose 100 mil víctimas, un quinto de la población de Londres. Ese año el joven Isaac Newton había obtenido su grado en la Universidad de Cambridge y, como ésta cerró a causa de la peste, Newton se retiró a la finca de su madre en Woolsthorpe-by-Colsterworth, una aldea entre Cambridge y Nottingham. Allí pasó 18 meses, período al que llamó su annus mirabilis, su "año milagroso". En ese lugar, a los 23 años de edad, revolucionó la matemática inventando el cálculo infinitesimal, formuló las leyes fundamentales de la mecánica, renovó la ciencia de la óptica y, sobre todo, descubrió el mecanismo que explicaba el funcionamiento de los astros: la gravitación universal, completando con ello la obra de Kepler. Newton no lo publicaría hasta muchos años después, en 1684, pero un manuscrito suyo relata que la idea central de una acción remota, proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias, efectivamente nació durante su estadía en Woolsthorpe Manor.

Otro relato relevante para dar evidencia de la veracidad de esta anécdota, es el del arqueólogo William Stukeley. En sus memorias cuenta una visita de Newton, y menciona que después de comer salieron al jardín a tomar un té. A la sombra de unos manzanos Newton le contó que en esa misma situación, "sentado en actitud contemplativa, vio caer una manzana y la noción de la gravitación universal vino a su mente." Mencionemos finalmente el caso de William Dawson, amigo de Newton a quien visitaba ocasionalmente. Dawson había plantado en su jardín dos manzanos

#### De la manzana a la Luna

¿Cómo llegó Newton a formular la ley de gravitación, inspirado por un hecho tan mundano como la caída de una manzana? En las memorias de William Stukeley, el autor menciona que Newton le dice:

"¿Por qué la manzana desciende perpendicularmente al suelo? [...]Debe haber un poder de atracción en la materia: y la suma de este poder debe estar en el centro de la Tierra. [...] Hay una fuerza que se extiende por el universo."

Falta todavía la conexión con el movimiento de la Luna. En un manuscrito muy posterior (1714) el propio Newton refiere que:

"...comparé la fuerza requerida para mantener la Luna en su órbita con la fuerza de gravedad en la superficie de la Tierra, y encontré un acuerdo bastante bueno. Todo esto fue en los años de la Plaga de 1665 y 1666, ya que en esos días estaba en mis mejores años de inventiva, y se me daba la matemática y la filosofía mejor que nunca."

Nunca sabremos exactamente el razonamiento original de Newton sentado en su jardín, pero un texto del matemático y astrónomo escocés David Gregory relata una visita que hizo a Newton, y cuenta haber visto un manuscrito "anterior a 1669" con los cálculos. Newton imagina la Luna y la Tierra, como en la Figura 4. Si no existiera la atracción gravitatoria, en un tiempo infinitesimal (exagerado por claridad en la figura) la Luna se movería en línea recta de A a B, según la ley de inercia de Galileo. Pero debido a la atracción gravitatoria radial de la Tierra, la Luna "cae" de B a C. Si el fenómeno que produce la órbita de la Luna es el mismo que rige la caída de las manzanas, la ley de caída vertical también formulada por Galileo le permitiría calcular la aceleración de esta "caída". Newton calcula por métodos geométricos la distancia BC correspondiente a un movimiento de un segundo, y encuentra la aceleración. Al compararlo con la aceleración de la caída libre en la superficie de la Tierra, le da "algo más de 4000" veces menor. La distancia de la Luna al centro de la Tierra es 60 radios terrestres, esto es sesenta veces mayor que la distancia de la manzana (que está en la superficie) al centro de la Tierra. El cuadrado de 60 es 3600, así que la aceleración

debida a la fuerza gravitatoria debería ser 3600 veces menor sobre la Luna que sobre la manzana. La discrepancia no satisfizo a Newton, quien llegó a sospechar que el movimiento de la Luna se debía sólo en parte a la gravedad, y abandonó por varios años sus investigaciones sobre la gravitación.

Podemos modernizar el argumento para ver el resultado. Imaginemos que la órbita de la Luna es circular. Consideraciones puramente geométricas y cinemáticas, al estilo de las de Galileo, permiten calcular la aceleración centrípeta (vale decir, hacia el centro de la Tierra) experimentada por la Luna en su movimiento circular:  $\alpha_c = 60R \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ 

C 60R L Segen G. Abramson

Figura 4. La Luna en órbita de la Tierra "cae" de B a C en el tiempo que una manzana cae del árbol.

donde 60R es el radio de la órbita (expresada en radios de la esfera terrestre) y T es su período orbital. Poniendo valores aproximados,  $T\cong 27,5$  días= $27,5\times 86.400$  segundos y  $60R\cong 384.000$  km, y, obtenemos  $a_c=0,002685$  m/s² = g/3649, siendo g=9,8 m/s² el conocido valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra.

En 1679 Newton retomó sus cálculos sobre la dinámica y demostró que si la fuerza fuera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, entonces valdría la Primera Ley de Kepler: que las órbitas de los planetas y los satélites son elípticas, con el centro de fuerza en uno de los focos. Finalmente, en 1684, a pedido de Edmund Halley, Newton rehizo estos cálculos, los complementó y los publicó como El movimiento de los cuerpos en órbita. Allí repite "la prueba de la Luna", obteniendo esta vez "muy exactamente" una dependencia cuadrática con la distancia. Pero no se detuvo allí. Sus novedosos métodos matemáticos le permitieron describir muchísimas situaciones que nadie sabía cómo tratar: el movimiento de varios cuerpos, los medios viscosos, las órbitas de los cometas, el movimiento anómalo de la Luna, la precesión de los equinoccios, las mareas, la forma aplanada del globo terrestre y mucho más. Newton trabajó sin detenerse durante un año y medio. El resultado: los tres volúmenes de los *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*, publicados en 1687, la obra más influyente de la Revolución Científica del siglo XVII y una de las más extraordinarias de la historia de la ciencia. Todo salido de la reflexión de un hombre que un día vio caer una manzana, y se preguntó si la fuerza que la hacía caer no sería la misma que mantenía a la Luna en su órbita.



Figura 1. El manzano en casa de Newton, con dos troncos y dos copas tras la tormenta. Dibujo de Charles Turnor (1820).

bajo los cuales el sabio pasaba horas en solitaria meditación, retoños del que había en el jardín de la casa de Newton.

Es interesante señalar que en ninguno de estos relatos se dice "ver caer manzanas de los árboles", en general. Dicen específicamente una manzana de un árbol. Estos detalles, sumados al hecho de que Newton no tenía ningún motivo para inventar algo semejante, le dan a la historia bastante verosimilitud.

#### El manzano

Supongamos entonces que la anécdota es cierta. È Sería posible identificar el árbol? Desde tiempos de Newton los paisanos de Woolsthorpe les mostraban a los visitantes curiosos el árbol: un manzano en el jardín de Woolsthorpe Manor. La tradición se mantuvo durante más de un siglo, hasta que el añoso árbol fue arrancado por una fuerte tormenta en 1814. Para preservarlo se cortó un gajo y se lo plantó en casa de Lord Brownlow en Belton. Alguien trajo un serrucho y cortó unas ramas, cuya madera otros vecinos conservaron para la posteridad (haciendo incluso una silla que aún existe).

Pero el árbol no murió, y un dibujo de 1820 lo muestra frondoso y con dos copas, una coronando un tronco erguido, y otra saliendo de una rama rastrera (ver Figura 1). Detrás del tronco vertical se ven dos tocones, de donde se habría cortado la madera tras

la tormenta. Existe también una copia de un dibujo anterior, de 1816, que muestra el mismo árbol desde otro ángulo, con el tronco partido pero sobreviviendo. Desde esa fecha hasta la actualidad el árbol siguió existiendo, y hoy en día puede visitarse en el jardín de Woolsthorpe Manor, convertida en museo.

Ahora bien, entre 1666 y 1816 pasaron muchos años. ¿Cómo sabemos que no hubo cambios en la casa y en el jardín? La verdad que éste es el eslabón más débil de la evidencia. Existen, sin embargo, dos dibujos de la casa hechos a principios y a fines del siglo XVIII respectivamente, donde pueden verse muy pocos cambios tanto en la construcción como en el jardín. Esto, sumado a la tradición centenaria de identificar al árbol específico, deja poco lugar al escepticismo.

#### El retoño

En el Instituto Balseiro tenemos un retoño del histórico manzano de Newton. La Biblioteca del Centro Atómico Bariloche preserva toda la documentación que acredita el trámite para su obtención. Comenzó en 1979, cuando era presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica el Dr. Carlos Castro Madero (Doctor en Física por el Instituto Balseiro). Durante un viaje al Reino Unido se enteró de la posibilidad de obtener un retoño a través de la East Malling Research Station, un instituto de investigación agrícola donde en 1940 fue propagado el retoño de la Casa Belton.

La cronología epistolar es la siguiente:

» 22 de junio de 1979.

Castro Madero le pide a Rodolfo Lucheta, agregado naval en Londres, que le ayude a conseguir un retoño pidiéndolo al director de la East Malling Research Station.

» 4 de julio.

Lucheta escribe a la Research Station transmitiéndole los deseos del presidente de la CNEA de honrar al sabio inglés plantando su manzano en Bariloche, preguntando cuánto costaría. » 18 de julio.

M. S. Parry, del Departamento de Pomología de la Estación, responde que con todo gusto y sin costo alguno. Recomienda que habría que hacer un injerto porque los gajos del manzano no hacen raíces, y asegurarse de autorizarlo por razones de sanidad, ya que en East Malling existía una peste endémica de los manzanos.

» 30 de julio.

Lucheta escribe a Castro Madero informando que puede conseguir el retoño y recomienda hacer el trámite a través del Ministerio de Agricultura, por las razones sanitarias.

» 20 de agosto.

Castro Madero agradece a Lucheta las gestiones e informa que tratará de hacerlo a través de la Secretaría de Agricultura.

» 2 de octubre.

Castro Madero vuelve a escribir a Lucheta, contándole que un Ingeniero Agrónomo, de apellido Seruso, estaba listo para recibir el histórico vegetal. Pide que que por las dudas manden dos ramas con varias yemas cada una.

» 3 de diciembre.

El asistente de Lucheta, comandante Alberto González, le escribe a Parry y le dice que mande los gajos a nombre de Seruso, en el Servicio Nacional de Sanidad Vegetal.

» 26 de mayo de 1980.

Castro Madero escribe dos cartas, una a Lucheta y otra a Parry, informando que los cortes han llegado a Buenos Aires. Expresa su sincero agradecimiento, y renueva su intención de plantarlos en el Centro Atómico Bariloche con una ceremonia de homenaje a la memoria del científico británico.

» 4 de junio.

Lucheta escribe a Parry, contándole que le informan de Buenos Aires que el histórico manzano ha sido plantado en el Centro Atómico Bariloche (con homenaje), y le expresa su extremo agradecimiento por la maravillosa donación.

es posible obtener gajos del célebre "Manzano de Newton", que le habría inspirado la formulación de la Ley de Gravitación Universal, solicitandolos a:

The Director, East Malling Research Station. East Malling, Kent, England.

Dicho dato suscitó mi interés por tratar de obtener un retino del arool instárico a fin de plantarlo en nuestro Centro Atómico Bariloche, en homenaje al eminente hombre de ciencia. Es por

neas pensando que posiblemente pueda Ud. brinda: guirlo.

(Gentiliza Biblioteca Leo Fallcov y su Archivo Histórico)

EAST MALLING RESEARCH STATION
EAST MALLING
MAIDSTONE
KENT
FORM ME19 688

Mith reference to your letter of 4th July we can supply a cutting from a tree which was derived from the original Sir Isxac Newton apple tree, but this will have to be grafted onto a seedling or special rootstock as it is very difficult to get apple cuttings to strike roots. The strict importation restrictions on sending Argentina. I would suggest you contect you

(Sentileza Biblioteca Lao Palicov y su Archiva Histórica)

Dear Mr. Parry.

I have now received news from Buenos Aires confirming that the cuttings you so kindly sent us from Sir ISAAC DETECTION historic apple tree have been clasted on the premises of our BARILOGE ATORIC SECTER. The importance of the occasion was accentuated by means of a ceremony in which a homoge was prize to the memory of Sir ISAAC NEWTON.

Receileds to say, ir. TERRY, we are extremely grateful to you - sed the East Halling Research Station - for this most wonderful donotion.-

Figura 2. Correspondencia (fragmentos) relacionada con la adquisición del retoño del Manzano de Newton.

Imagen: Gentileza Biblioteca Leo Falicov y Archivo Histórico.



Figura 3. El Manzano de Newton en el Instituto Balseiro.

El manzano fue plantado en el pequeño prado que se encuentra lindero a la Biblioteca y a la tumba de José Balseiro. Tras varios años resultó evidente que no estaba en un buen lugar: era una zona baja que frecuentemente se inundaba. El retoño no crecía bien y se empezó a temer que no sobreviviera. Finalmente, en julio de 1990, fue trasplantado con gran cuidado al lugar donde está ahora, en el mismo predio pero más cerca de la entrada de la Biblioteca. La maniobra resultó un éxito: inmediatamente la planta se puso fuerte, empezó a crecer, y al poco tiempo comenzó a dar frutos. Hoy en día es un hermoso manzano. A fines de octubre empieza a florecer, un poco más tarde que los manzanos "criollos" que hay en el campus, y hacia el final del verano se llena de fruta. Son de la variedad Flower of Kent, aparentemente rara hoy en día, pero documentada desde tiempos de Shakespeare. Son manzanas más bien chicas y de piel verde con manchas irregulares de un rojo carmesí. Son bastante ricas, no particularmente sabrosas, y mejores para cocinar que para comerlas frescas.

El árbol original de Woolsthorpe Manor aún vive, florece y da frutos. El Consejo del Árbol del Reino Unido lo ha declarado uno de los cincuenta Grandes Árboles Británicos. En 2016 fue secuenciado su genoma completo con el propósito de compararlo con los manzanos actuales, posteriores a la Revolución Industrial. Todos sus retoños son descendientes de dos linajes: uno es el de la Casa Belton, vía la East Malling Research Station; y otro es el de Kew Gardens, sitio al cual fue llevado directamente un retoño del árbol de Woolsthorpe Manor en el siglo XX. Todos ellos han sido declarados idénticos por los expertos que han inspeccionado cuidadosamente su follaje y frutos. Conociéndose ahora el genoma del árbol original, eventualmente se realizará alguna comparación genética de sus retoños. Hoy hay árboles de Newton en el Laboratorio TANDAR y en la Sede Central de la CNEA en Buenos Aires (que llegaron con el nuestro), en el National Bureau of Standards en Washington, el National Research Council de Canadá en Ottawa, el Dominion Physical Laboratory en Nueva Zelanda, el



Figura 5. Manzanas del Manzano de Newton en el Instituto Balseiro.

Queen's y el Trinity College de Cambridge, el National Physical Laboratory en Londres y en el Departamento de Física de la Universidad de York. Y seguramente en muchos otros lugares del mundo.

Si nos visitan en otoño, no dejen de comerse una manzana cargada de historia.

### **Agradecimientos**

Agradezco a la Biblioteca Leo Falicov, a su directora, Marisa Velazco Aldao y a Christina Martínez, responsable del Archivo Histórico, quienes me facilitaron copias de los documentos.

### Lecturas sugeridas

Chandrasekhar, S. (1996). Newton's Principia for the common reader Oxford University Press, Oxford. Herivel J. (1965). The background to Newton's Principia. Oxford University Press.

Hoblyn, T. N. (1955). El manzano de Newton. Traducción de la nota The Isaac Newton Apple, que acompañó la donación de los retoños que llegaron a la Argentina. En: Trámite Basico para la obtención del Newton Apple Tree 1979-1980. Biblioteca Leo Falicov, Instituto Balseiro.

Keesing, R. G. (1998). The history of Newton's apple tree. Contemporary Physics, 39, pp. 377-391.
Westfall, R. S. (1983). Never at rest: A biography of Isaac Newton. Cambridge University Press.
Maury, J. P. (2012). Newton y la Mecánica Celeste Blume.

PALEONEUROLOGÍA

# SECRETOS GUARDADOS EN LA CABEZA DE ANIMALES EXTINTOS

¿Qué tan inteligentes eran los dinosaurios? ¿Cómo era el cerebro de una tortuga que vivió hace 150 millones de años? ¿Se puede saber qué tan bien olían, veían y/o escuchaban los animales extintos? Los paleontólogos tratan de responder estas preguntas a través del estudio de moldes internos de cráneos fósiles, una rama de la paleontología que se denomina paleoneurología.

### Ariana Paulina-Carabajal

### ¿Qué es la Paleoneurología?

La paleoneurología es una rama de la paleontología que se dedica al estudio del sistema nervioso de animales extintos. Esto es posible mediante el estudio -principalmente morfológico- de moldes endocraneanos, o sea, de copias tridimensionales del espacio que ocupaban el cerebro y otros tejidos blandos asociados que no se preservan generalmente en el registro fósil. Al morir el animal, estos tejidos se disuelven o desintegran dejando la cavidad endocraneana vacía. Un molde o copia de esta cavidad permite al paleontólogo obtener información acerca de la morfología externa o superficial que tenía el cerebro. Para esto es necesario que se preserve, en un fósil, la parte ósea de la región del cráneo que alojaba el cerebro, llamada neurocráneo o caja craneana (ver Glosario), la cual tenía como función proteger al cerebro y los órganos de los sentidos (ver Figura 1A). El neurocráneo es una estructura compleja, formada por numerosos huesos generalmente fusionados entre sí, que está atravesada por orificios que daban paso a los nervios craneanos (por ejemplo el nervio óptico, el nervio olfatorio, el nervio trigémino) y a venas y arterias (por ejemplo la carótida interna, que llevaba sangre oxigenada al cerebro). En un cráneo de reptil, el neurocráneo está recubierto por otros huesos del cráneo, y en los fósiles muchas veces está cubierto por sedimento, por lo que en general es complicado acceder a la cavidad endocraneana. Cuando esto es posible, la confección e interpretación de un molde endocraneano (ver Glosario) permite estudiar, de forma indirecta, la morfología de

**Palabras Clave:** Argentina, molde endocraneano, paleobiología, paleoneurología, reptiles

### Ariana Paulina-Carabajal

Dra. en Ciencias Naturales INIBIOMA (CONICET-UNCo), Bariloche, Argentina a.paulinacarabajal@conicet.gov.ar

Recibido: 01/09/16. Aceptado: 19/01/17

las partes blandas que no han sido preservadas. El encéfalo de todos los vertebrados comparte las mismas regiones y estructuras, las cuales se dividen en un cerebro anterior, un cerebro medio y un cerebro posterior. En los distintos grupos de animales, lo que varía es el desarrollo relativo de determinadas regiones, como por ejemplo el bulbo olfatorio (que se desarrolla más en animales que dependen del olfato, como los que se alimentan de noche), o el cerebelo (región del encéfalo cuyo desarrollo refleja la capacidad motriz del animal). De esta manera, un cerebro con bulbos olfatorios muy desarrollados estaría indicando que el sentido del olfato era importante para el modo de vida del animal, lo mismo pasa con el lóbulo óptico y otras regiones encefálicas.

### ¿Qué tipos de moldes endocraneanos se conocen y cómo se obtienen?

Los moldes endocraneanos son copias del espacio que queda dentro del cráneo y que estaba ocupado por el encéfalo en vida del animal. Los moldes endocraneanos se clasifican en moldes naturales o artificiales (ver Figuras 1 y 2). Los moldes naturales son formados por la naturaleza misma y son muy raros en el registro fósil, por lo cual su hallazgo los hace únicos en su tipo (Figura 1D). Cuando el animal muere, los restos orgánicos que primero se descomponen corresponden a los tejidos blandos del cerebro y los tejidos asociados a éste, como los senos venosos. La cavidad endocraneana se rellena paulatinamente con sedimentos generalmente muy finos, que muchas veces tienen una composición y tamaño de grano distintos a los sedimentos que rodean el esqueleto y que luego se transformarán en la roca portadora del fósil. Cuando el sedimento que está dentro de la cavidad de la caja craneana se litifica (proceso mediante el cual el sedimento se transforma en roca) formando una estructura que es más dura que el hueso del cráneo que lo rodea, puede ocurrir que los restos craneanos se rompan dejando expuesto y a la vista solamente el molde endocraneano. Estos moldes naturales son muy poco frecuentes, por lo cual, la principal fuente de información

PALEONEUROLOGÍA ARIANA PAULINA-CARABAJAL

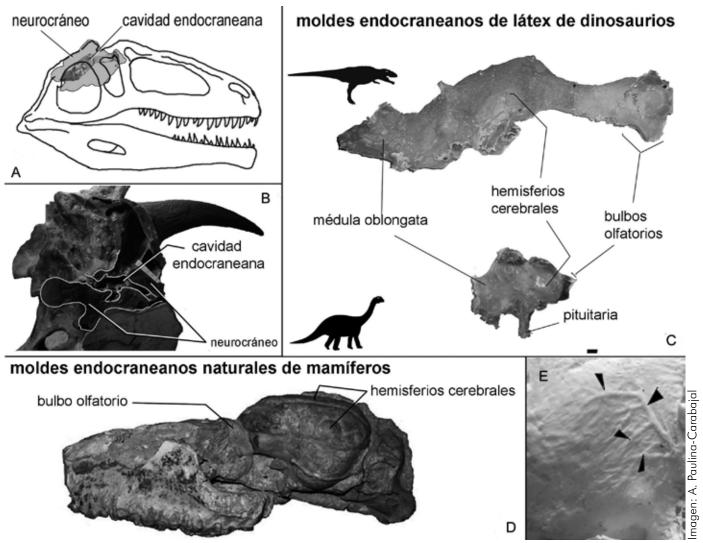
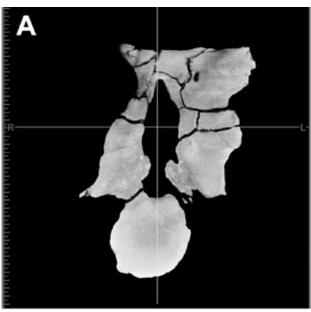
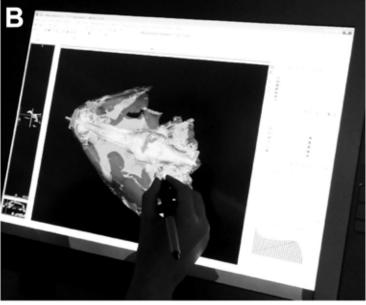


Figura 1. El neurocráneo y distintos tipos de moldes endocraneanos. A) Esquema del cráneo de un dinosaurio que muestra la ubicación del neurocráneo y en su interior la cavidad endocraneana. B) Cráneo del dinosaurio *Triceratops* cortado al medio sagitalmente para observar la cavidad endocraneana (Museo de Toronto, Canadá). C) Moldes endocraneanos de látex de un dinosaurio carnívoro (arriba) y de un herbívoro (abajo). D) Fotografía del cráneo de un mamífero fósil con molde endocraneano natural preservado (gentileza Dra. T. Dozo). E) Impresiones de vasos sanguíneos en un molde endocraneano de látex. Las flechas indican las distintas ramificaciones.

paleoneurológica son los moldes artificiales (ver Figura 2). Hay distintos tipos de moldes artificiales. Durante el siglo pasado los moldes se construían de yeso o látex, entre otros materiales. Para ello es necesario acceder a la cavidad endocraneana para aplicar los materiales con los que se hará el calco. En primer lugar es necesario que el sedimento que rellena la cavidad endocraneana sea removido en forma manual, con herramientas pequeñas y delicadas para no arruinar el fósil. Esto puede hacerse cuando hay fracturas en el cráneo que exponen la cavidad o introduciendo las herramientas a través del foramen magno, una abertura en la parte posterior del cráneo a través de la cual el sistema nervioso central se continúa con la médula espinal. Una vez vaciada la cavidad, los moldes de látex se crean "pintando" las paredes internas de la cavidad endocraneana con látex o silicona, sin rellenar la cavidad por completo. Esto permite remover el molde (que

será hueco y flexible) a través del foramen magno. La única desventaja del molde de látex es su durabilidad, ya que se destruyen luego de 7 a 10 años (los moldes de silicona pueden durar el doble de tiempo). Durante los últimos años, el uso de las llamadas técnicas "no invasivas" como la tomografía computada por rayos X, permitió acceder a la información endocraneana en cráneos articulados y con la cavidad rellena de sedimento. El buen resultado de la tomografía no depende tanto del grado de preservación del fósil como de la diferencia de densidades entre el hueso y el relleno. Por ejemplo, teniendo en cuenta únicamente los estudios sobre dinosaurios, el 80% de los trabajos en paleoneurología fueron publicados en los últimos 15 a 20 años, lo que habla del uso reciente de esta técnica, novedosa para la mayoría de los grupos de reptiles extintos. En Argentina el acceso a microtomógrafos es limitado por lo que el estudio de reptiles de pequeños





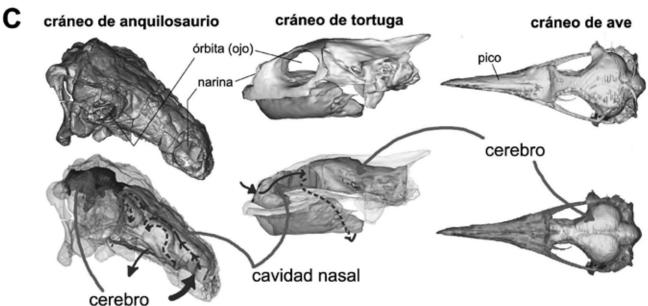


Figura 2. Moldes endocraneanos artificiales digitales basados en tomografías computadas. A) Corte o "rodaja" de un neurocráneo; el espacio negro en el interior representa la cavidad que alojaba al cerebro. B) Reconstrucción digital en 3D del cráneo y cerebro de una tortuga. C) Ejemplos de cráneos de animales fósiles tomografiados. En las imágenes de abajo, el hueso se hace semitransparente para mostrar las estructuras internas. Las flechas muestran el recorrido del aire desde que ingresa a la cavidad nasal a través de las narinas en su paso hacia los bulbos olfatorios y luego hacia los pulmones.

tamaños, con cráneos menores a 10 cm de largo (por ejemplo tortugas, pterosaurios, lagartos o serpientes) es menos frecuente. Sin embargo el uso de tomógrafos hospitalarios es más frecuente, siendo utilizados para estudios de reptiles de mayores tamaños como cocodrilos y dinosaurios (ver Figuras 2 y 3).

### ¿Cuáles son las problemáticas que enfrentan los paleontólogos para hacer estudios en paleoneurología?

El problema principal es el acceso a la información endocraneana en cráneos que están completos, articulados o cubiertos por sedimentos. En otros países, como Estados Unidos o Canadá, donde cuentan con numerosos ejemplares (en algunos casos más de 50) de la misma especie (e.j. *Triceratops* o *Tyrannosaurus*), se ha procedido en el siglo pasado a cortar el cráneo a la mitad para poder observar el interior de la caja craneana (Ver Figura 1B). Las especies fósiles de Argentina, sobre todo los reptiles y particularmente los dinosaurios, están constituidas generalmente por un único espécimen o esqueleto conocido, a partir del cual es constituido el nombre científico de la especie. Ese material se denomina holotipo (ver Glosario) y es único e irremplazable, por lo cual la destrucción total o parcial del mismo para realizar estudios no es posible. A fines del siglo XX, fue el uso de tomografías computadas lo que permitió resolver el problema del acceso

PALEONEUROLOGÍA ARIANA PAULINA-CARABAJAL

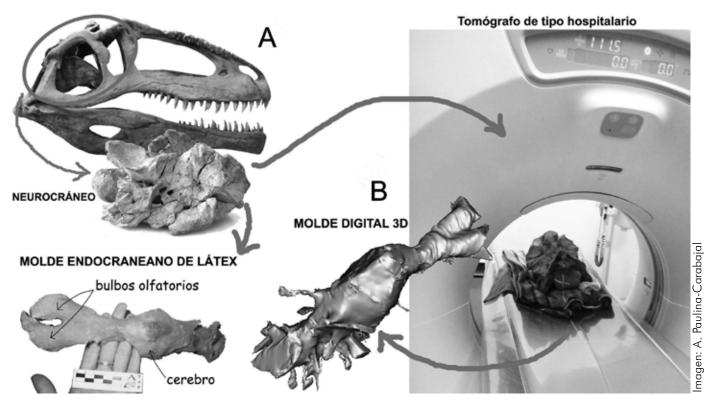


Figura 3. El estudio de la morfología endocraneana utilizando dos técnicas para crear moldes endocraneanos artificiales. A) Fotografía del cráneo y neurocráneo original. A partir de este, se realizó manualmente un molde de látex (abajo). B) Tomógrafo de la Clínica Moguillanksy (Neuquén), donde fue realizada la tomografía de Giganotosaurus. A partir de esta se confeccionó un molde digital.

a la información endocraneana en cráneos completos. Sin embargo, el estudio de los moldes endocraneanos resultantes enfrenta diversas problemáticas de acuerdo al grupo de animales bajo estudio. Por ejemplo, en el caso de los mamíferos y de las aves, los moldes endocraneanos reflejan la morfología del cerebro original, ya que éste rellenaba prácticamente todo el espacio endocraneano y sus meninges eran suficientemente delgadas para dejar impresiones de venas y arterias en el hueso, las cuales luego se pueden observar en el molde (ver Figuras 1D y 1E). Por el contrario, en los reptiles no avianos, el cerebro no rellena al 100% la cavidad endocraneana y el molde resultante refleja solo parcialmente la morfología del cerebro original. Por ejemplo, en algunos reptiles actuales como el lagarto esfenodonte, el cerebro rellena solo el 60% de la cavidad, mientras que en un cocodrilo actual lo hace en un 80% aproximadamente. Como los dinosaurios no tienen representantes vivientes actuales -excepto por las aves, que tienen cerebros muy modificadosno es posible saber a ciencia cierta cuánto rellenaban la cavidad. Un buen indicador de "rellenamiento" son las impresiones de venas y arterias, que indican que las meninges del encéfalo eran muy delgadas. Estas marcas sin embargo, son muy poco comunes en los moldes de reptiles y están presentes en pocos dinosaurios como por ejemplo el cerebro de los hadrosaurios y en dinosaurios carnívoros cercanos a las aves, como

Velociraptor. ¿Significa esto que no es posible estudiar el cerebro de los reptiles fósiles? Pues no, es totalmente posible estudiar esos moldes, en los cuales todavía se puede observar qué partes del cerebro estaban más desarrolladas, y también significa que hay que hacer más cálculos para interpretar el tamaño real del cerebro.

# Historia de la paleoneurología en el mundo y en Argentina.

La paleoneurología es una ciencia antigua, aunque solo recientemente ha sido explorada en forma intensa y reconocida por el público en general. Los primeros estudios paleoneurológicos de los que se tiene registro se basaron en moldes endocraneanos naturales y datan de principios del 1800. En 1819 el naturalista alemán Lorenz Oken encontró un molde natural formado de barro fósil dentro del cráneo roto de un pterosaurio y observó que éste había tomado la forma del cerebro del animal. Este material fue luego publicado en 1888 en una revista científica por un tal Newton, también paleontólogo alemán. En otro continente, en 1841, el paleontólogo norteamericano Owen describió el molde endocraneano natural de un cocodrilo fósil al que le faltaba el techo del cráneo como "una representación del cerebro del reptil extinto". Posteriormente, numerosos trabajos sobre moldes endocraneanos de vertebrados fósiles fueron realizados a principios del siglo XX por la paleontóloga alemana Tilly Edinger (1897-1964), reconocida hoy en día como la "madre de la paleoneurología". Tilly era la hija de un renombrado neurólogo, y el hecho de crecer en un ambiente en el cual estuvo rodeada de anatomistas colegas de su padre por un lado, y de pertenecer a una clase social alta por otro, le permitió hacer carrera en un mundo científico que estaba liderado por hombres. Egresada de la Universidad de Heidelberg, la más antigua de Alemania, Tilly Edinger publicó a lo largo de su vida numerosos trabajos sobre paleoneurología tanto de reptiles como de mamíferos extintos.

En Argentina, el pionero en los estudios paleoneurológicos fue el Dr. Juan Quiroga (1951-1988), médico primero y paleontólogo después, quien trabajó en el Museo de la Plata (Buenos Aires) y se dedicó al estudio del origen del cerebro de los mamíferos a través de los moldes endocraeanos de un grupo extinto denominado "cinodontes" (reptiles mamiferoides). Una muerte temprana cortó su floreciente carrera, aunque dejó instalada esta rama de la paleontología en el país, en manos de su única discípula, la Dra. María Teresa Dozo, quien desarrolla hoy en día sus investigaciones en el Instituto Patagónico de Geología y Paleontología, en la ciudad de Puerto Madryn. Allí se encuentra la colección tangible de moldes endocraneanos de mamíferos fósiles más importante de América del Sur, entre los cuales se encuentran los que conformaron la colección original de moldes endocraneanos creada por el Dr. Quiroga. En los últimos 10 años se sumaron los estudios -también pioneros en el país- sobre paleoneurología de dinosaurios y otros reptiles, los cuales son llevados a cabo principalmente por la autora de este trabajo y colaboradores del Museo paleontológico de La Plata y del Museo paleontológico Egidio Feruglio en Trelew, Chubut, entre otros. El interés tanto de científicos como del público en general en esta rama de la paleontología ha ido en aumento en Argentina. Paulatinamente se han ido incluyendo el estudio de otros grupos de animales fósiles como aves y cocodrilos, lo que se ve reflejado en las reuniones científicas, donde cada vez más paleontólogos y estudiantes de paleontología presentan trabajos en la temática. Respondiendo a este creciente interés, a fines del año 2015, se organizó con éxito el Primer Simposio sobre Paleoneurología de Vertebrados de Sudamérica, en el contexto del IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, que fue llevado a cabo en la ciudad de Colonia, en el vecino país del Uruguay.

# ¿Cuáles son las técnicas "no invasivas" utilizadas en paleoneurología?

Las técnicas llamadas "no invasivas" son aquellas que permiten visualizar estructuras o cavidades que permanecen ocultas a simple vista sin necesidad de romper o destruir la muestra en el proceso. En el caso de las tomografías computadas, se genera una serie de "rodajas" virtuales del cráneo. Cuántas más rodajas genere el tomógrafo, mejores chances hay de obtener una buena reconstrucción. Por ejemplo, un tomógrafo industrial hace cortes de 0,4 mm de espesor, mientras que un tomógrafo de hospital genera cortes de unos 0,6 mm de espesor. Para cráneos muy pequeños, lo ideal es una microtomografía, que genera cortes de 0,2 mm de espesor. Una vez que se cuenta con la tomografía (se entregan todos los cortes en formato digital), se utilizan programas de computadora especialmente diseñados para trabajar imágenes, que permiten reconstruir digitalmente y en tres dimensiones, cada una de las estructuras elegidas. En otros países, se aplicó con éxito el uso de sincrotrones o aceleradores de partículas (dispositivos que utilizan campos electromagnéticos para acelerar partículas subatómicas) para observar estructuras internas, como por ejemplo pequeños huesos de un embrión dentro de un huevo fósil. Sin embargo estas tecnologías no son accesibles ya que hay pocos aceleradores de partículas en el mundo. En Bariloche, científicos del INIBIOMA y físicos de la Comisión Nacional de Energía Atómica están realizando -por primera vez- estudios de fósiles utilizando un neutrógrafo en el reactor nuclear del Centro Atómico Bariloche. Así como el tomógrafo genera una imagen llamada tomografía utilizando rayos X, el neutrógrafo genera una imagen llamada "neutrografía" utilizando neutrones, que son partículas subatómicas. Mientras que el tomógrafo genera una imagen que refleja las distintas densidades de la muestra, el neutrógrafo genera una imagen que refleja las distintas composiciones (variación de la cantidad de átomos de hidrógeno) de la muestra. Por ello estas dos técnicas no son una mejor que la otra, sino que son complementarias. Hasta el momento, los resultados preliminares de los experimentos con fósiles utilizando neutrografías, han demostrado que si bien el contraste necesario entre el sedimento y el fósil no es tan bueno como el contraste obtenido utilizando rayos X, es de todas formas suficiente para hacer estudios paleoneurológicos preliminares (ver Figura 4).

Una de las ramas de la paleontología más beneficiadas por las tomografías computadas es la paleoneurología. En los últimos veinte años, el aumento de los estudios de la cavidad endocraneana de los dinosaurios se ha visto incrementado en un 80% (recordemos que en el pasado, la única forma de acceder a la morfología interna del cráneo era mediante fracturas, o vaciando el relleno en forma manual). Las tomografías permitieron, no sólo acceder a la información encefálica, sino también a la morfología del oído interno y a la presencia de cavidades neumáticas. En Argentina, varios dinosaurios han sido escaneados en tomógrafos médicos con muy buenos resultados.

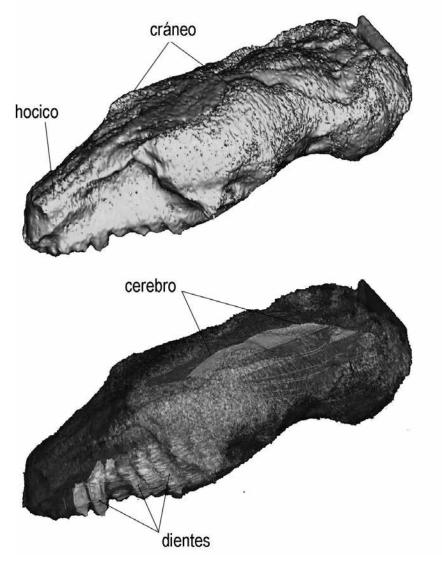


Figura 4. Reconstrucción digital del cráneo de un roedor fósil (gentilmente prestado para este estudio por el Museo Paleontológico Bariloche) basada en neutrografías. Se ilustra la superficie del cráneo (arriba) y las cavidades internas (abajo) donde el hueso es semitransparente y permite observar parte de la cavidad edocraneana ocupada por el cerebro y las raíces de todos los dientes.

Las impresoras 3D son un agregado tecnológico más, ya que permiten imprimir en cualquier escala, las reconstrucciones tridimensionales realizadas a partir de tomografías o escáneres láser. Por ejemplo, un investigador de un museo en Argentina puede enviar a otro investigador al otro lado del mundo, por correo electrónico, la información digital de un cráneo escaneado, que puede ser impreso digitalmente luego, sin necesidad de trasladar el ejemplar fósil original para su estudio. Probablemente, en un futuro no muy lejano, los largos viajes a visitar colecciones de fósiles en otros países no serán necesarios, ya que los fósiles virtuales estarán disponibles en la red.

### ¿Cómo interpretamos los sentidos de un animal extinto a partir del molde endocraneano?

Básicamente esto se realiza por comparación con el encéfalo y el oído interno de reptiles vivientes, como por ejemplo cocodrilos o aves. El tamaño de los bulbos olfatorios nos habla de la capacidad olfativa. El tamaño de los lóbulos ópticos de la capacidad visual, el tamaño del flóculo del cerebelo da cuenta de la capacidad motriz, y el tamaño de la lagena (parte del oído interno que se encarga de percibir sonidos) nos indica la capacidad auditiva. En muchas especies vivientes por ejemplo, se conoce el rango de capacidad auditiva, la cual está determinada por el tamaño de la lagena. Si una especie fósil tiene una lagena de tamaño similar a la de un cocodrilo actual, se asume que la especie fósil escuchaba un rango similar de sonidos. En la mayoría de los casos, si bien no es posible cuantificar los sentidos de manera absoluta, es posible estimar cuál de todos ellos juega el rol más importante. Por ejemplo en el dinosaurio Giganotosaurus, los bulbos olfatorios están sumamente desarrollados (si observamos el largo de los bulbos olfatorios en comparación con el largo del hemisferio cerebral, veremos que son casi iguales),

magen: A. Paulina-Carabajal

indicando que el sentido del olfato era probablemente el más importante para este animal (ver Figura 2).

El oído interno es una estructura formada por dos regiones: una consta de tres canales semicirculares cuya función es el equilibrio y balance, y otra región está formada por la lagena, que tiene como función la percepción de sonidos. En los fósiles, si bien las partes blandas que formaban el oído interno no se han preservado, estudiamos su morfología a través de los moldes de esas delicadas estructuras, que quedan preservadas como canales dentro de la cápsula ótica del cráneo. Estos canales semicirculares se ubican sobre planos dispuestos ortogonalmente (a 90° entre sí), siendo los canales anterior y posterior verticales, y el canal lateral horizontal. De esta manera, los tres canales semicirculares del oído interno recuperan información sobre los movimientos que realiza la cabeza (perciben específicamente la aceleración lineal y angular) y se la envían al cerebro. Los canales del oído interno forman parte de lo que se denomina el "reflejo óculo-vestibular" en el cual mediante las señales provenientes del nervio óptico y de los canales semicirculares, el animal es capaz de estabilizar las imágenes y, por ejemplo, mover la cabeza rápidamente y no marearse. Además, cuanto más larga es la lagena más epitelio puede alojar, por lo que el tamaño de esta estructura se utiliza en animales extintos para estimar el rango de capacidad auditiva. La mayoría de los reptiles fósiles estudiados hasta la fecha, oye rangos de sonidos bajos, similares a lo que oía un cocodrilo actual.

Una forma de medir la "inteligencia" relativa de los animales es a través del "índice de encefalización" (IE). Este índice refleja la relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño del animal, permitiendo la comparación entre animales de diversos tamaños. Por ejemplo, no sería justo comparar directamente al dinosaurio Giganotosaurus (que tenía 13 metros de largo) con una gallina, ya que el cerebro del primero tenía unos 275 cm<sup>3</sup> (un vaso de leche), mientras que la gallina tiene un cerebro de unos 5 a 6 cm<sup>3</sup>. Sin embargo, el IE de la gallina es más alto que el del dinosaurio extinto, lo que indicaría que ésta es "más inteligente". En otras palabras, significa que una gallina de 13 metros de largo, tendría en comparación un cerebro varias veces más grande que el de Giganotosaurus. La misma situación se observa entre los dinosaurios terópodos (que eran carnívoros y bípedos) y los dinosaurios saurópodos (que eran herbívoros y cuadrúpedos). Los grandes saurópodos, que midieron entre 15 y 40 m de largo (alcanzando los mayores tamaños corporales con unas 80 a 100 toneladas de peso), tenían sin embargo cerebros que eran relativamente mucho más pequeños que cualquiera de los dinosaurios carnívoros. Otro ejemplo se da entre los dos dinosaurios carnívoros más grandes del planeta: Giganotosaurus de Argentina y Tyrannosaurus

del Hemisferio Norte. ¿Cuál de ellos es más inteligente? Ambos dinosaurios tenían un largo aproximado de 13 metros y se calcula que un peso cercano a los 7.000 kilos. Sin embargo, el molde endocraneano de Giganotosaurus tiene un volumen de 275 cm<sup>3</sup>, mientras que el molde endocraneano de Tyrannosaurus era de aproximadamente 400 cm<sup>3</sup>. ¿Cómo se interpreta esto? Como que Tyrannosaurus es un poco más inteligente. Este resultado, analizado en términos filogenéticos (o sea teniendo en cuenta las relaciones de ancestro-descendiente de las dos especies) tiene sentido, ya que los tiranosaurios pertenecen al grupo que dio origen a las aves (Coelurosauria), mientas que Giganotosaurus está en un grupo de dinosaurios que es más primitivo, con un cerebro que es más parecido al de un cocodrilo que al de un ave.

Si bien el IE no implica necesariamente la presencia de comportamientos sociales complejos, cuidados parentales, etc., el aumento del IE sí está relacionado, entre los dinosaurios, con el agrandamiento del encéfalo, particularmente de los hemisferios cerebrales, del flóculo del cerebelo y los lóbulos ópticos. Todas ellas características compartidas por los reptiles voladores (pterosaurios y aves).

# De las interpretaciones paleobiológicas al comportamiento animal.

La interpretación del desarrollo de los sentidos conlleva a su vez a las interpretaciones paleobiológicas. Esto implica ir un paso más allá de la morfología, en un intento de inferir el comportamiento de animales extintos en base a los sentidos calculados (por ejemplo la capacidad de realizar movimientos complejos de la cabeza y el cuello, de realizar o captar un rango determinado de sonidos, etc.). En el caso particular de los reptiles, y principalmente los dinosaurios (que es el grupo que más se ha estudiado), numerosos moldes artificiales fueron confeccionados, pero fueron las tomografías computadas las que permitieron realizar los mayores avances en el campo de la paleoneurología y de la paleobiología. El conocimiento morfológico de las cavidades endocraneanas, el oído interno y otras estructuras como la cavidad nasal, permite crear las bases anatómicas a partir de las cuales se interpreta la función morfológica de esas estructuras. De esta manera surgen interrogantes: ¿Por qué la cavidad nasal es tan grande o tan chica? ¿Cómo se relaciona esto con la capacidad de producir sonidos (es una mejor caja de resonancia)? ¿Le sirve al animal para mejorar su olfato o su termo-regulación? Si la región del oído interno encargada de la percepción de sonidos es muy grande ¿significa que el animal escuchaba mejor que los que presentan una estructura más pequeña? Interpretar estas hipótesis en conjunto con otros aspectos anatómicos del animal, más los aportes de otras ramas de las ciencias como la biomecánica, son el paso final para realizar inferencias PALEONEUROLOGÍA ARIANA PAULINA-CARABAJAL

sobre el modo de vida de estos animales extintos. Cabe notar la cantidad de pasos, en el estudio paleobiológico, que implican la "interpretación de una interpretación": primero interpretamos la morfología del cerebro (que no se preservó) a partir de un molde, y luego interpretamos la función de las estructuras (comparándolas con formas vivientes si es posible) y posteriormente interpretamos en qué circunstancias, cómo y para qué el animal habría utilizado esas capacidades (visuales, olfatorias, etc.). La paleontología y particularmente la paleoneurología son disciplinas difíciles en comparación con la biología actual donde es posible observar al animal vivo para obtener datos. El paleontólogo en cambio trabaja con retazos de información. Es como trabajar con un rompecabezas de un millón de piezas incompleto, del cual se tienen unas pocas piezas nada más y con ellas se trata de visualizar la imagen completa. La buena noticia es que ese cuadro no es definitivo, sino dinámico, y cambia con cada nuevo hallazgo que suma piezas al rompecabezas. De todas maneras hay cosas que probablemente nunca sabremos

sobre los dinosaurios u otros animales extintos, a menos que se construya una máquina del tiempo.

### Glosario

**Holotipo:** se denomina "holotipo" al ejemplar único (vegetal o animal) que se utilizó para describir a una especie. Sus características morfológicas se registran en una publicación científica. Este espécimen se resquarda en un museo para su conservación

**Molde endocraneano:** molde o copia de la cavidad endocraneana que refleja en mayor o menor grado (dependiendo del grupo bajo estudio), la morfología encefálica.

**Neurocráneo o caja craneana:** parte del cráneo que encierra y protege al encéfalo y los órganos de los sentidos.

### Lecturas sugeridas

Dozo, T. (2009). Paleoneurología de mamíferos de edad Santacrucense. Estado Actual de las Investigaciones realizadas sobre Patrimonio Cultural en Santa Cruz. Dirección de Patrimonio Cultural, Subsecretaría de Cultura de Santa Cruz, pp. 93-103.

Falaschi, P. (2011). ¿Qué tenían los dinosaurios en la cabeza? Revista Exactamente N° 48. En URL: http://revistaexactamente.exactas.uba.ar/category/coleccion/48-coleccion/

Paulina Carabajal, A. (2016). Estudios paleoneurológicos de un dinosaurio acorazado de América del Norte revelan características encefálicas que indican que el sentido del olfato era el más importante para este reptil extinto. Blog de la Asociación Paleontológica Argentina. En URL: http://www.apaleontologica.org.ar/single-post/5751b7df0cf2316791488c71

Paulina Carabajal, A., Marín, J., Cantargi, F. e Iglesias, A. (2014). Primeros estudios realizados en Argentina usando neutrografías para estudiar fósiles: resultados preliminares. *Ameghiniana*, 52(1). Suplemento Resúmenes: 13.

Tonni, E. (2005). El último medio siglo en el estudio de los vertebrados fósiles. Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina, 10(1). En URL: www.peapaleontologica.org.ar/index.php/peapa/article/view/82

### SEGUNDO WORKSHOP DE DIFUSIÓN Y ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA

Un centenar de aficionados e investigadores de la astronomía de todo el mundo se reunieron en este encuentro que finalizó con la observación multitudinaria de un eclipse anular de Sol.

### Mariana Orellana

Las circunstancias que dan lugar a un eclipse se conocen muy bien: son fenómenos naturales que se producen cuando la Luna se interpone entre la Tierra y el
Sol; y según cuánto cubra la Luna al Sol desde nuestra perspectiva, será un eclipse total, parcial o anular.
Cada nuevo eclipse brinda una excelente oportunidad
para divulgar aspectos menos conocidos de este fenómeno, para educar sobre algunas cuestiones básicas
de la astronomía, y por qué no, para reflexionar sobre
cómo acercamos esta disciplina tan maravillosa al público en general.

En nuestros tiempos tan "digitales", todos los fenómenos predecibles, como lo son los eclipses, son informados a través de los servicios internacionales, siendo el más conocido el que brinda la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio por sus siglas

en ingles). Así pudimos conocer con suma anticipación los pormenores del eclipse de Sol del 26 de febrero de 2017. La estrecha franja desde donde se vería como anular -de 50 kms de ancho, aproximadamente- cruzaba completamente la zona sur de la provincia de Chubut. Una oportunidad imperdible para reiterar una reunión especialmente dedicada a la Difusión y Enseñanza de la Astronomía, de características similares a la realizada en 2009 en la ciudad de Córdoba, que fuera el primer taller (workshop en inglés) de este tipo.

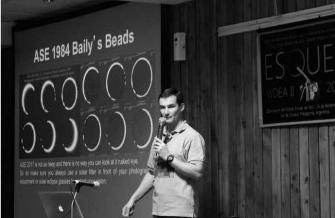
La iniciativa y fuerte impulso para organizar, con más de un año de anticipación este Segundo Workshop de Difusión y Enseñanza de la Astronomía (WDEA2), fue encabezada por el Complejo Plaza del Cielo de la ciudad de Esquel. Se sumaron la Unión Astronómica Internacional, el Instituto en Tecnologías de Detección y



#### **Mariana Orellana**

Dra. en Astronomía, Investigadora de CONICET, y docente de la Sede Andina de la Universidad Nacional de Río Negro, Bariloche, Argentina morellana@unrn.edu.ar Acto de apertura del Workshop, del que participaron el intendente de Esquel, el delegado zonal de la Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco", el Dr. Nestor Camino, quien encabezó la organización del WDEA2 y la Dra. Beatriz García en representación de la Unión Astronómica Internacional.









magen: M. Orellana

De izquierda a derecha, arriba: Claudio Mallamaci (UNJS) y Xavier Jubier (reconocido especialista de Francia), abajo: Néstor Camino (UNPSJB) y Hebe Cremades (UTN).

Astropartículas y la Universidad Nacional de Río Negro. Se gestionó, además, el auspicio del CONICET y de la Asociación Argentina de Astronomía, así como de otras Universidades y del gobierno de la provincia de Chubut. Con los diversos aportes de todos los involucrados fue posible que el Workshop tuviera participación libre y gratuita.

El WDEA2 se realizó en dependencias del Centro Cultural Melipal de la ciudad de Esquel. Las fotografías que hemos incluido muestran principalmente el interior y los participantes.

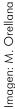
A lo largo de las tres jornadas se presentaron 13 conferencias, dos mesas redondas, dos talleres, tres exposiciones fotográficas y se expusieron una treintena de pósters, además de libros y materiales didácticos. Otros materiales didácticos se distribuyeron y continúan disponibles en formato electrónico a través de la página web (http://sion.frm.utn.edu.ar/WDEAII/), así como testimonios de distintos cronistas, ya que el eclipse fue también observado desde



Especialistas debatiendo en la última mesa redonda.

Imagen: M. Orelland

Los intervalos de café fueron la pausa ideal para disfrutar las exposiciones anexas y seguir conversando.



magen: M. Orellana



Taller con docentes, mostrando una escala del sistema solar.

Taller con docentes: se ensayó en la plaza con sombras, como explicar un eclipse.

otros puntos del país. En un territorio mucho más amplio fue posible observar el eclipse como parcial.

Las conferencias abordaron distintas cuestiones vinculadas a la enseñanza y la divulgación de la astronomía. Por supuesto, se le otorgó un lugar central a la observación de eclipses de Sol. Se repasaron cuestiones históricas, tanto oficiales, como los relatos de adultos mayores. La visión del fenómeno genera una emoción profunda, "una experiencia vivencialmente significativa" en palabras del Dr. Néstor Camino (Licenciado en Astronomía, Doctor en Ciencias de la Educación, creador e impulsor permanente del "Complejo Plaza del Cielo" en Esquel), que resumen el drama y la espectacularidad

en torno a los eclipses, fenómenos que nos fascinan porque escapan a nuestro control, y por ello mismo han sido vistos por cada cultura según su propio contexto y cosmovisión.

Otras conferencias se focalizaron en los últimos conocimientos sobre la estructura y demás facetas del Sol. Se habló de recursos accesibles para todas las audiencias: es posible llegar con la astronomía a personas ciegas o sordas, por ejemplo, siendo el Planetario de Malargüe un caso pionero en esto. También se planteó la enseñanza de la astronomía utilizando elementos de bajo costo. Numerosos comentarios, preguntas y propuestas acompañaron a cada una de las charlas.



magen: M. Orellana

Filtro de soldar adaptado a unos anteojos, para la cartera de la dama que desea ver el sol.

En la preparación de la observación del eclipse, se repartieron unos mil anteojos para observación segura del sol, que fueron transportados por algunos participantes luego de que el envío original, a pesar de la antelación, generara un malentendido con la aduana. Se repasaron también otros métodos que permiten observar un eclipse solar: a través de filtros de soldar, cajas oscuras, cámaras y telescopios con filtros adecuados, la sombra de cualquier objeto con pequeños agujeros (coladores), o incluso el reflejo del sol en el agua, aunque hay que evitar ser encandilado.

Una mesa redonda propuso un debate sobre la Difusión y Enseñanza de la Astronomía como una tarea compartida entre astrónomos, aficionados y educadores. Entre otras reflexiones se mencionaron, por ejemplo, la falta de recursos y hasta de tiempo, cuando las tareas no son totalmente reconocidas (situación similar con otras ciencias); o de elementos didácticos que deberían idealmente adquirirse en alguna etapa de formación pero en realidad son fruto de cada experiencia personal. El Dr. Camino propuso, con referencia a fenómenos predecibles, como los eclipses "debemos planificar a futuro, preparándonos a lo que vendrá, entrando en el ritmo de la naturaleza en sus aspectos astronómicos, vinculándonos con ella y compartiendo la experiencia, aprendiendo unos de otros, todos aprendi-



Secuencia de imágenes del Sol. En el momento del máximo solapamiento, el oscurecimiento alcanzó a 97.3% y sólo un delgado anillo de la superficie del Sol quedó expuesto, rodeando la sombra de la Luna. Aun así, el Sol es demasiado brillante para verlo sin protección.

ces en definitiva, fortaleciendo un vínculo social a través de las experiencias del cielo."

El domingo 26 de febrero, muy temprano se emprendió el traslado hasta el sitio desde donde se realizó la observación del eclipse anular de Sol. Desde Esquel y con los participantes del WDEA2 se completaron dos micros, que al llegar a destino se unieron a más de mil personas que con diversas comodidades y equipos esperaban ansiosas al eclipse. Y aunque el Sol se cubrió lentamente, la fase anular duró apenas un minuto.

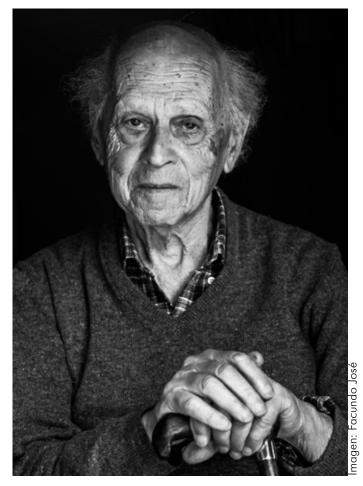
Las predicciones y estudios que se comentaron durante el taller, fueron en mi humilde opinión superadas por la experiencia. La temperatura descendió unos 5

grados al cubrirse casi por completo el Sol; la extraña iluminación, y los aplausos alegres de la multitud hicieron que el evento sea memorable; a lo cual se sumó a modo de broche final el almuerzo de clausura compartido en el SUM del pequeño pueblo de Facundo.

### EDDY RAPOPORT Nuestra despedida

Cuando terminábamos de armar este número, falleció Eddy Rapoport, Investigador Superior del CONICET y Profesor Emérito de la Universidad Nacional del Comahue, quien en 1989 fundó el Laboratorio Ecotono en San Carlos de Bariloche, lugar que se constituyó en semillero de varias generaciones de ecólogos en Argentina. Su profusa y diversa producción científica da cuenta de su versatilidad y amplitud de intereses, expresados en numerosas contribuciones de diversos campos de la biología y ecología, incluyendo ecología del suelo, ecología urbana y conservación, ecología de las invasiones, etnobiología y recursos alimentarios alternativos, ecología geográfica y biogeografía. Su libro Areografía, publicado en los años '70 se constituyó como un hito en el campo de la ecología geográfica, sentando las bases conceptuales para el desarrollo, hacia fines de los años 80, de la disciplina conocida hoy como "macroecología". Obtuvo numerosas distinciones nacionales e internacionales en reconocimiento a su trayectoria en la investigación científica. A comienzos de 2017, recibió la mención de honor del Senado de la Nación, Domingo Faustino Sarmiento, por su obra "destinada a mejorar la calidad de vida de sus semejantes, las instituciones y las comunidades". En 2016 logró publicar, de manos de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara, su libro autobiográfico, "Aventuras y Desventuras de un biólogo latinoamericano", una obra deliciosa tanto en su contenido como en su forma. Actualmente se encuentra disponible para su descarga en formato digital en la página de la Fundación Azara: www. fundacionazara.org.ar/img/libros/aventurasdesventuras-biologo-latinoamericano.pdf. Los lectores interesados pueden leer en el Número 21 de nuestra revista una reseña de este libro realizado por la escritora Luisa Peluffo.

Eddy Rapoport fue, según su propia definición, el primer escultor-ecológo-biogeógrafo del hemisferio sur. Sus obras de arte siempre estuvieron inspiradas en temáticas relacionadas con el medio ambiente porque, solía decir que el más grande artista y creador de toda la historia es la Naturaleza. Realizó varias exposiciones en Bariloche, México y Buenos Aires. Al respecto, Desde la Patagonia tuvo el placer de compartir una charla con Eddy en la sección Ciencia y Arte (en el



número 12 de 2011), donde Eddy concluye:

DLP: ¿Qué busca Eddy en el arte?

Eddy Rapoport: Placer. Para mí en el arte está el gozo de la creación.

DLP: ¿Que busca Eddy en la ciencia?

Eddy Rapoport: Placer. Los atributos que son esenciales para el arte también lo son para la ciencia.

Desde la Patagonia quiere rendirle en este breve espacio, un sentido homenaje a la figura de este hombre que no sólo fue un científico de talla internacional, uno de los ecólogos más destacados de nuestro país y de Latinoamérica. También fue un maestro, un mentor, un amigo para muchos de los integrantes de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional del Comahue en Bariloche. Su eterno entusiasmo y agudo sentido del humor quedarán para siempre en el corazón de todos aquellos que tuvimos la fortuna de conocerlo.

ALGA DIDYMO

# UNA PEQUEÑA GRAN INVASORA

Se presenta la descripción del alga Didymo, los posibles efectos sobre el medioambiente y los métodos de prevención de la invasión de esta especie exótica en ríos y lagos de Patagonia.

### Romina F. Betancurt, Gustavo Baffico y S. Guadalupe Beamud

### Especies exóticas en Patagonia

La región patagónica presenta gran cantidad y diversidad de especies exóticas tanto terrestres como acuáticas, entre las que se encuentran el llantén (Plantago lanceolata), la rosa mosqueta (Rosa rubiginosa), la retama (Cytisus scoparius), el ciervo colorado (Cervus elaphus), la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) y la trucha marrón (Salmo trutta), entre otras. Sin embargo, no todas ellas son invasoras. Una especie exótica es aquella que ha sido introducida fuera de su área de distribución natural, es decir que arribó a un determinado sitio de forma accidental o intencional, por ejemplo, por medio de las actividades humanas. A su vez, algunas especies exóticas también pueden ser invasoras. Es decir que, luego de ser introducidas en un nuevo ambiente tuvieron la capacidad de dispersarse, ya que en general estas especies presentan altas tasas de reproducción y de dispersión, lo que produce el desplazamiento de las especies nativas, generando desequilibrios en el ecosistema, además de daños económicos e incluso, en algunos casos, efectos perjudiciales para la salud humana.

### Conociendo a las diatomeas

Recientemente se ha registrado en Patagonia una nueva introducción: el alga Didymo. Se trata de un alga microscópica perteneciente al grupo Bacillariophyta, popularmente conocidas como diatomeas. Son organismos acuáticos eucariotas (ver Glosario), unicelulares, fotosintéticos, con tamaños que oscilan entre los 0,01 y los 0,2 mm. Estas algas pueden encontrarse tanto de forma individual como grupal, formando cadenas, filamentos o colonias. También presentan un color particular pardo-dorado debido a la presencia de pigmentos en sus cloroplastos (ver Glosario). La característica principal de este grupo es la presencia de una cobertura de sílice (similar al vidrio) que rodea a la célula y está formada por dos piezas encastradas

**Palabras clave:** cuerpos de agua dulce, invasión, Patagonia.

#### Romina F. Betancurt R. 1

Lic. en Ciencias Biológicas rominabetancurt@comahue-conicet.gob.ar

#### Gustavo D. Baffico<sup>1</sup>

Dr. en Biología bafficogd@comahue-conicet.gob.ar

### S. Guadalupe Beamud<sup>1</sup>

Dra. en Biología beamudsg@comahue-conicet.gob.ar

<sup>1</sup>Grupo de Estudio de Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos, Centro Regional Universitario Bariloche INIBIOMA (CONICET - UNCo)

Recibido 29/08/2016. Aceptado 20/03/2017

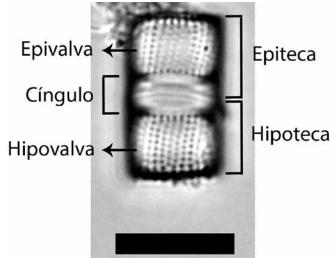


Figura 1. Partes del frústulo de una diatomea. Escala: 0,01 mm.

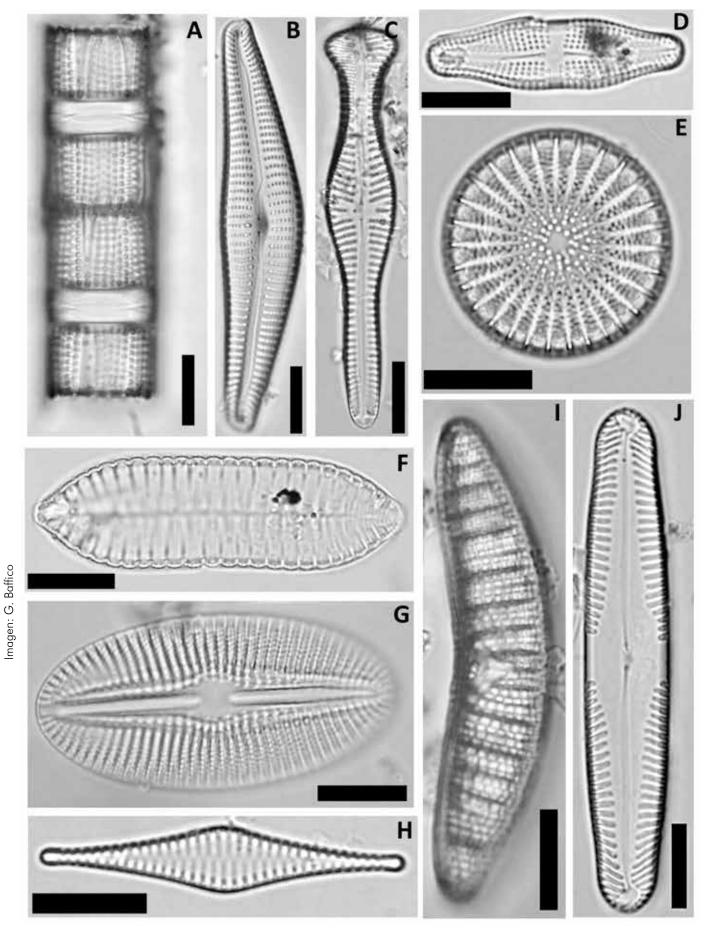


Figura 2. Diversidad de formas y ornamentaciones en los frústulos de distintas especies de diatomeas.

A) Aulacoseira granulata. B) Cymbella cymbiformis. C) Gomphonema truncatum. D) Navicula sp.

E) Stephanodiscus sp. F) Surirella sp. G) Diploneis elliptica. H) Fragilaria sp. I) Epithemia adnata.

J) Pinnularia biceps. Escalas: 0,01 mm.

entre sí a modo de una caja de Petri. En conjunto, esta estructura de paredes se denomina frústulo y cada mitad se denomina teca. Cada teca posee una valva y un grupo de bandas o cinturones denominado cíngulo que se encarga de unir las mismas y dar cierre a esta estructura (ver Figura 1). Las valvas, además, presentan sobre su superficie diversas ornamentaciones como depresiones, poros, y conductos que permiten, a los especialistas, identificar especies, e incluso variedades dentro de un mismo grupo (ver Figura 2).

Este tipo de algas habita tanto en ambientes marinos como de agua dulce, formando parte de la comunidad adherida a materiales sumergidos (perifiton) y de las algas que flotan libremente en el agua (fitoplancton), funcionando como una de las bases de las cadenas alimenticias y contribuyendo a la fijación y producción de entre un 20 y un 25 por ciento del carbono y el oxígeno total de la Tierra.

### ¿Quién es y cómo es el alga Didymo?

Su nombre científico es Didymosphenia geminata, conocida vulgarmente como "Didymo", "moco de roca" o incluso "papel higiénico de roca" por el aspecto que presentan los sustratos donde se ubica (ver Figura 3). En comparación con otras diatomeas de agua dulce, Didymo es un alga de gran tamaño que mide entre 0,06 y 0,16 mm de largo y 0,03 a 0,04 mm de ancho. Su frústulo se caracteriza por presentar una forma triondulada, similar a una botella (ver Figura 4A). Los ríos y lagos en los que se encuentra esta especie se caracterizan por presentar baja temperatura y bajas concentraciones de nutrientes (llamados ambientes oligotróficos). Didymo crece tanto sobre plantas como sobre rocas sumergidas en los cuerpos de agua, adhiriéndose a las mismas por medio de pedúnculos de mucílago (ver Figura 4A). Estos pedúnculos son muy característicos de la especie y están compuestos por carbohidratos, proteínas y otros componentes que los hacen muy resistentes a la degradación. Los pedúnculos son exudados desde uno de los extremos del frústulo, a través de pequeños orificios en la valva (ver Figura 4B). La función de los pedúnculos es principalmente la de sujeción, pero además le brindan al alga la posibilidad de exponerse a una mayor renovación de los recursos necesarios para el crecimiento (luz, nutrientes, etc.), ya que al crecer se elevan sobre la superficie del sustrato.

#### ¿Dónde vive?

Según el registro fósil y la recopilación histórica, esta especie se encuentra distribuida naturalmente en todos los continentes excepto África, Antártida y Oceanía. Sin embargo, actualmente se tienen registros de poblaciones de Didymo en Asia (China,

India, Japón, Mongolia, Rusia), Europa (Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, Suecia) y América del Norte (Canadá y Estados Unidos). Recientemente se han realizado mapas de distribuciones globales potenciales basados en modelos de nichos ecológicos y se obtuvo que todos los continentes presentan hábitats propicios para el desarrollo de Didymo, a excepción de la Antártida. En este sentido, para el año 2004 en Nueva Zelanda, y en 2010 en Chile, se tuvo conocimiento de la presencia y rápida dispersión de esta alga, lo que indica un evidente y exitoso desplazamiento hacia y dentro del Hemisferio Sur.

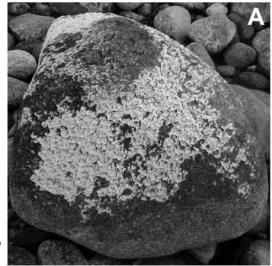
### ¿Cuándo llegó a nuestra zona?

Los primeros registros de Didymo en Argentina datan de agosto de 2010 en el río Futaleufú, provincia de Chubut. Posteriormente, en noviembre de 2011 se identificó por primera vez en la provincia de Río Negro, en el río Manso Inferior, y en los ríos Chimehuin y Collon Cura de la provincia de Neuquén. En enero de 2013, se detectó en las costas del lago Nahuel Huapi (Bahía Serena, cerca de Bariloche), constituyendo el primer registro de esta alga en un lago de Patagonia.

### ¿Cómo prospera?

El desarrollo exitoso de esta especie en ambientes pobres en nutrientes, como los que se encuentran en Patagonia y en otras partes del mundo, estaría directamente relacionado a sus características genéticas. Didymo presenta gran diversidad genética, lo que le permite ser más "plástica" ante variaciones en el ambiente, o como en este caso, al introducirse en nuevos ambientes. Esto se traduciría en un incremento de la capacidad de invasión de la especie debido a una mayor habilidad para adaptarse a condiciones cambiantes. Otra expresión de sus capacidades genéticas es el pedúnculo o pie de mucílago, que representa una de las claves de su éxito. Otras especies de diatomeas tienen la capacidad de desarrollar estas estructuras, pero debido al gran tamaño de la célula de Didymo y a la complejidad de sus pedúnculos, logra sujetarse al sustrato con mayor efectividad que las demás. Los pedúnculos permiten que las células crezcan elevadas del sustrato lo que las ubica por encima de las demás algas, brindándoles mayor acceso a la luz, a los nutrientes y al intercambio de gases. Además, en el interior de estos pedúnculos se encuentra una enzima conocida como fosfatasa alcalina que le permite utilizar el fósforo orgánico disuelto en el aqua, una fuente de nutrientes que otras algas no son capaces de emplear.

Los desarrollos masivos o floraciones de Didymo se producen principalmente a fines de primavera y comienzos del verano, debido a que en esa época del magen: R. F. Betancurt



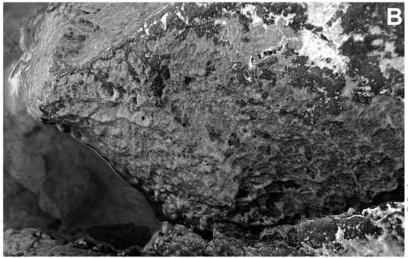


Figura 3. Aspecto de las matas de Didymo sobre rocas en la costa del lago Nahuel Huapi. A) Vista de una mata seca. B) Vista de una mata viva.

año se presentan las condiciones óptimas para su crecimiento, tales como el incremento en los niveles de agua por los deshielos, la disminución en la cobertura de nubes, que aporta mayor radiación solar para la fotosíntesis, y una reducción en las concentraciones de fósforo. Este último punto es clave, ya que está demostrado que el nutriente determinante para esta alga es el fósforo. Las épocas en las que se presentan los máximos de concentración de fósforo estimulan las divisiones celulares de Didymo, mientras que los valores mínimos desencadenan la producción de pedúnculo por parte del alga. Los ambientes patagónicos presentan naturalmente bajas concentraciones de este nutriente las que, además, varían a lo largo del año.

### ¿Cómo se dispersa?

La ampliación del rango de distribución y la dispersión del alga Didymo a nuevos ambientes estaría vinculada a las múltiples posibles formas de transporte entre sitios, las cuales incluyen tanto actividades humanas como así también a los animales de vida silvestre. Las actividades humanas abarcan el rafting, el kayaking, la pesca, entre otras actividades recreativas, en las que la utilización de los mismos equipos en distintos cuerpos de agua (sin la limpieza adecuada) podría permitir el traspaso de células vivas desde sitios afectados hacia otros ambientes en los que la especie estaba ausente. Por otro lado, ya fue comprobada en Patagonia la presencia de organismos con potencial para dispersar células del alga, incluyendo aves migratorias, como por ejemplo los cauquenes (Chloephaga spp.) y otras aves acuáticas, animales domésticos, peces (entre los que se encuentran los salmónidos introducidos) y el visón (Neovison vison).

Si bien las diatomeas son poco resistentes a la desecación, y en particular las algas de agua dulce presentan ciertas limitaciones en los agentes de dispersión que las pueden transportar, la presencia de grandes cantidades de pedúnculo le permitiría a Didymo conservar humedad y, por lo tanto, favorecer la supervivencia de las células durante más tiempo y a lo largo de mayores distancias.

El rango de expansión y la frecuencia de las floraciones de Didymo en Patagonia han sido comparables con las observadas en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Europa, pero la invasión en esta región representa un desafío diferente, ya que los ambientes afectados han sido menos estudiados. En tal sentido, se posee un importante conocimiento sobre las variables que posibilitarían el desarrollo de la especie, pero aún sigue faltando un mayor entendimiento de los mecanismos y la magnitud de su impacto en los ecosistemas. Esto último resulta esencial para caracterizar los efectos de una especie invasora en varios servicios de los ecosistemas, lo cual determinará el enfoque y el alcance que deberán tener las posibles pautas de control o manejo.

### ¿Qué impactos produce?

Los impactos más significativos sobre el ecosistema se reflejan tanto en la alteración de los procesos físicos como biogeoquímicos que normalmente ocurren en el ambiente. En el primer caso, como consecuencia del aumento de la biomasa algal (ver Glosario), se modifica el aspecto visual de los sitios y éstos tienden a considerarse "contaminados". Pero el mayor impacto físico para el ambiente ocurre por la marcada retención de sedimentos que producen las algas y la alteración de la hidrodinámica de los cursos de agua. En el caso de los procesos biogeoquímicos, un efecto del desarrollo masivo del alga es que producen cambios en el pH (ver Glosario) lo que modifica las condiciones químicas del sitio influyendo en la disponibilidad de nutrien-



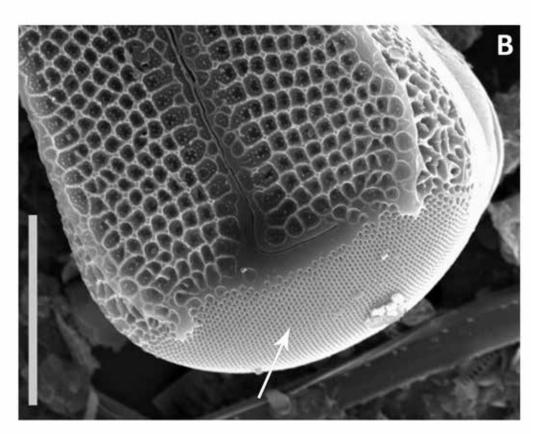


Figura 4. A) Fotografía al microscopio óptico de una célula de Didymo en cuyo extremo basal se observa un pequeño pedúnculo adherido al sustrato (flecha). B) Fotografía al microscopio electrónico de barrido de la base de un frústulo de Didymo donde se observa el campo de poros apical (flecha). La escala en la segunda foto corresponde a 0,02 mm.

tes para otras algas. Además, desde el punto de vista biológico se pueden producir cambios mayores en el ecosistema como consecuencia del desplazamiento de las comunidades algales nativas. A nivel de las cadenas tróficas (ver Glosario), existen trabajos que indican alteraciones en los grupos de macroinvertebrados (como insectos, crustáceos, o anélidos) en relación a variaciones en los porcentajes de representación de los mismos. En cuanto a los niveles tróficos superiores, como los peces, investigaciones recientes en Nueva Zelanda indican que la presencia de Didymo no afecta la diversidad de los mismos pero sí la biomasa, en algunos casos reduciéndola hasta en un 90 por ciento.

Los ambientes afectados por Didymo en Patagonia tienen la particularidad de ser muy importantes en la economía regional debido a las actividades turísticas y recreativas que en ellos se desarrollan. A esto se suma que algunos de los cuerpos de agua se emplean para la generación hidroeléctrica, la producción de salmónidos y el suministro de agua para riego y consumo. Por lo tanto, podría pensarse que las economías de la zona se verían comprometidas como consecuencia de la invasión de ésta especie exótica. En este sentido,

se tiene conocimiento, por ejemplo, que durante los períodos de máximo caudal de los ríos y arroyos, pueden ocurrir desprendimientos de matas de Didymo con tamaños considerables, las cuales pueden producir la obstrucción de los filtros de las tomas de agua, lo que se traduce en elevados costos en trabajos de limpieza y en la reducción de la eficiencia de conducción de los canales de riego o de las hidroeléctricas.

Como muestra de la importancia que representa controlar el avance de esta especie la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable creó la Resolución Nacional N° 991/2012, por medio de la cual declara a *Didymosphenia geminata* como especie exótica invasora de relevancia para Argentina. A esto se suma el aporte de las legislaciones de las provincias patagónicas afectadas, tales como Chubut, Ley XI N° 58 de octubre de 2012; Neuquén, con la disposición de Emergencia Provincial (Decreto Provincial N° 0137/2012) y Río Negro, con la Ley 480, de octubre de 2012. La existencia de una resolución nacional y legislaciones provinciales vinculadas a este tema da cuenta del carácter prioritario de la atención que debe prestarse, debido al efecto que produce la introducción de una

especie exótica invasora en los ríos y lagos patagónicos, no sólo sobre la biodiversidad y el ambiente acuático sino también sobre los servicios ambientales, y en consecuencia sobre el bienestar humano.

Es por esto que la realización de monitoreos, controles y campañas de prevención representa una vía fundamental para contribuir a la conservación de la biodiversidad local y el mantenimiento del funcionamiento de los procesos ecológicos, que son la base de los bienes y servicios requeridos para nuestra vida diaria.

### **Nuestras investigaciones**

Desde hace varios años, el Grupo de Estudios de Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos (GECARA) que desarrolla sus actividades en el Centro Regional Universitario Bariloche y dependiente del INIBIOMA (CO-NICET - Universidad del Comahue), viene realizando estudios en cuerpos de agua patagónicos en los que se encuentra Didymo. Entre los resultados obtenidos podemos destacar el descubrimiento del alga en el año 2013 en el Lago Nahuel Huapi, conformando el primer registro de Didymo en un lago de Sudamérica. Asimismo, el grupo trabaja en conjunto con la Dirección General de Biología Acuática y la Dirección General de Fiscalización Hídrica, ambas instituciones de la provincia de Neuquén, en el marco del Programa de Vigilancia, Seguimiento y Control de Didymosphenia geminata en la Provincia del Neuquén. Como resultado de este trabajo hemos ido registrando la expansión de Didymo en los ríos y lagos neuquinos desde su aparición. También trabajamos en colaboración con investigadores del sur de Chile (Coyhaigue) intentando determinar las similitudes y diferencias de los ambientes de ambos países invadidos por Didymo, con respecto a lo reportado en otras partes del mundo. En este caso, los resultados mostraron que los ríos y lagos analizados de Argentina y Chile poseían valores de pH y conductividad similares a los de otros cuerpos de agua en los que también hay desarrollo de Didymo. Sin embargo, en contraposición al patrón global, en algunos de nuestros ambientes (por ejemplo lago Nahuel Huapi en Argentina o lago Frío y río Claro en Chile) las concentraciones de fósforo fueron mayores que las asociadas a floraciones en aquellos ambientes. Además, a diferencia de lo observado en otras latitudes, las relaciones que encontramos entre parámetros fotosintéticos y cantidad de luz no resultaron como se esperaba. Todos estos resultados muestran la plasticidad que presenta Didymo para adaptarse a nuevos ambientes y nos impulsan a intentar conocer más en profundidad los ambientes de nuestra región. De esta forma, podremos identificar sitios potencialmente colonizables por Didymo y definir posibles estrategias de control para preservarlos de la invasión.

### ¿Qué podemos hacer para evitar su dispersión hacia otros ambientes acuáticos?

Para evitar el traspaso de células de un sitio invadido a uno no invadido es importante tener en cuenta y cumplir con tres etapas de desinfección: remover, lavar y secar (ver Figura 5).

Remover: antes de retirarnos del lugar debemos revisar todo aquello que estuvo en contacto con el



Figura 5. Abajo a la derecha se puede observar la desinfección de las botas con suela de fieltro utilizadas en campo. La misma se realiza sumergiendo todo aquello que haya entrado en contacto con el alga (botas, wader y otros elementos de muestreo) en una solución de agua y detergente, dejándose actuar por al menos 1 minuto.

agua, ya sea ropa, vehículos, o embarcaciones, a fin de detectar y eliminar manualmente todos los restos del alga. En caso de que sea necesario, desechar los residuos en cestos de basura, nunca por desagües domiciliarios.

Lavar: en esta etapa debe diferenciarse entre elementos absorbentes y no absorbentes. Los primeros, especialmente los waders y las botas de vadeo con suela de fieltro, deben ser colocados en alguna solución desinfectante (ver Recuadro) hasta que se hayan embebido completamente. Los elementos no absorbentes sólo se limpian con solución desinfectante en superficie.

Secar: todos los elementos desinfectados deben estar completamente secos al tacto, tanto por fuera como por dentro, para posteriormente dejar transcurrir 48 horas más antes de su uso. En caso de no poder utilizarse ninguna de las soluciones de desinfección, se debe secar totalmente el elemento utilizado, debido a que las células de Didymo pueden sobrevivir meses en condiciones de humedad.

Si bien no se conocen aún métodos de erradicación de esta alga, si cada uno de nosotros contribuye con estas tres pautas sugeridas para evitar el traspaso, se puede lograr detener su dispersión hacia otros sitios no contaminados. Depende de nuestra acción detener esta invasión en nuestros cuerpos de agua.

### Glosario

**Biomasa:** peso del total de individuos vivos que se encuentran por unidad de área o de volumen.

**Cadena trófica:** relación alimenticia entre organismos en un ecosistema. El primer eslabón lo componen los productores y los eslabones siguientes lo componen los organismos que se alimentan del eslabón que lo precede (consumidores).

**Cloroplasto:** estructura presente dentro de las células vegetales y en donde se lleva a cabo la fotosíntesis.

**Eucariota:** organismo conformado por una o varias células que presentan núcleo, es decir que el material genético (ADN) está rodeado por una membrana.

**pH:** es la medida de la acidez o alcalinidad de una solución y se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. La escala de pH va desde 0 a 14 en soluciones acuosas, siendo 7 el valor que se llama neutro, los valores menores se llaman ácidos mientras que los mayores se denominan básicos o alcalinos.

### Soluciones desinfectantes:

diferentes soluciones Existen tipos de desinfectantes fáciles de preparar y según la disponibilidad que tengamos de cada una. Por ejemplo, solución de cloro al 2% (20 ml de cloro de uso doméstico por cada litro de agua), solución salina al 5% (50 gr de sal doméstica por cada litro de agua) o solución de detergente al 5% (50 ml de detergente por cada litro de agua). Todas ellas deben dejarse actuar por lo menos un minuto. Otra posibilidad es desinfectar con agua caliente. Si la temperatura del agua está entre 45° y 60°, deberá dejarse actuar por 20 minutos, mientras que si el agua está a una temperatura superior a 60° será suficiente un minuto.

### Lecturas sugeridas

Beamud, S.G., Baffico, G., Reid, B., Torres, R., Gonzalez-Polo, M., Pedrozo, F. & Diaz, M. (2016). Photosynthetic performance associated with phosphorus availability in mats of *Didymosphenia geminata* (Bacillariophyceae) from Patagonia (Argentina and Chile). *Phycologia*, 55 (2), pp. 118-125.

Buria, L.M. (2007). Didymosphenia geminata: Especie altamente invasora recientemente descubierta en Patagonia. Reporte Técnico. Delegación Regional Patagonia, Administración de Parques Nacionales, 14 pp. En URL: es.scribd.com/doc/315731057/Reporte-Tecnico-D-Geminata

Díaz, C.A., Molina, X. & Montecino, V. (2011). Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica Didymosphenia geminata. Chile: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 74 pp. En URL: www.subpesca.cl/publicaciones/606/w3-article-80177.html

### **RESEÑA DE LIBRO**

"Archivos del silencio. Estado, indígenas y violencia en Patagonia Central, 1878-1941"

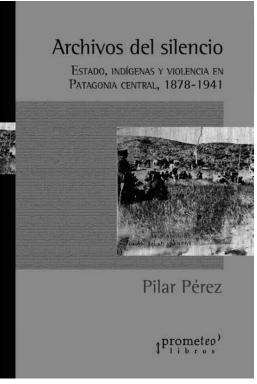
#### Pilar Pérez

2016. ISBN 978-987-574-774-6 Editorial Prometeo. Buenos Aires, Argentina. 460 pp.

### Reseña realizada por Lorena Cañuqueo

Universidad Nacional de Río Negro lcanuqueo@unrn.edu.ar

Por medio de un minucioso análisis, Pilar Pérez indaga en la producción del estado patagónico partiendo de analizar la política genocida del Estado argentino inaugurada con la llamada "Campaña del Desierto". La autora define este quiebre como un "evento estructurante", en tanto redefinió la sociedad indígena y organizó los territorios patagónicos. Así expuesto, es un trabajo sobre el pasado argentino, pero que piensa también el futuro. La autora explicita que sus preguntas surgen en los noventa, de un posicionamiento generacional de defensa del Estado en contextos neoliberales cuando también se visibilizaron las denuncias al terrorismo de Estado. En su introducción, cuenta cómo logró reconstruir las tecnologías de la violencia sobre la población indíaena silenciadas en los reaistros estatales. Se trata del método del "archivo estallado". Partiendo de las memorias sociales y de las fuentes inconexas, realizó un trabajo de reconstrucción, enlace e interpretación que resignificó los vacíos de sentido del archivo. En el Capítulo I, puntualiza sobre cómo fue construida la lógica del terror estatal de control y sometimiento de la sociedad indígena -que incluyó el sometimiento, concentración, deportación y desmembramientooperada en conjunción con un profundo proceso de desterritorialización, convertido en lugar de diferenciación, violencia y muerte. El análisis de esta tecnología de disciplinamiento moderno permite entender cómo se produjo la construcción de los indígenas como peligro latente para la nación. Estos dispositivos son identificados en la memoria social mapuche como parte del winka malón. En el Capítulo II aporta valiosa información sobre las políticas de fijación y de movilidad que establecieron por dónde circular y cómo usar el espacio patagónico central entre los años 1890 y 1905. Se analizan las contradicciones de las políticas de distribución de tierras y el rol que tuvo la policía que, aunque marginal, será un dispositivo para delimitar el espacio en función del avance capitalista. El Capítulo III analiza cómo las burocracias estatales organizaron procesos desterritorializadores en Río Negro y Chubut entre 1905 a 1916. Aquí profundiza



en la construcción de la otredad en tiempos "de progreso" y la pérdida del control territorial indígena a partir de un espacio específico: la cuenca del Arroyo Comallo en Río Negro. En el Capítulo IV estudia la manera en que el capitalismo enclava, en el espacio social de los territorios nacionales del sur, en el período comprendido entre 1916 y 1930. Se indaga en la funcionalidad de las policías y de la figura del "cuatrero" para instaurar un nuevo orden punitivo excepcional, así como en las políticas estatales de conocimiento y de descapitalización en pos del control territorial. Por último, el Capítulo V analiza la articulación entre los planos nacional y local en el período que va desde 1930 a 1941 en los modos de disciplinamiento y la agencia de la policía, los mecanismos de diferenciación entre terratenientes y trabajadores, así como las nuevas estrategias de la agencia indígena por medio de dos figuras: los delegados y los "escribanos".

Entre los muchos puntos que podrían resaltarse, destaco el análisis permanente sobre cómo silencio, olvido y secreto operan en la microfísica del poder terrorista para generar un vacío que justifica el sometimiento indígena como causa "inevitable". Los mapuche podemos afirmar el efecto performativo de esos mecanismos. Por mucho tiempo, las historias de sufrimiento, que de manera fragmentaria nos relataban nuestros antecesores, fueron algo inverosímil. Finalmente, nos permite reflexionar sobre la matriz de los dispositivos que se reactivan en el discurso y la praxis estatal para instituir exclusiones diferenciales sobre poblaciones subalternizadas, como los indígenas. En esos marcos, el trabajo de Pérez es fundamental para imaginar qué otras construcciones alternativas de estado son posibles. De ahí su apuesta por el futuro. LA INVASIÓN DE LA CARPA COMÚN EN PATAGONIA

# ¿QUÉ SE ESCONDE TRAS LA INTRODUCCIÓN DE UNA ESPECIE?

Este trabajo analiza la introducción de una especie de pez de agua dulce en el norte de la Patagonia, su potencial efecto sobre los ambientes y las especies de parásitos que introdujo en los ecosistemas y los que adquirió desde la fauna nativa.

### Carlos Rauque, Agustina Waicheim, Pedro Cordero y Guillermo Blasetti

## Efectos de la introducción de parásitos en los ambientes acuáticos

Una especie invasora puede definirse como aquella que ha sido introducida, se ha establecido y se ha expandido en el territorio, usualmente produciendo efectos negativos en las poblaciones nativas. Además de los efectos directos que la especie invasora produce en los ambientes que coloniza (depredación, competencia, etc.), existen efectos indirectos relacionados con los parásitos que traen los organismos introducidos y con los parásitos nativos que son adquiridos por la especie invasora. En este sentido, un parásito puede ser introducido junto con su hospedador (ver Glosario) en un área donde no existía previamente,

**Palabras clave:** carpa común, fauna nativa, introducción de especies, parásitos

#### Carlos Rauque

Doctor en Biología carlosalejandrorauque@gmail.com

### Agustina Waicheim<sup>1</sup>

Licenciada en Ciencias Biológicas agustinaw@gmail.com

### Pedro Cordero<sup>2</sup>

Técnico en Acuicultura pcordero@aic.gob.ar

#### Guillermo Blasetti<sup>2</sup>

Licenciado en Ciencias Biológicas gblasetti@aic.gob.ar

<sup>1</sup>Laboratorio de Parasitología, INIBIOMA (CONICET - UNCo)

<sup>2</sup>Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro

Recibido: 12/03/2017. Aceptado: 27/04/17

pudiendo afectar fuertemente a las especies locales que no presentan defensas contra este nuevo parásito; o bien, un animal puede ser introducido, sin parásitos propios, pero puede infectarse con parásitos nativos, potenciando la infección de los parásitos existentes en la región al agregarse como un nuevo hospedador. En general, cuando una especie es trasladada fuera del área de origen, pierde una parte o la totalidad de sus parásitos y adquiere parásitos nativos, propios del lugar en donde fue introducida.

### Carpa común

La carpa común (Cyprinus carpio, orden Cypriniformes, familia Cyprinidae), es una de las especies de peces de agua dulce más ampliamente distribuida en el mundo. Posee una boca con forma de tubo, permitiendo mejorar la succión, con cuatro barbillas cortas. Su coloración es verde a marrón en el dorso y amarillento a blanquecino en la zona ventral (ver Figura 1). Su peso puede alcanzar hasta 40 kg y puede medir hasta 120 cm de largo. Es especialmente activa al amanecer y al atardecer. Esta especie de pez posee una gran adaptabilidad, pudiendo vivir tanto en ambientes templados como en ambientes cálidos. Su dieta es variada, adecuándose a la oferta del ambiente.

Ha sido reportada en 133 países e islas alrededor del mundo, y su distribución abarca todos los continentes con excepción de la Antártida. Es considerada una plaga por lo que se la ha incluido dentro del listado de las 100 especies exóticas más dañinas del mundo según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

# Origen, especiación y domesticación de la carpa común

Esta especie probablemente se originó en el este de Asia, en el área del mar Caspio a finales del Plioceno (división de la escala temporal geológica que comienza hace 5,33 millones de años y termina hace 2,59 millones de años). Después de su emergencia como especie, se expandió en Eurasia hasta los ríos Don y Danubio en el este de Europa y hasta la

### Usos de la carpa en el mundo

El cultivo de carpas se practica desde hace unos 2000 años en áreas extensas de Europa y Asia. Los romanos fueron los primeros en cultivarlas en Europa, a partir de peces colectados en la cuenca del río Danubio. Después de la caída del imperio, esa actividad continuó en monasterios. En la actualidad, más del 90% de la producción de carpa común del mundo proviene de Asia. Sin embargo en Europa también existen modernas instalaciones para su cría. Por ejemplo en Alemania existían en el año 2007 más de 100 centros de cultivo. La carpa es importante como alimento en Europa Central y del Este y también es apreciada por pescadores deportivos. Por ejemplo en el lago artificial *Lac de Curton* en Bordeaux, Francia, sólo se aceptan alrededor de 25 pescadores por día durante todo el año, por lo que para poder pescar carpas se necesita "reservar el lugar" con mucha anticipación. Cada carpa del lago ha sido marcada y se le ha asignado un número identificatorio. En total han sido registradas 380 carpas de más de 20 k y algunas de ellas son las más grandes del mundo, llegando a pesar más de 40 k. En Argentina, actualmente existen pesquerías en las lagunas de la provincia de Buenos Aires y las carpas capturadas son procesadas en frigoríficos de Santa Fé y San Luis para ser luego exportadas. En la Patagonia, la pesca deportiva de la carpa común en el río Negro se ha comenzado a difundir recientemente.

cuenca del río Amur en Asia (ver Figura 2). Debido a las glaciaciones del Pleistoceno ((división de la escala temporal geológica que comienza hace 2,59 millones de años y termina a los 10.000 años a.C.) la especie se separó en dos grupos, uno del este y el otro del oeste.

La carpa común es posiblemente una de las especies genéticamente más modificadas por el hombre, habiéndose seleccionado rasgos que generaron distintas variedades desde tiempos inmemorables. Debido a la domesticación y selección humana, han surgido alrededor de 25 linajes o cepas domesticadas.

Se ha llegado al consenso de que las carpas poseen dos subespecies originales bien diferenciadas. La primera, la carpa común europea (Cyprinus carpio carpio), encontrada en toda Europa, el Cáucaso y Asia Central. El origen de la subespecie europea pudo haber sido una población silvestre en el río Danubio, que hoy paradójicamente se encuentra en peligro de extinción. De esta subespecie derivarían los peces que fueron introducidos en territorio americano y en Argentina. La segunda, la carpa común asiática (Cyprinus carpio haematopterus) se distribuye en las cuencas de los ríos Amur y del sudeste de China. Una tercera subespecie fue mencionada, la carpa roja (Cyprinus carpio rubrofuscus) que puede haber surgido desde la carpa común asiática en China, sin embargo, estudios moleculares recientes indican que esta variedad pudo



Figura 1. Aspecto general de la carpa común (Cyprinus carpio).

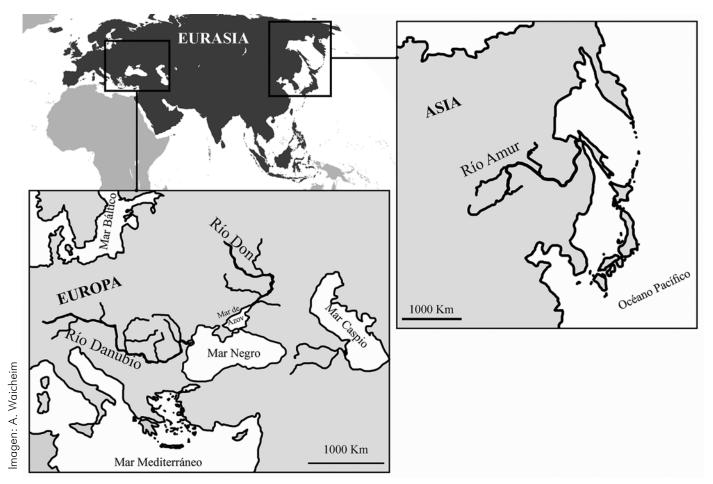


Figura 2. Mapa de las cuencas de origen de la carpa común.

surgir por efecto de las domesticaciones.

# Efectos de la carpa común en los ambientes que coloniza

Cuando la carpa común es introducida, provoca cambios en el ecosistema debido principalmente a su forma de alimentación, ya que involucra la captura de bocanadas de sedimento del fondo del río o lago, que después expulsa para alimentarse de los organismos contenidos en el mismo. Es considerada un ingeniero o modificador clave del ambiente dado que reduce la calidad del agua y destruye las plantas acuáticas al arrancar la vegetación rompiendo las raíces. También aumenta la turbidez del agua reduciendo la cantidad de luz que penetra en ella, provocando la muerte de la vegetación por su incapacidad para realizar la fotosíntesis. Además, disminuye la densidad de los invertebrados acuáticos, altera los hábitats que son usados para el desove de otras especies, modifica las comunidades que viven en el fondo de los cuerpos de agua, pudiendo estimular las floraciones algales, compite con otras especies ecológicamente similares, convierte a los ambientes en menos atractivos y reduce la biodiversidad nativa. Estos efectos negativos de la carpa común se ven exacerbados debido a que se trata de una especie longeva, de alta fecundidad y que puede sobrevivir en altas densidades poblacionales. La carpa común se ha visto implicada en la disminución de especies nativas de peces, anfibios, reptiles y aves nativos en diversos ecosistemas acuáticos del mundo.

### Distribución de carpas en Sudamérica

Según datos del Sistema de Información Global de Peces (fishbase.org), la carpa común se encuentra presente en diez países de SudaméricaColombia, Venezuela, Surinam, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Chile, Uruguay y Argentina. Colombia y Venezuela, recibieron carpas de origen desconocido en 1940. En 1898 Brasil las recibió desde Hungría y Estados Unidos. La fecha de introducción y el origen de las carpas llegadas a Paraguay son desconocidos. En 1946 Bolivia y Perú recibieron estos peces desde México, Brasil y Colombia.En Surinam los peces llegaron en 1968 desde Japón. En Uruguay la colonización ocurrió por carpas transportadas desde Argentina y Brasil a mediados del siglo XIX. Chile recibió carpas desde Alemania en 1875. La introducción en Argentina habría ocurrido durante el siglo XIX con propósitos ornamentales y de cultivo a partir de ejemplares traídos de Brasil. En Argentina, actualmente se distribuye en la

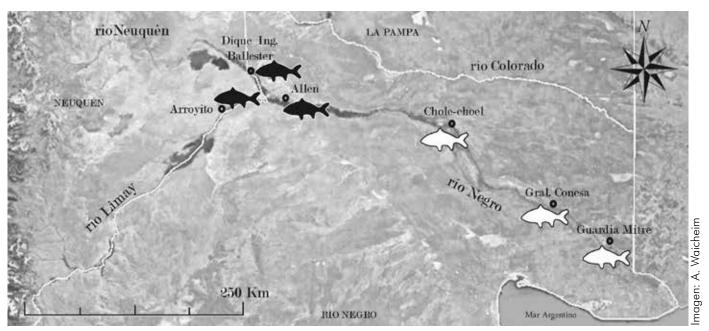


Figura 3. Mapa de distribución de la carpa común en la cuenca del río Negro. Los peces de color blanco indican registros de los años 2003 y 2004; los peces de color negro indican registros propios entre los años 2011 y 2013.

mayor parte de los cuerpos de agua dulce, desde las provincias del litoral en el noreste, hasta San Luis por el oeste, siendo el límite sur de su distribución la cuenca del río Negro en Patagonia.

### Distribución en Patagonia

En Patagonia, la carpa común se ha convertido en una especie de pez abundante en los ríos Colorado y Negro, aunque las causas de su introducción y su lugar de origen son desconocidos. En el río Colorado, la carpa podría haber ingresado durante un desborde extraordinario del río Salado en la provincia de La Pampa en 1983, mientras que su aparición en el río Negro podría deberse a escapes desde alguna piscicultura. Entre los años 2003 y 2004 miembros del Grupo de Evaluación y Manejo de Recursos Ícticos (GEMARI) del Centro Regional Universitario Bariloche, estudiaron las comunidades de peces del río Negro en diferentes localidades a lo largo de su curso, reportándose formalmente por primera vez la captura de carpas. En dicho relevamiento se registró la presencia de carpas todo el año en el curso inferior del río (en la localidad de Guardia Mitre) y en verano y primavera en el curso medio del río (en General Conesa y Choele Choel), estando ausentes aguas arriba. Entre los años 2011 y 2013, realizamos capturas estacionales de carpas, con redes, en cuatro sitios de la cuenca del río Negro (embalse Arroyito en el río Limay, dique Ingeniero Ballester en el río Neuquén y en las localidades de Allen y Guardia Mitre en el río Negro). Los peces fueron trasladados al laboratorio en recipientes refrigerados donde fueron revisados bajo lupa y microscopio.

Nuestros resultados indican que estos peces han remontado el río aunque las represas parecen haber funcionado como una barrera para ellos, habiéndose reportado su presencia hasta el embalse Arroyito en el río Limay y hasta el dique Ingeniero Ballester en el río Neuquén (Ver Figura 3). Cabe destacar que existe un riesgo potencial de invasión aguas arriba de las represas, dado que estas barreras podrían ser fácilmente atravesadas debido a las actividades humanas, las cuales han diseminado otras especies de peces dentro de la cuenca del río Negro como las madrecitas (Jenynsia multidentata y Cnesterodon decemmaculatus), el cascarudo (Corydoras paleatus) y la mojarrita (Cheirodon interruptus). Si bien al momento no hay estudios específicos sobre el impacto de esta especie introducida en la cuenca del río Negro, su presencia podría tener efectos negativos sobre las comunidades de organismos acuáticos y el ambiente.

### Parásitos de la carpa común en la Argentina

A pesar de que la carpa común fue la primera especie de pez introducida en Argentina y la que actualmente presenta el mayor rango de distribución, los estudios publicados sobre sus parásitos son escasos. En lagunas de la provincia de Buenos Aires, las únicas especies de parásitos registradas para la carpa común son larvas de dos nematodes (ver Glosario): Hysterothylacium sp. y Raphidascaris sp. En nuestros estudios en la cuenca del río Negro entre los años 2011 y 2013, registramos ocho especies de parásitos en las carpas, entre nativos e introducidos. Dentro de los nativos encontramos la larva del nematode Contracaecum

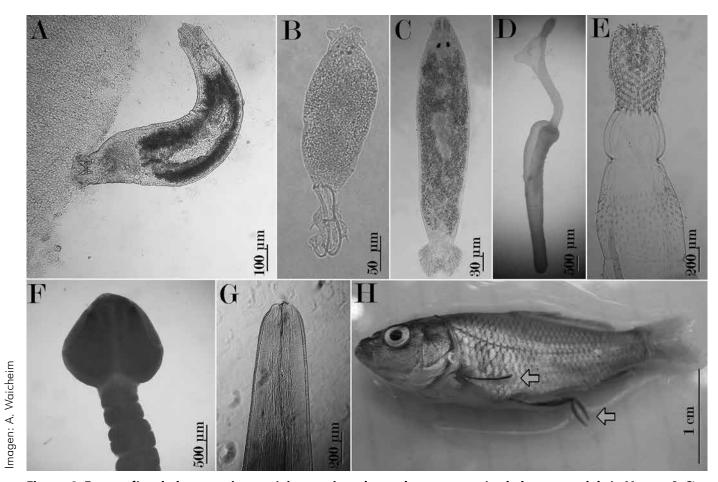


Figura 4. Fotografías de las especies parásitas registradas en la carpa común de la cuenca del río Negro. A-C) Tres especies de monogeneos: Dactylogyrus extensus, D. anchoratus y Pseudacolpenteron sp., D-E) Dos especies de acantocéfalos: Pomphorhynchus patagonicus y Polymorphus brevis, F) Detalle de la región anterior del cestode Schyzocotyle sp., G) Detalle de la región anterior del nematode Contracaecum sp. y H) Juvenil de carpa común parasitada por dos ejemplares del copépodo Lernaea cyprinacea (indicados con flechas).

sp. en la cavidad abdominal y al acantocéfalo (ver Glosario) Pomphorhynchus patagonicus en el intestino. El primero se encuentra dentro del grupo de los anisákidos, que son parásitos que pueden infectar a los humanos, en el caso de consumo de pescado crudo o insuficientemente cocido. Estas dos especies parásitas nativas adquiridas por las carpas, podrían aumentar sus niveles de infección en el futuro, pudiendo volverse un problema sanitario para los peces nativos. Dentro de los parásitos introducidos por la carpa se registraron a los monogeneos (ver Glosario) Dactylogyrus anchoratus, Dactylogyrus extensus en las branquias y Pseudacolpenteron sp. en el tegumento, al cestode (ver Glosario) Schyzocotyle sp. en el intestino y al copépodo (ver Glosario) Lernaea cyprinacea sobre la piel del pez. Otra especie de acantocéfalo, Polymorphus brevis, también fue observada como parásito de la carpa, sin embargo se desconoce su origen (Ver Figura 4). El cestode Schyzocotyle sp. podría corresponder a Schyzocotyle acheilognathi que junto con Lernaea cyprinacea son especies de parásitos que afectan la salud de los peces y pueden provocar la muerte del hospedador, especialmente en peces pequeños. Ambas especies fueron encontradas parasitando peces nativos siendo de esta forma una amenaza para las poblaciones de peces. Aunque ambas especies de parásitos no pueden ser transmitidas al humano, en los peces Schyzocotyle acheilognathi produce daños en el tracto intestinal y reducción del crecimiento. Lernaea cyprinacea produce llagas sanguinolentas en la musculatura de los peces, pudiendo estas lesiones ser la puerta de entrada para otras enfermedades como virus, hongos y bacterias. Gracias al transporte de peces, estos parásitos (Schyzocotyle acheilognathi y Lernaea cyprinacea) han invadido los ambientes de agua dulce de todo el mundo.

### Glosario

Acantocéfalos: los acantocéfalos forman un grupo de gusanos parásitos internos caracterizados por la presencia de una trompa invaginable con hileras de ganchos en la parte anterior del cuerpo. A lo largo de su ciclo de vida parasitan a invertebrados y a vertebrados.

**Cestodes:** grupo de parásitos internos que se caracterizan por presentar el cuerpo en forma de cinta y dividido en segmentos llamados proglótidos. La zona anterior del cuerpo está adaptada para sujetarse al hospedador. Su ciclo de vida incluye crustáceos y vertebrados.

**Copépodos:** grupo de crustáceos principalmente acuáticos de pequeño tamaño. La mayoría de las especies son marinas aunque también las hay de agua dulce. Son considerados los artrópodos más abundantes. Si bien la mayoría de las especies son de vida libre, también existen especies parásitas. Las formas parásitas pueden infectar organismos marinos y de agua dulce, especialmente peces.

**Hospedador:** organismo que alberga a otro en su interior o sobre sí, siendo este último comensal, mutualista o parásito. Algunos parásitos requieren de solo un hospedador para completar su ciclo de vida.

**Monogeneos:** grupo de parásitos generalmente externos, dentro de los gusanos planos, caracterizados por un sistema de ganchos y piezas duras en la parte posterior de su cuerpo, que permite el agarre al hospedador. Su ciclo de vida incluye un solo hospedador, generalmente peces y anfibios.

**Nematodes:** grupo muy diverso conocido como los gusanos redondos por su cuerpo cilíndrico. Existen especies de vida libre y otras parásitas que pueden parasitar casi a todos los grupos animales y vegetales. Sus ciclos de vida son complejos y extremadamente variables.

### Lecturas sugeridas

Pietsch C., Hirsch P. E. (2015). Biology and ecology of carp. CRC Press, Boca Raton. 379 pp.

Global Invasive Species Database. (2016). Species profile: Cyprinus carpio. En URL: www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=60 on 17-05-2016.

Sistema de Información Global de Peces. (2017). Species profile: Cyprinus carpio. En URL: www.fishbase.org.

Salgado-Maldonado G., Matamoros W. A., Kreiser B. P., Caspeta-Mandujano J. M., Mendoza-Franco E. F. (2015). First record of the invasive Asian fish tapeworm Bothriocephalus acheilognathi in Honduras, Central America. Parasite, 22, 5.

Woo P. T. K., Buchmann K. (2012). Fish parasites: Pathobiology and protection. CAB International, Wallingford, 383 pp.

# **ENSAYO**

## ECOLOGÍA Y CAPITALISMO

Los actuales problemas ambientales que afronta la humanidad obligan a desarrollar un diagnóstico de las causas que los han provocado. Aquí se postula la existencia de vínculos estrechos que los unen con el sistema capitalista de producción.

### Ariel Petruccelli

Los llamados "problemas ambientales" han ganado en los últimos años una amplia audiencia. Las diversas "cumbres" entre los gobiernos de los Estados más poderosos del planeta, reunidos para alcanzar acuerdos en vistas de reducir la emanación de gases tóxicos de origen industrial (principales responsables del calentamiento global que amenaza con alterar los parámetros de la vida sobre la tierra), han recibido amplia atención. Y los fracasos estrepitosos de estas "cumbres" han abierto un sombrío signo de interrogación sobre nuestro futuro colectivo, si no confirmado algunos de los más oscuros presagios. ¿Qué hay en juego aquí?

Algunos creen que se juega ni más ni menos que la supervivencia de nuestra especie. ¿Exagerados? ¿Alarmistas? Puede ser. Pero en cualquier caso no deberíamos olvidar que son innumerables las especies que alguna vez poblaron nuestro planeta para extinguirse luego. Entre ellas los formidables dinosaurios. La única diferencia entre ellos y nosotros sería que los "dinos" no fueron responsables de los cambios ambientales que provocaron su extinción, en cambio nosotros sí seríamos plenamente responsables de las alteraciones que comienzan a poner en riesgo nuestra supervivencia.

**Palabras clave:** cambio climático, capitalismo, crisis civilizatoria, ecología.

#### Ariel Petruccelli

Profesor en Historia Facultad de Humanidades Universidad Nacional del Comahue arpetrus@gmail.com

Recibido: 05/08/2016. Aceptado: 11/05/2017

Otros investigadores e investigadoras piensan que quizás no esté en riesgo la continuidad de nuestra especie, pero sí nuestra actual forma de vida: si no cambiamos a tiempo, nuestra civilización podría sufrir una catástrofe de enorme magnitud, repitiendo a escala gigantesca una experiencia semejante a la de muchas otras sociedades que vieron colapsar sus sistemas socioeconómicos en medio de dramáticos descensos demográficos, cruentos enfrentamientos y crisis mayúsculas. Hay también, claro, entusiastas de las soluciones tecnológicas: no importa qué tan graves sean los problemas, la ciencia y la tecnología siempre hallarán una solución.

Si la primera perspectiva suena exageradamente alarmista, la última es ingenuamente optimista: aunque parece hablar en nombre de la ciencia, tiene una concepción "mágica" de la misma. Cree en ella como se cree en una fe religiosa: "la ciencia proveerá". Pero la ciencia es justamente lo contrario, y los científicos son los primeros en dudar de su capacidad para hallar, o hallar a tiempo, soluciones a problemas tan graves. Nos queda, pues, una tercera alternativa, que se basa en una concepción menos alarmista que la primera y más responsable que la segunda. Aun así, los desafíos son demasiado grandes como para traer tranquilidad.

#### **Panorámica**

A grandes rasgos, podemos dividir los principales problemas ecológicos contemporáneos en varios grupos: cambio climático, contaminación, desertificación, agotamiento de recursos y pérdida de sustentabilidad. Pero todos ellos se ven determinados por una radical desigualdad entre individuos, clases sociales, Estados y regiones, tanto en el reparto de los bienes y riquezas materiales y simbólicos, como en la responsabilidad por el impacto ecológico y, de manera ya evidente pero radicalmente creciente, en la manera en que se ven (y verán) afectados por las alteraciones ambientales.

# ENSAYO



Basurero a cielo abierto, uno de los problemas ecológicos actuales de contaminación en las ciudades.

El cambio climático entraña el aumento de la temperatura promedio a escala global, junto a otros desequilibrios ambientales de gran envergadura. Aunque huracanes e inundaciones ha habido siempre, en las últimas dos décadas se ha registrado un aumento de la cantidad y de la magnitud promedio de unos y otras. Harald Welzer, psicólogo social, sociólogo, teórico social y politólogo alemán contemporáneo, en una obra reciente, ha mostrado que ya se han producido en África conflictos bélicos y masacres directamente provocados por el cambio climático, al tiempo que advierte que las regiones y Estados responsables de la mayor parte de la emisiones causantes de las actuales alteraciones climáticas, serán los menos afectados por los desastres climáticos que se avecinan (al tiempo que son los que cuentan con mayores recursos para afrontarlos). Desde su perspectiva, a las injusticias y desigualdades económicas, culturales, raciales y de género hoy vigentes, es necesario agregar un nuevo tipo de injusticia y desigualdad: la ecológica.

La contaminación alcanza en algunos países niveles alarmantes. Los efectos de la contaminación son tan grandes que se prevé que en el siglo XXI el agua potable sea un recurso escaso y valioso: las guerras por el agua quizá reemplacen a las viejas guerras por el petróleo.

El proceso de desertificación tiene dimensiones mundiales: cada día miles de hectáreas de selvas tropicales son taladas para ampliar la frontera agrícolaganadera, lo que en general conlleva, a los pocos años, la conversión de antiguos ambientes selváticos en verdaderos desiertos, ya ni siquiera aptos para la

# **INSAYO**





La actividad ganadera, una de las causas de los desmontes, y su consecuencia directa, la desertificación de la tierra.

agricultura o la ganadería por las que se desmontó la selva originaria. Una de las consecuencias más graves de la desertificación, amén de su impacto en el cambio climático, es la reducción a largo plazo de las áreas cultivables. Un típico mecanismo de "pan para hoy, hambre mañana". O mejor: "grandes negocios hoy, hambre mañana".

El agotamiento de los recursos es ya una realidad palmaria, antes que una posibilidad más o menos lejana. El desarrollo de la megaminería a cielo abierto se relaciona directamente con el agotamiento de las grandes concentraciones de minerales de socavón. Ahora sólo quedan minerales diseminados, para cuya extracción se requiere la destrucción de montañas, el empleo de sustancias contaminantes y la utilización de millones de toneladas de agua sustraída a otros usos, como el consumo humano o el regadío. Por otra parte, es ya evidente la imposibilidad de extender los niveles de consumo de los países industrializados al conjunto del planeta: sencillamente, los recursos disponibles no son suficientes. Pero la situación es aún más grave: es insostenible mantener a largo plazo los actuales niveles

de consumo global. Según los expertos de *Global* Footprint Network<sup>1</sup>, en la actualidad la humanidad ya utiliza los recursos de un planeta Tierra y medio. Se trata, pues, de un consumo no sustentable.

Por último, es hoy en día notoria la falta de sustentabilidad (es decir, de capacidad para reproducirse a largo plazo) de buena parte de las principales actividades económicas contemporáneas. La expansión de nuestras sociedades industriales se consigue devastando áreas naturales (lo que acarrea desastres ambientales), agotando recursos no renovables (como el petróleo, el carbón o el gas), y generando contaminación y cambios climáticos. La suma de todos estos problemas determina que la economía global contemporánea no sea sustentable: no se puede seguir así de aquí a unas pocas décadas. Esta es una de las razones fundamentales por las que muchos intelectuales como Immanuel Wallerstein, sociólogo histórico estadounidense, director del Fernand Braudel Center y mundialmente conocido por sus análisis del sistema mundial, consideran que estamos atravesando una verdadera "crisis civilizatoria".

Imagen: C. Souto

<sup>(1)</sup> N del E: Global Footprint Network es una organización independiente fundada en 2003, con sede en los Estados Unidos, Bélgica y Suiza. Desarrolla y promueve herramientas para avanzar en la sustentabilidad, incluyendo conceptos como la huella ecológica y la biocapacidad, que miden la cantidad de recursos que usamos y cuánto hay disponible. Pretenden llevar estas herramientas al centro de la toma de decisiones.

# ENSAYO

### ¿Capitalismo sustentable?

Aunque un capitalismo sustentable es una posibilidad lógica, su factibilidad histórica es altamente improbable: la sed de ganancia y la compulsión al crecimiento económico lo hacen dificultoso. Pero de existir alguna vez, la hipótesis más razonable es que debería ser incluso más anti-igualitario que el capitalismo ambientalmente depredador. La razón última es muy sencilla: debería existir un segmento de la población con consumo en permanente aumento (indispensable para la "salud" del sistema), y otro sector vedado todo lo posible de acceso al consumo, para evitar el agotamiento de los recursos y la contaminación excesiva.



Imagen: www.elcapitalismoennuetrosdias.blogspot.com.ar

### Diagnóstico: la raíz del problema

Cuando pensadores de la talla de Immanuel Wallerstein sostienen que estamos inmersos en una "crisis civilizatoria" lo que nos están diciendo es que nuestra actual civilización capitalista industrial no es sustentable a largo plazo, e incluso a plazo medio (digamos, unos cuarenta o cincuenta años). Y los problemas ecológicos y ambientales ocupan un lugar central en este diagnóstico: así como vamos no es posible continuar. ¿Pero, cuál es el origen de estos problemas? Fundamentalmente un sistema económico-social movido por el lucro privado como principio. La sed de ganancias ha impulsado enormes progresos técnicos, pero su costo ha sido altísimo, no solo para la naturaleza sino también para las personas. Varios siglos de desarrollo capitalista no han atenuado sino más bien acrecentado la desigualdad social, con el agravante de que la esperanza de que el desarrollo industrial generara las bases materiales para una sociedad de la abundancia (ya fuera dentro de los marcos del capitalismo o en una sociedad socialista que le habría de suceder) son hoy ilusorias: la escasez de recursos y la crisis ecológica han dado por tierra con estas ilusiones. Nos enfrentamos, pues, ante una dura realidad.

Para complicar el panorama, hay que reconocer que la historia ecológica del llamado "socialismo real" no fue mejor que la del capitalismo, lo cual se encuentra relacionado con el hecho de que esa modalidad de socialismo (en parte por la competencia con el capitalismo) asumió un criterio productivista y desarrollista que hoy indudablemente hay que revisar.

### ¿Soluciones?

Pretender que las economías capitalistas adopten una fisonomía "ecológica" parece fantasioso. Los actuales discursos y propaganda "ecológicos" de muchas empresas multinacionales no son más que eso: discursos y propaganda. La realidad es bien distinta. En el fondo el capitalismo es "anti-ecológico" por naturaleza. Su móvil es la ganancia y su objeto el beneficio, no el cuidado del medioambiente. Más aún, la innovación tecnológica más o menos permanente que lo caracteriza (y que lo distingue de manera radical de todos los sistemas sociales anteriores) es el resultado de las características básicas de las relaciones capitalistas de producción, como muy bien ha mostrado David Harvey en su libro El enigma del capital y las crisis del capitalismo. Dicho crudamente:

# ENSAYO



La sociedad industrial sigue devastando áreas naturales, agotando recursos no renovables y generando contaminación y cambio climático.

no hay capitalismo sin crecimiento. Pero esto mismo abre sombríos interrogantes cuando ya mismo nos topamos con la realidad de un consumo insostenible en los marcos de un sistema social compelido a continuar expandiéndolo.

El primer y más sostenido impulso del capitalismo es ecológicamente destructivo. Después pueden venir correctivos legales o tecnológicos, pero siempre después. La dinámica es bien clara: el capitalismo genera primero desastres ambientales y sociales, después busca solucionarlos; casi siempre con poco éxito. Sería excesivo, empero, concluir que el capitalismo es absolutamente incapaz de afrontar los problemas ecológicos. Aunque no parece ésta la opción más factible, no se la debería descartar. ¿Pero cuál sería el precio de un "capitalismo ecológico"? No es difícil imaginarlo: una sociedad muchísimo más desigual que las actualmente conocidas. En un marco capitalista, la escasez de recursos y los problemas ambientales llevarán a una mayor desigualdad de los ingresos y a una creciente inequidad en el pago de los costos ambientales.

La alternativa más razonable, por consiguiente, es imaginar un radical cambio societario. Una sociedad industrial sustentable (y es imposible, sin una catástrofe humana, salirnos del mundo industrial) debería ser no-capitalista. Pero esto nos coloca ante la necesidad de asumir que se impone no sólo un cambio en las relaciones económicas, sino también una transformación sustancial de nuestros valores y de nuestra forma de vida. No podremos avanzar más allá del capitalismo si nuestra vida está orientada por la lógica consumista. Una sociedad industrial sustentable sólo parece posible si la planificación del desarrollo va acompañada de un ethos<sup>2</sup> igualitario y una perspectiva anti-consumista. Para dimensionar la magnitud de los cambios en ciernes podemos recurrir a un ejemplo prístino: si quisiéramos expandir al conjunto del planeta la dieta carnívora de la sociedad estadounidense, pero, digámoslo, también de buena parte de la sociedad Argentina, resultaría imposible. Una dieta sustentable, en un mundo medianamente igualitario (es decir, donde todos tengan derecho a lo mismo) implica cambios en la forma de vida de

(2) N del E: El vocablo ethos se refiere a la forma de vida o de comportamiento común que adopta un grupo de individuos que pertenecen a una misma sociedad.



¿Consumimos productos o somos el producto de lo que consumimos?

mucha más gente que un puñado de explotadores. iY ni hablar si en vez de la alimentación hablamos de los automóviles o las computadoras!

Necesitamos, pues, reemplazar la vana búsqueda de la felicidad por medio del consumo por una moral de la auto-realización personal y colectiva. En resumidas cuentas: alterar nuestros valores para que el ser sea más importante que el tener; la solidaridad más fundamental que la competencia; la justicia un bien superior a la rentabilidad, el bien común un objetivo prioritario respecto a la satisfacción personal, la sustentabilidad un criterio de mayor nivel que la ganancia, la mesura (en el trato con los demás y con el ambiente) preferible al desenfreno. Porque como nos recuerda Terry Eagleton, pensador británico de tradición marxista, crítico literario y de la cultura, es el capital la principal fuerza desestabilizadora del mundo contemporáneo. Y lo que se necesita es un refugio colectivo que nos ponga a resguardo de las tempestades que desata inevitablemente (lo guieran o no su agentes) el capitalismo como sistema económicosocial.

### Lecturas sugeridas

Welzer, H. (2011) Las guerras climáticas. Por qué nos mataremos (y nos matarán) en el siglo XXI, Buenos Aires, Katz.

Folliet, L. (2010) Nauru, la Isla devastada: Cómo la civilización capitalista ha destrozado, en los últimos treinta años, el país más rico de la tierra, Barcelona, Península.

Diamond J. (2006) Colapso. ¿Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen? Penguin Random House Grupo Editorial S.A.U.

Kovel, J. (2005) El enemigo de la naturaleza. ¿El fin del capitalismo o el fin del mundo?, Buenos Aires, Asociación Civil Tesis.

Wallerstein, I. (1979, 1984, 1998) El moderno sistema mundial. Vol. 1 a 3, Madrid, Siglo XXI Editores.

### **GENES, CIENCIA Y SOCIEDAD**

Reportaje

al Dr. Víctor Penchaszadeh, genetista argentino creador del índice de abuelidad y fundador del Banco Nacional de Datos Genéticos

### por Andrea Premoli y Andrés López

Aprovechando su visita a Bariloche, Víctor Penchaszadeh fue invitado a dar una charla al Centro de Educación Media N° 2. En esa ocasión nos acercamos para entrevistarlo. Nos encontramos con una persona apasionada, que toma riesgos cuando habla. Por sobre todas las cosas, pudimos confirmar que el Dr. Penchaszadeh es un intelectual sabio y comprometido con sus ideales.

Andrea Premoli y Andrés López (AP y AL): En tu charla con estudiantes hablaste de la relación entre la ciencia y la sociedad, como que una tendría que estar al servicio de la otra, ¿Cómo ves esa relación hoy en día, en particular en Argentina?

Víctor Penchaszadeh (VP): Que la ciencia tiene relación con la sociedad es algo obvio, no hace falta explicarlo ni argumentarlo, la ciencia al ser un producto del hombre, y el hombre siendo un ser social, es obvio que tengan que ver con la sociedad. El asunto es cómo se da esa relación. Como lo mencioné en la charla hay veces que desde el poder se imprimen ciertas direccionalidades a la ciencia. No existe ciencia neutra, entonces el tema de los valores tiene mucho que ver con la aplicación de la ciencia; ciencia y tecnología, ambas porque en ciertos aspectos no es fácil separar lo que es ciencia de lo que es tecnología. Las aplicaciones son casi todas tecnológicas y para definir la direccionalidad tenés que saber quién es dueño o quién diseña la tecnología, quien la apropia, quien la usa, con qué fines, con qué ganancias y esto es un tema complicado en todo el mundo.

Andrea Premoli es Profesora Titular de la Cátedra de Genética del Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Naiconal del Comahue e Investigadora Principal del CONICET.

Andrés López es Profesor en las Cátedras de Didáctica de la Biología y Prácticas Docentes en la misma institución, donde también realiza actividades de investigación y extensión.



Conferencia a cargo del Dr. Víctor Penchaszadeh, genetista argentino, que colaboró con el desarrollo del Indice de Abuelidad.

AP y AL: A ver...

**VP:** Por ejemplo, el complejo médico industrial financiero afecta muchísimo el desarrollo de las investigaciones biomédicas y de la biomedicina, sobre todo qué direccionalidad toma. Así que la sociedad tiene mucho que ver con la ciencia. Si los intereses que priman en la sociedad son los intereses económicos, la mayor parte de la investigación biomédica es investigación privada, que está al servicio de la industria farmacéutica y tiene sus propios objetivos. En el caso de la salud, los intereses de la industria no son la salud de la gente, sino la optimización de sus ganancias, si coinciden mejor y si no coinciden igual, por eso es tan complejo el asegurar la vigencia de principios éticos en las investigaciones biomédicas y biotecnológicas que involucran a los seres humanos.

#### Acerca del Dr. Penchaszadeh

Médico especializado en pediatría, genética médica, salud pública y bioética. Participó en la creación del primer "índice de abuelidad" que permitió identificar a hijos de desaparecidos y asesoró a Abuelas de Plaza de Mayo en el funcionamiento del Banco Nacional de Datos Genéticos.

Obtuvo su título en la Universidad de Buenos Aires en 1964 y debió exiliarse en 1975 en los meses previos a la dictadura cívico-militar. Fue profesor de Pediatría y Genética Médica en la Universidad Central de Venezuela y en las escuelas de medicina Mount Sinai, Albert Einstein y Columbia en Nueva York.

Durante varios años ha sido consultor en genética y bioética para diversos organismos nacionales e internacionales, incluyendo la Organización Mundial de la Salud (OMS). Es presidente de la Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética, UNESCO y miembro del Panel de Expertos en Genética Humana de la OMS. En 2007 regresó a Argentina, donde reside actualmente. Hasta principios del 2016 se desempeño como profesor del Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de La Matanza, y actualmente es profesor de Genética y Derechos Humanos en la Universidad Nacional 3 de Febrero. Es compilador del libro "Genética y derechos humanos: encuentros y desencuentros", publicado en Buenos Aires por Editorial Paidós (2012).

**AP y AL:** ¿Y en otras líneas que no sean la salud? **VP:** Están por ejemplo los aspectos de la ciencia nuclear, con el peligro de extinción de la especie humana, con todo lo que se hace desde la ciencia y la tecnología que deteriora el medio ambiente. Si bien el objetivo no es dañarlo, en el camino se deteriora, los daños colaterales son obra del ser humano. El cambio climático no es casualidad, lo estamos produciendo nosotros, la minería a cielo abierto, el fracking y demás. Estamos destruyendo el planeta y, desde la bioética, no se puede privilegiar sólo al ser humano para que se salve del desastre, porque no existe salvación del ser humano sin salvación del planeta. No podemos vivir en otro planeta, es este el que tenemos y hay que preservarlo, y eso implica preservar a todas las especies y al medio ambiente.

AP y AL: ¿Con la genética pasa lo mismo?

**VP:** Claro que sí. Sin ir más lejos, la aplicación de la genética a la identificación humana, es un tema principalmente social y político. Yo siempre les decía a las Abuelas de Plaza de Mayo que los obstáculos que iban a tener, en la gesta de ubicar, identificar y restituir nietos serían más de tipo político que de tipo tecnológico. La tecnología siempre estuvo clara, incluso antes del advenimiento de la tecnología del ADN. En cambio, los aspectos sociales, éticos y políticos son los que imprimieron el rumbo, los logros y las dificultades.

AP y AL: Mencionaste la direccionalidad que el po-

der puede darle a la ciencia. En ese sentido, ĉes posible pensar que, así como tiene un fin noble, el Banco Nacional de Datos Genéticos, podría ser utilizado con fines no tan nobles?

**VP:** Cualquier tecnociencia se puede utilizar con fines nobles o innobles, todo puede eventualmente tener aplicación para fines innobles. Cuesta imaginarse en un régimen democrático un mal uso de un banco de datos de estas características, pero por supuesto que en un régimen como pudo ser el hitleriano podría servir para discriminar a la gente, para buscar judíos. Son temas complejos. En el terreno de la identificación de desaparecidos, hay un banco de datos mucho más grande que el de las Abuelas y es el que tiene el Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF). Ese banco tiene aproximadamente 9000 entradas, en el de Abuelas hay 311 familias, debe haber poco más de 1.000 o 1.200 muestras. El EAAF está en manos de una organización no gubernamental, con mucho apoyo del estado argentino e, inicialmente al menos, del estado norteamericano, lo que algunos pueden ver como dato positivo y otros como negativo. EL EAAF empezó con la actividad del Banco de Datos Genéticos con un subsidio millonario del Departamento de Estado americano, dado a través de Naciones Unidas, con una serie de recaudos.

**AP y AL:** ¿En qué otros casos podría mal utilizarse? **VP:** Recientemente un político derechista de Hungría, que estaba haciendo su campaña política, dijo que se

había hecho un ADN para asegurarse que no tuviera ningún origen judío. Este incidente muestra además un uso absurdo del ADN pues no existen genes "judíos". Se pueden hacer bases de datos genéticos de delincuentes, por ejemplo, que podrían usarse violando derechos humanos básicos. De hecho muchos países, incluido Argentina, tienen una legislación al respecto, la ley que se sancionó acá fue para delincuentes sexuales, para violadores, pero hay países que la tienen para cualquier tipo de delincuentes con algunos recaudos judiciales. Pero eso lo podés usar para discriminar gente fácilmente, por ejemplo en el trabajo, aunque todavía no han aparecido muchos genes que tengan sentido desde el punto de vista laboral. Se está empezando a usar mucho en el deporte, genes que te permiten mayor desarrollo muscular u oxigenación muscular y ya se está hablando de terapias génicas en atletas. ¿Cómo lo van a controlar? Porque ahora es fácil con el doping, si tomaste tal o cual droga, pero con los genes...

**AP y AL:** Con la expectativa de vida puede pasar lo mismo

**VP:** En los seguros de salud, incluyendo obras sociales, todavía apuestan a que la gente diga con sinceridad si tiene tal o cual enfermedad, si tiene familiares con cáncer, si tiene familiares con esto, con lo otro y así deciden, "usted no es asegurable". Acá en la Argentina no es legal, pero podés discriminar a la gente, por ejemplo subirle la prima de seguros, sobre todo en los seguros privados. En definitiva, se pueden usar las bases de datos genéticos con fines innobles. De hecho, por dictamen de la Corte Europea de Derechos Humanos, Inglaterra, que tiene la Base de Datos Genéticos de delincuentes más grande del mundo, con más de cinco millones de personas, debió dar marcha atrás en mantener en ella el ADN de personas que fueron absueltas por la justicia.

**AP y AL:** ¿Tienen cinco millones de delincuentes registrados?

**VP:** Hay que ver lo que pasa con la letra chica, hay una definición de contravención de acuerdo a la penalidad que tiene y cuando pasás ese umbral te hacen una prueba de ADN. El problema es que te la hacen antes de que la justicia dictamine si sos culpable o inocente.

**AP y AL:** Ya queda uno ahí, registrado en el banco de datos

**VP:** Ese fue exactamente el asunto, algunos damnificados llevaron sus casos hasta la Corte Europea de

Derechos Humanos porque la justicia inglesa los había declarado inocentes pero mantenían su ADN en la base de datos y tuvieron que dar marcha atrás, hace ya unos años, en 2008.

**AP y AL:** ¿Puede existir la pretensión de que conociendo el ADN de los delincuentes se puede arribar a un perfil de delincuente, con los aspectos más estereotípicos de la cara, de la personalidad...?

**VP:** iAl estilo Lombroso<sup>1</sup>, en Italia! A ver, todos los rasgos humanos están influenciados por genotipo y ambiente; todos, incluyendo los rasgos de conducta. Lo que pasa es que de eso se sabe poco, pero hay toda una línea de investigaciones de genética de la conducta que tiene que ver con esto, con encontrar variaciones genéticas que predispongan a la gente a cometer actos violentos, por ejemplo. Ahora, hay algunos genes que han sido "incriminados": el de la dopamina, o el receptor de dopamina y ha habido un par de juicios en Italia en los que el juez le ha rebajado la pena a alguien porque tenía una variación genética que decía que lo hacía más propenso a la violencia o cosas por el estilo. Por ahora son todas supercherías, no hay nada firme, incluso en Estados Unidos, en la época en la que yo vivía allí,, había todo un encontronazo dentro de los institutos nacionales de salud. A un grupo del Instituto de Salud Mental que se habían propuesto estudiar el tema de la genética de la criminalidad le salió al paso todo otro sector más progresista y consiguieron pararlo. Estoy seguro de que, de alguna forma se está investigando, a mí no me sorprendería que se puedan encontrar variaciones genéticas que estén correlacionadas con rasgos de la conducta, todavía estamos lejos de comprobarlo pero no me llamaría la atención. Vuelvo a decir, todos los rasgos humanos dependen de una interacción entre genes y medio ambiente, todos.

**AP y AL:** En alguna época se habló del caso XYY (anomalía cromosómica por la presencia de un cromosoma sexual Y de más), "el Y asesino" le llamaban...

**VP:** Sí, pero eso es ridículo. La sociedad está siempre buscando atajos para los temas de seguridad y los atajos consisten en encontrar culpabilidades biológicas supuestamente fáciles de demostrar, como hacer una prueba genética y decir "al calabozo". Eso ocurrió en la década de los '70, con el cromosoma Y extra. El razonamiento era más o menos así: el hombre es más agresivo que la mujer, ¿por qué será?. Porque tiene el cromosoma Y. Estos que tienen dos cromosomas Y deben ser más agresivos aún. Nunca se pudo comprobar

<sup>(1)</sup> N del E: Ezechia Marco Lombroso (1835-1909) médico y criminólogo italiano, representante del positivismo criminológico, sostenía que la criminalidad está relacionada con causas físicas y biológicas. Un aspecto particularmente difundido de la obra de Lombroso es la concepción del delito como resultado de tendencias innatas, de orden genético, observables en ciertos rasgos físicos o fisonómicos de los delincuentes habittuales (asimetrías craneales, determinadas formas de mandíbula, orejas, arcos superciliares, etc.)



Mural en la Sede Fonseca de Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata, que fue inaugurado en Octubre de 2015 a 38 años de la fundación de Abuelas de Plaza de Mayo. Basado en una fotografia tomada en 1983, momento en el que la doctora Marie Claire King muestra a Estela de Carlotto y Nelly Navajas la probeta que contenía la prueba de que había descubierto el Índice de Abuelidad. El trabajo fue realizado en el marco de la Cátedra de Muralismo y Arte Público Monumental, y en su realización colaboraron numerosos artistas.

nada de eso. iEl área de genética de la conducta es peligrosísima!

**AP y AL:** ¿Qué significa esta metáfora de la huella digital genética?

**VP:** La huella digital genética es un análisis de ADN para identificación. Luego se estableció la analogía con la huella digital tradicional, aquel invento argentino de Juan Vucetich<sup>2</sup>. El término huella genética o DNA Fingerprint, lo acuñó el genetista inglés Alec John Jeffreys a mediados de los '80. A partir del uso de las enzimas de restricción, se pudo cortar el ADN en segmentos pequeños y se encontraron las variaciones genéticas en los cromatogramas y las llamó fingerprint. La tecnología después evolucionó y, hoy en día, es una tecnología totalmente estandarizada, nadie se anima a salirse del plato, en cuanto a usar los mismos reactivos. Casi todos los laboratorios que hacen genética forense, acá en Argentina, que son por lo menos una veintena, usan el códice norteamericano desarrollado por el FBI.

AP y AL: ¿Sería una especie de protocolo?

**VP:** Claro, de protocolo y de análisis de probabilidades. En realidad no se usan genes para la identificación genética sino segmentos de ADN no codificante en general, ahora se está empezando a usar SNP.

AP y AL: ¿Qué son los SNP?

**VP:** Los SNP (del inglés Single Nucleotide Polymorphism) son polimorfismos de base única y que están presentes a largo del ADN. De los tres mil millones de nucleótidos (bases) que constituyen nuestro genoma, más o menos cada 500 o 1.000 nucleótidos, hay un sitio en el cual hay variabilidad genética entre las personas, por ejemplo que en lugar de una base timina hay una citosina, entonces hay una variabilidad genética muy grande y se llama polimorfismo. El término polimorfismo tiene que ver con la frecuencia de una variabilidad genética en la población, toda vez que ocurra en por lo menos un 1% de la población se llama polimorfismo, un poco para diferenciarlo de las mutaciones patogénicas o que intervienen en la codificación de las proteínas. De todos modos, acá estamos hablando principalmente de ADN no codificante (ADN que no codifica proteínas, y que tiene otras funciones). El número de polimorfismos de base única es de alrededor de varios millones a lo largo del ADN, entonces la variación como la capacidad de discriminar en la identificación genética es cada vez mayor cuanto más variable sea el sitio. Cuantos más alelos posibles existan en ese sitio del ADN, mayor va a ser la capacidad de identificación que va a tener el análisis genético. Además, la automatización de la técnica permite usar más sitios para análisis. Los sitios que se usan hoy en día tienen 100, 200 alelos. Basta con una docena de ellos para tener una variabilidad genética más que suficiente para que las probabilida-

<sup>(2)</sup> N del E: Juan Vucetich Kovacevich, (1858-1925) fue un antropólogo y policia argentino de origen austrohúngaro que desarrolló y puso por primera vez en práctica un sistema eficaz de identicficación de personas por sus huellas dactilares.



Intervención en la Plaza Rocha, ciudad de La Plata, en el marco de la VI Bienal Universitaria de Arte y Cultura de la UNLP. Padres y alumnos de la Escuela Estética N° 2 de la capital bonaerense acompañados por la agrupación HIJOS La Plata, decoraron todos los árboles con sobres y cartas con las palabras 30 mil, en recuerdo, memoria y reivindicación de los desapareciodos durante la última dictadura cívico militar.

des de inclusión de lazos de parentesco sean mayores de 99,9%. Los laboratorios que hacen genética forense utilizan un paquete de 12 a 16 sitios de análisis y se basan principalmente en microsatélites (secuencias de ADN en las que un fragmento, cuyo tamaño va desde dos hasta seis nucleótidos, se repite de manera consecutiva).

**AP y AL:** Cambiando de tema, vos estuviste desde los inicios del desarrollo del "índice de abuelidad". Alguien que trabajó también en esos comienzos fue Mary Claire King.

**VP:** Si, Mary-Claire fue la que dirigió todo

**AP y AL:** ¿Vos la conociste? ¿Cómo alguien que está en Berkeley, termina involucrada en el tema de las Abuelas?

**VP:** Mary Claire King antes de ir a Berkeley estuvo viviendo en el Chile de Salvador Allende. No es cualquier persona, ella se fue a enseñar biología en colegios secundarios durante el Chile de Allende. Es una persona muy progresista, tremendamente capaz y tiene un compromiso muy fuerte, sobre todo por América Latina. Además, viviendo en California, tenía mucho contacto con los latinos. Ella era uno de los referentes de la Asociación Norteamericana para el Avance de la Ciencia (AAAS), tenía muchos conocidos ahí. Uno de ellos que era su discípulo, el chileno Cristiano Orrego, un biólogo molecular, es probable que fuera exiliado

o hijos de exiliados chilenos. A Mary Claire yo la conocía como genetista, yo había llegado hacía poco a Estados Unidos, en el año 81, antes estuve 5 años en Venezuela, pero la conocía de los congresos de la American Society of Human Genetics. Iba todos los años y ahí nos conocimos. Cuando me contactan las Abuelas, ellas ya tenían el nombre de Mary Clarie y dije: "Si, por supuesto, es la persona más indicada". No soy genetista forense porque me ocupo de genética médica (prevención y tratamiento de enfermedades genéticas), y lo que ocurrió es que me tocó estar en el lugar preciso, en el momento preciso y con la ideología política precisa como para ocuparme del tema planteado por Abuelas, es decir: cómo se podían identificar sus nietos robados si los padres están desaparecidos. En esa época no había mail ni nada, pero si nos hablábamos. Con Mary Claire trabajaba Pierre Darlu que era un matemático francés, quien hizo toda la formulación estadística. Esto fue a mediados del año '83 y la fórmula probabilística no fue otra cosa que adaptar la fórmula de inclusión de paternidad (que se usaba en pruebas de identificación de paternidad) a una situación en la cual operás con una generación faltante y analizás la generación de los abuelos. Muy pronto, la tarea se facilitó con los análisis de ADN y se automatizó. Hoy la probabilidad de inclusión de relaciones de parentesco (abuelidad u otras) la "escupe" un software de un secuenciador de ADN, que es una computadora preparada para determinar cualquier grado de filiación, en la cual entrás los perfiles de ADN de todo el grupo familiar y salta como sea. El caso del nieto de Estela (Barnes de Carlotto) saltó por partida doble: el padre de Ignacio, Walmir Montoya, había sido identificado por el Equipo Argentino de Antropología Forense cuatro o cinco años antes.

AP y AL: Habían encontrado sus restos...

**VP:** Habían encontrado sus restos, y lo identificaron porque los padres de él y un hermano habían dado ADN a la base de datos del EAAF (no al de Abuelas). Si bien las dos bases de datos no se fusionan, hay obviamente contacto y comunicación. Entonces el ADN de Walmir se lo dieron al Banco Nacional de Datos Genéticos, que entonces disponía ADN del padre de Ignacio y de sus abuelos maternos. Laura (la hija de Estela de Carlotto) fue asesinada por los militares luego de parir en cautiverio y sus restos entregados eventualmente a la familia. Existen los restos de Laura, no fue desaparecida. La mataron y entregaron los restos a la familia y hubo una exhumación que fue con el juicio de las juntas. Tenía, por cierto, un disparo en la nuca.

**AP y AL:** ¿Pero entonces sí había ADN de la madre, de Laura, en la base de datos?

**VP:** No, en realidad sus restos habían sido exhumados en 1985 y la información de que tuvo un parto fue usada en el juicio a las Juntas. Pero en ese momento no se obtuvo ADN. Luego, la familia decidió que no se justificaba una nueva exhumación para obtener ADN pues bastaba con tener ADN de los padres y hermanos de Laura.

**AP y AL:** ¿Quién iba a pensar que se iba a poder obtener ADN de los restos y la cantidad de ADN que se quisiera?

(Se hace un silencio, Víctor se muestra visiblemente conmovido.)

**VP:** Con los Carlotto tengo una relación muy estrecha. Los que dieron su ADN fueron los abuelos, Estela y el marido que todavía vivía, y tres hermanos. Entonces, cuando se comparó el ADN de Ignacio con los perfiles alacenados en la base datos, saltó enseguida, tanto por el lado materno como paterno, en lo que se llama un "hit".

**AP y AL:** Los primeros análisis de ADN ¿se hicieron en Argentina o se hicieron afuera?

**VP:** No, se hicieron afuera

**AP y AL:** 2Y había muchos casos esperando? **VP:** Había, si. En realidad uno de ellos fue para solu-

cionar un error, eso fue en los comienzos de los '90. Hubo una confusión en la atribución de la familia Sandoval Fontana, una familia que tenía una hija desaparecida y que podría haber tenido un hijo o una hija. En ese entonces aparece una nena de nombre Juliana, que había sido adoptada legalmente por un matrimonio que acudió de muy buena fe a Abuelas. Por la fecha de nacimiento y por otros datos circunstanciales sospecharon que podría ser la nieta de los Sandoval Fontana. Se hacen los análisis en el Banco Nacional de Datos Genéticos, época pre ADN, y erróneamente le atribuyen a Juliana a la familia Sandoval Fontana.

### AP y AL: ¿En el Hospital Durand?

**VP:** Si, en el Durand. El banco se crea en 1987. En esta época pre ADN se "reconstruían" los genotipos a partir de los grupos sanguíneos y de los antígenos de histocompatibilidad (HLA). Era muy artesanal y se cometió un error.

### AP y AL: 2Y entonces?

**VP:** Ante las dudas que persistían en la familia adoptiva, se consiguió que la justicia permitiera mandar a Francia una muestra para hacer ADN. Paralelamente a eso yo involucré a Mary Claire y a otra genetista norteamericana (Wilma Bias) que se dedicaba a análisis de ADN en Baltimore. Estos análisis determinaron que Juliana no era pariente de los Sandoval-Fontana. De hecho, años después se identificó al hijo de esta familia (Alejandro Sandoval).

**AP y AL:** ¿Los primeros casos fueron muy traumáticos? Recordanos el caso de los mellizos Miara.

**VP:** Yo diría que no hubo caso no traumático. Lo que se suele pasar por alto es que los traumas principales fueron el embarazo y parto en cautiverio y en condiciones oprobiosas, y la apropriación violenta e ilegal y la crianza en condiciones de perversidad. Es decir que el trauma inicial fue inevitable, el tema es cómo se sale después de ese trauma y cómo lo procesa el nieto recuperado. Hay mucha literatura escrita, hay muchos reportajes hechos. En la década de los '90, en la década pasada y ahora. Los mellizos Miara son unos de los que más sufrieron porque la justicia Argentina demoró años. A pesar de eso pudieron recomponerse, hoy son muy críticos de sus apropiadores, apoyando la tarea de Abuelas.

En realidad, me animo a afirmar que no hay nadie de los 120 nietos recuperados que hubiese preferido no enterarse, ninguno. Existen los que se negaron inicialmente a hacerse pruebas, incluyendo el "verdadero" Sandoval, que apareció en manos de un militar y fueron a juicio y él se resistió durante más de un año, hasta que lo escuchó en el juicio hablar al apropiador. En fin, hizo un giro de 180 grados y hoy en día tiene



Intervención en la Plaza Rocha, ciudad de La Plata, en el marco de la VI Bienal Universitaria de Arte y Cultura de la UNLP.

un *bl*og donde dice, yo suelo citarlo: "yo soy yo, soy el que era antes, soy el que soy ahora, y llevo las ideas de mis viejos porque me las pasaron en el ADN"

**AP y AL:** Es entendible que se expresen de esa forma aunque es algo determinista...

**VP:** Victoria Donda, en su autobiografía, dice algo parecido. Creo que tienen derecho a decir lo que sientan, nadie tiene derecho a meterse, en nada, ni siquiera cuando expresan ideas erróneas de este tipo, que son mas sentimientos que ideas. Creo que lo dicen como metáfora, como diciendo yo quiero tener la misma ideología que mis padres, eso es lo que están diciendo, pero se lo atribuyen al ADN.

**AP y AL:** Hoy en día se usa mucho esta metáfora "Está en el ADN" o "está en los genes". Pero se dice a modo de "está en mi esencia", sin que tenga que ver lo genético.

**VP:** Claro, lo que pasa es que es una tendencia peligrosa, por el reduccionismo que implica y porque el reduccionismo tiene sus consecuencias negativas para el concepto de dignidad y autonomía de las personas. En salud es terrible, pues el reduccionismo hace pensar que todas características humanas (incluyendo la salud y la conducta) dependen exclusivamente de los genes, lo cual es una falacia. En realidad todos los rasgos humanos son resultantes de la interacción entre genes y medio ambiente. Y por cierto que, en

general, las influencias ambientales tiene mayor peso que las genéticas en determinar salud y conductas. La influencia del reduccionismo tiene que ver mucho con el control social. La biopolítica desde el poder es tener una sociedad lo más temerosa posible, lo más dependiente del poder y eso lo conseguís haciendo que la gente vaya a hacerse pruebas de ADN. No se imaginan la cantidad de gente que se hace pruebas de ADN porque sí, por curiosidad y por supuesto es algo que está promovido por compañías comerciales. La mayor parte están en Estados Unidos, pero podés hacerlo por internet, te mandan por correo un hisopado para que les mandes saliva y a la semana te devuelven información sobre unos 100 o 200 genes supuestamente asociados a enfermedades. Entonces tal persona tiene tal cosa, tiene tal probabilidad de otra y hasta tienen la osadía de darte las recomendaciones para estos casos, que suelen ser tan mundanas e inespecíficas como comer bien, hacer ejercicios, no fumar...

**AP y AL:** Vos lo mencionás en tu libro "Genética y Derechos Humanos", que pensar tanto en la genética deja de lado...

**VP:** El medioambiente es sobre lo que se puede actuar para mantener la salud, pero cuesta mucho más, estructuralmente hablando. El medioambiente en que estamos inmersos incluye los aspectos sociales, biológicos, químicos, psicológicos, etc., y está determinado por las políticas públicas. Las principales causas de

magen: M. de Torres Curth

cáncer son la contaminación del ambiente con sustancias cancerígenas y no las variaciones genéticas de las personas, y sin embargo cada vez se escucha mas que "el cáncer es una enfermedad genética" cuando en realidad está causado por los tóxicos del medioambiente que dañan tu ADN.

AP y AL: Claro, no conviene...

**VP:** Exacto, el reduccionismo ha hecho que el ADN sea actualmente un término coloquial, que está en boca de todo el mundo. A mí no me convence, no me gusta, porque se exagera constantemente sobre la importancia de las variaciones del ADN en predecir enfermedades, lo que lleva entre otras cosas a profecías autocumplidas. Las predicciones basadas en la genética suelen ser falaces, pues ignoran el medio mabiente cambiante en el que estará inmersa la persona de la cual se le está haciendo predicciones futuras.

AP y AL: Es claro, en cuanto a las compañías privadas, lo que buscan. Por ejemplo usan a la gente para darles estas recetas mágicas y embolsar sus ganancias. Ahora ¿qué pasa en el sistema científico público, en un país como el nuestro, que no tiene grandes recursos económicos pero ha hecho un esfuerzo para invertir en ciencia? En los últimos años, áreas como la tecnológica han crecido muchísimo dentro de sistemas como el CONICET, por ejemplo ¿Cómo es tu visión en cuanto a la ciencia básica y aplicada?

**VP:** La actividad científica ha sido y seguirá siendo una actividad humana esencial. No concibo la vida humana desprovista del quehacer científico. Creo que las diferencias entre ciencia básica y aplicada no resisten un análisis profundo. Hay grandes hallazgos científicos aplicables, derivados de ciencias básicas hasta el hecho de que actualmente hay una asociación tan fuerte entre ciencia y tecnología, entre ciencia básica y aplicada, que es difícil ver las fronteras entre ambas. Lo que sí es importante son las prioridades. Hay temas que en un país como el nuestro tienen que ser priorizados frente a otros. Por supuesto no se puede ser rígido, todo depende de los fondos que tengas, porque los fondos son finitos. Lo que me molesta de la tendencia actual, en realidad, es la privatización de la ciencia, porque a la corta o a la larga el Estado cada vez va a tener menos plata. Si todo se privatiza, ¿Por qué no se va a privatizar la ciencia? Lo dice el ministro (de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva, Lino Barañao) ya desde antes del nuevo gobierno: él está por los emprendimientos públicos-privados. Pero no dicen lo que yo creo que se va a venir, sobre todo con este gobierno, que tiene como cometido achicar el Estado.

**AP y AL:** En ese caso, ¿va a ser el sector privado el que oriente hacia dónde investigar?

**VP:** iPero por supuesto! Es lo que pasa en Estados Unidos, al menos en investigación biomédica de la que salen todos los productos farmacéuticos, toda la radio tecnología aplicada a la salud, etc. El 60% ya es privado. Antes la relación era inversa, Y el privado tiene como fin el lucro. Entonces tenés altos riesgos de desviar la ciencia, que debería buscar el bien común, a la búsqueda del bien para sus inversores, porque se deben a ellos y aparte te lo dicen en reuniones de diversos tipos. Es esencial que haya mecanismos transparentes para asignar fondos a la investigación científica, cuyo objetivo deber ser abordar los vacíos de conocimientos necesarios para resolver los problemas del país.

**AP y AL:** ¿Pero pensás que hay que priorizar? **VP:** Desde ya que hay que priorizar, los fondos son finitos. Se corren riesgos priorizando pero yo creo que se corren más riesgos no priorizando.

**AP y AL:** El riesgo de la privatización. **VP:** Si

AP y AL: iMuchísimas gracias Víctor!

Al cierre de esta edición, Abuelas de Plaza de Mayo anunció la restitución del nieto N° 122, en la provincia de Córdoba, hijo de Enrique Bustamante y de Iris Nélida García Soler, ambos detenidos desaparecidos durante la última dictadura cívico militar.

## Ciencia al paso

## Embaldosar el patio

### por Mónica de Torres Curth

Durante muchos años los matemáticos y algunos artistas se han preocupado por encontrar formas (geométricas los primeros y no tanto los segundos) de embaldosar el plano. Esta acción de cubrir el plano con figuras de manera que no se superpongan ni dejen espacios vacíos se conoce como "teselar" y el resultado es un "teselado". Hay distintas formas de obtener un teselado. La primera y más simple es tomar una única figura y mediante movimientos de traslación, rotación o reflexión, acomodarla para cubrir toda la superficie. Para teselar el plano con un polígono regular (aquel en los que todos los ángulos miden lo mismo, al igual que los lados) sólo tenemos tres elecciones posibles: un triángulo, un cuadrado o un hexágono. A estos se

los llama teselados regulares (Ver Figura 1). También existen los teselados semirregulares, que son aquellos en los que se combinan distintos polígonos regulares: triángulos, cuadrados, hexágonos, octógonos y dodecágonos (12 lados), como se puede ver en la Figura 2. Existen sólo 3 tipos de teselados regulares y 8 de semirregulares.

Si nos salimos del mundo de los polígonos regulares, podemos obtener mosaicos bellísimos, e incluso llegar a creaciones maravillosas como las figuras del artista neerlandés Maurits Cornelis Escher, quien combina con un arte magnífico figuras que teselan el plano.

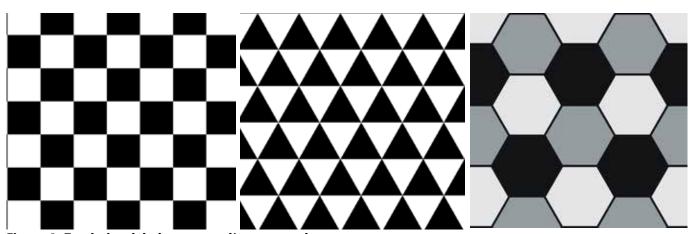


Figura 1. Teselados del plano con polígonos regulares

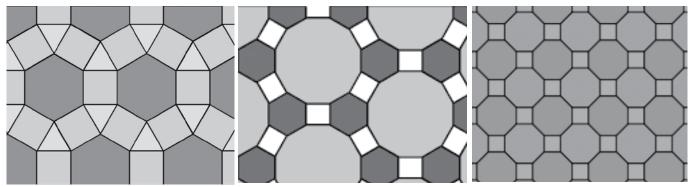


Figura 2. Algunos teselados semirregulares, que combinan varios polígonos regulares

Pero volvamos a los teselados que utilizan una única figura. Cuando los polígonos son regulares la cosa está resuelta (son sólo 3 posibilidades). Pero si relajamos la cuestión de la regularidad, los matemáticos han demostrado algunas cosas muy interesantes. En primer lugar, que cualquier triángulo y cualquier cuadrilátero sirven para cubrir el plano, independientemente de las medidas de sus lados y de sus ángulos. En segundo lugar, que solo hay tres tipos de hexágonos que pueden teselar el plano. Y por último, que ningún polígono con siete lados o más, sirve por sí solo para embaldosar el piso (siempre estamos pensando en polígonos convexos). O sea, para polígonos de 3, 4, 6 y 7 o más lados, sabemos qué pasa. Pero falta el 5. ¿Qué pasa con los polígonos de 5 lados? Muy sencillo: el caso del pentágono es el único que sigue abierto. No hay una clasificación exhaustiva ni definitiva de los tipos de pentágonos que pueden teselar el plano. Hasta hace muy poco tiempo se conocían 14 tipos de pentágonos con los se puede cubrir un plano. Los primeros fueron descubiertos en 1918 por el matemático alemán Karl Reinhardt. Cincuenta años después, R. B. Kershner encontró tres tipos más, y en 1975 Richard James encontró otro. Un caso curioso es el de una señora, ama de casa de unos 50 años llamada Marjorie Rice, que se

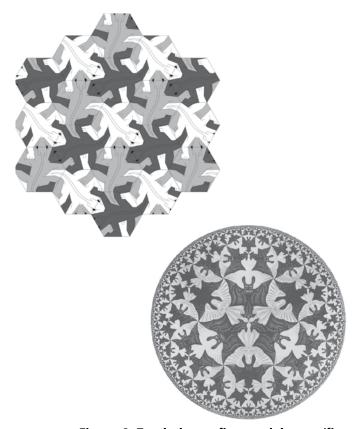


Figura 3. Teselado con figuras del magnífico M.C. Escher

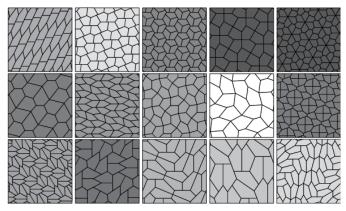


Figura 4. Los quince teselados conocidos utilizando pentágonos, que tienen ángulos de 60°, 135°, 105°, 90° y 150°. El último tipo descubierto es el de abajo a la derecha. ¿No son hermosos?

interesó por el asunto leyendo una columna en *Scientific American* (escrita por Martin Gardner) y encontró cuatro tipos más, desarrollando su propio método y su propia notación. El último lo había encontrado Rolf Stein en 1985. Hasta hace sólo unos meses. En julio de 2015, Casey Mann, Jennifer McLeod y David Von Derau, empleando un método de búsqueda exhaustiva, encontraron el nuevo pentágono (que no es de ninguno de los 14 tipos descriptos) (ver Figura 4). Todavía no se sabe si estos 15 tipos de pentágono representan todos los posibles embaldosados pentagonales, o aún hay más escondidos por ahí. Así que la seguir buscando...!



Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE





### Ciencia, Tecnología e Innovación al servicio del país, desde la Patagonia argentina

Convenios de Asistencia Técnica - Convenios de Desarrollo Estudios de Impacto Ambiental - Servicios Tecnológicos de Alto Nivel



Quintral 1250 - 8400 San Carlos de Bariloche - Tel. 0294 4433040 contactoinibioma@comahue-conicet.gob.ar/www.inibio-unco-conicet.gob.ar/



**JUNTOS HACEMOS MÁS** COMUNIDAD.

bariloche.gov.ar f





# INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Desde la Patagonia, difundiendo saberes abarca diferentes temáticas de las ciencias humanas, sociales, naturales y exactas, así como de las tecnologías. Se dirige al público en general y en particular, a estudiantes y docentes de los niveles secundario, terciario y universitario. Las contribuciones deberán ser artículos originales de divulgación sobre temas de especialidad de los autores, que presenten resultados de proyectos de investigación y extensión que se desarrollen en universidades nacionales e institutos de investigación de la Patagonia, o trabajos sobre la Patagonia realizados en otras zonas del país. Estudios de interés general que trasciendan problemáticas regionales también serán bienvenidos. En una primera instancia, el Comité Editorial analizará si los trabajos recibidos se enmarcan en las áreas de interés de la revista. Aquellas contribuciones que reúnan este requisito serán enviadas para su evaluación por al menos dos revisores externos, especialistas en el tema del artículo. Una vez aceptada la contribución, se realizará una revisión adicional sobre la redacción y estilo editorial acorde al lenguaje de la divulgación de las ciencias, sobre la cual se solicitará la conformidad del autor. Las contribuciones no tienen cargo para los autores.

#### **SOBRE LAS CONTRIBUCIONES**

Los artículos deben estar escritos en idioma español y tener una extensión de entre 2.000 y 5.000 palabras. El texto deberá expresarse en lenguaje sencillo, evitando el uso de jerga, fórmulas y tecnicismos. De ser imprescindibles serán definidos en un glosario al final del trabajo. Debe contar con intertítulos destinados a favorecer una lectura comprensiva por personas no familiarizadas con la temática, por lo que deben ser breves y expresarse en lenguaje sencillo y atractivo. Siempre que sea posible se mencionará a las especies por su nombre vulgar incluyendo el nombre científico entre paréntesis, sólo la primera vez. La configuración del documento será la siguiente: papel tamaño A4, letra Times New Roman 12, espaciado doble, sin sangrías, y no deberá contener notas al pie. El texto puede contener recuadros de no más de 200 palabras. Se incluirá un resumen de hasta 130 palabras que se destinará a la difusión del artículo en medios de comunicación.

Se espera que en este resumen se dé cuenta del artículo elaborado en forma fidedigna y a la vez atrayente, considerando asimismo que podría ser difundido oralmente por medios radiales. En general se evitará el uso de citas y referencias bibliográficas en el cuerpo del texto como es habitual en la escritura de trabajos científicos. En caso de que su uso sea inevitable, se recomienda incorporar alguna información relativa al autor, como la ocupación y/o la nacionalidad (por ejemplo: "En palabras del historiador argentino Félix Luna..."). Los autores proveerán entre tres y cinco referencias para incluir en la sección de Lecturas Sugeridas, preferentemente en castellano y que resulten accesibles a los lectores. Tablas, cuadros y figuras deberán acompañarse de la especificación de autoría y de una leyenda autoexplicativa que puede complementar o ampliar el texto central. A menos que sean sólo de carácter ilustrativo, serán referenciadas en el cuerpo del texto, numerándose consecutivamente. Todos estos objetos se enviarán en archivos separados. Los autores deberán proveer además, imágenes en formato .jpeg color, de buena calidad, que acompañen e ilustren el texto, con también con leyendas explicativas. Para todas las imágenes se deberá citar la fuente o el autor. En el caso de las fotos se deberá contar con la autorización explícita del autor para su publicación.

### **ENVÍO DE LAS CONTRIBUCIONES**

Los autores deberán proveer de los siguientes archivos:

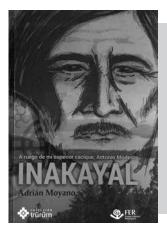
- 1) datos filiatorios de los autores
- 2) resumen
- 3) cuerpo del texto
- 4) tablas
- 5) figuras e imágenes (éstas en archivos individuales)

Los archivos se nombrarán con el apellido del primer autor seguido por la palabra correspondiente (por ejemplo, Gutiérrez texto.doc, Gutiérrez Resumen.doc, o Gutiérrez Tabla 1.doc).

El envío de las contribuciones se hará por correo electrónico a: desdelapatagoniads@gmail.com

Antes de enviar contribuciones, solicitamos a los autores que consulten las instrucciones para la redacción de los artículos en nuestra página web: **desdelapatagonia.uncoma.edu.ar** 

### En las librerías



### A ruego de mi superior cacique, Antonio Modesto Inakayal

Adrián Moyano. Fondo Editorial Rionegrino. 2017. 1ª ed.

ISBN 978-950-767-064-0

A través del accionar político y la resistencia del lonco Inakayal, el autor reconstruye los últimos 20 años de vida mapuche independiente. Una forma más de avanzar en el camino de descolonizar la historia mapuche y de construir un presente social de interculturalidad, comunicación y respeto mutuo.

### El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en Argentina Mario Mariscotti. Lenguaje Claro Editora. 2016. 5º ed.

ISBN 978-987-3764-08-0

La historia de los orígenes de la energía atómica en la Argentina comienza con un error. Luego de un largo proceso de documentación, el Dr. Mariscotti, ha logrado desentrañar una apasionante historia de ciencias y conflictos humanos que iluminan una etapa fundamental de la historia de la ciencia argentina.



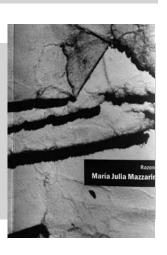


La Ruta 40. Cinco mil doscientos kilómetros desde la Patagonia hasta el Norte argentino Alejandro Guyot y Sonia Renison. Planeta. 2017. 1ª ed. ISBN 978-950-49-5623-5

Recorrido imperdible por la historia de nuestro país. Historias contadas en imágenes sugerentes por el fotógrafo Guyot y las aguafuertes de la periodista Sonia Reninson.

Razones María Julia Mazzarino. Editora Municipal Bariloche. 2016. 1ª ed. ISBN 978-987-96371-9-7

En estos relatos, la autora, se descubre como una contadora maravillosa de historias, nos reconcilia con la esperanza y nos hace sentir que la vida es lo que uno recuerda y cómo lo recuerda para contarla.





Agradecemos a Librería Cultura por facilitarnos el acceso a estos libros.