

# Sumario



## **LA ECOLOGÍA DEL MOVIMIENTO: TRAS LOS PASOS DEL CÓNDOR ANDINO**

por P. Alarcón, S. Lambertucci, J. M. Morales, G. Wiemeyer, O. Mastrantuoni, E. Shepard, J. A. Sánchez-Zapata, G. Blanco, M. de la Riva, F. Hiraldo y J. A. Donázar

**2**

## **RESEÑA DE LIBRO: PLÁNTULAS DE LA PATAGONIA**

por Cecilia Brion

**11**



## **APORTES «REALISTAS» A LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA**

por María F. Gallego y Silvia G. Pérez

**12**

## **DESDE LA PATAGONIA:**

### **98ª REUNIÓN NACIONAL DE LA ASOCIACIÓN FÍSICA ARGENTINA**

por Laura García y Margarita Ruda

**20**



### **MES DE LA ENTOMOLOGÍA 2013**

por Sofía Siffredi

**22**



## **RESEÑA DE LIBRO: LA QUÍMICA ESTÁ ENTRE NOSOTROS. DE QUÉ ESTÁN HECHAS LAS COSAS (ÁTOMO A ÁTOMO Y MOLÉCULA A MOLÉCULA)**

por Marina Arbetman

**27**

## **MATERIALES MEMORIOSOS**

por Franco de Castro Bubani, Marcos Sade y Francisco Lovey

**28**



## **EL MUNDO DE LAS LIBÉLULAS Y SU ROL EN LOS ECOSISTEMAS**

por Fabián G. Jara y Javier Muzón

**36**

## **DECÁLOGO DE LA LENGUA O TODO LO QUE QUISO SABER SOBRE ELLA Y NO SE ATREVIÓ A PREGUNTAR**

por Andrea C. Premoli y Paula Mathiasen

**44**



## **REPORTAJE: A NARCISA HIRSCH**

por Margarita Ruda y Ana Pedrazzini

**54**

## **EN LAS LIBRERÍAS**

**60**



## **ARTE:**

**DANIEL GÓMEZ**

**RETIRO DE CONTRATAPA**

LA ECOLOGÍA DEL MOVIMIENTO:

# TRAS LOS PASOS DEL CÓNDOR ANDINO

En este artículo presentamos las preguntas y los primeros resultados de un proyecto en curso centrado en el estudio del movimiento del cóndor andino.

**P. Alarcón, S. Lambertucci, J. M. Morales, G. Wiemeyer, O. Mastrantuoni, E. Shepard, J. A. Sánchez-Zapata, G. Blanco, M. de la Riva, F. Hiraldo y J. A. Donazar**

## ¿De qué hablamos cuando hablamos de movimiento?

La palabra *movimiento* es utilizada en ámbitos muy diferentes de la vida cotidiana. En ocasiones, se emplea para hacer referencia a organizaciones políticas y sociales, corrientes filosóficas o estilos de arte. Sin embargo, la acepción más intuitiva del término es aquella con origen en la Física y definida a partir de magnitudes de espacio y tiempo. Así, movimiento, o cualquiera de los vocablos derivados, rápidamente nos induce a pensar en un sistema que abandona un sitio para, luego de cierto tiempo, ocupar uno distinto. Esta clase de movimiento es uno de los fenómenos natura-

les más comunes en nuestro entorno y uno de los rasgos más característicos de la vida sobre el planeta.

En respuesta a la distribución heterogénea de los recursos en los ecosistemas, las distintas formas de vida debieron adoptar estrategias que les permitieran reubicarse en el espacio. Algunas de las estrategias que hoy conocemos incluyen propulsión mediante cilias y flagelos utilizada por microorganismos, sistemas hidráulicos que eyectan esporas fúngicas y estructuras especializadas que facilitan el transporte de semillas por el viento o el agua. Aunque diversas en mecanismos, estas estrategias promueven en su mayoría movimientos acotados en el tiempo (por ejemplo, sólo du-

**Palabras clave:** movimiento animal, telemetría satelital, *Vultur gryphus*, GPS.

### **Pablo Alarcón** <sup>(1, 2)</sup>

Lic. en Cs. Biológicas  
paealarcond@gmail.com

### **Sergio Lambertucci** <sup>(1)</sup>

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

### **Juan Manuel Morales** <sup>(1)</sup>

Dr. en Ecología y Biología Evolutiva  
jm.morales@conicet.gov.ar

### **Guillermo Wiemeyer** <sup>(3)</sup>

Med. Veterinario  
gwiemeyer@gmail.com

### **Orlando Mastrantuoni**

Bachiller  
orlydelapatagonia2@gmail.com

### **Emiliy Shepard** <sup>(4)</sup>

Dra. en Cs. Biológicas  
E.L.C.Shepard@swansea.ac.uk

### **José Antonio Sánchez-Zapata** <sup>(5)</sup>

Dr. en Biología  
toni@umh.es

### **Guillermo Blanco** <sup>(6)</sup>

Dr. en Cs. Biológicas  
gblanco@mncn.csic.es

### **Manuel de la Riva** <sup>(7)</sup>

Lic. en Cs. Biológicas  
delariva@ebd.csic.es

### **Fernando Hiraldo** <sup>(7)</sup>

Dr. en Cs. Biológicas  
hiraldo@ebd.csic.es

### **José Antonio Donazar** <sup>(7)</sup>

Dr. en Cs. Biológicas  
donazar@ebd.csic.es

<sup>(1)</sup> Laboratorio Ecotono, INIBIOMA (Universidad Nacional del Comahue-CONICET)

<sup>(2)</sup> The Peregrine Fund

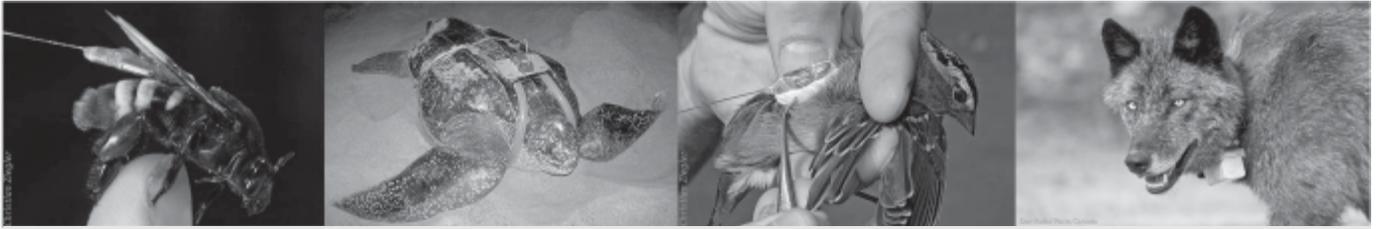
<sup>(3)</sup> Jardín Zoológico de la Ciudad de Buenos Aires

<sup>(4)</sup> Department of Biosciences, Swansea University

<sup>(5)</sup> Departamento de Biología Aplicada, Univ. Miguel Hernández

<sup>(6)</sup> Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

<sup>(7)</sup> Estación Biológica de Doñana (CSIC)



### Cuadro 1 Tecnología puesta al servicio de la Ecología del Movimiento

Los avances tecnológicos comúnmente han sido catalizadores de progresos teóricos y conceptuales importantes en las distintas áreas del conocimiento, y la Ecología del Movimiento no es la excepción. En virtud del progreso tecnológico, disponemos en la actualidad de una gran diversidad de técnicas e instrumentos que facilitan la obtención de la información necesaria para llevar a cabo estudios del movimiento. Las técnicas de seguimiento remoto están entre los avances más importantes. En los años '80, la telemetría VHF y UHF (*Very High Frequency* y *Ultra High Frequency*, por sus siglas en inglés) revolucionaron los estudios en ecología animal, ya que facilitaron el seguimiento de especies crípticas y/o con capacidad de realizar grandes desplazamientos. No obstante, el desarrollo del sistema satelital no tardó en promover grandes mejoras en la materia. Primero haciendo uso del Sistema Argos y más recientemente del sistema global para la telefonía móvil GSM (*Global System for Mobile communication*, por sus siglas en inglés), la telemetría satelital GPS (*Global Positioning System*, por sus siglas en inglés) se está convirtiendo en una herramienta de uso muy frecuente, a través de la cual obtener posiciones de los animales en el espacio, a intervalos de tiempo cada vez menores y con precisión de sólo pocos metros. Entre las innovaciones más recientes se encuentra el empleo de dispositivos que incorporan acelerómetros. Con ellos es posible conocer no sólo los movimientos de los animales de interés, sino también inferir pautas comportamentales sin necesidad de recurrir a la observación directa. Finalmente, cabe mencionar la importancia de las técnicas de biotelemetría. Estos son instrumentos que permiten el monitoreo remoto de parámetros fisiológicos tales como la temperatura y el ritmo cardíaco de los animales que los portan. Luego de obtenida, toda esta información puede ser combinada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) con una extensa variedad de datos ambientales medidos a través de estaciones meteorológicas, sensores remotos e imágenes satelitales. La sinergia entre estas tecnologías está abriendo nuevos horizontes y haciendo posible el abordaje de preguntas que hasta hace algunos años resultaban lógicamente imposibles de responder.

rante el estadio de semilla) y el espacio (por ejemplo sitios adyacentes al del individuo progenitor) y no ofrece garantías de un destino favorable. El caso de las especies animales ha seguido un curso evolutivo diferente; muchas de estas especies desarrollaron sistemas de locomoción y navegación especializados que les permiten tomar decisiones a voluntad respecto de cuándo moverse y hacia dónde hacerlo. En virtud de estos atributos, los animales se han convertido en los organismos más versátiles en cuanto a capacidades y estrategias de movimiento se refiere.

Dada la diversidad y la complejidad del movimiento animal, su estudio ha sido abordado desde diferentes perspectivas. Algunos estudios se han focalizado en la biomecánica del movimiento, buscando determinar cómo los sistemas esquelético, muscular, nervioso y circulatorio interactúan para hacer posible, por ejemplo, el vuelo de un ave o la locomoción bípeda de muchos primates. En otras investigaciones, el interés ha estado puesto en los mecanismos que estas especies utilizan para orientarse en el espacio. Finalmente,

los estudios en ecología se han centrado en descifrar los movimientos que los animales trazan en sus hábitats naturales y, más recientemente, en comprender cómo éstos son afectados por los componentes del paisaje (tales como relieve, tipo de vegetación y clima). Aunque todos estos enfoques se nuclearon bajo el rótulo de «estudio del movimiento animal», durante largo tiempo transitaban caminos divergentes y hacia objetivos aparentemente distintos. En la última década, sin embargo, se ha reconocido la importancia de integrar estos distintos puntos de vista bajo una disciplina única denominada *Ecología del Movimiento*. A lo largo de este artículo, presentaremos un proyecto de investigación en curso que utiliza las ideas y las herramientas de este nuevo enfoque para aplicarlas al estudio del movimiento del cóndor andino.

### Las preguntas que guían a la Ecología del Movimiento

Los animales realizan movimientos diarios dentro de sus hábitats naturales que resultan de la interacción

Imagen: M. de la Riva/P. Manger/H. Garrido/S. Bitran



## Cuadro 2 ¿Quién es quién?

El cóndor andino es una de las siete especies que integran la familia *Cathartidae*, conocidas comúnmente como «buitres del nuevo mundo» y entre las que se encuentran también el cóndor californiano y los jotes. El cóndor de los Andes, como también suele nombrárselo, se encuentra distribuido en América del Sur con poblaciones a lo largo de la Cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Tierra del Fuego. Es un ave de grandes dimensiones, existiendo registros de individuos que han superado los tres metros de envergadura y los 15 kg de peso. El cóndor andino es la única especie de la familia que presenta claras diferencias morfológicas entre los sexos. Una de estas diferencias es la cresta presente en los machos (Foto A), la cual es incipiente al momento de la eclosión pero que se vuelve cada vez más prominente con la edad del individuo. El tamaño corporal es otra característica diferencial, particularmente en su etapa adulta (Foto A); los machos suelen superar entre tres y cinco kilos el peso de las hembras y tienen al menos diez centímetros más de envergadura. Más sutil, y que también se acentúa con la edad, es la diferencia en la coloración del iris, marrón en los machos y rojo en las hembras. En el cóndor, al igual que en otros buitres y la mayoría de las aves, las diferencias etarias se manifiestan principalmente en la coloración del plumaje. Al nacer, el pichón se encuentra cubierto por un denso plumón que predomina durante sus primeros meses de vida. Al principio este plumón es de color blanco, aunque se oscurece rápidamente hasta alcanzar un

color marrón (Foto B). Aproximadamente tres meses más tarde comienza a aparecer el plumaje verdadero, aquel que presenta plumas cobertoras, remeras y timoneras que posibilitan el vuelo. La coloración permanece marrón en su totalidad durante la etapa juvenil, esto es, durante los primeros tres o cuatro años de edad aproximadamente (Foto C). Al tercer o cuarto año los individuos son considerados subadultos. A partir de entonces, las mudas sucesivas incorporan tonalidades blanco-grisáceas en el cuello y la parte dorsal de las alas, a la vez que el resto del plumaje se vuelve cada vez más oscuro (Foto D). La coloración definitiva del adulto se adquiere al sexto año de edad, cuando alcanzan la madurez sexual. En aquel momento, el color blanco de las plumas del collar y la parte dorsal de las alas está bien definido y se distingue claramente del negro intenso del resto del plumaje (Foto A).

entre características propias y del ambiente que los rodea. Entre las características propias se encuentran el *estado interno* del individuo y sus *capacidades de movimiento y navegación*. El *estado interno* representa la condición fisiológica de un individuo y la motivación para realizar cierta actividad. En este sentido el estado interno refleja el por qué del movimiento (por ejemplo, hambre, sed, miedo, celo). La *capacidad de movimiento* se refiere a las habilidades locomotoras y responde al «cómo» el individuo se mueve. Este «cómo» toma en cuenta si el animal camina, salta, corre, vuela, nada, reptar o combina algunas de estas u otras formas de desplazamiento. Por su parte, la *habilidad de navegación* es la capacidad del individuo para recordar marcas en el paisaje, construir mapas mentales y tomar decisiones respecto de la dirección del movimiento y del momento oportuno para llevarlo a cabo. En esencia, la habilidad de navegación determina «dónde» el organismo se mueve y «cuándo» lo hace. La distribución del alimento y de otros organismos, el clima y la topografía son variables externas que al interactuar con los atributos propios de los individuos derivan en respuestas de movimiento. El estudio de estas intrincadas interacciones constituye el foco de la Ecología del Movimiento.

Para dar respuesta a las preguntas anteriores, la Ecología del Movimiento ha incorporado progresos tecnológicos y conceptuales alcanzados en distintas áreas del conocimiento. Por ejemplo, aprovecha las ventajas del desarrollo de técnicas de seguimiento satelital, sensores remotos y sistemas de información geográfica (ver Cuadro 1). Asimismo se nutre del conocimiento alcanzado en disciplinas tales como la fisiología, la anatomía y la genética. Este abordaje interdisciplinario es sumamente conveniente al tratarse del estudio de uno de los fenómenos más extendidos, diversos y complejos de la naturaleza.

### **Tras los pasos del cóndor andino: un estudio del movimiento**

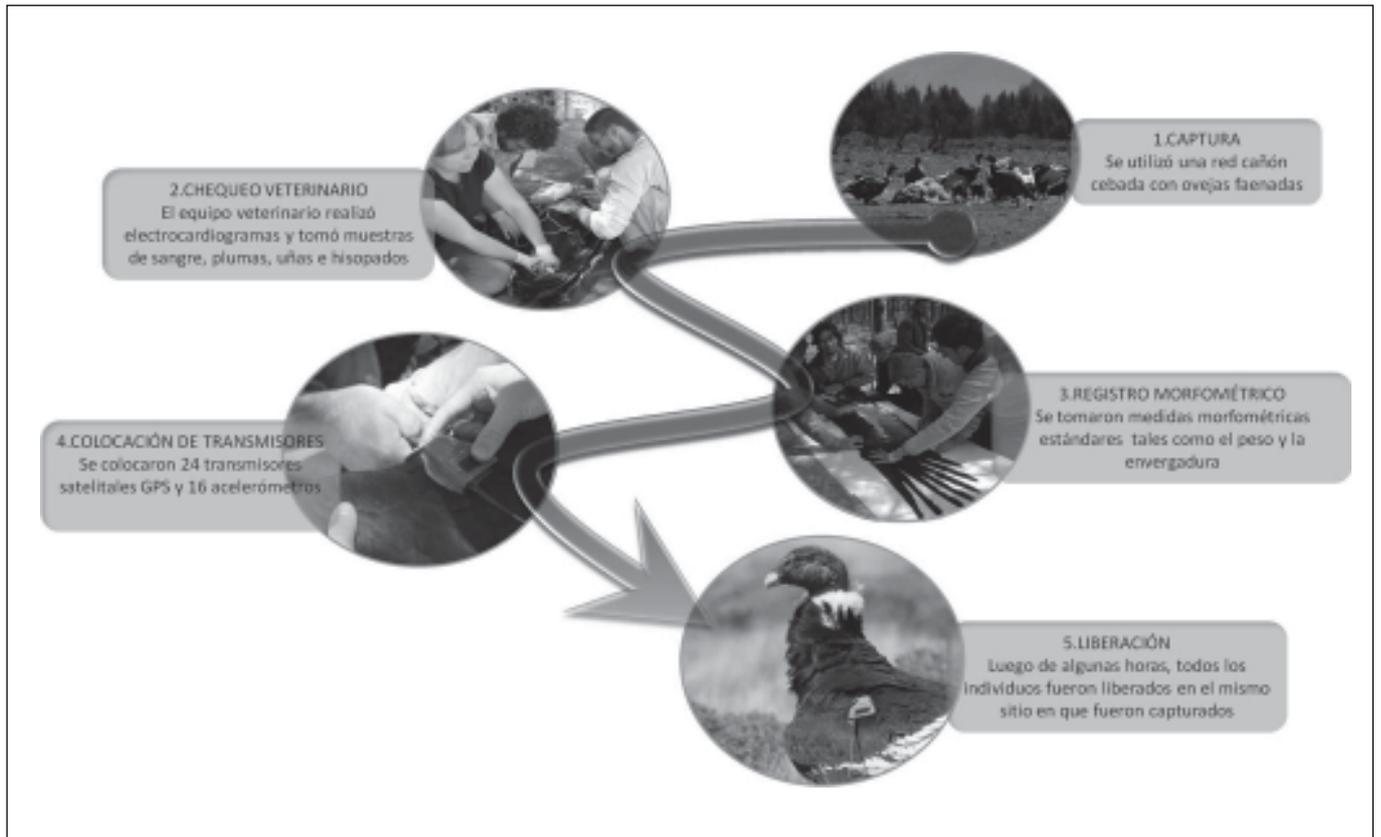
En el año 2010 pusimos en marcha el proyecto «Conservación de grandes vertebrados: el cóndor andino frente al cambio global». Como objetivo gene-

ral nos propusimos estudiar los factores que influyen en las decisiones de movimiento de los individuos de una especie, utilizando al cóndor como objeto de estudio (ver Cuadro 2). Esta ave presenta características particulares que pueden influir fuertemente en los patrones de movimiento (gran tamaño corporal, dimorfismo sexual, ciclos reproductivos prolongados, entre otros), lo que hace que su estudio sea de especial interés para la comprensión de aspectos biológicos y evolutivos que permanecen poco claros. Por otro lado, estas características llevan a pensar que se requieren esfuerzos particulares por conocer los requerimientos de espacio y las características del hábitat que favorezcan la conservación de la especie. Proteger las poblaciones de esta ave significa preservar una especie singular desde el punto de vista biológico y evolutivo, pero también parte significativa del patrimonio cultural de las civilizaciones andinas. A continuación presentaremos un panorama general de los resultados que hemos obtenidos durante los tres primeros años del estudio.

### **Captura y marcaje de cóndores andinos**

En los alrededores de Bariloche (Río Negro, Argentina) y durante tres temporadas consecutivas, capturamos y tomamos muestras de sangre y plumas a 50 ejemplares de la especie. Para obtener información de sus movimientos, equipamos a 24 de estos ejemplares con transmisores satelitales GPS (ver Figura 1). Todos estos transmisores registran la posición geográfica del animal, su altura y velocidad de vuelo a intervalos de entre 15 minutos y una hora, y la descargan de manera remota dándonos acceso permanente a la información. Además, colocamos 10 dispositivos integrados cada uno por tres componentes: 1) un transmisor GPS capaz de obtener una localización cada dos minutos 2) un acelerómetro triaxial capaz de contabilizar el número de aleteos y registrar el rumbo del movimiento y 3) un transmisor VHF (ver Cuadro 1). Los dos primeros componentes de estos 10 dispositivos almacenaron los registros en tarjetas de memoria que necesitamos recuperar para tener acceso a la información. Para ello, configuramos las 10 unidades para

Imágenes: M. de la Riva/G. Ignazi



**Figura 1. Captura, monitoreo y marcaje de cóndores andinos.**

que se desprendieran automáticamente de las aves tras un periodo de entre cinco y ocho días y durante horas de la noche. Consultando la información satelital GPS cargada regularmente a Internet, visitamos las localizaciones geográficas en que los animales pasaron aquellas noches y, con la ayuda de un receptor de señal VHF nos guiamos hasta el sitio exacto donde se encontraba el aparato.

**Magnitud de los movimientos de los individuos monitoreados**

Desde que comenzamos el proyecto en octubre de 2010, hemos obtenido más de 150.000 registros satelitales con los que hemos podido reconstruir los movimientos de los 24 cóndores monitoreados. Estos registros se encuentran distribuidos en una superficie que alcanza los 125.000 km<sup>2</sup> correspondientes a las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro y Chubut, en Argentina, y las regiones de La Araucanía, Los Lagos y Aisén, en Chile (ver Figura 2a). En particular, a lo largo del estudio, la superficie cubierta por un único individuo osciló entre los 2.700 km<sup>2</sup> y los 83.000 km<sup>2</sup>, siendo esta última superior a la tercera parte de la superficie de Río Negro.

La gran mayoría de los animales realiza movimientos periódicos entre la estepa y la Cordillera de los Andes, cruzando incluso hacia el territorio de Chile (ver Figura 2b). Tras la visita a cada uno de estos sitios, hemos podido corroborar que la estepa se corresponde con la zona de alimentación y la cordillera con la

de nidificación. Los movimientos de cada individuo entre estas dos áreas se realizan aproximadamente día por medio y promedian un desplazamiento de 150 km diarios. No obstante, hemos registrado trayectorias que superan los 350 km diarios, por ejemplo, cuando los animales vuelan hacia la estepa y regresan al nido en el mismo día. Las velocidades de vuelo, en ocasiones, han superado los 125 km/h.

**Parámetros fisiológicos y sanitarios de los ejemplares capturados**

Las capturas realizadas brindaron la posibilidad de evaluar el estado de salud de ejemplares de vida libre. Desde el enfoque de la medicina de la conservación, conocer y estandarizar algunos parámetros fisiológicos nos permitirá además evaluar si existen factores que los hagan particularmente sensibles a algunas amenazas. Afortunadamente, los resultados parciales obtenidos hasta el momento parecen indicar que las poblaciones silvestres de cóndor andino presentan pocas manifestaciones detectables de enfermedades clínicas. Los ejemplares capturados mostraron un buen estado general, no se identificaron signos de enfermedad orgánica ni ectoparásitos y el único signo identificado se relacionó cronológicamente con la erupción del complejo volcánico Puyehue - Cordón Caulle. Los ejemplares examinados afectados por la pluma del volcán mostraron como patrón general una notable irritación de las vías aéreas superiores. No obstante, los individuos examinados antes y después del período

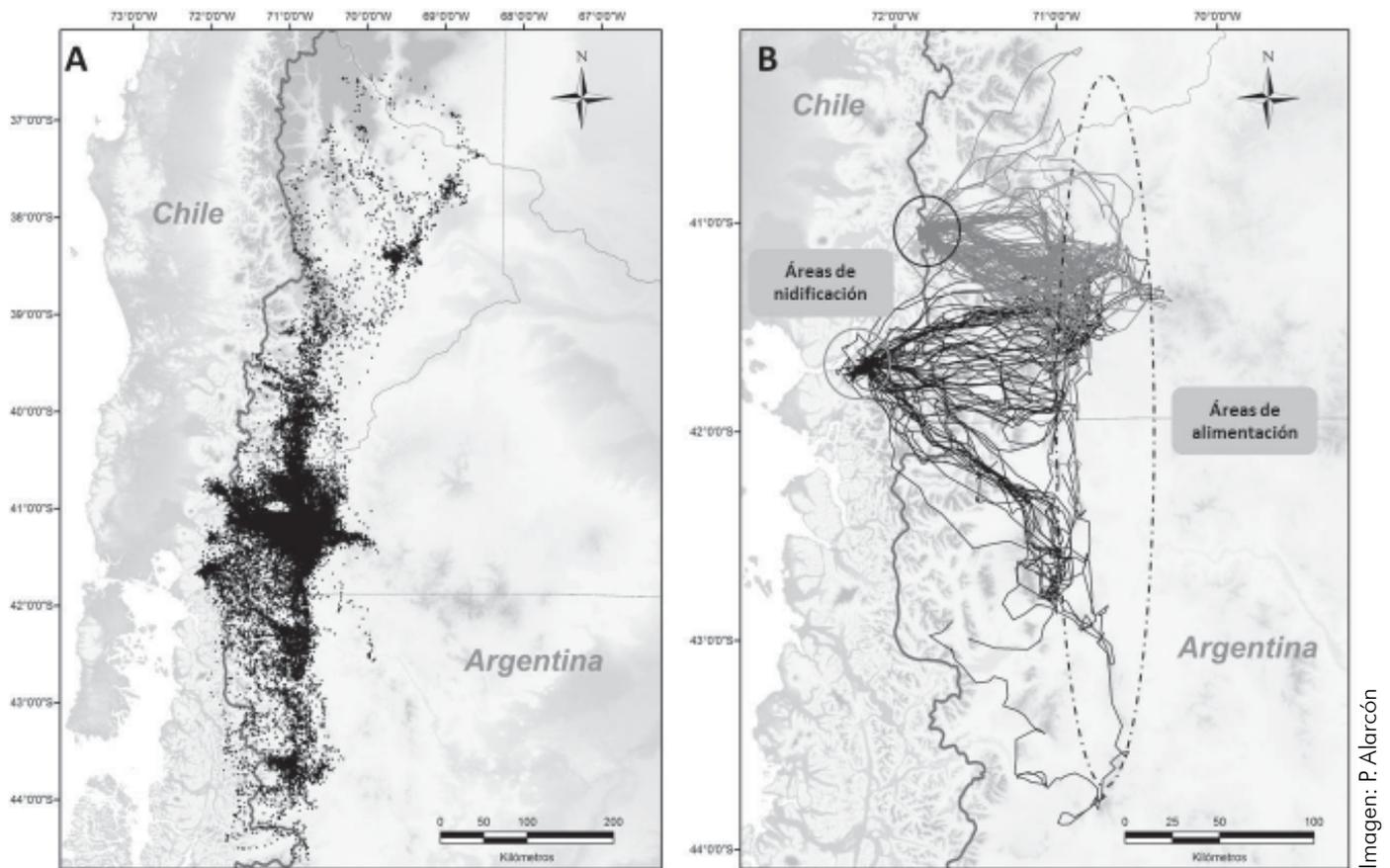


Imagen: P. Alarcón

**Figura 2. Patrones de movimiento de los 24 cóndores monitoreados con telemetría satelital GPS. A) Magnitud de los movimientos. Cada punto representa una localización. B) Trayectorias de movimiento de dos ejemplares entre las áreas de nidificación y alimentación durante seis meses consecutivos.**

máximo de actividad volcánica no presentaron ningún tipo de irritación en vías respiratorias. Exceptuando este hallazgo acotado en el tiempo, por el momento no identificamos otras alteraciones externas. Sin embargo, estamos llevando adelante estudios más específicos para comparar algunos parámetros fisiológicos en detalle.

En base a la falta de manifestaciones clínicas de enfermedades, cobra importancia la evaluación de posibles cuadros subclínicos. Con este objetivo hemos registrado múltiples variables fisiológicas y tomado muestras biomédicas que nos permitan profundizar el análisis de salud más allá de lo que puede verse en una evaluación física básica. Las muestras para cultivo bacteriano están permitiendo identificar la particular flora bacteriana que habita normalmente el aparato digestivo de la especie en libertad. El análisis toxicológico de las muestras de sangre señala algunos ejemplares con valores notablemente altos de plomo respecto de los límites tolerables, sugiriendo una resistencia peculiar a los niveles circulantes de este metal pesado. Entre otras particularidades fisiológicas, los estudios electrocardiográficos revelaron la presencia de algunos cuadros subclínicos de alteraciones del ritmo cardíaco y fallas valvulares menores sin sintomatología asociada.

La gran capacidad de desplazamiento del cóndor desdibuja los límites tradicionales en muchos sentidos, incluso al hablar de sanidad. La especie no respeta barreras geográficas ni políticas que inicialmente podrían también considerarse límites para la distribución de vectores, prevalencia de enfermedades o situaciones de contaminación ambiental vinculadas con minería y caza deportiva. Por esto, el estudio combinado de sus patrones de movimiento y la prevalencia de enfermedades abre un campo de análisis promisorio en ecología de las enfermedades. Determinar si los individuos silvestres son portadores sanos o transmisores de enfermedades de relevancia tales como Influenza Aviar (*Orthomyxoviridae* sp.) y Virus del Oeste del Nilo (*Flavivirus* sp., *Flaviviridae* sp.), nos permitirá estudiar cuál es su rol en la compleja trama de circulación de la enfermedad a nivel regional. La Influenza Aviar ha cobrado relevancia en los últimos años por constituir la diseminación de la variante H5N1, una de las pandemias más difundidas, afectando Asia, África, Europa y algunas regiones de Sudamérica. El virus del Oeste del Nilo afecta desde mediados del siglo XX al viejo mundo (Asia, África y Europa), pero fue durante los últimos quince años que se extendió al norte del continente americano. Su ciclo de transmisión incluye como pieza fundamental determinadas especies de

mosquitos, que son quienes perpetúan el ciclo de la enfermedad en la naturaleza. La dispersión de ambos agentes ha representado en otros continentes un serio problema no sólo para las poblaciones animales sino para la salud pública. El estudio de susceptibilidad o capacidad de diseminación en especies silvestres (y particularmente en aquellas migratorias y/o con gran capacidad de des-

plazamiento) se ha considerado clave para entender cómo circulan estas enfermedades en Sudamérica. Sin embargo es poca la información disponible debido a la gran dificultad que existe para estudiarlas en especies silvestres.

### Las preguntas que resta responder

Hasta el momento hemos colectado un conjunto de datos sin precedentes para la especie que está haciendo posible la identificación de los aspectos que necesitan reforzarse en las actuales políticas dirigidas a la conservación del cóndor andino. Con estos datos estamos buscando también dar respuestas a las preguntas conceptuales que guían al proyecto, algunas de las cuales presentamos a continuación.

#### 1. El tamaño, ¿importa?

El vuelo batido es sumamente costoso en términos energéticos para animales cuyo peso supera los 10-12 kilogramos. Esto sugiere que especies de grandes dimensiones tendrán restricciones importantes en sus movimientos, ya que necesitan de condiciones climáticas y topográficas específicas que les permitan volar sin incurrir en grandes gastos de energía. Muchas especies de gran tamaño se han especializado en aprovechar las corrientes de aire ascendente que se generan por el calentamiento del suelo o por el choque del viento contra la pendiente del terreno.

El cóndor andino es un ave de gran tamaño (ver Cuadro 2) que posiblemente esté al límite de las capacidades de vuelo. Una evidencia a favor de esta idea está dada por registros de campo en los cuales se ha visto individuos subiendo a pie laderas inclinadas del terreno para, una vez arriba, remontar el vuelo. En nuestro proyecto buscamos determinar cuáles son las estrategias que el cóndor utiliza para sustentar el vuelo en sus largas recorridas diarias, considerando su gran peso y tamaño.

El análisis de los datos suministrados por los acelerómetros aporta la primera evidencia del aprovechamiento que los cóndores hacen de la energía pro-

vista por el ambiente. Dada la buena calidad de esta información es posible observar que las trayectorias de estas aves parecen «dar saltos», alternando periodos de ascenso y descenso en el aire. Los periodos de ascenso en corrientes ascendentes se llevan a cabo mediante movimiento circulares. Luego de ganar cierta altura, las aves se desplazan en dirección horizontal y descienden hasta alcanzar la próxima corriente ascendente. Hasta aquí, hemos corroborado lo que cualquier aficionado pudo haber advertido al ser testigo del vuelo del cóndor. El paso siguiente es

evaluar el grado de coincidencia espacial entre las trayectorias de los cóndores y la fuerza de las corrientes de aire ascendentes (energía provista por el ambiente). Para probar esto, hemos desarrollado, en conjunto con meteorólogos, modelos con los que podemos mapear la disponibilidad de corrientes ascendentes en el área en que vuelan los cóndores monitoreados, para luego combinarla con la información de movimiento provista por los transmisores satelitales GPS y la información de costos energéticos provista por los acelerómetros. Esperamos encontrar que los cóndores utilizan las rutas de vuelo más económicas, energéticamente hablando.

#### 2. La reproducción y el movimiento, ¿cómo interactúan?

El ciclo reproductivo implica muchos cambios en el ritmo de vida de las aves. Al principio, la defensa de un territorio, la búsqueda de pareja o el acondicionamiento de los nidos modifican de manera significativa los patrones de actividad diaria. Posteriormente, estos cambios se acentúan con la incubación de los huevos y el cuidado de las crías. Es posible entonces que el evento reproductivo se refleje en los patrones de movimiento, ya que las aves están sujetas a un compromiso entre buscar alimento y permanecer en la zona de cría, compromiso que no necesariamente se extiende fuera del periodo reproductivo. De esta manera, cabría esperar que los individuos que se encuentren en periodo reproductivo limiten sus movimientos a áreas más pequeñas que aquellas de los que no se reproducen, o también, que realicen viajes de alimentación por rutas que minimicen el tiempo fuera del área reproductiva.

El cóndor andino es una de las aves con ciclo reproductivo más prolongado y, por lo tanto, debería mostrar cambios considerables en sus patrones de movimientos durante esta etapa. Luego de que la hembra pone un único huevo, ambos miembros de la pareja lo incuban en turnos rotativos y por un periodo aproximado de 60 días. La incubación es la etapa más sen-

sible del ciclo reproductivo del cóndor, razón por la cual, durante este lapso el compromiso con el área reproductiva es extremo. El pichón recién nacido pasa sus primeros seis u ocho meses de vida en el nido, por lo cual los adultos deben regresar continuamente para proveerlo de alimento, al menos, hasta el año de vida. A través de la evaluación de hormonas sexuales y visitas a las áreas reproductivas hemos comprobado que nueve de los ejemplares monitoreados se han reproducido al mismo tiempo que monitoreamos sus movimientos. Esperamos ahora identificar en sus trayectorias de vuelo patrones que reflejen este estado.

### 3. El mandamás, ¿se mueve menos?

Las relaciones sociales que se establecen entre los individuos de una población es otro de los factores que pueden dar forma a las trayectorias de movimiento de los animales. Esto es cierto, sobre todo en especies que presentan un comportamiento social complejo dada la existencia de vínculos fuertes entre los individuos. En este contexto, la manera en que un animal se mueve para buscar alimento, refugio o pareja puede

estar fuertemente afectada por la presencia o ausencia de otros individuos.

El cóndor exhibe un comportamiento social complejo. Estas aves se alimentan en grupos conformados por individuos de distinto sexo y edad, y comparten roquedales protegidos de la inclemencia climática que funcionan como dormitorios o lugares de descanso. En cada uno de estos sitios, el reparto de los recursos es establecido por estructuras jerárquicas, en las cuales dominan los machos sobre las hembras. Se ha visto, por ejemplo, que los machos adultos son quienes se alimentan en primer término, desplazando al resto sin importar el orden de llegada a la carroña. Son ellos también los que utilizan las repisas mejor acondicionadas en los dormitorios. Esta disparidad sexual posiblemente se refleje en la forma en la cual los individuos utilizan el espacio. Probablemente las hembras deban recorrer mayores distancias para alimentarse o estén relegadas a ambientes de menor calidad. Para comprobar estas sospechas, como primera medida estamos categorizando los ambientes según su calidad, utilizando como criterios principales la disponibilidad



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.comahue-conicet.gob.ar/inibioma/

de alimentos y el riesgo asociado en adquirirlo. Luego de ello, evaluaremos si los individuos de un sexo se segregan espacialmente o si ocupan preferencialmente ambientes con determinadas características.

#### 4. Caza deportiva y erupción volcánica, ¿dos fenómenos con el mismo efecto?

Los animales carroñeros se han adaptado a un recurso alimenticio que es imprevisible en tiempo y espacio. Para estas especies, resulta prácticamente imposible conocer la ubicación y el momento en que se encontrarán con su próxima comida. Sin embargo, hay eventos que pueden disminuir esta incertidumbre y manifestarse a través del movimiento. Cuando se generan «pulsos de alimento», el recurso se encuentra en grandes cantidades y acotado en el espacio y el tiempo. En consecuencia, los animales capaces de explotar este recurso pueden verse fuertemente favorecidos, ya que posiblemente deban invertir menor tiempo y energía en la obtención del mismo.

Los pulsos de recursos pueden ser promovidos por factores naturales o artificiales. En relación a los primeros, la caída de cenizas generada a partir de la erupción del complejo volcánico Puyehue - Cordón Caulle en junio de 2011 posiblemente dio lugar a un escenario de este tipo, particularmente al principio del evento. Durante los meses que siguieron a la erupción, los índices de mortalidad en el ganado de la región se incrementaron de manera notable principalmente como consecuencia de la disminución de pasturas pero también derivado de los daños a la salud de los animales (por ejemplo, trastornos digestivos). Sin embargo, luego del pico de abundancia, el alimento de los cóndores disminuyó de manera drástica como consecuencia de la mortalidad ocurrida en los meses anteriores y la decisión de los establecimientos ganaderos de trasladar el ganado hacia campos de otras latitudes. Por su parte la caza deportiva, principalmente de ciervos y jabalíes, podría tener efectos similares, aunque de menor escala. Esta actividad se lleva a cabo normalmente en un periodo acotado de tiempo (marzo-abril), y dado que se realiza dentro de determinados establecimientos, es capaz de proveer carcasas en forma más o menos previsible en espacio y tiempo. Frente a estos dos escenarios esperamos respuestas de movimiento cualitativamente similares. Por ejemplo, suponemos que las trayectorias de forrajeo presentarán menor tortuosidad e insumirán menor tiempo durante los meses inmediatamente posteriores a la erupción y durante la temporada de caza. Por el contrario, los cóndores evitarían estos sitios fuera de estos períodos. De manera similar, esperamos que los cóndores prefieran visitar zonas fuertemente afectadas por las cenizas en los meses inmediatamente posteriores a la erupción y los cotos de caza durante la temporada reproductiva, pero que las eviten fuera de estos periodos.

#### Sintetizando

El movimiento se encuentra ligado a cada una de las actividades que un animal necesita realizar para sobrevivir y reproducirse. Por esta razón, su estudio tiene el potencial de contribuir a la comprensión de aspectos del comportamiento, la ecología y la evolución de las especies que son todavía poco claros. La Ecología del Movimiento se presenta como una disciplina novedosa y propone un abordaje interdisciplinario dirigido a identificar los patrones de movimiento en la naturaleza, los mecanismos que le dan origen y las consecuencias que tienen en los distintos niveles de organización. Bajo este marco, nuestro proyecto apunta a dilucidar los factores que afectan al movimiento del cóndor andino, esperando contribuir a la temática en general y, en particular, al conocimiento que favorezca la conservación de esta ave y la de su ecosistema.

#### Agradecimientos

Deseamos agradecer a cada una de las universidades e institutos de investigación de los que formamos parte. De igual manera, a la Fundación BBVA que provee los fondos que hacen posible el desarrollo de este proyecto y a *The Peregrine Fund* y *National Geographic* que colaboran en el desarrollo de los proyectos asociados. Agradecemos también la colaboración de la Intendencia del Parque Nacional Nahuel Huapi, Direcciones de Fauna de Neuquén y Río Negro, Catedral Alta Patagonia y a los dueños y administradores de las estancias El Cóndor, San Ramón, Buitreras, Pilcañeu, Siete Cóndores y Bardas Blancas. Finalmente, agradecemos a Facundo Barbar, Gonzalo Ignazi, Fernando Ballejos, Nicolás Lois, Emma Martínez López, Andrés Capdeville, Laura Torres y Gustavo Santamaría por su asistencia en el trabajo de campo.

#### Lecturas sugeridas

- Heredia, J. y Piedrabuena J. (2010). Registros de nidificación del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en las sierras grandes de Córdoba, Argentina. *Nuestras Aves*, 55, pp. 37-39.
- Lambertucci, S. (2007). Biología y conservación del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en Argentina. *Hornero*, 22 (2), pp. 149-158.
- Lambertucci, S. (2010). Análisis ecológico del uso de los roquedales por el cóndor Andino (*Vultur gryphus*) y evaluación del papel de estos sitios para la conservación de la diversidad en el noroeste patagónico. Tesis de Doctorado. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad nacional del Comahue
- Nathan, R., Getz, W., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D. y Smouse P. (2008). A movement ecology paradigm unifying organismal movement research. *PNAS*, 105 (49), pp. 19052-19059.
- Shepard, E., Lambertucci, S., Vallmitjana, D. y Wilson, R. (2011). Energy beyond food: foraging theory informs time spent in thermals by a large soaring bird. *PLoS ONE*, 6 (11), pp. 1-6.

## RESEÑA DE LIBRO

### **Plántulas de la Patagonia. Guía Breve de Identificación**

**Javier Puntieri y Jorge Chiapella. 2011.**

ISBN 978-987-1373-26-0.

Editorial Caleuche. Bariloche, Argentina. 112pp.

En castellano, tapa a color, 300 ilustraciones en blanco y negro.

**Reseña realizada por Cecilia Brion**

Ex docente CRUB-UNCo.

cecibrion@arnet.com.ar

Los autores de este libro son Javier Puntieri - investigador del Conicet en el Instituto Nacional de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, San Carlos de Bariloche) y docente de Botánica en la Universidad Nacional de Río Negro-, y Jorge Chiapella, investigador del Conicet en el Laboratorio molecular del Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV) en la ciudad de Córdoba.

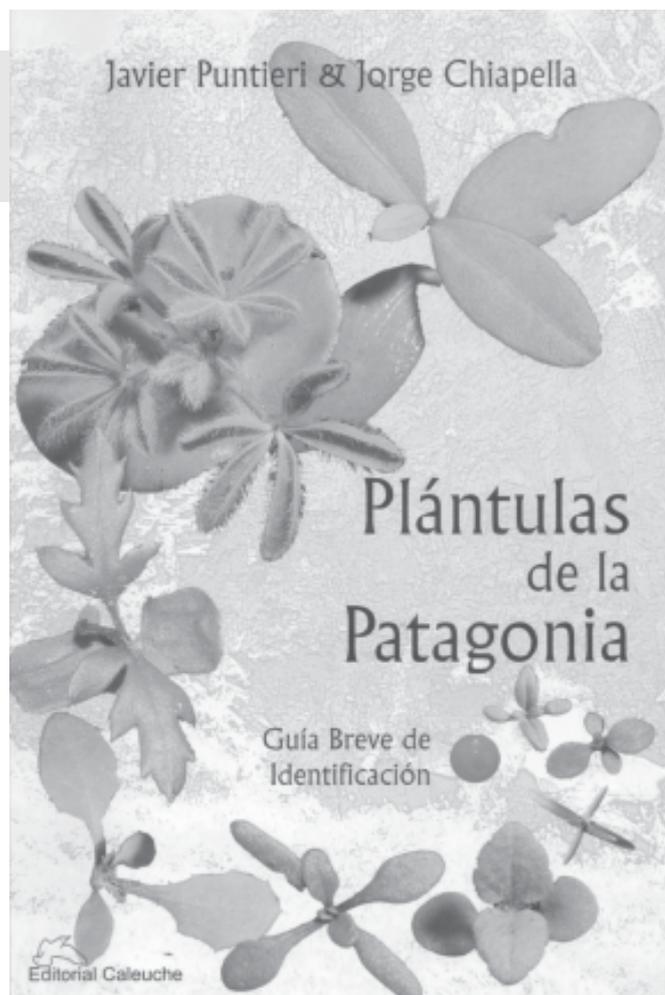
Esta publicación es un aporte valioso y novedoso al conocimiento de las plántulas -plantas en estadios juveniles- de la Patagonia. El libro presenta información recopilada a lo largo de veinte años con ilustraciones para identificar 300 especies de plantas que crecen en esta región. Está dirigido a botánicos, ecólogos, jardineros, científicos, docentes, alumnos, naturalistas y a todas aquellas personas interesadas en el valor de la flora y la vegetación de la región.

El texto está en castellano y consta de una introducción, dos secciones que presentan las plántulas por grupos y por familias, un glosario de palabras técnicas que se utilizan en el texto y un índice de géneros y nombres comunes de las especies.

La Introducción presenta una descripción de las características básicas de una plántula, sus estructuras morfológicas y explica cómo se pueden distinguir esas estructuras en una futura planta adulta.

La sección «Las Plántulas de la Patagonia por Grupos» brinda información sobre los grupos estudiados, indicando cuáles son las principales características para el reconocimiento de los distintos géneros y su hábitat. Las plantas abarcan las especies calificadas como nativas e introducidas. En cada grupo se listan las especies en latín y también entre paréntesis se identifica la familia a la que pertenecen. Es la sección más importante del libro.

En la sección «Plántulas por Familia Botánica», se mencionan las características morfológicas de las plantas que distinguen las grandes familias como las Ro-



sáceas, Fabáceas y Asteráceas. La sección consta de 24 familias. Los autores excluyen del trabajo a tres familias, las Poáceas, Ciperáceas y Juncáceas por la complejidad de la determinación al estadio de plántulas de las mismas, pero sería muy útil que en un futuro se puedan incluir, en especial las Poáceas, que tienen una representación notable en la Patagonia.

Debo destacar las ilustraciones de las plántulas realizadas por Javier Puntieri, en tinta en blanco y negro, que ofrecen una buena idea de la apariencia de cada una de las especies. El libro es muy valioso, se trata de un trabajo minucioso y de gran observación que fue llevado a cabo por los autores con una verdadera pasión.

Felicito a los autores por este aporte inédito y los invito, después de esta primera aproximación, a seguir investigando en el tema para elevar el número de especies que podamos distinguir a nivel de plántulas. Esto contribuirá sin duda a la erradicación de malezas, a los estudios ecológicos de la vegetación en la Patagonia y también a predecir los futuros cambios en la misma.

# APORTES «REALISTAS» A LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Una propuesta para repensar la enseñanza de la matemática desde el enfoque didáctico de la educación matemática realista.

**María Fernanda Gallego y Silvia G. Pérez**

El Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática es un grupo de estudio, investigación y difusión de las ideas y propuestas de la educación matemática realista (EMR). Esta corriente didáctica se basa en la filosofía de Hans Freudenthal (1905–1990), matemático y educador de origen alemán que desarrolló la mayor parte de su trabajo en Holanda. Si bien fue reconocido en su época por sus aportes como matemático, actualmente se lo conoce como uno de los educadores matemáticos más influyentes.

Las ideas de Freudenthal sobre el aprendizaje y la enseñanza de la matemática se apoyan en una filosofía pragmática, aunque distante de una mirada meramente instrumental de la misma, al considerar que la formación de actitudes matemáticas desempeña un papel relevante en ese proceso. Con una amplia visión ontológica, epistemológica y metodológica de esta ciencia, define la matemática como un proceso, una actividad humana de estructuración u organización, de *matematización* que parte de la experiencia (no limitada a lo estrictamente sensorial) y de la acción del alumno. Al mismo tiempo, esta actividad, que está po-

tencialmente al alcance de todos los seres humanos, produce como resultado conocimiento matemático. De aquí se desprende que una idea central, quizás la más importante de la EMR, es que la enseñanza de la matemática debe estar conectada con el mundo real, debe estar cerca de los alumnos y ser relevante para la sociedad a fin de constituirse en un valor humano.

Las contribuciones teórico-conceptuales de Freudenthal, fundamentalmente en relación con el valor de los contextos como punto de partida de la actividad matemática de los estudiantes, están vigentes hoy en numerosos enfoques teóricos, en programas internacionales de evaluación (como el PISA, que mide las competencias científicas, lectoras y matemáticas de estudiantes de 15 años de 57 países, y en cuyo marco teórico están explícitas sus ideas) y diseños curriculares de varios y diversos países. Sus aportes surgieron en la década del 60 como oposición firme y crítica a las corrientes pedagógico-didácticas de la época: los objetivos operacionales, los tests estructurados de evaluación, la investigación educativa estandarizada y la introducción de la matemática “moderna” o “conjuntista” en la escuela.

A partir de un curso y charlas introductorias sobre la EMR dadas en San Carlos de Bariloche en el año 1999, un grupo de docentes reconoció en esta línea un enfoque que les podría brindar herramientas teórico-metodológicas valiosas para resolver ciertas dificultades en relación con sus prácticas áulicas en el área. Convocados por el interés de profundizar esta corriente, surge a principios del año 2000 el Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática (GPDM), un grupo de docentes de diferentes niveles educativos (inicial, primario, secundario y superior) que participan voluntariamente. La heterogeneidad del grupo está dada por los recorridos de formación y capacitación disciplinar y didáctica de sus integrantes, el tipo de instituciones en las que se desempeñan, los estudiantes con los que trabajan, y los años de experiencia docente.

Desde sus comienzos, el grupo se reúne regularmente, desarrollando el trabajo en distintas etapas: el uso de secuencias didácticas y materiales elaborados

**Palabras clave:** educación matemática realista, didáctica, experiencias de aula.

**María Fernanda Gallego** <sup>(1,2)</sup>

Prof. en Matemática y Cosmografía.  
marfergallego@gmail.com

**Silvia G. Pérez** <sup>(1,2)</sup>

Prof. para la Enseñanza Primaria,  
perezdaq@gmail.com

<sup>(1)</sup> Coordinadoras del Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática.

<sup>(2)</sup> Instituto de Formación Docente Continua de Bariloche.

Recibido: 04/09/2012

Aceptado: 28/08/2013

desde la línea de la EMR, su adaptación a las realidades particulares de cada grupo de estudiantes y, finalmente, la elaboración de propuestas propias.

El GPDM se constituyó entonces con un perfil de docentes en formación permanente, caracterizándose por una actitud abierta de preparación y estudio constantes para dar respuestas actualizadas y acordes a las situaciones propias de la vida profesional y personal.

### **¿Qué es la educación matemática realista?**

La EMR es una teoría global que aporta una serie de herramientas conceptuales generales sobre la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en la escuela, y un conjunto de teorías locales específicas para distintos temas (números y operaciones, geometría, etc.), desarrolladas por su fundador y otros integrantes del Instituto Freudenthal. La contribución de esta perspectiva, que está en permanente construcción, revisión y expansión, se orienta al desarrollo, la investigación y la difusión de materiales curriculares y de evaluación.

Las ideas nodales que sustentan esta corriente didáctica son las siguientes:

a. La matemática como actividad humana de organización del mundo social, natural y también, matemático, llamada matematización. De aquí se desprende la premisa de una matemática para todos, al alcance de todos los seres humanos.

b. Desde el punto de vista didáctico, es decir del aprendizaje y la enseñanza, esta actividad de matematización se traduce en reinención guiada por el docente. Esto implica que la enseñanza debe ofrecer a los alumnos la oportunidad de reinventar las ideas y herramientas matemáticas a partir de matematizar situaciones problemáticas contextualizadas, en interacción con sus pares y bajo la guía del docente. De este modo, el foco de la educación matemática no se encuentra en la matemática como un sistema cerrado, sino en la actividad de matematización.

c. Desde el punto de vista del diseño curricular, esta actividad de matematización bajo la forma de reinención guiada, necesita de la *fenomenología didáctica*. Esta metodología de investigación consiste en la búsqueda de aquellos fenómenos, usos o manifestaciones de la vida real (contextos y situaciones) en los que un tema u objeto matemático aparece o se aplica naturalmente. Este análisis fenomenológico-didáctico permite poner de manifiesto las aplicaciones matemáticas a enseñar e identificar puntos de anclaje que den lugar al proceso de matematización, posibilitando además la búsqueda y el diseño de situaciones organizadas en trayectorias o secuencias, y la construcción de una teoría local para la enseñanza de ese tema. Las dos fuentes que nutren la fenomenología didáctica son la historia de la matemática y las producciones y cons-

trucciones de los estudiantes que surgen durante este proceso de reinención.

Desde la perspectiva de la EMR, el currículo es concebido como un proceso que demanda el diseño de trayectorias o secuencias de aprendizaje-enseñanza que den lugar a cambios concretos en la enseñanza matemática en el aula. Impulsora de estos cambios es la investigación para el desarrollo, metodología que tiene por objeto la observación, el registro de hitos o puntos de referencia y discontinuidades en el aprendizaje de los alumnos que serán analizados en equipo para mejorar los materiales de enseñanza en un proceso de ida y vuelta entre las trayectorias planificadas y su implementación. La investigación para el desarrollo es una combinación de diseño curricular e investigación educativa, en la que la elaboración de actividades de enseñanza es un medio para explicar, elaborar, evaluar, ajustar y ampliar una teoría de enseñanza. Este tipo de investigación apunta a hacer evidente el proceso de diseño curricular y a explicarlo a través de la reflexión conjunta entre investigadores y docentes. Los resultados de lo que sucede en el aula al aplicar aquello que fue diseñado provisoria e hipotéticamente por el diseñador curricular, retroalimentan la continuación del trabajo en un proceso cíclico de discusión y testeo, y dan lugar a un producto teórico y empíricamente fundamentado que puede servir a otros docentes como marco de referencia para fundamentar sus propias decisiones.

En el seno del GPDM se han realizado variadas experiencias, incluyendo planificación conjunta, observaciones de clases y análisis de registros, producciones de estudiantes y narrativas de docentes, dando lugar a la elaboración de materiales curriculares, publicaciones y comunicaciones científicas.

### **Los principios fundamentales de la educación matemática realista en acción en el Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática**

Las ideas de Freudenthal constituyen la filosofía de la educación matemática realista, que puede resumirse en seis ideas fundantes, abarcando aspectos tanto del aprendizaje como de la enseñanza. Estas ideas, que se conocen como *los principios* de la EMR, se sintetizan en:

1) *Principio de realidad*: Para enseñar a matematizar, es necesario involucrar a los alumnos en actividades de organización de situaciones problemáticas en contextos realistas que promuevan el uso de sus conocimientos informales, su experiencia y su sentido común. Cabe subrayar que el término realista no se limita a lo estrictamente real o propio del mundo físico, sino a todo aquello que es imaginable, representable o que tiene sentido para los estudiantes.

Un contexto es rico en tanto provoca el proceso de matematización, dando lugar a una multiplicidad de situaciones problemáticas.

Los contextos pueden surgir tanto de experiencias de la vida cotidiana, como del mundo mental o incluso de la matemática misma. Estos contextos se constituyen tanto en puntos de partida como en dominios de aplicación de la actividad matemática. Asimismo, que un contexto sea o no realista depende de la experiencia de los alumnos y de su capacidad de imaginarlo o representarlo.

La tarea inicial en el GPDM fue estudiar el impacto de contextos realistas en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. Para ello se adaptaron y utilizaron secuencias didácticas de esta línea, discutiendo colectivamente estas experiencias en la búsqueda y reconocimiento de buenos contextos, sin dejar de considerar el carácter relativo de los mismos según las características del grupo de estudiantes.

A modo de ejemplo, presentamos contextos usados por docentes del grupo en el nivel primario para invitar a los estudiantes a matematizar, e ilustramos la participación de los niños con algunos comentarios y producciones gráficas surgidas durante la realización de las actividades.

Los collares con distinta cantidad, disposición y color de bolitas son un contexto rico, significativo y matematizable, que suele ser adoptado por la EMR para trabajar regularidades aritméticas. Alumnos de segundo grado abordaron contenidos relacionados con la codificación de patrones de repetición (secuencias de bolitas o cuentas que se construyen siguiendo una regla, con un núcleo que se repite), multiplicación, divisores y múltiplos de un número y escalas numéricas a partir de los mismos. Los alumnos trabajaron grupalmente diseñando, armando y representando collares con distinto número de bolitas. Después de jugar con diferentes collares descubriendo las regularidades en cada uno de ellos y de analizar los tipos de patrones (completo o incompleto), se les pidió:

a) Diseñar un collar que tuviera 20 bolitas (ver Figura 1).

Los alumnos dieron cuenta de la posibilidad o imposibilidad de completar un collar de 20, con un núcleo de 2, 5 o 3 bolitas, expresando:

- No se puede hacer 2-1, porque te queda incompleto. Mirá. Tenemos 2 y (refiriéndose al núcleo de su patrón), vamos 3, después 2 y 1, ya vamos 6, y 2 y 1 más 9... (así explica hasta llegar a 18)... llegamos a 18 y necesito 3 más para tener el patrón completo... ¡Y nos pasamos de 20! Entonces lo hicimos de 2 en 2, con los mismos colores, y así sí nos da



**Figura 1. algunos ejemplos de collares a 20 diseñados por los alumnos de segundo grado.**

- Sí, alguien eligió 2 amarillas y 3 rojas y probamos, y ¡lo logramos!

b) Diseñar otro collar con 36 bolitas (ver Figura 2)

Esta tarea promueve el avance de los alumnos en el tratamiento matemático de la relación entre la cantidad de bolitas del collar y la cantidad del núcleo a través de la multiplicación:

- Éste. 9 amarillas, 9 negras. Tiene 36 bolitas porque 9 veces 4 es 36.

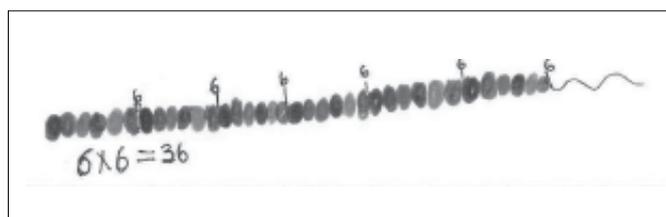
- Lo estamos haciendo de 3 en 3.

- ¿Alguien se acuerda cuántas veces había que repetir un núcleo de 6 bolitas para llegar a 36?

- 6, porque  $6 \times 6$  es 36.

- Con 11 no se puede porque llegás a 33 y si le agregás 11 más te da 44 y nos pasamos.

- Con 8 no se puede, sería 32.



**Figura 2. diseño de un collar posible de 36 bolitas.**

Ante el requerimiento de expresar por escrito estos descubrimientos, los alumnos produjeron notaciones espontáneas (en clase, inicialmente se respetan todas las escrituras a pesar de errores en el uso del signo igual):

-Hicimos 3 veces 12 es igual a 36.  $12+12+12=36$ .



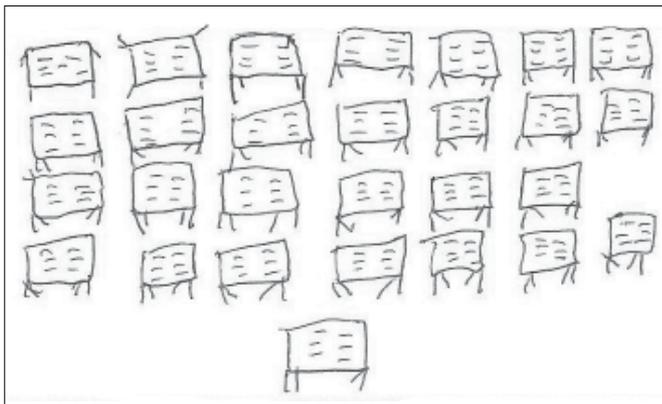
y sentido común, interpretan y organizan matemáticamente la situación. Este proceso se denomina *matematización horizontal*.

En el nivel referencial se inicia el proceso de *matematización vertical*, entendido como el análisis y la reflexión dentro de la matemática misma. Siempre y todavía en referencia a la situación particular dada, los estudiantes elaboran representaciones o modelos (concretos, gráficos, notacionales), descripciones, procedimientos personales y conceptos que esquematizan el problema, es decir, surgen “modelos de” la situación dada.

Continuando el proceso de *matematización vertical* iniciado, en el nivel general priman la exploración, reflexión y generalización de lo producido en el nivel anterior. El énfasis está en la reflexión sobre los conceptos, procedimientos, modelos y estrategias utilizados por los alumnos para superar el contexto de referencia que les dio origen y profundizar los aspectos matemáticos a fin de generalizarlos. Esto permitirá a los estudiantes usarlos y reconocerlos como “modelos para” resolver problemas análogos.

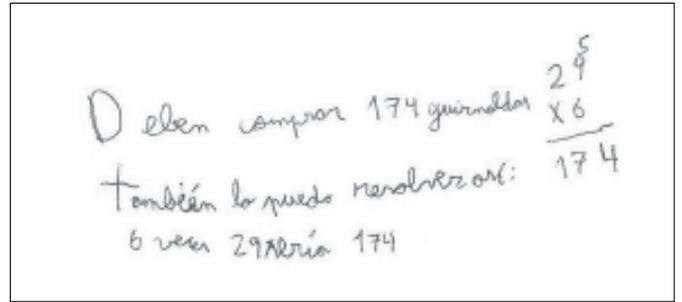
En el último nivel, el formal, el trabajo se focaliza en el uso comprensivo de los conceptos, procedimientos estándares y notaciones convencionales, propios de la matemática.

Un ejemplo desarrollado en cuarto año de la escuela primaria muestra cómo los alumnos trabajaron a distintos niveles de *matematización* al resolver el siguiente problema de multiplicación: “Cada mesa de invitados lleva 6 guirnaldas. Son 29 mesas, ¿cuántas guirnaldas debo comprar?”.

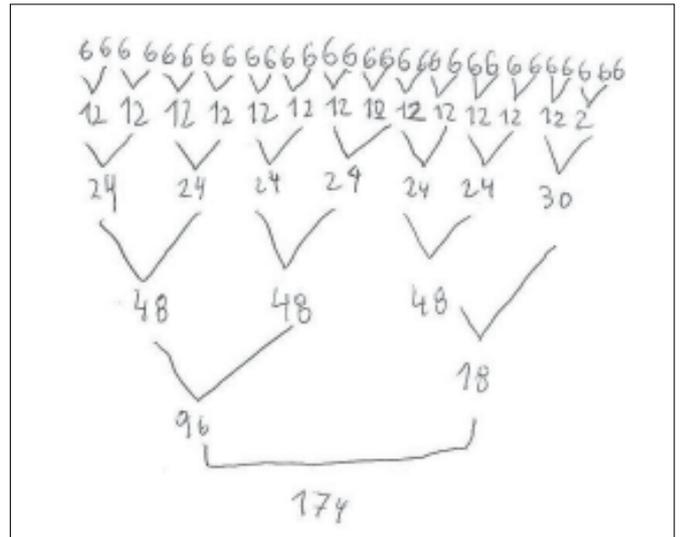


**Figura 4. resolución gráfica ligada al contexto del problema (dibujo de mesas y guirnaldas).**

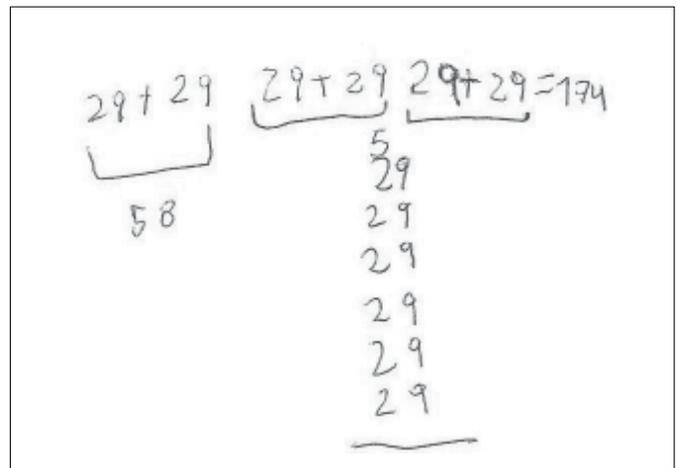
Las producciones contemplan desde el uso de dibujos estrechamente conectados al contexto del problema (ver Figura 4) hasta la expresión matemática formal de la multiplicación (ver Figura 5), pasando por otras escrituras relacionadas con la suma reiterada del 6 o del 29, algunas más eficientes y económicas que otras (ver Figuras 6 y 7).



**Figura 5. resolución simbólica formal (uso del algoritmo tradicional de multiplicar).**



**Figura 6. resolución numérica basada en la suma reiterada del 6 (29 veces).**



**Figura 7. resolución numérica basada en la suma reiterada del 29 (6 veces).**

El pasaje de un nivel a otro de *matematización* se apoya en modelos, entendidos como herramientas de organización y representación de las situaciones que ponen de manifiesto los aspectos matemáticos esenciales de las mismas. En la EMR, el término *modelo* dista de la concepción de modelo matemático (producto pre-constituido de la matemática formal); y considera tanto aquellos modelos que emergen de la acti-

vidad matematizadora de los alumnos como aquellos que el docente propone, conectados con las estrategias informales de los estudiantes o tomados de la historia de la matemática, pero que no se imponen y deben ser lo suficientemente próximos a los alumnos para ser adoptados naturalmente por ellos.

Entre los modelos de la EMR se destacan: materiales didácticos manipulables (como contadores, dine-

ro, collares para trabajar números y operaciones), situaciones "paradigmáticas", como subir y bajar pasajeros durante el recorrido del colectivo, que permite trabajar simultáneamente con los significados de las operaciones de suma y resta, o la fábrica de caramelos en la que los mismos se empaquetan de a 10 y se arman cajas (de 10 paquetes o 100 caramelos) para abordar las propiedades del sistema decimal; esquemas notacionales (como la tabla de razones, un patrón visual de filas y columnas que conecta dos magnitudes de forma proporcional y permite generar razones equivalentes) y procedimientos simbólicos (como los algoritmos y las fórmulas). Ellos permiten conectar los conocimientos informales de los alumnos con los propios de la matemática formal, en tanto estén arraigados en contextos realistas y sean lo suficientemente flexibles para ser aplicados en un nivel superior. Esto implica que un modelo debe apoyar la matematización vertical, sin impedir la vuelta a la situación original que le dio sentido.

Un modelo ampliamente trabajado por los docentes del GPDM en distintos años de la escuela primaria es la tabla de razones, que admite el uso de estrategias de distinto nivel, según los medios disponibles de cada uno. Por otra parte, un mismo problema puede resolverse usando diferentes modelos que comparten los aspectos matemáticos esenciales del contenido implicado (ver Figura 8).

El uso de contextos realistas y de modelos emergentes y la reflexión sobre los mismos en situaciones de interacción son indispensables para alentar el avance en el nivel de matematización. Esto último nos posibilita la vinculación con el siguiente principio.

4) *Principio de interacción*: Las interacciones verticales (docente-alumno) y horizontales (entre alumnos) tienen un lugar central en el aula, en tanto posibilitan la reflexión que ayuda a los alumnos a alcanzar mayores niveles de comprensión matemática. El trabajo en grupos heterogéneos (con alumnos de distinto nivel de habilidad y destreza matemática), con la guía de un docente hábil puede maximizar las oportunidades para generar o producir, intercambiar y apropiarse de ideas y facilitar el proceso de reinención ya mencionado.

Los alumnos son convocados a accionar y reflexionar: resuelven problemas matemáticos, formulan por sí mismos otros, proponen, comparten, contrastan, justifican y evalúan ideas y herramientas matemáticas, utilizan diagramas, simbolizan y establecen relaciones matemáticas en momentos de trabajo individual, grupal y colectivo.

En el GPDM se están llevando a cabo trabajos en torno a cómo el discurso en el aula puede tomar la forma de "pensar juntos en voz alta". Esto implica que la conversación en torno a las ideas que surgen en la resolución de un problema dado se da no sólo al final, sino a lo largo de todo el proceso. Para comprender y

Un electricista necesita 730 metros de cable para hacer la instalación eléctrica de un edificio. El cable se vende en carreteles de 48 metros. ¿Cuántos carreteles necesita comprar para hacer su trabajo?

Alberto

carretel	1	10	11	12	13	14
cant. de m	48	480	528	576	624	672

Valentina

Carretel	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Can. de m	48	96	144	192	240	288	336	384	432
Carretel	10	11	12	14	15	16			
Can. de m	480	528	576	672	720	768			

Teo contestó correctamente 27 de las 40 preguntas de su prueba final. Si para pasar de grado necesita responder el 60% de las preguntas correctamente, ¿habrá pasado de grado?

Luxecia

Nº	40	4	8	16	24	
%	100	10	20	40	60	

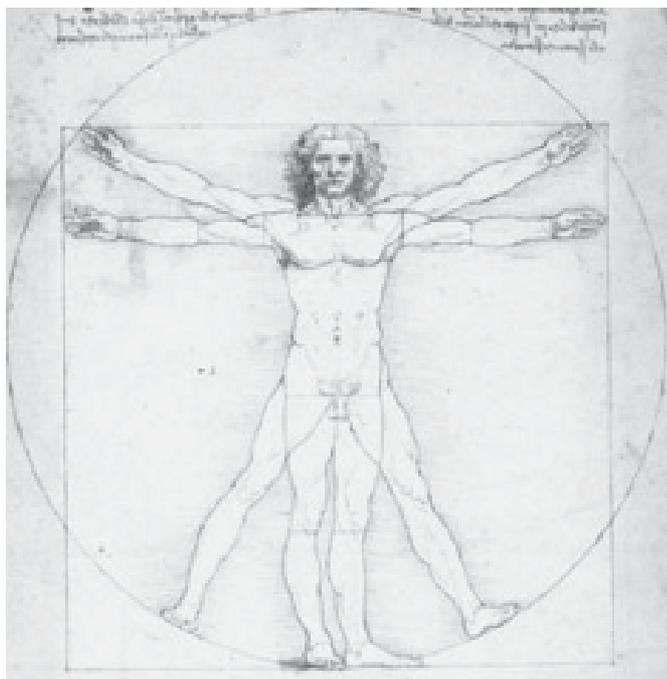
Norberto

Pablo

0,5%	1%	25%	50%	75%	100%
21	40	20	25	30	40

Si, teo aprobó con el 62,75%

Figura 8. ejemplos de distintos usos para un mismo modelo (tabla de razones) y de uso de modelos distintos para un mismo problema..



**Figura 9. El Hombre de Vitruvio de Leonardo da Vinci.**

desentrañar cómo se realizan los significados matemáticos en estas situaciones de interacción social, se apela a otras corrientes teóricas y disciplinares de la pedagogía (como la generada por Dewey), de la psicología (el enfoque sociocultural del desarrollo propuesto por Vigotsky) y de la lingüística (los aportes de Halliday). A través del análisis léxico-gramatical de registros de clase a cargo de docentes del GPDM, se estudian y muestran cómo las conversaciones y las contribuciones del docente y de los alumnos inciden sobre la realización, el intercambio y la apropiación de significados matemáticos acerca de los problemas en cuestión.

La habilidad desarrollada por los docentes para guiar los intercambios que apoyen la apropiación de ideas permite que todas las situaciones de interacción que se presentan en una clase se aprovechen para la reflexión y el avance en el nivel de matematización (y no sólo las clásicas “puestas en común” que se plantean al final del proceso de resolución de problemas).

5) *Principio de interconexión:* A partir del uso de contextos ricos, surge la necesidad de integrar distintos ejes de la matemática, evitando el tratamiento aislado de los temas, y promoviendo el uso de un amplio y variado rango de comprensiones y herramientas matemáticas. La interrelación o entrecruzamiento de esta disciplina con otras se ve alentada por la selección de “buenos” problemas, es decir, de aquellos que son accesibles a todos los alumnos, ofrecen distintos niveles de desafío, admiten diferentes estrategias de resolución y estimulan la creatividad, entre otras características.



**Figura 10. Los alumnos de 5º año tomaron medidas de distintas partes de su cuerpo**

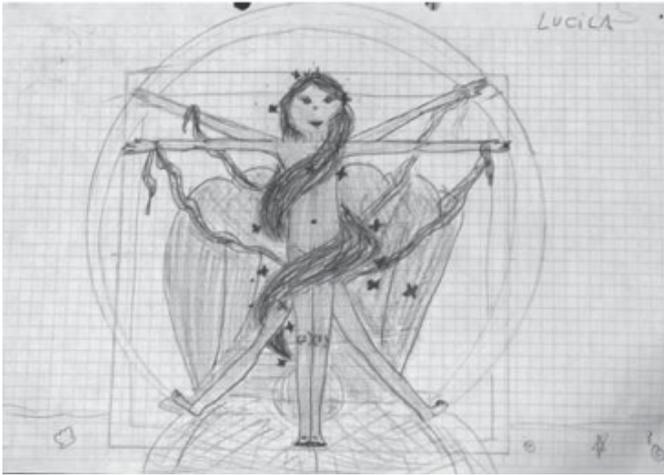
Esta interconexión debería producirse tan pronto y fuertemente como sea posible, para dar mayor coherencia a la enseñanza y posibilitar distintos modos de matematizar estas situaciones, respetando la diversidad cultural y cognitiva de los alumnos.

Presentamos a continuación un ejemplo que da cuenta de cómo un problema en contexto facilita naturalmente esta interconexión temática.

En el marco de un proyecto escolar de nivel primario de Educación Artística, la docente de quinto año de la escuela primaria abordó el tema *proporcionalidad* a partir de los estudios de Leonardo da Vinci sobre el hombre de Vitruvio, una representación de la figura humana con notas anatómicas, realizada alrededor del año 1490 (ver Figura 9).

Los alumnos buscaron las relaciones entre las distintas partes de su propio cuerpo, comprobando las mismas en el dibujo de Leonardo da Vinci. Luego, al diseñar su propia versión de esta obra, no sólo usaron las relaciones de proporcionalidad encontradas sino también, midieron longitudes y ángulos, efectuaron cálculos, dibujaron figuras usando instrumentos geométricos y reflexionaron sobre el proceso de medir (ver Figura 10). Así, abordaron integradamente contenidos provenientes de distintos ejes de la matemática. La Figura 11 muestra algunas producciones que hicieron los alumnos al finalizar esta secuencia:

El conjunto de ejemplos expuestos en estas páginas permite comprender lo que Freudenthal denominó *didactización*. Así como la actividad principal de los alumnos es la de matematizar, la de los docentes es la de *didactizar*, entendida como la actividad organizadora de los fenómenos de enseñanza y aprendizaje. La didactización se da tanto a nivel horizontal como vertical. En su forma horizontal, los docentes actúan, observan y se auto-observan en el aula explicando sus propias prácticas (y las de otros). A nivel vertical, re-



**Figura 11. Algunas versiones de los alumnos de 5º año de su Hombre de Vitruvio.**



flexionan, elaboran y formalizan sus propias herramientas didácticas para facilitar el proceso de matematización de los estudiantes. Las teorías desempeñan un papel importante en este proceso de didactización vertical. Este proceso se estructura a partir de la matematización progresiva de los alumnos, por lo que los docentes, tal como lo hicimos en el GPDM, necesitan oportunidad para experimentar este proceso.

Además de esta actividad central de los docentes, en el grupo nos involucramos en la resolución conjunta de problemas no rutinarios. Se trata de aquellas situaciones problemáticas que ponen en evidencia los procesos de matematización de los alumnos, ya que exigen el uso de habilidades cognitivas de mayor nivel, instan al análisis y la interpretación y favorecen el proceso de modelización (dado que no admiten un método directo de solución sino que demandan adaptar, combinar o inventar estrategias). El trabajo a distintos niveles de matematización permitió aprovechar la heterogeneidad del grupo promoviendo situaciones de intercambio que contribuyeron a la valorización mutua entre los integrantes y al enriquecimiento matemático y didáctico de todos.

La puesta en acción de los principios fundantes de la EMR se llevó entonces a cabo a través del compromiso y el trabajo activo de los docentes del GPDM, quienes en un clima de confianza y respeto nos implicamos en actividades tanto de matematización como de didactización.

Con más de una década de trabajo, el GPDM continúa la tarea de difusión del enfoque de la EMR a través de cursos y talleres, seminarios, congresos, publicaciones y asesoramiento educativo.

Las autoras agradecen la lectura crítica realizada por la Prof. Ana Bressan a este texto.

## **Lecturas sugeridas**

- Bressan, A. y Zolkower, B. (2012). Educación matemática realista. En Pochulu, M. y Rodríguez, M. (Comps.), *Educación Matemática. Aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos* (pp. 175-200). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento y Editorial Universitaria Villa María.
- Gravemeijer, K. y Terwel, J. (2000). Hans Freudenthal: a mathematician on didactics and curriculum theory. *J. Curriculum Studies*, 32 (6), 777-796. Traducción al castellano de N. Saggese, F. Gallego y A. Bressan disponible en URL: [www.gpdmatematica.org.ar/publicaciones.htm](http://www.gpdmatematica.org.ar/publicaciones.htm)
- van den Heuvel-Panhuizen, M. (2008). Educación matemática en los Países Bajos: Un recorrido guiado. *Correo del Maestro*, 149, 26. En URL: [www.gpdmatematica.org.ar/publicaciones.htm](http://www.gpdmatematica.org.ar/publicaciones.htm)

# DESDE LA PATAGONIA

## 98ª REUNIÓN NACIONAL DE LA ASOCIACIÓN FÍSICA ARGENTINA

por **Laura García\*** y **Margarita Ruda**

Del 24 al 27 de septiembre de 2013 se llevó a cabo la 98ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina (AFA), de la que participaron unas 800 personas. La reunión se realizó en las instalaciones del Instituto Balseiro y del Centro Atómico Bariloche y combinó charlas, conferencias y presentación de posters, siendo una ocasión en la que investigadores de todo el país y la región pudieron interactuar y discutir los trabajos en curso. Para los nuevos estudiantes significó la oportunidad de compartir su experiencia y a la vez tener acceso a un amplio espectro de temáticas.

### Inauguración a sala llena

En la sesión inaugural, realizada el martes 24 de septiembre en el Teatro La Baita a sala llena, participaron el director del Instituto Balseiro, Oscar Fernández; el gerente del Centro Atómico Bariloche, Luis Rovere; la intendenta de San Carlos de Bariloche, María Eugenia Martini; el presidente del Concejo Municipal, Ramón Chioconci; y el presidente de la Asociación Física Argentina, José Ramírez.

Luego de los discursos, las autoridades municipales le entregaron un diploma y un presente a Serge Haroche, y lo declararon Huésped de Honor de la ciudad. Haroche, que recibió el Premio Nobel de Física junto a su colega David Wineland en 2012 por desarrollar métodos experimentales pioneros en física cuántica, brindó posteriormente la primera sesión plenaria.

Luego de realizar un recorrido por los inicios y los principales hitos de la física cuántica, Haroche expuso cómo junto a Wineland, cada uno con una técnica pionera distinta, lograron algo que físicos como Albert Einstein y Erwin Schrödinger sólo habían imaginado teóricamente y que no veían posible de forma experimental: medir y manipular las propiedades cuánticas de partículas individuales. Ante alumnos, docentes e investigadores de todo el país, Haroche contó cómo desarrolló esta técnica de medición en su laboratorio. Destacó además la importancia de las



**El Centro Atómico Bariloche, junto al Instituto Balseiro, fueron la sede de la 98ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina, de la que participaron unas 800 personas.**

nuevas tecnologías que se fueron desarrollando en las últimas décadas para poder trabajar hoy en física cuántica, como los materiales superconductores, los láseres “sintonizables” y las computadoras cada vez más veloces.

Por la tarde, también en el Teatro La Baita, hubo dos charlas de divulgación. Por un lado, Guillermo Abramson, docente del Instituto Balseiro e investigador del CONICET en el Centro Atómico Bariloche, hizo una presentación sobre asteroides para alumnos de escuelas de enseñanza inicial. Y Pablo Bolcatto, del Instituto de Física del Litoral, CONICET y la Universidad Nacional del Litoral, brindó una charla sobre teléfonos inteligentes para estudiantes de escuelas de enseñanza media.

### Debates de actualidad, premios y homenajes

Un hito importante durante el encuentro fue la mesa redonda titulada: “Desafíos para la articulación de la Ciencia y la Tecnología en la próxima década”. En ella participaron el Dr. Lino Barañao, Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva; el Dr. Gustavo Bianchi, Director General de Y-TEC, YPF Tecnología

\* Área de Comunicación Institucional del Instituto Balseiro



**El Premio Nobel de Física 2012 Serge Haroche, quien dio la conferencia inaugural del encuentro, fue declarado Huésped de Honor de la ciudad de San Carlos de Bariloche.**

S.A.; el Ing. Tulio Calderón, Gerente del Área de Proyectos Aeroespaciales y Gobierno de INVAP; el Dr. Alberto Lamagna, Gerente de Área de Investigación y Aplicaciones No Nucleares, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y el Dr. Roberto Salvarezza, Presidente de CONICET. Asimismo la presidenta de CNEA, Lic. Norma Boero, dio una charla sobre las actividades del "Plan Nuclear Argentino".

Al finalizar la reunión se realizó un homenaje al físico Walter Scheuer y a sus fructíferas contribuciones al desarrollo de la Física en Argentina a lo largo de muchos años. Nacido el 3 de febrero de 1928 en



**La presentación de posters fue una instancia que permitió el intercambio cara a cara con científicos provenientes de diversas instituciones del país.**

Alemania, llegó a la Argentina con sus padres y hermano, a los nueve años de edad, cuando sus padres vislumbraron el rumbo irreversible del régimen nazi. Realizó sus estudios en Argentina y optó por la nacionalidad argentina. El Dr. Walter Scheuer trabajó en dos áreas muy diferentes, la física experimental en el campo nuclear y la física aplicada en el campo de energía solar. Desde 1946 participó activamente en la Asociación Física Argentina, fundada en 1944.

Asimismo, se anunció que la Asociación Física Argentina galardonó a un estudiante del Instituto Balseiro, Ezequiel Tosi, con el Premio "Luis Másperi" al mejor póster presentado durante la reunión. Además, se entregó la distinción "Juan José Giambiagi" a la mejor Tesis Doctoral experimental del país de los últimos dos años, al Dr. Leandro Cieri graduado en la Universidad de Buenos Aires.

En paralelo a la 98ª Reunión Nacional de la Asociación Física Argentina se desarrolló el Segundo Workshop de Usuarios Argentinos de Técnicas de Luz Sincrotrón, con la participación de unos 50 asistentes y expositores, y el Encuentro Nacional de Estudiantes de Física, ENEF 2013, que nucleó a más de 150 estudiantes de todo el país.

## DESDE LA PATAGONIA

# UNA INICIATIVA DIVULGATIVA PARA ACERCAR EL MUNDO DE LOS INSECTOS A LA COMUNIDAD

## Mes de la entomología 2013

Por **Sofía Siffredi\***

Cabeza, tórax y abdomen, con alas o sin ellas, con antenas y tres pares de patas. Ellos conviven con nosotros, los seres humanos, de manera cotidiana; muchas veces no los vemos, otras veces se hacen evidentes ante nuestros ojos. Pueden viajar de polizones en nuestro equipaje o dentro de las frutas, verduras o plantas que traslademos de un lugar a otro. Muchas veces pican hasta el ardor e hinchazón, pero son nuestros proveedores predilectos y naturales de las deliciosas manzanas, peras y diversos frutos que llegan a nuestras manos. Pero entonces, ¿a quiénes hacemos referencia? Pues a los insectos. ¡No olvidar que la polinización de las flores la hacen miles de insectos a la vez! Estos minúsculos seres vivos viven y conviven con nosotros. Y en esa convivencia existe la interacción, que implica una acción recíproca entre los mismos insectos, el medio ambiente e incluye en muchas ocasiones a los seres humanos.

El hombre como ser pensante ha observado y estudiado la biología de los insectos y ha llamado al estudio científico de estos seres vivos *entomología*. Su nombre proviene del griego *éntomos* que significa insecto. La entomología es una ciencia estudiada mundialmente, centenares de hombres y mujeres dedican sus vidas al estudio de alguna o varias especies de este gran universo de los insectos. Existen encuentros internacionales y nacionales que nuclean a estos estudiosos. Como por ejemplo, el Congreso Argentino de Entomología que tuvo lugar en San Carlos de Bariloche en el 2012. Un año antes, el Grupo de Ecología de Poblaciones de insectos (INTA Bariloche) con la participación de algunos miembros del Laboratorio de Ecotono (INIBIOMA-CRUB), decidieron llevar adelante la *Semana de la Entomología*. Siete días fueron escasos y lo que comenzó como una prueba piloto finalizó convirtiéndose en el *Mes de la Entomología*. Este proyecto de divulgación financiado por el Conicet permitió que durante el mes de octubre de este año se brinden charlas para la comunidad en general, desa-



**Charla inicial sobre qué es la entomología.**

rolladas en la Sala de Prensa de la Municipalidad de San Carlos de Bariloche, y charlas en diversas escuelas públicas y privadas, tanto dentro como fuera del ejido.

### **Charlas abiertas a la comunidad**

Tres fueron las charlas dirigidas a la comunidad en general, pero que también atrajeron a otros científicos de esta área. Todas ellas giraban en torno a los insectos y su relación con los humanos. Ellas fueron:

- Los polinizadores en la agricultura, dictada por el doctor Lucas Garibaldi
- Insectos nativos y exóticos, lo bueno y lo malo, dictada por los doctores Juan Paritsis y Juan Corley
- Los insectos en la pesca, a cargo del doctor Pablo Pessacq.

### **Charlas a las escuelas**

Del Mes de la Entomología participaron en total doce escuelas primarias: seis escuelas de Bariloche (privadas y estatales) y seis establecimientos educativos rurales cercanos a esta ciudad. Las actividades escolares estuvieron dirigidas a estudiantes de quinto, sexto y séptimo grado en las escuelas de Bariloche mientras que se realizaron para todos los grados en las escuelas rurales. Los 600 chicos que participaron no sólo fueron oyentes de las charlas dictadas por este grupo científico sino que también fueron activos participantes y protagonistas. Las charlas fueron divididas en tres «rincones de interés», en los que a partir de distintas actividades, podían adentrarse al mundo de

\* Alumna de la especialización en Divulgación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Universidad Nacional de Río Negro.



## Charlas en las escuelas.

los insectos y su relación con el ser humano, o sea con ellos mismos.

A continuación los rincones de interés:

El primero fue el *Laboratorio*, donde a través de una lupa enchufada a una computadora, los chicos pudieron observar un insecto a gran escala. De esta manera se identificaron las características principales de los insectos, que los diferencian de un bicho bolita o de una araña, por ejemplo: tres pares de patas, antenas, cabeza, tórax y abdomen.

El segundo se llamaba *Experimentación y Muestreo*. Allí se exponían los instrumentos que utiliza este equipo de investigación para atrapar y observar a los insectos. A los chicos se les explicó por qué se los utiliza y también las diferentes técnicas que se aplican según el insecto del que se trate, pues hay un instrumento específico para cada especie.

Y por último el tercer rincón, llamado *Los insectos y el hombre*. Allí el traje de apicultor tuvo un gran protagonismo, a tal punto que en pocos minutos ya estaba siendo usado por alguno de los chicos presentes. En este rincón se les mostró una colmena, la el-

boración de la miel y se hizo hincapié en la relación que hay entre las abejas y el hombre, siendo la miel el nexo entre ambos. Esta relación es considerada como positiva, pero también se les señaló a los chicos una interacción que según el hombre es negativa. Un ejemplo es el de la avispa llamada *Sirex*, que es exótica y se convirtió en una plaga en esta zona. La avispa *Sirex* ataca a los pinos hasta dejarlos sin vida. Los científicos analizaron junto a los chicos el daño que causa esta plaga, las consecuencias biológicas y reforzaron el mensaje contándoles de qué manera pueden ellos colaborar a la causa.

Las charlas destinadas a escuelas contaron con información adicional. Todos los docentes de las instituciones pudieron consultar información digital para profundizar el tema Insectos antes y después de la charla. Desde la página oficial del Mes de la Entomología ([www.mesdelaentomologia.wix.com/2013](http://www.mesdelaentomologia.wix.com/2013)) tuvieron acceso a diversos materiales de lectura y actividades que incluían: una guía para docentes, fichas temáticas y material de lectura adicional.

Luego de un mes de intensa actividad divulgativa, este conjunto de investigadores del Grupo de Ecología de Poblaciones de insectos (INTA Bariloche) concluyó que la experiencia había sido muy enriquecedora y de hecho espera que esta modalidad de charlas para la



Material de lectura diseñado para los chicos.



Una lupa conectada a una computadora proyecta un insecto a gran escala.

## DESDE LA PATAGONIA

# INSECTOS NATIVOS Y EXÓTICOS, LO BUENO Y LO MALO

## Entrevista a Juan C. Corley

### Cebo o trampa de insectos perjudiciales.

En el marco del Mes de la Entomología se dictaron en la Sala de Prensa de San Carlos de Bariloche cuatro charlas de divulgación destinadas a la población general. Todas ellas daban a conocer un aspecto diferente de la relación entre los insectos y los seres humanos.

Desde la Patagonia, difundiendo saberes se acercó a uno de los disertantes de la charla "Insectos nativos y exóticos, lo bueno y lo malo". Su nombre es Juan Corley, es biólogo, investigador principal del CONICET e integrante del equipo "Ecología de Poblaciones de insectos" del INTA de Bariloche.

**Desde la Patagonia (DLP):** ¿Cuán abundantes son los insectos en la Tierra?

**Juan Corley (JC):** Nosotros, los humanos, somos una suerte de visitantes en un mundo que está dominado por estos animalitos, los insectos. En un pedacito de superficie terrestre de un metro cuadrado podemos encontrar hasta 10 mil insectos. No sólo son extremadamente abundantes sino que también son enormemente diversos. Tenemos algunos datos que dicen que probablemente haya 10 millones de especies en el planeta, o sea que claramente es el planeta de los insectos y no el nuestro.

**DLP:** ¿Cuál es el insecto que más abunda?

**JC:** A pesar de que son enormemente diversos, hay algunos grupos de insectos a los que se les da un orden desde la entomología y que están sobre representados. Los que principalmente se destacan son los escarabajos. Hay un millón de especies descritas conocidas, con nombre, género y especies, de las cuales se encuentran ejemplares en colecciones de museos. Se estima que habría alrededor de 10 millones de especies y de éstos el 40% son escarabajos. Un número impresionante. Este no es sólo un mundo dominado por insectos, está fundamentalmente dominado por escarabajos o insectos de "cáscara dura".

**DLP:** ¿Hace cuánto que habitan los insectos en la Tierra?



**JC:** Los insectos son muy abundantes, diversos y además muy antiguos. Si consideramos que el hombre vive hace aproximadamente 2 millones de años en la Tierra, los insectos están hace 300 millones de años. Con lo cual, en esto también, ellos nos llevan una gran ventaja histórica.

**DLP:** ¿Por qué hay tanta diversidad de insectos?

**JC:** Principalmente por la diversidad de plantas que hay. Los insectos están muy relacionados con las plantas, entre otras razones para comérselas, son un recurso de alimento increíble, como por ejemplo el polen, el néctar y las mismas hojas... La enorme diversidad de insectos tiene también que ver con que ellos mismos han elaborado diversas estrategias para lidiar con diferentes tipos de vegetación. No es lo mismo comerse un pasto que un tronco de un árbol; el insecto va a necesitar desarrollar otro sistema: otro aparato bucal, otra estrategia de reproducción, otro tipo de huevo.

**DLP:** ¿Qué relación hay entonces entre el ser humano y los insectos?

**JC:** El hombre vive de la agricultura y la ganadería, sobre todo de la agricultura como fuente de hidratos de carbono y proteínas. Plantamos soja, arroz, maíz, tomates... Como vimos, el mundo está dominado por los insectos, que a su vez muchos de ellos comen plantas. Con lo cual es inevitable que se vayan a meter en nuestra vida de una manera molesta, y eso los convierte en lo que nosotros denominamos plagas. El insecto está y siempre estuvo, y de repente nosotros le estamos haciendo el *delivery* de la comida a domicilio y de golpe se convierte en un problema. Pero este problema es básicamente nuestro, de los humanos y no de los insectos. Un ejemplo de una plaga es un caso sucedido en el norte de Canadá, un escarabajo que se



## Los insectos y los humanos.

insecto, es muy lenta para nuestra propia demanda. El bosque va a tardar 300 años en tener un árbol de volumen maderable. Y cuando nosotros queremos cosechar la madera, de golpe este escarabajito que siempre estuvo ahí se torna un problema. Este es un ejemplo que muestra que la visión de la plaga es una visión totalmente antropocéntrica.

**DLP:** ¿Cuál es la relación entre plaga y abundancia de una especie?

**JC:** Plaga y abundancia no son sinónimos. Que haya mucha cantidad de algo no quiere decir que sea una plaga; la diferencia está en el impacto sobre nuestra necesidad, que básicamente es económica pero no únicamente, se puede hablar de plagas en ámbitos de conservación, por ejemplo... Por otro lado, tenemos esta visión antropocéntrica en la cual la relación entre los insectos y el humano nos provoca problemas. Pero además, hay otras situaciones que son claramente provocadas por nosotros y es cuando introducimos especies exóticas. Ahí se nos presenta otro escenario ya que somos responsables de transportar un animalito de un lugar a otro y eso puede provocar estragos.

**DLP:** ¿Tan dañinas pueden ser las plagas para la agricultura?

**JC:** En el caso del arroz, por ejemplo, que es el cultivo número uno de ciertas regiones del planeta y da de comer a miles de millones de personas, hay datos que indican que hasta un 35% de la cosecha anual se la comen los insectos. Esto tiene un impacto desde el punto de vista económico, desde ya, pero también desde el punto de vista de nuestra propia supervivencia en algunos casos: se están comiendo nuestra comida. Otro ejemplo es el de la soja, que es otro caso incluso culturalmente emblemático en países como la Argentina. El dato que tenemos es que el 50% de las proteínas y los aceites que se consumen en el mundo provienen de la soja y que el 11% se lo comen, antes de que lleguen a nuestras manos, los insectos.

**DLP:** ¿Los insectos son siempre “malos”?

llama Mountain Pine Beetle (*Dendroctonus ponderosae*). Se alimenta de los pinos nativos desde hace millones de años y cada tanto se observan ataques masivos al bosque y mueren muchos árboles. Históricamente han matado a los árboles pero también han sido los responsables de la regeneración del bosque junto con el fuego, ya que estos insectos sacaban el material viejo del bosque, dejando un hueco en la vegetación y permitiendo la generación de nuevos arbolitos. Pero hoy este escarabajo es considerado la principal plaga de Canadá porque mata miles de millones de árboles por año, que son explotados con fines madereros. En este caso, es un problema de plazos de la naturaleza versus plazos de la sociedad humana. Recordemos que ni los insectos, en este caso, ni los pinos, son exóticos.

**DLP:** ¿Y entonces por qué es considerado una plaga?

**JC:** Canadá vive, entre otras cosas, de la exportación de madera; tienen siete de los diez aserraderos más grandes del planeta, viven de cosechar madera nativa, procesarla y venderla. Estos insectos se están comiendo esos árboles que el humano quiere negociar. Y ahí es donde tenemos el problema, la tasa de regeneración que tiene el bosque natural, en función de la dinámica propia del

## DESDE LA PATAGONIA

### Tapa Guía Docente.

**JC:** Muchas veces son generadores de importantes beneficios. El 30% de los frutos que comemos son polinizados por insectos. En Estados Unidos, por ejemplo, han estimado que de eliminarse todos los insectos de importancia agronómica positiva (polinizadores, por ejemplo) se perdería más que el equivalente al Producto Bruto Interno de Argentina. O sea que los insectos nos comen las cosas pero también nos proveen comida, están constantemente interactuando con nuestra vida.

**DLP:** ¿Los insectos también pueden ser fuente de alimentos?

**JC:** Se ha propuesto comerlos ya que son muy diversos y abundantes. Hay propuestas concretas, hay sociedades que se los comen. Hay algunos datos que muestran que nos comemos medio kilo por año de insectos en promedio. Se sabe que los comemos en alimentos procesados, no nos damos cuenta. Por ejemplo cuando se procesa el arroz o el tomate, éste viene con un montón de bichitos, larvitas y huevitos.

**DLP:** ¿Qué sucede con los insectos exóticos?

**JC:** Mencionamos el gran problema que pueden ocasionar las especies exóticas de insectos. En la Patagonia la más conocida en nuestra región es la chaqueta amarilla; también tenemos dos especies de abejorros no nativos y la avispa de la madera que ataca a los pinos.

**DLP:** ¿Qué puede hacerse al respecto?

**JC:** El número de especies invasoras es creciente y esto obedece a que el hombre se traslada, se mueve y mueve cosas de acá para allá. El tráfico de gente incrementa, cada vez nos movemos más y el riesgo de introducir especies exóticas es cada vez mayor. Pero el hecho de movernos quizás no lo podamos evitar, porque implicaría un cambio radical en nuestras sociedades. Las especies que entran y son extremadamente dañinas son las que tienen la capacidad invasora, aquellas que toleran todo y hacen estragos. Deberíamos ser más cuidadosos y ver un poquito qué cosas transportamos porque muchas de estas especies no llegan de un modo evidente. Las más transportadas son las que más características tienen de esconderse en el equipaje de uno,



dentro de la madera o en plantas y macetas que transportemos.

**DLP:** ¿Cuál es la principal vía de ingreso de insectos exóticos?

**JC:** La principal vía de ingreso de insectos exóticos es través de las plantas vivas y una de las cosas que se puede hacer es evitar traerlas. Uno se las trae, por ejemplo, de un vivero de otra provincia. Mundialmente éste es el principal modo de transporte de insectos exóticos. También sucede transportando plantas con macetas, no es a gran escala, pero lo hay; esto sucede en nuestro país en parte porque nuestros patrones de belleza son de otro origen, tiene que ver con que somos un país con historia de inmigración, y nos gusta tener narcisos, rosas, etc. Por eso la idea es tener lo más nativo posible, evitar traer plantas, no introducir material vegetal vivo. Otra vía de ingreso de insectos es a través del transporte de leña.

**Las imágenes son cortesía del Laboratorio de Ecología de Poblaciones de Insectos (INTA Bariloche).**

## RESEÑA DE LIBRO

### ***La química está entre nosotros*** ***De qué están hechas las cosas*** ***(átomo a átomo y molécula a molécula)***

**Julio Andrade Gamboa y Hugo Corso. 2013.**

ISBN 978-987-629-300-6.

Colección Ciencia que ladra, Siglo XXI Editores.

Buenos Aires, Argentina. 128 pp.

**Reseña realizada por Marina Arbetman.**

Universidad Nacional del Comahue y Universidad Nacional de Río Negro. marbetman@gmail.com

Nuestra vida cotidiana transcurre en un mundo químico, pero no siempre somos conscientes de que estamos rodeados y sumergidos en átomos y moléculas. Para adentrarnos en este fascinante mundo químico, los autores de *La química está entre nosotros - De qué están hechas las cosas (átomo a átomo y molécula a molécula)* nos llevan de la mano, y nos ayudan a ver el mundo con nuevos "ojos químicos". Las cosas que nos rodean siguen siendo las mismas, pero ahora sin esfuerzo y de una manera sencilla y divertida las vemos distintas y podemos comprenderlas un poco más.

En el primer capítulo, "¿De qué están hechas las cosas?", los autores abordan esta pregunta, tan sencilla y complicada a la vez. De a poquito y en un idioma ameno nos adentramos en conceptos como átomos, moléculas y elementos. Luego, vamos recorriendo la tabla periódica sin sentir que estamos perdidos en el mundo y átomos, moléculas y elementos empiezan a tomar forma y volumen y se combinan para dar lugar a todo lo que nos rodea. La forma de abordar los temas desde lo cotidiano hace que le perdamos el miedo a palabras tan temidas como *isótopo*, *anión* y *enlace químico*, y que empecemos a entender un poco más lo que está pasando a nuestro alrededor.

En el segundo capítulo, "Contando átomos y moléculas", Julio y Hugo nos hacen caer en la cuenta de lo chiquito de los átomos y moléculas, haciendo necesario usar medidas químicas como el famoso mol y la notación científica. Uno de los ejemplos notables dice: "con un mol de azulejos, se pueden cubrir 10 esferas del tamaño del sol". Así, es un capítulo en el que se escuchan muchos "ahhh, uhhh..."; conceptos viejos, pero explicados de una manera sencilla, que nos acercan más al mundo químico. En la segunda mitad del libro, en los capítulos "¿Para qué sirve saber química?" y "Química en el cine, la televisión y la literatura", abordan temas que quizás no sabíamos que



involucraban a la química. Se abordan, por ejemplo, los primeros daguerrotipos y preocupaciones actuales como los combustibles alternativos y el efecto invernadero, entre otros. Y, para finalizar, nos cautivan con relaciones entre la química y el amor, la química y los superhéroes y, aunque usted no lo crea, la poesía química. Durante sus cuatro capítulos y también en su sitio web (<https://www.facebook.com/Cienciaqueladra> y, en particular, en <http://prezi.com/34eakjecvtlz/la-quimica-esta-entre-nosotros/>) que está muy bien diseñado y es muy didáctico, nos ayudan a imaginar lo que está pasando por el interior de las cosas. Constantemente nos pasean por situaciones cotidianas, nos muestran errores conceptuales habituales, historias épicas y experimentos caseros, permitiéndonos palpar con una facilidad envidiable la química a nuestro alrededor.

Como es característico de esta colección, con un estilo desacartonado y sencillo sin perder rigor científico, los autores nos acercan un poco más a la comprensión del mundo que nos rodea y nos generan más curiosidad y más preguntas que podrán ser respondidas de la mano de la química.

Logran plasmar eso que se dice por ahí, que la ciencia es divertida, pero que la mayoría de los no-científicos todavía mira "de reojo".

# MATERIALES MEMORIOSOS

*Aleaciones especiales pueden minimizar daños o pérdidas humanas en sismos.*

**Franco de Castro Bubani, Marcos Sade y Francisco Lovey**

FÍSICA

## Elasticidad y plasticidad

Al aplicarse una fuerza mecánica a la gran mayoría de los metales o aleaciones ("soluciones sólidas de metales"), éstos sufren una deformación proporcional a la fuerza aplicada, hasta cierto umbral. Al quitarse la fuerza, el material recupera su forma original. Este fenómeno se llama deformación elástica y el umbral mencionado recibe el nombre de límite elástico. La deformación elástica es la base del funcionamiento de los resortes. Una vez superado el límite máximo de deformación elástica, el material empieza a deformarse permanentemente, lo que se conoce como deformación plástica, la que puede continuar hasta la fractura del material. Al quitarse la fuerza en la etapa de deformación plástica (antes de la ruptura), el material no vuelve a su forma original, sino que queda deformado de forma permanente. Si la forma era una propiedad importante del material, la deformación plástica lo daña irremediablemente. ¿Quién no ha defor-

mado algo plásticamente en su vida? También hay metales y aleaciones frágiles que pueden romperse antes del inicio de la deformación plástica, pero no los incluiremos en esta discusión.

La deformación elástica obedece una relación lineal con la fuerza aplicada. En términos de energía, en un caso elástico ideal, todo el trabajo mecánico realizado sobre el material durante su deformación elástica se almacena en forma de energía elástica en el mismo material deformado y es devuelto por éste al quitar la fuerza mecánica. Por lo tanto, no hay disipación de energía en este proceso de carga y descarga. Es así necesario usar un dispositivo específico cuando se requiere disipar cantidades significativas de energía. En el régimen plástico, por otro lado, la mayor parte del trabajo mecánico realizado para deformar un material se convierte en calor, que se termina disipando en el ambiente que rodea al material deformado. Dicha energía entregada al medio en forma de calor no puede ser devuelta por el material al quitarse la carga, porque de hecho en ningún momento quedó almacenada en el material. Digamos que el material deformado plásticamente regaló la mayor parte de la energía que se generó durante su deformación, al ambiente que lo rodea. Este es un buen ejemplo de disipación de energía y de lo difícil o imposible que es devolver lo que ya no se posee.

**Palabras clave:** aleaciones con efecto memoria, transformaciones martensíticas, disipación de energía, amortiguación.

### Franco de Castro Bubani<sup>a,b</sup>

Magister en Ingeniería Mecánica, Materiales y Procesos de Fabricación.  
franco@cab.cnea.gov.ar

### Marcos Sade<sup>a,b,c</sup>

Dr. en Física  
sade@cab.cnea.gov.ar

### Francisco Lovey<sup>a,c</sup>

Dr. en Física  
lovey@cab.cnea.gov.ar

<sup>a</sup> Centro Atómico Bariloche (CNEA), Argentina

<sup>b</sup> CONICET, Argentina

<sup>c</sup> Instituto Balseiro, Univ. Nac. de Cuyo, Argentina

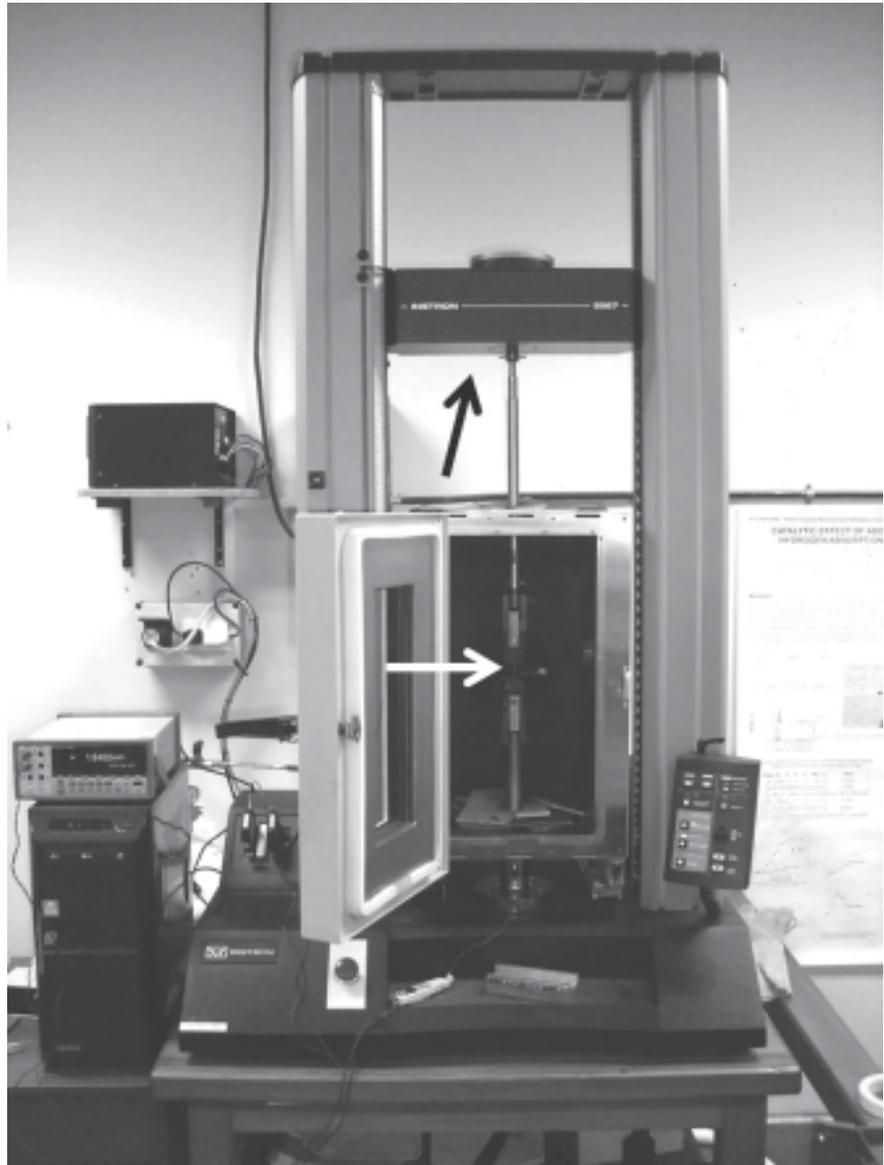
Recibido: 27/09/2013. Aceptado: 30/10/2013.

## ¿Cómo se mide el comportamiento mecánico de un material?

Se utilizan máquinas de ensayos mecánicos. Al material se le da una forma apropiada al experimento que se desea realizar. Por ejemplo, en el caso de un experimento de tracción se suelen usar probetas, también llamadas muestras, de forma cilíndrica, con la parte central de menor diámetro. A sus extremos se les llama cabezas de la probeta y estas cabezas son utilizadas para colocar la muestra en la máquina de ensayos. En la Figura 1 se puede ver parte de un equipo de ensayos mecánicos utilizado típicamente para estudiar la respuesta mecánica de los materiales sometidos a la aplicación de fuerzas mecánicas. En el ejemplo de

**Figura 1. Máquina de ensayos electromecánica. Se indica con una flecha blanca la ubicación de la probeta ensayada y con una flecha negra el travesaño móvil.**

la Figura 1, una de las cabezas de la muestra está rígidamente unida a un punto fijo de la máquina, en este caso a la base de la misma, y la cabeza superior está unida mediante mordazas y vástagos al travesaño, que es móvil. Al moverse el travesaño hacia arriba con una velocidad seleccionada por el operador, la muestra así traccionada se deforma. Por otra parte, la muestra se resiste a ser deformada, lo que lleva al incremento de la fuerza mecánica ejercida en este experimento por la propia máquina. Un resultado típico de un ensayo de deformación se puede ver en la Figura 2, donde está indicado en la curva obtenida la zona correspondiente a la deformación elástica y la correspondiente a la deformación plástica.

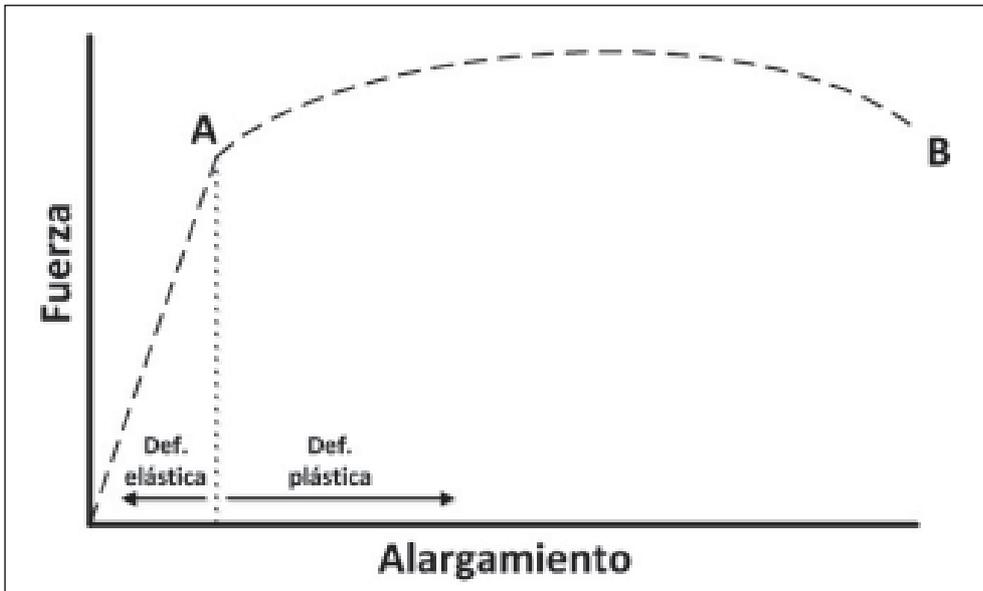


### Sobre autos y sismos

En los autos, por ejemplo, los resortes de la suspensión trabajan en el rango elástico y no son capaces de disipar de manera eficiente la energía de las oscilaciones generadas por irregularidades en el pavimento, como al pasar por una loma de burro, o incluso en caso de curvas o frenadas. Esas oscilaciones son muy peligrosas pues pueden desestabilizar el auto y provocar un accidente. Para disipar esa energía y evitar oscilaciones peligrosas del chasis, los autos están equipados con amortiguadores, que disipan energía básicamente por medio de la fricción de un fluido que se desplaza internamente cuando el amortiguador se extiende o se contrae (esos amortiguadores **no** se deforman plásticamente porque lo que se deforma es un fluido). Los amortiguadores de los autos son eficientes y soportan una alta cantidad de ciclos, pero son costosos.

Los sismos pueden deformar y generar oscilaciones muy fuertes en las estructuras civiles. Mientras se deforme en el rango elástico, la estructura se compor-

ta como un resorte y no hay mucha absorción de energía, por las razones descritas arriba. Si la deformación de la estructura es suficiente para entrar en el rango plástico (o "de deformación plástica"), la absorción de energía es muy significativa, pero la misma deformación plástica puede dañar la estructura. Además, existe un riesgo de fractura de los elementos estructurales como vigas, columnas, etc. por exceso de deformación plástica, resultando en el derrumbe de la estructura y generando pérdidas materiales y de vidas humanas. Afortunadamente, los aceros usados en construcción civil tienen la capacidad de deformarse mucho antes de romperse, pero, aunque las construcciones no se derrumben catastróficamente, los daños ocasionados por la deformación plástica pueden ser severos, inviabilizando permanentemente el uso y reparación de la estructura. En estos casos, la estructura debe ser demolida y reconstruida.



**Figura 2.** Curva típica de fuerza aplicada versus elongación de la muestra, obtenida en un experimento de tracción. Hasta el punto A, el material se comporta elásticamente. Desde el punto A al B, el material se deforma plásticamente.

**Aleaciones con efectos especiales**

Las aleaciones con efecto memoria presentan un comportamiento mecánico diferente al de un metal común. Dicho comportamiento se caracteriza por propiedades particulares conocidas como efecto pseudoelástico y efecto memoria de forma.

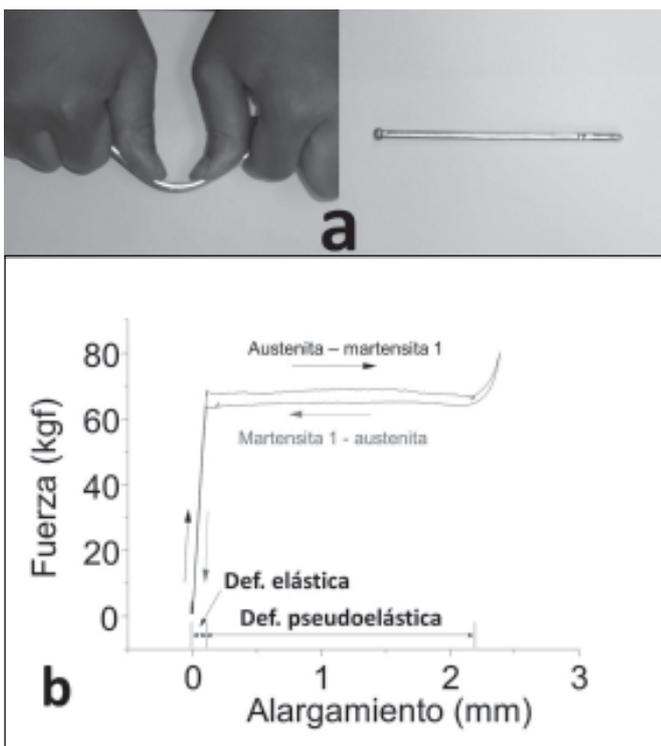
**Pseudoelasticidad o efecto pseudoelástico**

Al aplicar una fuerza *F* de tipo mecánico a una aleación con efecto memoria, el material se deforma elásticamente siguiendo la llamada ley de Hooke (fuerza proporcional a la elongación, siendo la constante de proporcionalidad una constante propia del material). A partir de una cierta deformación (o valor de fuerza aplicada), la deformación se incrementa notoriamente,

alejándose del comportamiento elástico. Esta deformación se asemeja a una deformación plástica típica,

diferenciándose por el hecho de que al quitar la fuerza mecánica, la deformación se revierte, llegando en algunos casos a recuperar la forma original del material. A título de ejemplo se puede observar en la Figura 3 un comportamiento pseudoelástico en una aleación monocristalina (ver Glosario) de cobre, zinc y aluminio (Cu-Zn-Al).

En la Figura 3b se aprecia que las curvas de carga y descarga se superponen solamente en el rango elástico del material, mientras que fuera de este rango, el camino de carga no se superpone al de descarga, generándose de esta forma la presencia de *histéresis* en el proceso. Las flechas en el gráfico indican el camino seguido por el material durante la tracción y la descarga. En esta última, la muestra va disminuyendo su deformación hasta que finalmente recupera la forma inicial. El fenómeno mencionado de *histéresis* está presente cuando el camino de ida difiere del camino de retorno. De hecho, aparece en otros fenómenos de la física como el magnetismo, cada vez que el camino



**Figura 3.** Comportamiento pseudoelástico obtenido en una muestra monocristalina de una aleación de cobre, zinc y aluminio, de composición 75,45% Cu, 16,74% Zn y 7,76% Al (en peso). El material es deformado más allá del límite elástico mediante la aplicación de una fuerza mecánica y al quitar dicha fuerza recupera la forma original. 3.a) En la primera foto, la fuerza es aplicada por una persona y el material utilizado es un monocristal de Cu-Zn-Al. En la siguiente foto, se deja de aplicar la fuerza y el material recupera su forma original. 3.b) La fuerza es aplicada por una máquina de ensayos mecánicos. En el gráfico se muestra la fuerza aplicada versus elongación (o "alargamiento") obtenida. El ensayo fue realizado a una temperatura de 35°C con una velocidad de deformación de 0,1 mm/min. Esta velocidad corresponde a la velocidad de desplazamiento del travesaño indicado en la Figura 1.

recorrido al variar el estado de un material no coincide con el camino recorrido al retornar el material a su estado de partida. La histéresis es una propiedad característica de los fenómenos disipativos de energía.

### **Efecto memoria de forma**

En este caso, al aplicar una fuerza mecánica el material se deforma más allá del rango elástico y queda deformado una vez que se deja de aplicar la fuerza mecánica. Sin embargo, al calentar el material, éste recupera la forma original.

### **Origen de los fenómenos mencionados**

La recuperación de la forma que se observa en el efecto pseudoelástico al quitar la carga mecánica, o en el efecto memoria de forma al calentar el material deformado, es un fenómeno atípico y es poco probable que lo pueda reproducir el lector si deforma un material cualquiera más allá del rango elástico. Tanto el efecto pseudoelástico como el efecto memoria de forma se explican por la presencia de transformaciones de fase martensíticas, que constituyen un caso particular de las transformaciones de fases en sólidos.

### **Sobre las transformaciones de fases en los sólidos**

Buena parte de los sistemas o materiales con los que el ser humano convive no están en su estado de equilibrio termodinámico, y de hecho si pudieran evolucionar hacia su estado de equilibrio lo harían. En muchos casos dicha evolución implica algún desplazamiento de los átomos que conforman al material en estudio. Si el proceso que tiene lugar implica un cambio de estructura, estamos en presencia de una transformación de fases, entendiéndose por fase a una región homogénea en sus propiedades. Las transformaciones de fase en el estado sólido pueden clasificarse en dos grupos: las transformaciones que requieren procesos difusivos para llevarse a cabo y aquellas que tienen lugar sin necesidad de la difusión. La difusión en el sólido es el proceso mediante el cual los átomos dejan su ubicación y se desplazan una o más distancias interatómicas. Estamos habituados a aceptar que las moléculas en un líquido o en un gas se muevan fácilmente. Sin embargo, es menos intuitivo aceptar el movimiento de los átomos en un sólido. A título de ejemplo, cualquier proceso de precipitación de una fase en otra, en el cual la fase precipitada tiene una composición diferente a la de la fase matriz, requiere que los átomos se reacomoden a la nueva composición, lo que no se puede hacer sin difusión. Un ejemplo se puede ver en la Figura 4.

### **Y las transformaciones martensíticas...**

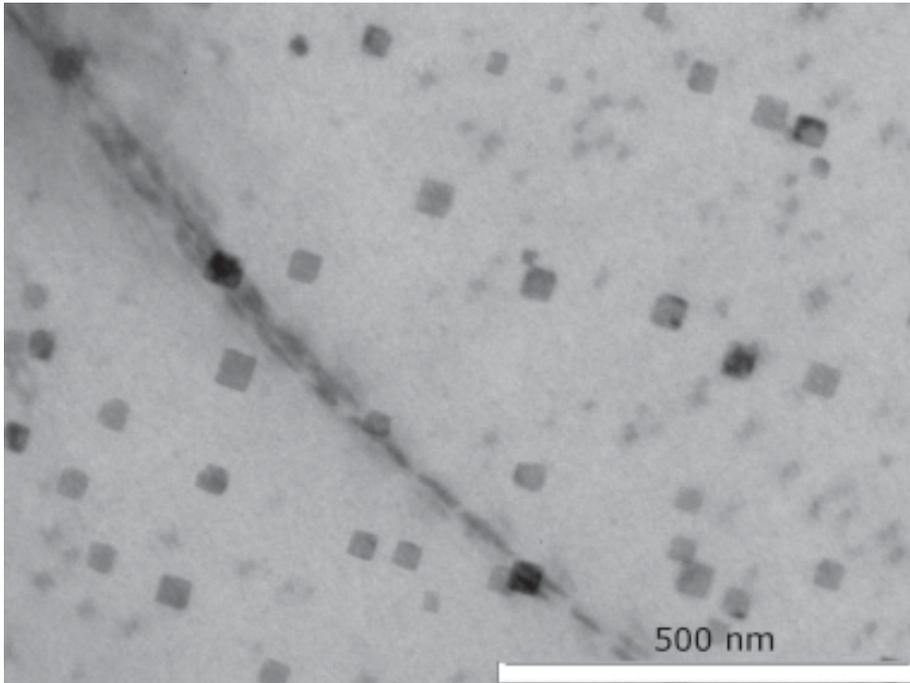
Las transformaciones martensíticas constituyen un ejemplo típico de transformación estructural sin difu-

sión. La estructura de partida suele recibir el nombre de *austenita*, mientras que la estructura que se obtiene por enfriamiento mediante una transformación martensítica recibe el nombre de *martensita*. Estas transformaciones se encuentran en diversos materiales, tanto metálicos como cerámicos. La estructura específica que presentan la austenita o la martensita dependerá del material considerado. Los átomos se mueven coordinadamente distancias más pequeñas que la distancia interatómica, reacomodándose en su nueva estructura. Una consecuencia interesante es que al no haber difusión, la composición de la aleación no varía, y se puede considerar al material como un sistema termodinámico de un solo componente. Estas transformaciones pueden inducirse por cambios en la temperatura o mediante aplicación de fuerzas mecánicas.

Una particularidad de las transformaciones martensíticas es que se puede ir en cualquiera de las dos direcciones, por ejemplo transformar la fase austenita en martensita mediante enfriamiento y retransformar de martensita en austenita calentando. Si al calentar, los átomos vuelven exactamente a las posiciones originales que tenían en la fase austenita previo a la transformación, es fácil entender la recuperación de la forma original. Este razonamiento se puede extender a las transformaciones martensíticas inducidas mecánicamente, es decir mediante aplicación de fuerzas mecánicas. El concepto es el mismo y se puede interpretar ahora la curva fuerza-elongación del efecto pseudoelástico de la Figura 3b de la siguiente forma. El material es deformado mediante la aplicación de una carga mecánica en el rango elástico. A partir de cierta fuerza (o deformación), el rango elástico finaliza, la fuerza deja de subir linealmente y la deformación se incrementa notablemente en un comportamiento que es aparentemente plástico. En realidad se parece pero no es deformación plástica, sino que corresponde a un cambio de forma asociado a una transformación martensítica. Los átomos se acomodan coordinadamente en su nueva estructura. Al quitar la fuerza, los átomos vuelven a las posiciones originales mediante la retransformación inversa, es decir de martensita a austenita. He aquí que el efecto pseudoelástico se explica en general mediante una transformación de fases en el sólido, que al no ser difusiva no implica cambio de composición y que ocurre a ciertas temperatura o fuerza mecánica que dependerán de la composición de la aleación.

### **Origen de la palabra pseudoelasticidad ("falsa elasticidad")**

La *transformación estructural*, también llamada *transformación martensítica*, tiene asociado un cambio de forma que causa la fuerte elongación observada en el gráfico de la Figura 3b. Dicha deformación,



**Figura 4.** Ejemplo de transformación difusiva (formación de precipitados). La parte más clara de la imagen corresponde a la fase denominada *austenita*. Los cuadrados más oscuros (que, en realidad, son cubos) corresponden a precipitados, que se forman sobre el «fondo» de *austenita* y tienen composición distinta de ésta, lo que requiere que los átomos se desplacen por difusión. La imagen fue obtenida por microscopía electrónica de transmisión.

denominada “deformación pseudoelástica” en la Figura 3b, provocaría una fuerte deformación plástica en un material de propiedades normales. El efecto pseudoelástico se caracteriza entonces por la presencia de una transformación martensítica generada mediante la aplicación de una fuerza mecánica. Al quitar la fuerza, los átomos vuelven a sus ubicaciones originales o, lo que es equivalente, el material recupera su “estructura atómica” de partida. En definitiva, el material va de una estructura a la otra aplicando o quitando una fuerza mecánica. Este proceso “pseudoelástico” se puede repetir una cantidad de veces, lo cual dependerá de varios parámetros, entre ellos la fuerza aplicada. El origen del nombre pseudoelasticidad o “falsa elasticidad” resulta así intuitivo: el material recupera su forma original al quitar la fuerza mecánica de forma similar a lo que ocurre en una deformación elástica, siendo la deformación potencialmente mucho mayor a la correspondiente al rango elástico, sin ser una deformación elástica.

### **¿Por qué motivo no hay disipación de energía cuando un material se deforma en su rango elástico?**

El trabajo realizado al desplazar un cuerpo se puede calcular como el producto del desplazamiento de dicho cuerpo por la fuerza aplicada en la dirección del desplazamiento. El trabajo total realizado será la suma de todos los términos de trabajo realizados hasta llegar a la deformación final. Esto gráficamente queda representado por el área bajo la curva de tracción (Figura 3b). Si el material se deforma mediante una fuerza mecánica de tracción (es decir su longitud aumenta), el trabajo mecánico utilizado se almacena en el material como energía que recibe el nombre de elásti-

ca. Al disminuir la fuerza mecánica aplicada hasta hacerla nuevamente igual a cero, el material se vuelve a acortar hasta su longitud original, lo que se puede decir de dos maneras: a) el material devuelve la energía elástica que acumuló

al ser traccionado o b) el trabajo mecánico realizado al descargar el material tiene igual valor pero signo contrario al realizado al cargar el material. Esto último lleva al concepto de que el trabajo neto realizado al cargar y descargar elásticamente un material cualquiera es cero y por ende no hay “gasto” o disipación de energía en esta situación.

### **¿Por qué una transformación martensítica podría servir para disipar energía en un evento de la naturaleza como un sismo?**

Vimos que las transformaciones martensíticas pueden ser inducidas mecánicamente. Si las fuerzas de carga y descarga son exactamente iguales (lo que ocurre en el rango elástico de un material ideal), no hay trabajo mecánico neto realizado y por lo tanto la disipación de energía es nula. Sin embargo, la fuerza aplicada para deformar al material pseudoelásticamente es mayor que la fuerza que está siendo aplicada cuando el material va recuperando su longitud original. Al traccionar podemos decir que el trabajo mecánico tiene un signo positivo y al descargar, el trabajo mecánico sería negativo (pues si bien la fuerza sigue siendo de tracción el material se va acortando). La diferencia entre ambos trabajos estaría representada por el área encerrada en el ciclo de deformación y dicho trabajo no es “devuelto por el material”. Su existencia es una consecuencia de la existencia de histéresis (ida y vuelta por caminos diferentes) y constituye a la vez la energía que ha sido disipada en un ciclo de transformación-retransformación.

Esta disipación de energía ha sido obtenida en este ejemplo mediante la aplicación de una fuerza en una máquina diseñada a estos efectos (máquina de ensayos mecánicos). Sin embargo una deformación o fuer-

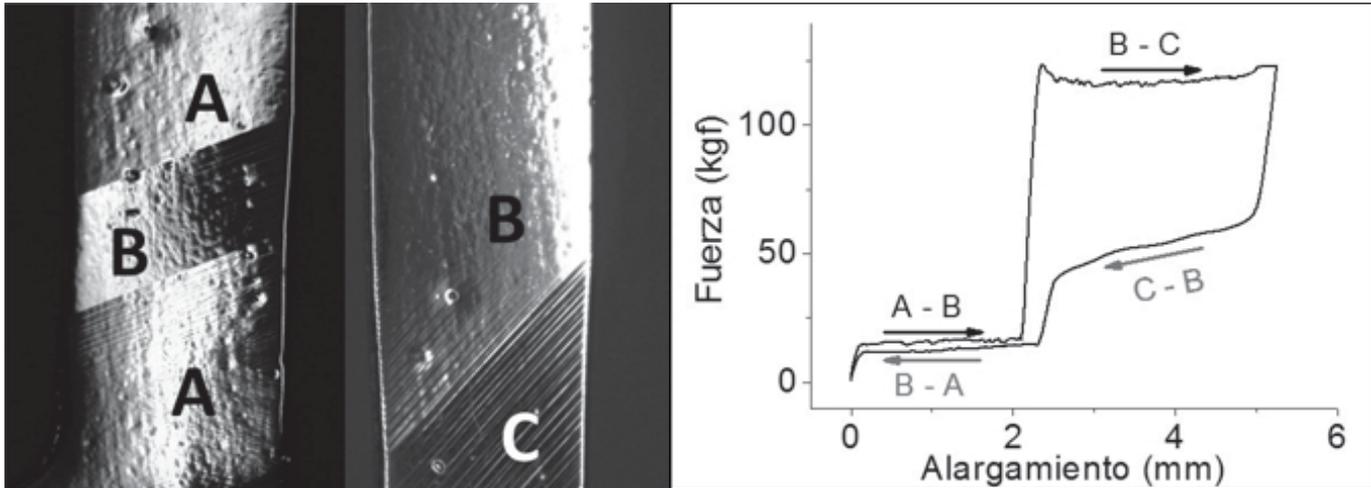


Figura 5. Dos transformaciones sucesivas en monocristales de cobre, zinc y aluminio (Cu-Zn-Al). Las letras A, B y C indican distintas fases del material, que corresponden a distintas estructuras atómicas pero con la misma composición química. En la primera transformación (izquierda), la fase austenítica (A) se transforma en una martensita que aquí llamamos martensita 1 (B). En la segunda transformación (derecha), la martensita 1 (B) se transforma en otra martensita, llamada aquí martensita 2 (C). Todas las fases mostradas tienen la misma composición química.

za podría provenir de un evento natural y la energía de dicho evento podría disiparse mediante la tracción y descarga de un material que sea "portador" del efecto pseudoelástico, es decir, siempre y cuando el material utilizado tenga esa propiedad. Afortunadamente, el efecto pseudoelástico se encuentra en un conjunto de sistemas metálicos razonablemente numeroso.

### ¿Por qué podría interesar disipar la energía de un evento natural mediante un material con efecto memoria?

Buena parte de los sistemas de transporte que se usan en la actualidad (aéreo, marítimo, terrestre) usan en buena medida sistemas metálicos en sus partes estructurales, aunque en algunos casos específicos, los materiales plásticos e incluso los cerámicos incrementan su participación. Uno de los motivos fundamentales por el cual los metales siguen siendo altamente atractivos es su resistencia a la deformación, y a la vez, su posibilidad de deformarse. Esta aparente paradoja se explica de la siguiente manera: por un lado, no sería atractivo movilizarse en un vehículo que altere su forma fácilmente y a la vez es deseable que, de producirse un choque, la energía asociada a ese encuentro no deseado se use en deformar el vehículo, lo que minimiza las fuerzas y actúa como salvaguarda del individuo que se encuentra en el interior del vehículo. Deformaciones del vehículo muy grandes claramente lastimarían a los pasajeros y de ahí el desarrollo de sistemas de protección adicionales como es el caso de los airbags. Resulta evidente que se descarta totalmente la fabricación de un vehículo con materiales frágiles, donde la energía proveniente de un choque provocaría la rotura de todas las piezas frágiles de manera rápida y con poca disipación de energía, de igual

forma que una taza de material cerámico se rompe ante un golpe, una caída, etc. En este caso, una fracción mucho mayor de la energía asociada al choque terminaría siendo transferida a los ocupantes del vehículo.

Pasemos ahora a considerar un evento natural como podría ser un sismo. Una forma de visualizar lo que sucede cuando un evento de estas características tiene lugar en una región determinada es la propagación de ondas que producen desplazamientos de magnitud significativa. En general se propaga más de una onda en el mismo sismo y la energía asociada a dichas ondas es muy grande. Tener sistemas que permitan disipar parte de esa energía evitaría total o parcialmente que ésta se "gaste" en fenómenos puramente destructivos. Si aceptamos que la histéresis de una transformación martensítica es una opción para disipar energía de manera "deseada", deberíamos buscar sistemas y transformaciones que nos provean de la mayor histéresis posible. Veremos a continuación un ejemplo interesante al respecto.

### Transformaciones martensíticas sucesivas

Las transformaciones martensíticas descritas más arriba ocurren entre fases o estructuras que no son las de equilibrio del material. Sin embargo, las fases involucradas no evolucionarán hacia el estado de equilibrio mientras la temperatura sea lo suficientemente baja como para evitar procesos difusivos significativos. Esto no debería sorprendernos demasiado. En general, cualquiera de los materiales que usamos habitualmente está pensado para no ser calentado más allá de una cierta temperatura. La difusión en los metales, caracterizada por el desplazamiento de los átomos una o más distancias interatómicas, suele ocurrir

a temperaturas bastante mayores a las que están expuestos los materiales que utilizamos habitualmente. Es decir que no debemos preocuparnos en exceso por esto, salvo excepciones que omitiremos aquí, o accidentes como podría ser un incendio o un calentamiento desmedido de un material por la falla de un sistema de refrigeración. Un punto relevante es que la fase martensítica, formada a partir de la fase austenítica, puede también sufrir una transformación martensítica, es decir no difusiva, mediante la aplicación de una fuerza mecánica. Un ejemplo se muestra en la Figura 5, donde se puede observar la transformación austenita-martensita<sub>1</sub> y una transformación martensita<sub>1</sub> - martensita<sub>2</sub>. Las estructuras martensíticas que aquí llamamos 1 y 2 difieren esencialmente en la forma en que se acomodan los planos atómicos en cada estructura. Salta a la vista del gráfico que la histéresis de la transformación martensita<sub>1</sub> - martensita<sub>2</sub> es notablemente mayor que la asociada a la primera transformación entre la austenita y la martensita<sub>1</sub>, lo que incrementa notablemente cualquier proceso disipativo de energía que provoque esta transformación. Es así que la diferencia notoria de histéresis induce a pensar que una potencial aplicación pensada para disipar energía se vería notablemente favorecida si se pudiera usar una transformación martensítica entre fases martensíticas, como lo que aquí presentamos. Sin embargo, algunos problemas subsisten y deberían subsanarse para avanzar en este objetivo.

### Problemas en estudio actualmente

En el grupo Física de Metales de la Gerencia de Física (Centro Atómico Bariloche) se están estudiando algunos aspectos cuya comprensión es imprescindible para que el uso de transformaciones martensíticas inducidas mecánicamente sea factible. El comportamiento mecánico del material depende en general de la frecuencia de ciclado mecánico, es decir, de la frecuencia a la cual las cargas son aplicadas y removidas. Se estudia el comportamiento de los materiales con memoria de forma en el rango de frecuencias típico de un sismo. Adicionalmente, es necesario analizar el comportamiento del material en un prototipo a escala reducida de una estructura sencilla para verificar en la práctica el comportamiento de dispositivos amortiguadores desarrollados con aleaciones con efecto memoria. Se han llevado a cabo estudios con aleaciones con efecto memoria comerciales de níquel-titanio (Ni-Ti) y ahora se usará el mismo dispositivo para probar experimentalmente la utilización de monocristales de cobre, zinc y aluminio (Cu-Zn-Al) aprovechando la notable histéresis que presentan las transformaciones entre fases martensíticas.

### ¿Elige un material su propia estructura?

Las aleaciones metálicas están constituidas por átomos y éstos están ubicados en lugares específicos dando origen a la llamada *estructura* del material. La estructura depende del material y existen diversos métodos experimentales para determinarla y modelos teóricos para predecirla, o intentar hacerlo. El tipo de estructura en que se posicionan los átomos corresponde a la *menor energía libre de Gibbs "G"*, suponiendo que el material tiene la posibilidad de evolucionar hacia dicho estado, a una temperatura y a una presión determinadas. La energía libre de Gibbs se suele definir como  $G = U + PV - TS$ , donde  $U$  es la *energía interna* del sistema en estudio,  $P$  y  $V$  representan la presión y volumen respectivamente,  $T$  la temperatura y por último  $S$  es la *entropía* o grado de desorden del sistema. La minimización de la energía libre de Gibbs del sistema en estudio, en este caso una aleación con una composición y una masa determinadas, a temperatura y presión constantes, es una consecuencia del enunciado más general del segundo principio de la termodinámica. Este último plantea que la entropía del universo (sistema + el medio que interactúa con el sistema) tiende a aumentar y deja de hacerlo al llegar al equilibrio. La ventaja de trabajar con la formulación de Gibbs es el poder desentenderse del medio que está en contacto con el sistema. Expresado más informalmente, podemos decir que el segundo principio de la termodinámica sobre el que mucho se ha escrito, describe una característica de la naturaleza: los procesos que tienen lugar tienden a favorecer la menor energía posible (mínima  $U$ ) y el mayor desorden (máxima  $S$ ) que se pueda alcanzar. Por último, podemos decir que un material que no evoluciona más ha llegado a su equilibrio, o está imposibilitado de salir de su estado para dirigirse hacia el equilibrio. Son dos alternativas diferentes y no siempre resulta sencillo distinguir una de otra.

---

## Glosario

---

**Aleación:** mezcla de metales, generalmente fabricada a altas temperaturas cuando los elementos constituyentes están en estado líquido. Posee propiedades metálicas y aspecto macroscópico homogéneo.

**Composición de una aleación:** cantidad de cada especie atómica presente en la aleación. Se puede dar en porcentaje en peso o en porcentaje atómico.

**Cristal:** sólido con un orden atómico que se repite (periódico).

**Aleación monocristalina:** en general, una aleación metálica solidifica formando una estructura cristalina periódica, la cual se caracteriza por una forma geométrica determinada, con átomos ubicados en sitios bien definidos que generan una estructura mínima, llamada celda unidad, que se repite por traslación en todas las direcciones. Conocer el volumen de la celda convencional y la ubicación de los átomos en la misma permite caracterizar razonablemente la estructura completa. En un proceso típico de solidificación a partir de la fase líquida, se forman varias regiones del sólido (núcleos) en distintas ubicaciones del líquido y van creciendo a medida que la solidificación avanza. El proceso de solidificación finaliza cuando todas las regiones sólidas en crecimiento se encuentran, uniéndose a través de los llamados bordes de grano. Cada región que fue creciendo independientemente posee en el material totalmente solidificado la misma estructura pero orientada de forma diferente, siendo el material resultante un policristal. Si en el proceso de solidificación se permite que se forme un solo núcleo de fase sólida y crezca nada más que uno, el resultado final es un monocristal, es decir, contaríamos con un solo "edificio" orientado de manera bien definida.

**Fase:** región del material con propiedades homogéneas.

**Austenita o fase austenítica:** fase que se obtiene mediante un enfriamiento rápido desde temperaturas altas y que es posible de transformar "martensíticamente" mediante enfriamiento o aplicación de fuerzas mecánicas.

### **Martensita, fase martensítica o estructura**

**martensítica:** estructura atómica que se forma a partir de una fase austenítica mediante una transformación martensítica.

**Transformación martensítica:** cambio de estructura en un material sólido que se realiza sin difusión. Se puede provocar mediante cambios en temperatura o por aplicación de fuerzas mecánicas.

**Difusión:** movimiento de átomos en un material que se desplazan al menos una distancia interatómica.

---

## Lecturas sugeridas

Ashby, M. F y Jones, D.R.H. (1996/1998). *Engineering Materials*. Volúmenes 1 y 2. Oxford: Butterworth Heineman. Texto de uso común en cursos de materiales en carreras de ingeniería, que introduce en diversos capítulos conceptos de difusión, de transformaciones de fases, transformaciones martensíticas, propiedades mecánicas, etc..

Callister, W. D., Rethwisch, D. G. (2010). *Materials Science and Engineering: An Introduction*, Wiley.

# EL MUNDO DE LAS LIBÉLULAS Y SU ROL EN LOS ECOSISTEMAS

Las libélulas son insectos ampliamente conocidos por sus llamativos colores y atractiva forma. Conozcamos ahora como se desarrollan y cuál es su rol en los ecosistemas que habitan.

**Fabián Gastón Jara y Javier Muzón**

Las libélulas poseen muchos otros nombres comunes tales como alguaciles, helicópteros, caballitos del diablo o matapijos. Han sido extensamente retratadas en las culturas antiguas, que los consideraban insectos especiales, portadores de pureza y anunciadores de grandes lluvias. También dan forma estos insectos a personajes de leyendas de diferentes culturas indígenas y son muy valorados en la cultura japonesa.

Las libélulas (orden *Odonata*) son un grupo de insectos con adultos de coloración llamativa y larvas con formas muy variadas y coloraciones opacas. El nombre *Odonata* deriva del griego *odon*, que significa diente, refiriéndose a sus fuertes mandíbulas. Entre los insectos, las libélulas resultan familiares para muchas personas y son fáciles de observar. Este grupo de insectos apareció por primera vez en la Tierra hace aproximadamente 300 millones de años, en el período Paleozoico. En esos tiempos, algunos representantes alcanzaban tamaños enormes, hasta 75 cm de envergadura, mientras que en la actualidad no superan los 15 cm de envergadura alar y los 8 cm de largo. Al día de hoy se conocen aproximadamente 5.600 especies alrededor del mundo, aunque se ha especulado que el número total podría llegar a casi 9.000 especies.

**Palabras clave:** odonatos, ciclo de vida, ecología, indicadores

## Fabián Gastón Jara

Dr. en Biología  
Laboratorio de Fotobiología del Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA).  
fjara77@gmail.com

## Javier Muzón

Dr. en Ciencias Biológicas  
Instituto de Limnología «Dr. R. A. Ringuelet» (ILPLA)  
muzon@ilpla.edu.ar

Recibido: 12/08/2013 Aceptado: 25/10/2013

## Dos grupos bien distintos

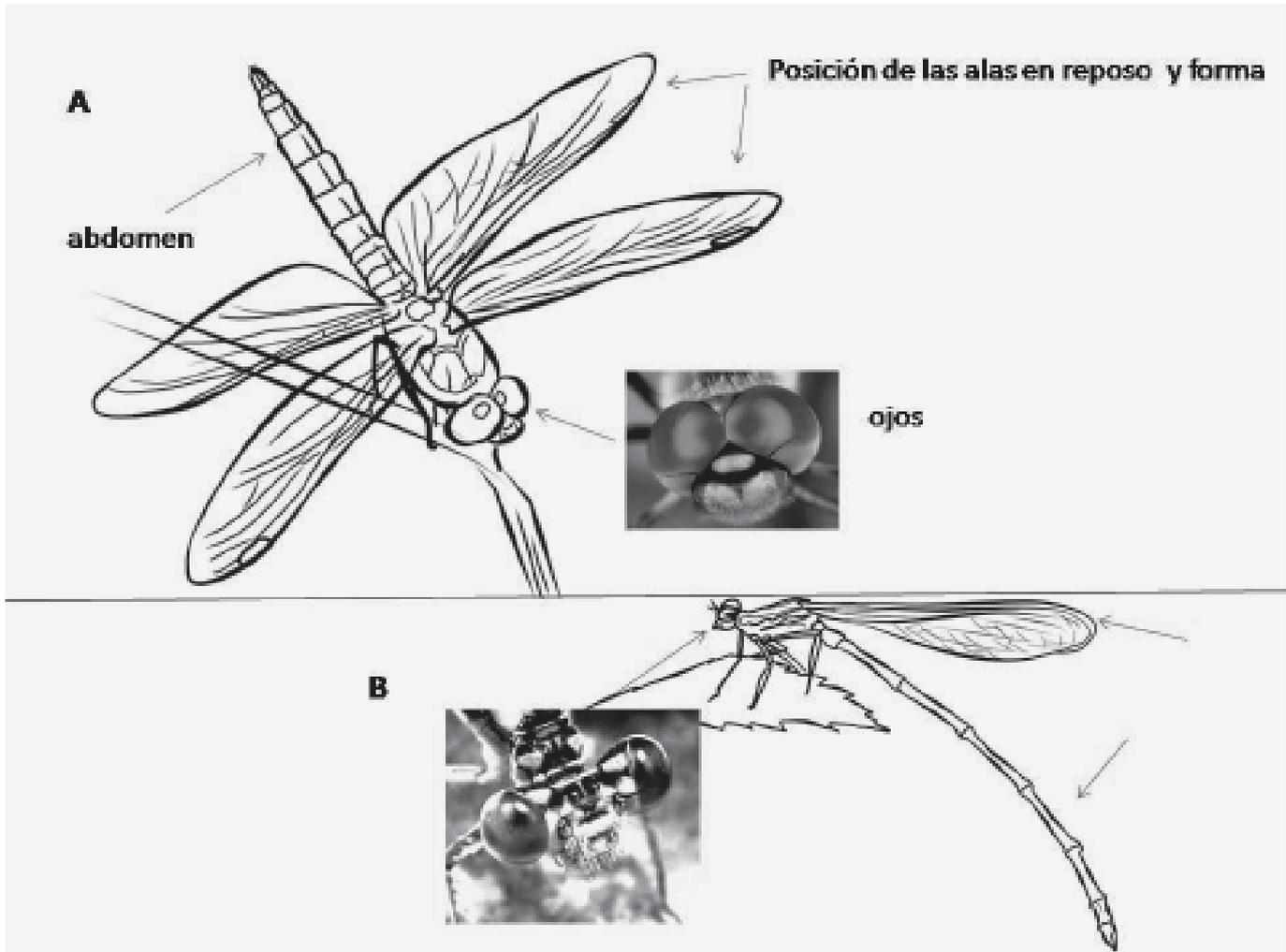
Si bien los odonatos (grupo de insectos al que pertenecen las libélulas) comparten una gran variedad de rasgos morfológicos, ecológicos y comportamentales, este grupo se divide en dos subórdenes que se diferencian marcadamente: los subgrupos Epiprocta y Zygoptera.

El suborden Epiprocta se compone a su vez de dos infraórdenes: Epiophlebioptera y Anisoptera, este último es el único representado en América. Las especies agrupadas en el infraorden Anisoptera presentan generalmente cuerpos más robustos y, son muy buenos voladores; por estas razones suelen ser más visibles, siendo éstas las especies que observamos diariamente en los alrededores de nuestra ciudad (ver Figura 1-A). Los ojos compuestos ocupan la casi totalidad de la cabeza, tocándose en la mayoría de las especies en la parte dorsal. El abdomen puede no ser cilíndrico y es por lo general de tamaño grande o muy grande, superando usualmente los 45 mm. Las alas posteriores y anteriores difieren entre sí: las posteriores presentan un desarrollo mayor de la región basal por lo que son más anchas que las anteriores. Cuando los adultos están posados, las alas permanecen extendidas.

El segundo suborden se denomina Zygoptera y comprende especies de menor tamaño y de aspecto más esbelto. Los ojos compuestos siempre se encuentran separados, el cuerpo es grácil y el abdomen cilíndrico y pequeño (no suele sobrepasar los 45 mm). Las alas anteriores y posteriores son similares en forma y tamaño. En reposo, en la mayoría de las especies las alas se encuentran juntas sobre el abdomen (ver Figura 1-B). Dentro de este suborden, la especie *Cyanallagma interruptum* es la más común y frecuente en los alrededores de la ciudad.

## Una vida anfibia

Al igual que los anfibios, las libélulas presentan un ciclo de vida denominado bifásico, es decir, que consta de dos fases: una fase acuática, ligada al desarrollo de los huevos y de una larva o náyade de vida libre y hábitos carnívoros; y una fase terrestre, ligada a la dis-



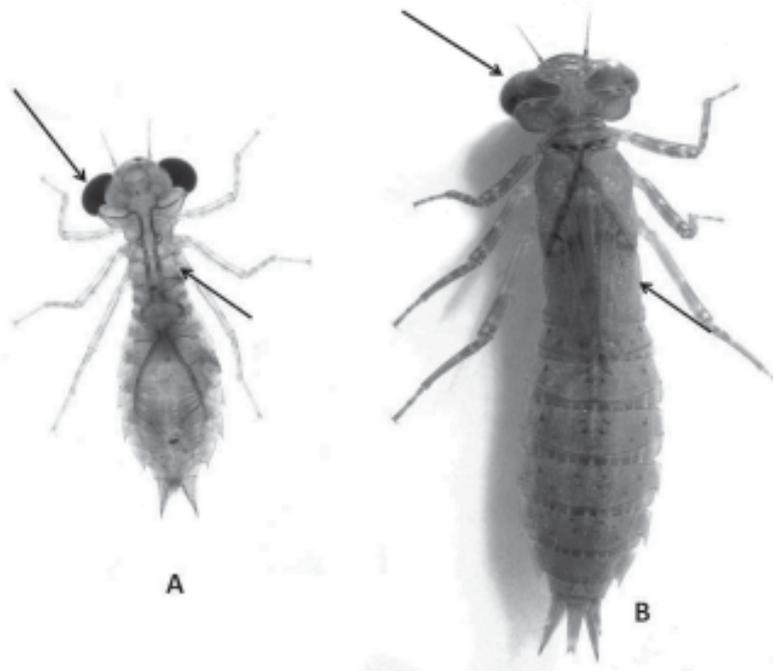
**Figura 1. Rasgos de los odonatos del suborden (A) Epiprocta y (B) Zygoptera. Esquema diagramado por F. Jara.**

persión y a la reproducción de los adultos voladores, también de hábitos carnívoros. En general, a diferencia de lo que se creería, las libélulas pasan la mayor parte de su vida como larvas acuáticas (hasta 6 años algunas especies), que como adultos voladores. Los adultos muy frecuentemente tienen una vida efímera que no supera los 60 días.

**Larvas o náyades**

Los huevos de los odonatos son colocados bien dentro de tejidos de plantas acuáticas -tanto en sus tallos como en hojas sumergidas o aéreas (es el caso de todos los Zygoptera y aproximadamente la mitad de las familias de Anisoptera)-, o bien directamente en el agua. Entre la vegetación acuática de mallines y lagunas de la región utilizada como sustrato para la oviposición se destacan por ejemplo la espiga de agua (*Potamogeton*), la vinagrilla (*Myriophyllum*), la lenteja de agua, los lirios de agua, los juncos y gramíneas. El tiempo de desarrollo del huevo puede variar dependiendo de la temperatura del agua y puede durar entre dos y cinco semanas. Algunas especies pasan por un estado de *diapausa* (estado de baja actividad metabólica que le permite al organismo sortear épocas

desfavorables), generalmente en aquellas especies que ponen sus huevos dentro de tejidos vegetales en ambientes que se secan o congelan durante el invierno (por ejemplo, las *Lestes undulatus*). Al eclosionar, las larvas o náyades son diminutas (no superan los 3 mm de longitud) y se alimentan durante unos pocos días de los restos de vitelo que llevan en su sistema digestivo (ver Figura 2). Posteriormente su dieta es carnívora, siendo depredadores muy voraces de diferentes invertebrados, renacuajos y pequeños peces (ver Figura 3). Las larvas de Zygoptera y Anisoptera pueden diferenciarse fácilmente mediante la observación de la región terminal del abdomen; las de Zygoptera presentan tres laminillas caudales que usan para nadar y respirar, mientras que las larvas de Anisoptera presentan una pequeña pirámide anal utilizada para el desplazamiento a chorro. Las especies de la zona no superan los 45 mm de largo, y en muchos casos son los depredadores acuáticos más importantes de los ambientes que habitan. Una característica notoria de estas larvas es que su labio está modificado a manera de una máscara (ver Figura 4). La máscara se encuentra plegada por debajo de la cabeza cubriendo las mandíbulas y las maxilas. Al detectar una presa la



**Figura 2. Distintos estadios larvales de *Rhionaeschna* sp., (A) estadio posterior a la eclosión (3mm) y (B) estadio larval avanzado (40 mm). En ambas fotos se indican con flechas los rasgos que más se modifican a lo largo del desarrollo, el tamaño de los ojos y el desarrollo de los paquetes alares.**

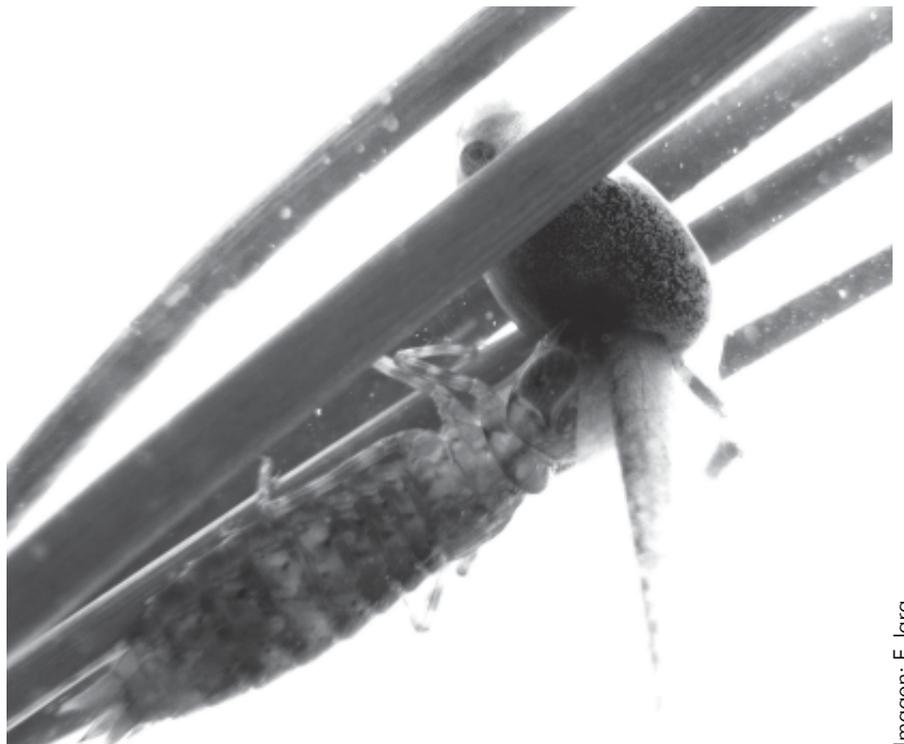
Imagen: F. Jara.

larva se aproxima lentamente hasta encontrarse en posición de alcance. Una vez allí, en cuestiones de milisegundos la máscara se extiende y los palpos terminales sujetan a la presa. Luego la máscara se retrae para permitir que las mandíbulas comiencen a masticar a la presa (ver Figura 4).

La coloración de las larvas es bastante críptica, es decir, se camuflan con el ambiente circundante. Esto impide que sean detectadas tanto por sus presas (otros insectos) como por sus depredadores (peces). Durante su desarrollo pueden mudar hasta 17 veces el esqueleto externo (característico de todos los artrópodos), cuyos restos conforman lo que se denomina *muda*. El desarrollo de las larvas está regulado por varios factores ambientales, siendo dos de los más importantes la temperatura y el *fotoperíodo* (cantidad de horas de luz y de oscuridad diarias a las que están expuestos los organismos). A lo largo de su transformación en adulto, la larva sufre algunas modificaciones en su forma. Entre estas modificaciones se encuentran el gran desarrollo de los ojos, que tienen

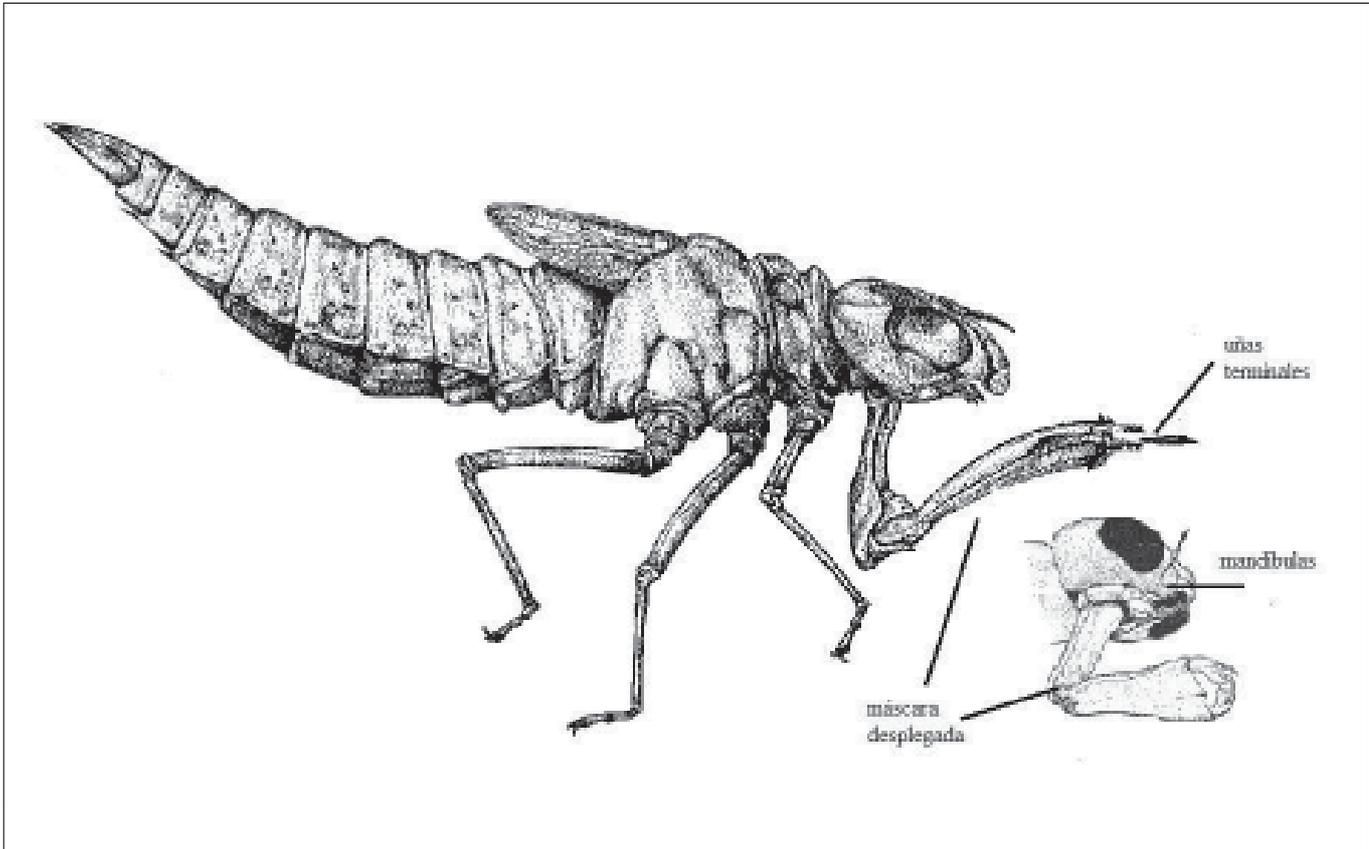
suma importancia en la captura de sus presas, y el desarrollo de los esbozos de las alas, estuches que contienen las futuras alas de los adultos (ver Figura 2). Luego de varios meses, las larvas se preparan para la metamorfosis. Algunas

especies presentan más de una generación al año (un ciclo corto en primavera-verano y uno largo que puede durar todo un año), en tanto que otras permanecen como larvas durante un año o más. La metamorfosis de las libélulas en nuestra zona se produce en general entre los meses de noviembre a febrero, aunque pueden ocurrir algunos eventos más entrado el otoño. Antes de que la larva esté lista para emerger ocurren varios cambios en su comportamiento. Uno de los más importantes es que deja de alimentarse. El proceso de metamorfosis implica que las larvas salgan del agua y se aferren a los tallos de plantas y ar-



**Figura 3. Larva de *Rhionaeschna variegata* capturando un renacuajo de *Pleurodema thaul*.**

Imagen: F. Jara.



**Figura 4. Esquema que muestra las modificaciones del labio (máscara) de las larvas de libélulas.**

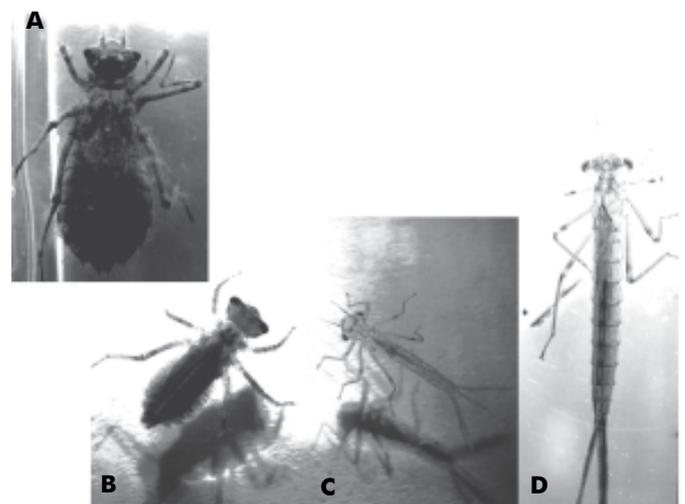
bustos, donde por distintos movimientos del cuerpo se rompe el viejo exoesqueleto y emerge el insecto ya transformado en adulto. Este proceso ocurre entre la caída de la tarde y las primeras horas de la mañana, evitando a un gran número de predadores diurnos.

La metamorfosis puede presentar distintos grados de sincronización estacional. Las especies que exhiben mayor sincronización son aquellas que emergen como adultos en primavera y la mayoría de los miembros de una población metamorfosean en pocos días. Otras especies no poseen una marcada sincronización y se caracterizan por poder sostener períodos de vuelo más extensos, por ejemplo, durante todo el verano. Esta característica les permite realizar grandes migraciones en búsqueda de mejores temperaturas y sitios para la reproducción. Recientemente se descubrió que algunas especies pueden volar entre 600 y 800 kilómetros de distancia a través del océano, en un viaje que va

desde el sur de la India hasta las Islas Maldiva en África. Ambos fenómenos, la metamorfosis en pocos días y la migración de grandes poblaciones, explican alternativamente aquellos momentos en los que puede observarse una gran cantidad de libélulas sobrevolando la ciudad.

### Hábitats

Las larvas de libélulas pueden ocupar diferentes microhábitats dentro de los ambientes acuáticos, lo que determina en gran parte su rol ecológico dentro de los ecosistemas. En los ambientes acuáticos próxi-



**Figura 5. Larvas de odonatos típicas de los humedales de San Carlos de Bariloche y alrededores: A- *Rialla villosa*, B- *Erythrodiplax connata*, C- *Cyanallagma interruptum*, D- *Lestes undulatus*.**

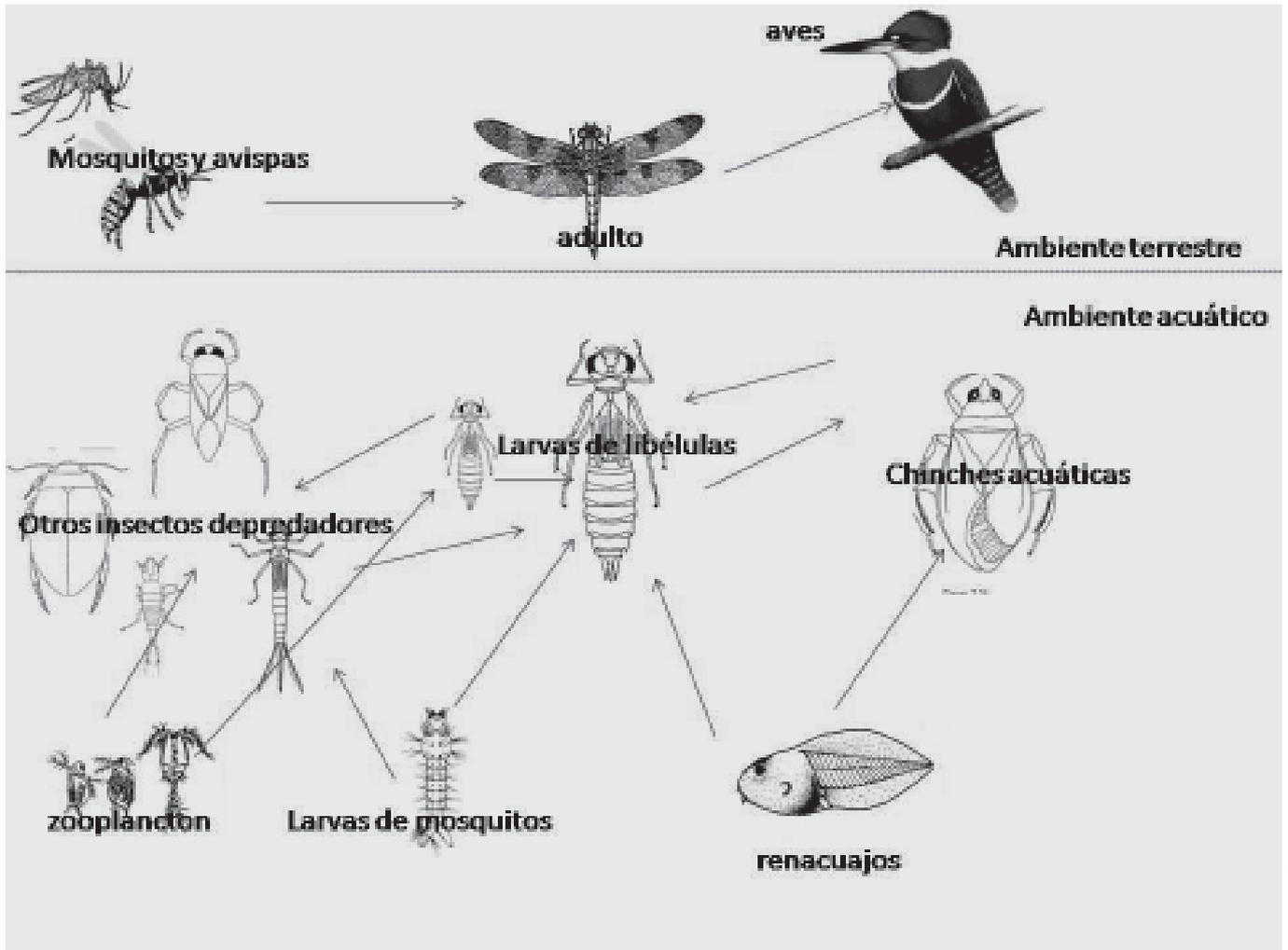


Imagen: F. Jara.

Figura 6. Esquema que muestra una cadena alimentaria típica de un ambiente temporal donde se indica el rol que juega tanto el estadio larvario como el adulto de una libélula, y como ambos interconectan tanto el ambiente acuático como el terrestre.

mos a San Carlos de Bariloche –ríos, arroyos, lagos, lagunas y mallines- podemos encontrar larvas debajo

de las rocas de las costas, sujetas a los juncos de las orillas o bien enterradas en los fondos limosos. La forma de las larvas también se asocia con sus hábitats. Las especies como las del género *Neogomphus* poseen modificaciones al hábito fosorial (asociado a la excavación y vida entre los sedimentos), ya que poseen cuerpos aplanados dorsoventralmente y cubiertos por cerdas que les permiten detectar a sus presas aun sin verlas. Las larvas de *Riala*

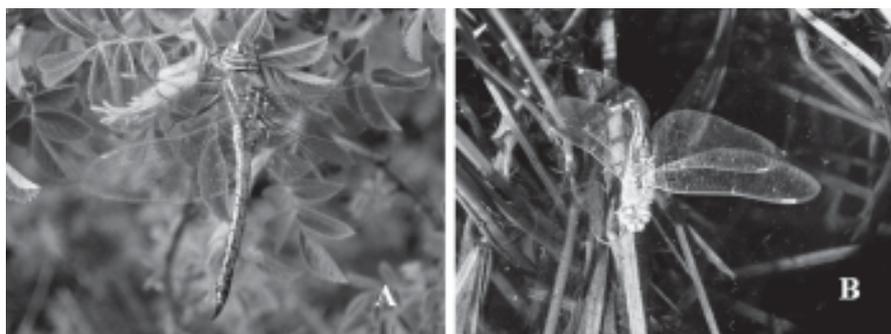


Figura 7. *Rhionaeschna variegata*: A-Adulto, B-Hembra poniendo los huevos sobre la vegetación acuática, C-hábito de la larva aferrada a un junco.

Imagen: F. Jara.

**Figura 8. Laguna de un mallín de bosque típica donde se reproduce y desarrolla *Rhionaeschna variegata*.**



Imagen: F. Jara.

*villosa* (ver Figura 5) son habitantes típicos de los grandes lagos; caminan en los fondos de modo parecido a una araña, por el gran desarrollo de sus patas. Y especies como *Rhionaeschna variegata*, *R. absoluta*, *Cyanallagma interruptum* y *Lestes undulatus* se encuentran aferradas a la vegetación acuática (ver Figura 5).

### Las libélulas son organismos claves tanto en el agua como en la tierra

Los organismos que presentan ciclos bifásicos, como es el caso de las libélulas, tienen la ventaja de poder explotar los recursos de ambos ambientes, tanto el terrestre como el acuático. Por otra parte, al no competir por recursos entre adultos y larvas, cuentan con una ventaja más. Como se dijo anteriormente, en ambos estadios -larva y adulto- son voraces depredadores (ver Figura 6). En los ambientes acuáticos sin peces, los odonatos principalmente del suborden Eiprocta constituyen los depredadores superiores de la cadena trófica junto con los *belostomátidos* (chinchas acuáticas) (ver Figura 6). Las larvas más pequeñas de libélulas consumen pequeños organismos del zooplancton y pueden ser depredadas por sus congéneres de mayor porte (canibalismo) o por otros insectos (ver Figura 6). Las larvas que sobreviven pasan a ocupar el rol de depredadores superiores, consumiendo grandes presas -como larvas de mosquitos y renacuajos-, aunque también consumen otros insectos depredadores de pequeño tamaño. Al metamorfosearse, los adultos ocupan el ambiente terrestre que les permite dispersarse en grandes áreas. Durante su corta vida los adultos consumen gran variedad y cantidad de insectos como mosquitos, tábanos y avispas (ver Figura 6). Pero, pese a su gran porte y su gran agilidad para el vuelo, las libélulas componen la dieta de muchas aves nativas, como el fiofío común (*Elaenia albiceps*), el martín pescador (*Ceryle torquata*) y el halconcito colorado (*Falco sparverius*). En los ambientes permanentes, como los lagos, las larvas de libélulas constituyen entre el 5 y el 40% de la dieta de muchos peces nativos y exóticos, así como de algunas especies de ranas nati-

vas, como *Atelognathus patagonicus*. Las percas (*Percichthys trucha*) y los salmónidos son los principales depredadores de estos insectos, cuya importancia en la dieta depende del tamaño del pez. Estos conocimientos destacan la importancia de las libélulas en ambos ecosistemas y la necesidad de conservar sus hábitats naturales, aún cuando se trate de pequeños mallines y lagunas.

### Un típico ciclo de vida de una de las especies más comunes

*Rhionaeschna variegata* (ver Figura 7) es una de las especies de libélula más comunes en los alrededores de San Carlos de Bariloche. Su ciclo de vida se describe en base a estudios realizados en una laguna de un mallín de bosque (ver Figura 8) ubicado en la zona de Circuito Chico, muy cerca de Lago Escondido. En esta laguna la reproducción de los adultos comienza hacia mediados de noviembre, pudiendo ocurrir también a lo largo del verano (ver Figura 9). En los primeros días de diciembre pueden encontrarse las primeras larvas, que no superan los 3 mm de largo y poseen una coloración blanca casi transparente. Las larvas comienzan a crecer y alcanzan hacia fines del verano entre 20 y 30 mm de longitud. Llegado este momento, el crecimiento se detiene, transcurriendo todo el otoño y el invierno en el agua, que en muchos casos no supera los 4 °C. Hacia comienzos de la primavera las larvas continúan creciendo hasta los meses de noviembre y diciembre donde ocurre la metamorfosis (ver figuras 5 a 9). En años donde este mallín se mantiene con agua durante el verano, es posible que dos o más cohortes de larvas (grupos de individuos que nacieron en el mismo intervalo de tiempo; por ejemplo, todas las larvas nacidas en la primavera de 2012 integran una misma cohorte) coexistan. También puede suceder que ante primaveras muy secas, las nuevas larvas encontradas en diciembre sucumban y entonces en algunos años ninguna cohorte se desarrolle dentro de la laguna.

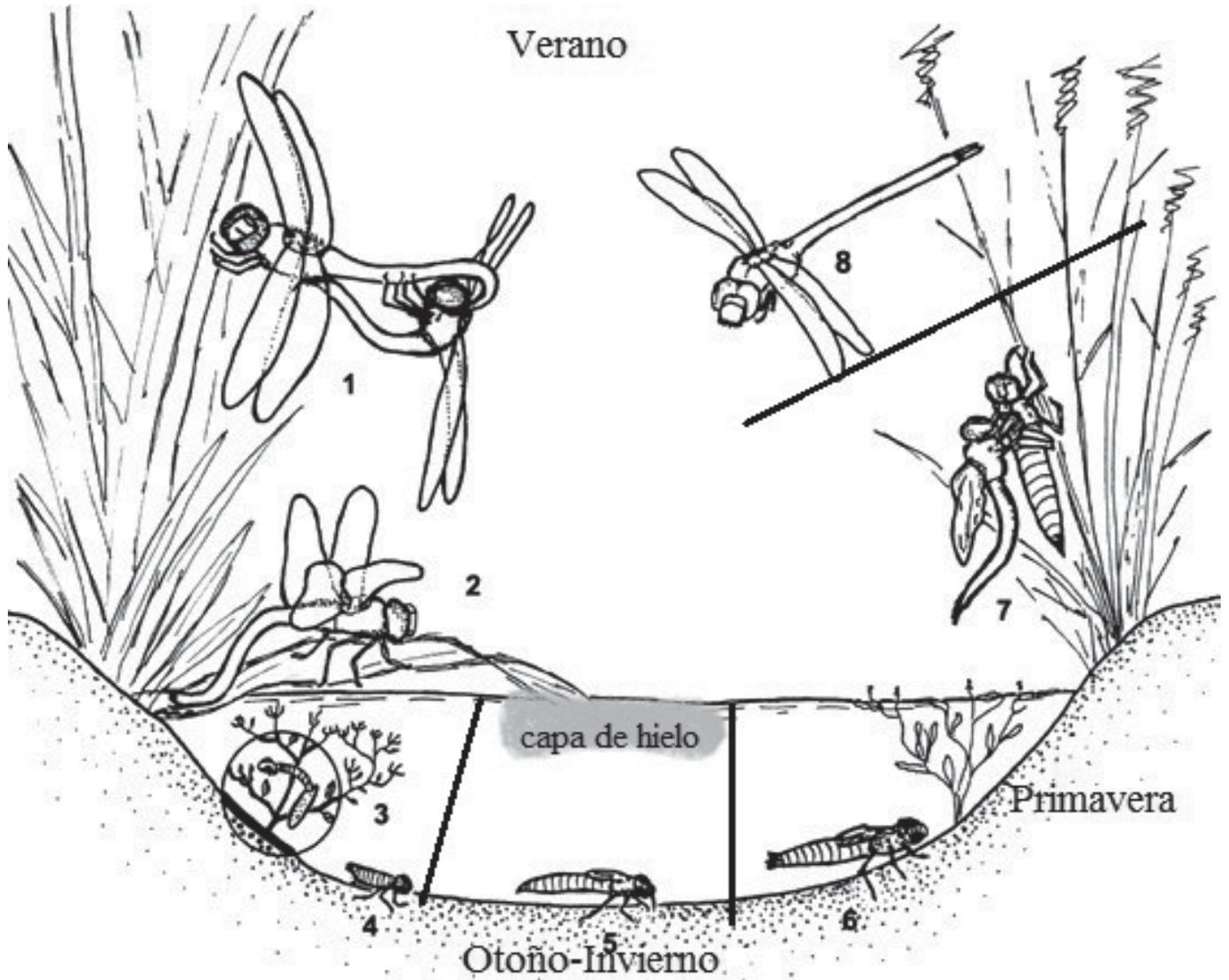


Figura 9. Ciclo de vida de un odonato muy común de en S. C. de Bariloche, *Rhionaeschna variegata*. 1- Apareamiento, 2- puesta de huevos en la vegetación acuática, 3- eclosión del huevo y primer estadio del desarrollo de la larva, 4-6 crecimiento y desarrollo larvario, 7- emergencia y posterior metamorfosis, 8- adulto volador. Esquema adaptado de [www.iogyba.blogspot.com.ar](http://www.iogyba.blogspot.com.ar).

### Especies de los alrededores de San Carlos de Bariloche y del Parque Nacional Nahuel Huapi

En la tabla 1 se muestran las especies citadas para San Carlos de Bariloche y para el Parque Nacional Nahuel Huapi. Las especies más comunes son *Rhionaeschna variegata*, *Cyanallagma interruptum*, *Erhytrodiplox connata* y *Rialla villosa*. Al menos tres especies de *Rhionaeschna* pueden coexistir en el mismo ambiente, pero es difícil identificarlas en los primeros estadios larvales. *Rhionaeschna* spp, *C. interruptum* y *Lestes undulatus* pueden explotar los ambientes más efímeros. El resto de las especies solo se encuentran en los ambientes permanentes de la zona. La libélula *Phenes raptor* es una especie muy particular ya que es endémica de la Patagonia y una de las pocas especies con larvas terrestres de Odonata.

### Su peculiar ciclo de vida y sus hábitats las hacen sensibles a los cambios ambientales

Como se dijo anteriormente, las libélulas poseen un ciclo de vida de dos fases, que son en gran medida reguladas por la temperatura y el fotoperíodo. Por otro lado, su vida como larvas acuáticas, que puede ser bastante prolongada, las expone en gran medida a la posible contaminación ambiental, como la resultante de los desechos provenientes de la actividad minera. Esta exposición podría llevar a las libélulas a actuar como bioacumuladores de sustancias nocivas, que luego se trasladarían al ambiente terrestre al emerger del ambiente acuático al terrestre. Además, los adultos voladores podrían transferir estas sustancias a otros eslabones de las cadenas alimenticias al ser cazados por las aves. Todas estas características hacen de estos organismos potenciales indicadores de la salud ambiental. Actualmente se está proponiendo el estudio de la diversidad de libélulas con este fin.

Sumado a ello, el adelanto de su emergencia y metamorfosis en los comienzos de la primavera y, consecuentemente, de su temporada de vuelo como adulto serían dos rasgos que podrían estar marcando un ascenso en las temperaturas medias anuales. Al respecto, en la Patagonia se estima que el cambio climático global disminuiría las precipitaciones anuales e incrementaría las temperaturas promedio, lo que conllevaría a una reducción en las áreas de humedales, particularmente los humedales temporarios, como son los mallines. En las lagunas permanentes los efectos del cambio climático podrían ocasionar una reducción de la zona litoral de las mismas, caracterizada por poseer un gran desarrollo de vegetación acuática. Estos procesos disminuirían a largo plazo los ambientes disponibles a ser usados por las libélulas y la concentración de grandes densidades en los pocos hábitats disponibles, con consecuencias negativas producto del hacinamiento y de la disminución de recursos.

**Tabla 1. Especies de libélulas encontradas en los alrededores de San Carlos de Bariloche y Parque Nacional Nahuel Huapi.**

Suborden Zygoptera
Familia Lestidae
<i>Lestes undulatus</i>
Familia Coenagrionidae
<i>Andinagrion peterseni</i> +
<i>Cyanallagma interruptum</i>
<i>Oxyagrion rubidium</i> +
Suborden Epiprocta
Infraorden Anisoptera
Familia Petaluridae
<i>Phenes raptor</i> +
Familia Austropetaliidae
<i>Phyllopetalia stictica</i> +
Familia Aeshnidae
<i>Rhionaeschna absoluta</i>
<i>Rhionaeschna diffinis</i> +
<i>Rhionaeschna variegata</i>
Familia Gomphidae
<i>Neogomphus edenticulatus</i>
Familia Corduliidae
<i>Gomphomacromia paradoxa</i>
<i>Rialla villosa</i>
Familia Libellulidae
<i>Erythrodiplax connata</i>
<i>Sympetrum villosum</i>

+ Especies que posiblemente se encuentren en el área, pero hasta el momento no hay referencias.

## Glosario

**Cadena trófica:** Es la transferencia de energía y nutrientes entre los organismos que conforman una comunidad. Cada especie se ubica en un determinado nivel de la cadena, en donde los que están más arriba se alimentan o nutren de las especies que están en los niveles inferiores.

**Región basal:** Parte anterior del ala que se une al cuerpo del insecto.

**Vitelo:** Es una reserva de nutrientes contenida en el huevo, de la cual se alimenta el embrión durante su desarrollo.

## Lecturas sugeridas

Añón Suárez, D. A. (2004). Señuelos exitosos en la pesca con mosca. *Desde La Patagonia Difundiendo Saberes*, 2 (1), pp. 22-31.

García, R. D., Reissig, M. y Dieguéz, M. C. (2013). El pequeño gigante de la Patagonia. *Desde La Patagonia Difundiendo Saberes*, 10 (15), pp. 2-9.

Jara, F. G. y Perotti, M. G. 2009. La rana de cuatro ojos en la laguna Fantasma de Bariloche. *Desde la Patagonia Difundiendo Saberes*, 6 (8), pp10-15.

Muzón, J. (2009). Estado actual del conocimiento del orden Odonata en la Patagonia. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 68 (1-2), pp. 163-167.

Ramirez, A. (2010). Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58 (4), pp. 97-136.

TODO LO QUE QUISO SABER SOBRE ELLA Y NO SE ATREVIÓ A PREGUNTAR

## DECÁLOGO DE LA LENGUA

Domina las laderas y los bosques australes de Patagonia, muestra gran variación en respuesta a los ambientes que habita y devela su historia escondida en el ADN.

**Andrea Cecilia Premoli y Paula Mathiasen**

### La especie

Las especies de *Nothofagus*, familia Nothofagaceae, han capturado la atención de botánicos y biogeógrafos. Se trata de árboles y arbustos que habitan gran diversidad de ambientes y ocurren en diversas asociaciones forestales. Están restringidos a los continentes del Hemisferio Sur. Anterior a su separación por deriva continental, los mismos formaban parte del megacontinente de Gondwana. Por lo tanto, la distribución disyunta del género *Nothofagus* en continentes tan alejados como Sudamérica y Oceanía se utiliza como ejemplo para analizar los procesos que la originaron; ya sea producto de eventos de *vicarianza* [Nota del revisor: se sugiere explicar este término] por la separación de una distribución antigua y continua, o por dispersión a distancia. Si bien las ideas de *vicarianza* fueron sustentadas por la baja capacidad de dispersión por semilla que posee *Nothofagus* y la presencia de fósiles en los distintos continentes, existen casos como el registrado en Nueva Zelanda, donde las especies actuales habrían arribado por dispersión.

Lengua es el nombre común de un árbol que crece en forma silvestre en el bosque templado de Argentina y Chile. Su nombre científico es *Nothofagus pumilio*, que proviene del latín y significa falsa haya (*Nothofagus*) y enano (*pumilio*). Posee una de las más amplias distribuciones geográficas de las especies de bosque de la Patagonia. Su rango latitudinal abarca desde las localidades de Talca (39° S), en Chile, y norte de Neuquén (35° S), hasta Tierra del Fuego (55° S), en Argentina. Habita áreas con bajas temperaturas y suelos pobres en nutrientes. Se la encuentra desde el nivel del mar (en el sur) hasta el límite altitudinal superior del bosque a todo lo largo de su distribución latitudinal. Crece sobre ambas cordilleras: la cordillera de la Costa en el oeste de Chile y la cordillera de los Andes, entre Argentina y Chile. Forma principalmente bosques puros, pero se la puede encontrar también en bosques mixtos donde coexiste con su pariente cercano -el ñire (*Nothofagus antarctica*)-, otras especies de *Nothofagus* -como coihues (*Nothofagus dombeii*), roble pellín (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*)- o coníferas, como la araucaria (*Araucaria araucana*) y el alerce (*Fitzroya cupressoides*).

Según el tipo de ambiente donde se encuentra, la lengua puede desarrollarse como un árbol de hasta 30 metros de alto y un metro y medio de diámetro, o crecer en forma achaparrada (con menos de un metro de altura), en el límite de la vegetación arbórea en lo alto de la montaña (ver Figura 1). La corteza es de color gris oscuro con grietas longitudinales. La edad máxima típica para la lengua es de aproximadamente 350 años. Las hojas son pequeñas, de color verde oscuro y de forma elíptica, midiendo entre 2 y 4 centímetros de largo, y hasta 3 de ancho. Éstas caen en otoño o cuando las condiciones climáticas son extremas (frío o sequía). Las flores son pequeñas, no muy vistosas y unisexuadas, es decir, esta especie posee flores femeninas y masculinas separadas, pero se encuentran en la misma planta (monoico). Las flores masculinas son solitarias y tienen un *pedicelo* de hasta 4 milímetros de largo, rodeadas por un *perigonio* formado por 5 a 7 *lóbulos*, 15 a 20 *estambres*. Las flores feme-

**Palabras Clave:** biogeografía, Patagonia, *Nothofagus pumilio*, variación genética.

#### Andrea C. Premoli<sup>(1)</sup>

Dra. en Biología.  
andrea.premoli@gmail.com

#### Paula Mathiasen<sup>(1)</sup>

Dra. en Biología.  
pmathiasen@gmail.com

<sup>(1)</sup>Laboratorio Ecotono, Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo) - Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) (CONICET-UNCo), Argentina.

Recibido: 12/10/2013. Aceptado: 15/11/13.

**Bosque de lengas en el Valle del Chailhuaco.**

ninas también son solitarias y sésiles. El fruto posee una única nuez de 6 o 7 milímetros de largo. [Nota del revisor: Resulta necesario explicar los términos perigonio, lóbulo, estambre y sésiles; puede ser en un glosario]

Especies de *Nothofagus* que poseen grandes distribuciones latitudinales como la lenga, que habita distintos ambientes y que probablemente sufrió aislamientos en el pasado producto de barreras geográficas, representa un excelente experimento natural para comprender el efecto de procesos ecológicos y evolutivos que la impactaron. Estos dejaron su huella en el material genético y pueden reconstruirse al analizar poblaciones naturales.

### 1) ¿Todos los parientes cercanos de la lenga están en Sudamérica?

El género *Nothofagus* está formado por 36 especies que han sido clasificadas en cuatro subgéneros según el tipo de polen: *Brassospora* (19 especies), *Fuscospora* (5 especies), *Lophozonia* (7 especies) y *Nothofagus* (5 especies). La lenga, junto con el ñire y los tres tipos de coihues, pertenece al subgénero *Nothofagus*. Durante el período Oligoceno, hace 30 millones de años (Ma), los cuatro subgéneros estuvieron ampliamente distribuidos en la Antártida, Australasia y Sudamérica. Si bien se encuentran extintas actualmente en la Antártida, las especies de los subgéneros *Lophozonia* y *Fuscospora* aún están presentes en Sudamérica, Nueva Zelanda y Australia (incluida Tasmania). Al contrario, los otros dos subgéneros *Brassospora* y *Nothofagus* se encuentran restringidos geográficamente en el presente, el primero a regiones tropicales de Nueva Guinea y Nueva Caledonia y el segundo a latitudes templadas de Patagonia. Sin embargo, existen fósiles del Oligoceno en Tasmania que dan cuenta de la amplia distribución pasada del subgénero *Nothofagus*. Particularmente en el Eoceno medio-Oligoceno, los bosques de *Nothofagus* en Sudamérica se expandieron quedando posteriormente restringidos a la región húmeda occidental de Patagonia. El sur de Sudamérica es actualmente el área

con mayor diversidad de subgéneros: *Fuscospora* con una única especie (ruil *N. alessandri*), *Lophozonia* con tres especies (roble *N. obliqua*, raulí *N. alpina* y hualo *N. glauca*) y *Nothofagus* con cinco especies: lenga, ñire *N. antarctica*, y las siempreverdes coihue *N. dombeyi*, coihue de Chiloé *N. nitida* (aunque no sólo restringido a la Isla de Chiloé), y guindo o coihue de Magallanes *N. betuloides*. Todas las especies del subgénero *Nothofagus*, excepto el coihue de Chiloé poseen rangos amplios de distribución latitudinal en Argentina y Chile (ver Figura 2).

El grupo de especies al que pertenece la lenga y sus ancestros habrían tenido una distribución amplia en el pasado, estando restringidos hoy en día a la Patagonia.

### 2) ¿Cuán antigua es la lenga?

El registro fósil juntamente con el análisis del ADN de las especies actuales permite reconstruir eventos del pasado, como comprender el origen de las especies e identificar los lugares donde ocurrieron. Los estudios del ADN se basan en las diferencias de las secuencias del ADN que se utilizan para estimar el tiempo ocurrido desde la divergencia de las especies (reloj molecular), es decir, [Nota del revisor: explicar brevemente qué implica la «divergencia de las especies»].

Los fósiles más antiguos de *Nothofagus* aparecieron en el oeste de Gondwana hace aproximadamente 85 Ma, durante el período Cretácico superior. El registro fósil muestra además que los cuatro subgéneros actuales de *Nothofagus* se habrían diferenciado tempranamente, hace unos 75 Ma durante los períodos Campaniano-Mastrichtiano, cuando los continentes actuales formaban el megacontinente de Gondwana. La similitud morfológica entre los fósiles, principalmente polen, y el de las especies actuales sugiere que el cambio evolutivo dentro del género ha sido lento, por lo menos durante los últimos 35 Ma. La evidencia fósil junto con análisis moleculares permitieron concluir que la familia Nothofagaceae se diversificó en distintas especies, principalmente desde el Eoceno hasta el



Oligoceno (55-25 Ma). También evidenciaron que el ñire resultó una especie hermana (es decir, cercanamente emparentada) de un grupo formado por las tres especies siempreverdes de coihues, mientras que la lengua probablemente divergió más tempranamente de todas ellas (ver Figura 3). La separación temprana de la lengua (hace unos 22 Ma) probablemente ocurrió en respuesta al enfriamiento a nivel global que tuvo lugar en el límite Eoceno-Oligoceno. El clima cálido considerado de tipo invernadero, de régimen subtropical a tropical, se modificó a uno de tipo iglú. En este mismo período finalizó la etapa de la ruptura de Gondwana, con la separación de la Península Antártica del sur de Sudamérica. Juntamente, se desarrolló la Corriente Circumpolar Antártica, el clima se volvió más cíclico, y cada vez se fue tornando más frío. Posteriormente, durante el Mioceno medio y con el inicio del levantamiento de los Andes, el clima se siguió enfriando y se tornó más seco. Bajo estas condiciones habría divergido el ñire (hace aproximadamente 13 Ma). Las especies siempreverdes muestran una

historia evolutiva más reciente. En el Mioceno tardío (hace 6 Ma) y posterior al levantamiento de los Andes, el coihue de Chiloé se habría adaptado a los ambientes más húmedos del oeste de los Andes. Por último, la separación del coihue y el guindo habría ocurrido como consecuencia de los cambios climáticos ocurridos durante el Plioceno (hace un millón de años).

De la misma manera que se había considerado al ruil *Nothofagus alessandri* con características ancestrales, la lengua es una de las especies actuales más antiguas de *Nothofagus*.

### **3) Dada su antigüedad, ¿cómo impactaron los eventos geológicos en la lengua?**

Las poblaciones de especies de amplio rango pueden haber sufrido aislamientos en el pasado por efecto de barreras. De esta forma pueden acumularse diferencias genéticas entre las poblaciones, las cuales pueden ser detectadas por medio de estudios moleculares. En particular, las secuencias de ADN del cloroplasto (ADNc) permiten estudiar la impronta de

**Figura 1. (a) ejemplares achaparrados de lenga en altura, y (b) árboles creciendo en bosque a menor altitud, en el Valle del Challhuaco; (c) rama con hojas y flores; (d) plántula emergiendo de la semilla; y (e) plántula creciendo en el suelo del bosque.**

eventos antiguos en plantas debido a la baja tasa de mutación (tasa de cambio) que posee. A diferencia del ADN del núcleo (ADNn) que recibe contribuciones paterna y materna, el ADNc se hereda por línea materna en la mayoría de las plantas con flor. Es decir, los miembros de un grupo dado (linaje) tendrán la misma secuencia de ADNc la cual será transmitida a sus descendientes de parte de madre sin contribución paterna. Por lo tanto, las especies actuales recibieron el ADNc de sus ancestros conteniendo la huella de eventos pasados, aun siendo anteriores a la divergencia de las especies actuales.

Las secuencias de ADNc de las poblaciones de lenga difieren genéticamente al norte y sur de los 43°S y coincide con lo encontrado en ñire y las tres especies de coihues. La concordancia entre las cinco especies habla de una historia compartida debido a hibridaciones (cruza entre especies diferentes) pasadas y que también ocurren actualmente. La separación norte-sur ocurrió hace aproximadamente 32 Ma. En el período Eoceno-Mioceno la actual región Patagónica, consistía de terrenos fragmentados debido a un aumento del nivel del mar. Fósiles del subgénero *Nothofagus* están presentes en el óptimo climático del Eoceno de la Patagonia, a los 41°S y 47°S, probablemente como poblaciones pequeñas y aisladas. Posteriormente, con el enfriamiento durante el Oligoceno, ocurrió la expansión de elementos tolerantes al frío (microtérminos) como la lenga. Sin embargo, rasgos complejos del paisaje de Patagonia como cuencas interiores e intrusiones marinas persistentes impidieron la dispersión resultando en distintos grupos (linajes) genéticamente divergentes. Esto ocurrió también en otras especies microtérminas como el mañío macho *Podocarpus nubigena* y el notro *Embothrium coccineum* lo que da cuenta de una barrera geográfica generalizada a los 43°S. Macizos antiguos, como los de Patagonia Norte y Sur y la cordillera de la Costa en Chile, permitieron la supervivencia a través del tiempo. Con el levantamiento de la cordillera de los Andes, a partir del Mioceno (23 Ma), la mayoría de las cuencas existentes en la Patagonia se drenaron, permitien-

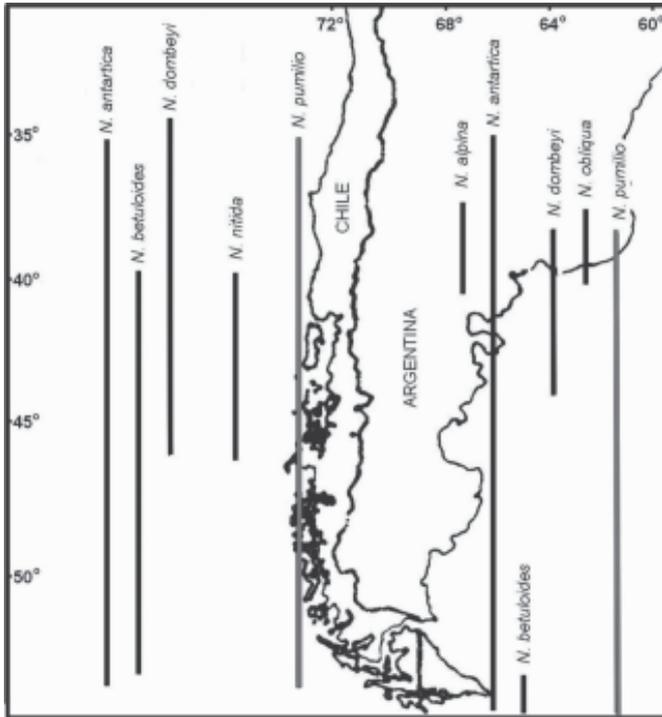
do que los bosques actuales colonicen áreas previamente inundadas.

Eventos geológicos del pasado han dejado su huella genética en la lenga, que puede utilizarse para reconstruir la historia de la biota de la Patagonia.

#### **4) ¿Cómo afectaron las glaciaciones a la lenga?**

Los cambios en el clima, como los ocurridos durante las últimas glaciaciones, modifican la distribución de las especies y dejan una impronta genética en sus poblaciones. La presencia de hielo restringe la disponibilidad de hábitats y las bajas temperaturas afectan las especies sensibles al frío. Así, por ejemplo, similares niveles de variación genética en poblaciones actuales de especies tolerantes al frío, sugieren la expansión local desde áreas libres de hielo (refugios múltiples). Asimismo, cuanto menor hayan sido los tamaños poblacionales en dichos refugios, mayor será el efecto de la endogamia (cruza entre parientes) y la deriva genética (por efecto del azar, no todas las variantes genéticas estarán representadas en poblaciones chicas), que tienden a empobrecer el acervo genético de las poblaciones. Las glaciaciones más antiguas en Patagonia tuvieron lugar entre hace aproximadamente 7 y 5 Ma (Mioceno Tardío-Plioceno Temprano). En los períodos subsiguientes y principalmente durante el Cuaternario (los últimos 2,5 Ma) ocurrieron grandes oscilaciones climáticas con alternancia de períodos fríos glaciarios y cálidos inter-glaciarios. Las glaciaciones difirieron con la latitud, siendo comunes en el norte los glaciares de valle que modificaron marcadamente la topografía del lugar, mientras que en el sur, a pesar de ser más extensos, probablemente permitieron la supervivencia de especies microtérminas.

La lenga es una especie tolerante al frío. Mediante análisis genéticos se pudo determinar un aumento en la diversidad genética hacia el extremo sur (frío) de su rango. Esto indicaría que las poblaciones del norte habrían sufrido repetidos cuellos de botella (reducciones en sus tamaños poblacionales) por la presencia de glaciares de valle fluctuantes que habrían restringi-



**Figura 2. Área de distribución aproximada de las cinco especies del subgénero *Nothofagus* en Argentina y Chile, en gris se indica la distribución de la lenga.**

do las áreas aptas para su desarrollo. Por el contrario, la relativamente mayor diversidad genética encontrada en las poblaciones del sur sugiere que las poblaciones de lenga habrían persistido localmente a lo largo del tiempo en grandes áreas cercanas al límite del hielo en regiones tan australes como Tierra del Fuego. La reconstrucción de la distribución pasada de la lenga bajo climas más fríos que los actuales, a través de técnicas de modelaje de nicho ecológico, corroboró la evidencia genética.

Especies tolerantes al frío como la lenga habrían sobrevivido a las glaciaciones en refugios múltiples a lo largo de su distribución geográfica actual.

### 5) ¿Cómo distinguir entre ñire y lenga?

Especies cercanamente emparentadas pueden compartir rasgos, ya sean morfológicos y/o ecológicos, aunque también pueden distinguirse en base a caracteres propios (diagnósticos). Si bien la lenga y el ñire son especies distintas, a veces su identificación a campo puede ser difícil. Ambas poseen las más amplias distribuciones latitudinales de los *Nothofagus* de Patagonia. Algunas veces coexisten en bosques de ladera y también en bosques de baja altitud hacia el sur de sus distribuciones. Ambas pueden mostrar gran variación morfológica presentando porte erecto a baja altitud y achaparrándose con el aumento de altitud. Sin embargo, la lenga forma gradientes continuos de variación con el aumento de la elevación sobre las laderas de las montañas (variación clinal), mientras que el ñire presenta gran variedad de formas (variación fenotípica) y elevada diversidad genética en relación con los ambientes heterogéneos que habita (variación ecotípica). El ñire produce un fruto con tres nueces

(semillas) pequeñas, mientras que el de lenga contiene sólo una. Aunque las hojas de ambas son caducas pequeñas, las de lenga poseen borde lobulado, y el de ñire es aserrado. La forma de la hoja de lenga además es de tipo elíptica, mientras que la del ñire es acorazonada (ver Figura 3). Ambas especies muestran una disminución del tamaño de las hojas con el aumento de la elevación. Las dos son microtérmicas, pero el ñire tolera temperaturas más bajas, encontrándose en sitios con alta frecuencia de heladas. Si bien comparten la capacidad de rebrotar y establecerse por semilla, la primera es más común en ñire y la segunda en lenga.

La lenga y el ñire, en comparación con otras especies de *Nothofagus*, poseen grandes similitudes en cuanto al rango, el tipo de ambiente y la variación altitudinal, pero también pueden diferenciarse entre sí en cuanto al número de nueces/fruto, morfología de la hoja y forma de crecimiento. El ñire podría caracterizarse como la especie que ocupa ambientes heterogéneos y presenta gran variedad de formas, en tanto que la lenga sería la especie que domina los bosques montañosos y australes, donde adquiere relevancia forestal.

### 6) ¿Existen híbridos entre ñire y lenga?

La hibridación es un fenómeno frecuente en plantas. Esto se debe en parte a la existencia de variados sistemas reproductivos que permiten la cruce entre especies diferentes. Sin embargo, la formación de híbridos dependerá de la compatibilidad genética entre las especies, la superposición de la floración, la coexistencia espacial (simpatria), y de las condiciones de sitio adecuadas para el establecimiento de la progenie híbrida. Se ha postulado que, para que los híbridos puedan establecerse y sobrevivir, deberían desarrollarse en un «hábitat híbrido». Estos son sitios muchas veces disturbados donde las especies puras tendrían disminuida su adaptabilidad, favoreciendo así los híbridos. Desde el punto de vista ecológico y evolutivo, la hibridación tiene importancia en cuanto a que contribuye considerablemente a la modificación y al

### Plántulas de lenga creciendo en invernadero.



aumento de la diversidad biológica y genética. Los híbridos pueden estudiarse por la presencia de caracteres morfológicos y genéticos diagnósticos de las especies puras. Por otro lado, el análisis de poblaciones simpátricas mediante secuencias de ADN del núcleo (ADNn) de la célula permite identificar a las especies puras, mientras que las de ADN del cloroplasto (ADNc) proveen información sobre hibridaciones en el pasado.

En bosques mixtos de lenga y ñire suelen detectarse individuos que no parecerían ser a simple vista ni lengas ni ñires puros. La cercana relación filogenética entre lenga y ñire, el tipo de polen compartido y el hecho que coexistan en simpatria en ciertos sitios, favorecerían la hibridación entre ellas. El análisis de poblaciones mixtas de lenga, ñire e individuos intermedios, mostró que existen diferencias morfológicas y genéticas entre ellos. Las especies puras resultaron diferentes entre sí para variables morfológicas y los híbridos mostraron características foliares más similares al ñire. Las hojas de lenga son más redondeadas que las de ñire y de los híbridos, que a su vez son más acorazonadas. Se encontraron variantes genéticas diagnósticas de las especies puras. Los híbridos presentaron mayor diversidad genética que las especies puras y más similares al ñire. Al estudiar pares de poblaciones simpátricas de lenga y ñire a lo largo de sus distribuciones geográficas las secuencias de ADNn identificaron claramente entre lenga y ñire, mientras que las de ADNc fueron idénticas en una región dada. Esto podría interpretarse como que la hibridación puede haber jugado un rol fundamental favoreciendo la dispersión y recolonización de las especies a través del intercambio de polen entre especies y la permanencia de las mismas en ambientes como los de la Patagonia, que han sido recurrentemente afectados por disturbios.

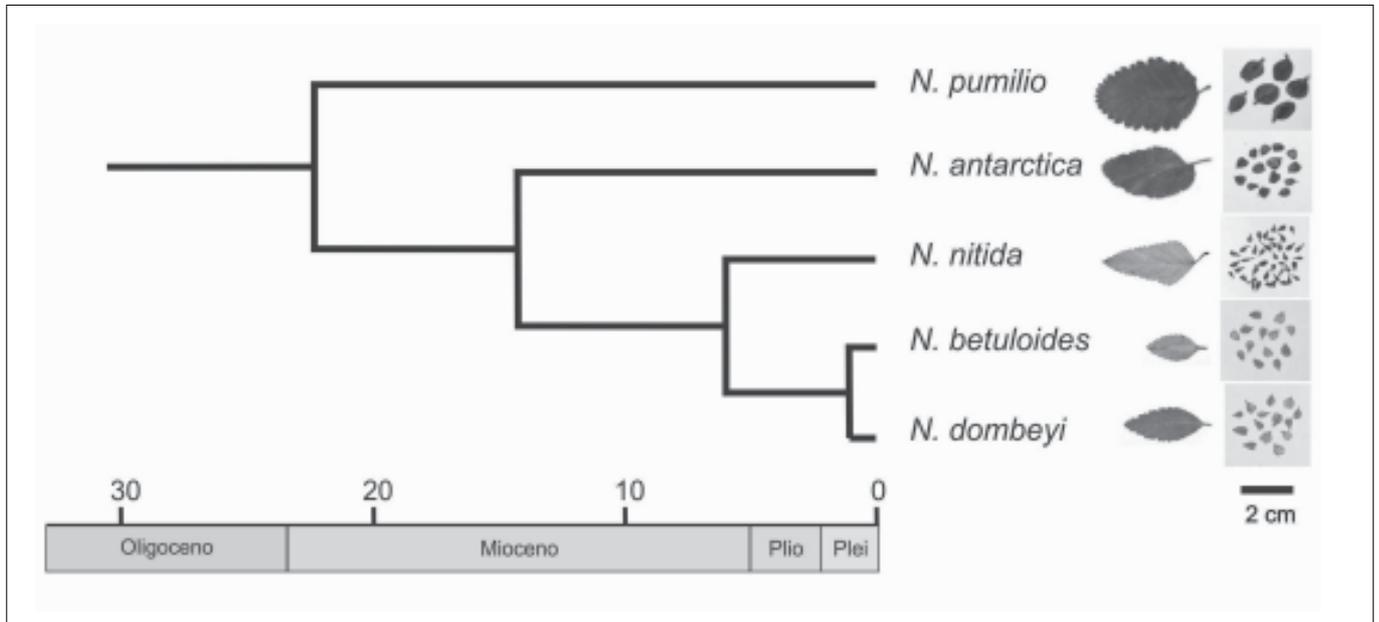
La hibridación ha sido frecuente entre lenga y ñire en el pasado y puede ocurrir actualmente en sitios donde ambas especies coexisten en simpatria.

### 7) Las lengas del sur separadas por más de 2000 kilómetros de las del norte, ¿son la misma «cosa»?

Las especies de amplia distribución atraviesan una gran diversidad de ambientes. La selección natural actuará favoreciendo individuos adaptados a distintas condiciones del medio físico a lo largo de gradientes ambientales. Esto redundará en diferencias cuantificables entre los individuos habitando diferentes porciones de dichos gradientes, las que además tendrán una base genética por ser resultado de la selección (las ventajas en la aptitud se heredan).

A lo largo de los más de 2000 kilómetros de extensión latitudinal, los bosques de lenga se encuentran sometidos a gradientes de variación climática. La temperatura disminuye hacia el sur y las precipitaciones poseen una marcada estacionalidad, con lluvias invernales en el norte y una distribución más homogénea en su extremo austral. Estas diferencias ambientales se ven reflejadas en las características de los bosques de lenga, como por ejemplo los rangos de altura que ocupan. Hacia el límite sur los bosques de lenga se encuentran tanto a nivel del mar como ocupando laderas entre los 300 y 600 m s.n.m., mientras que hacia el norte ocupa ambientes de montaña entre los 1000 y 2000 m. En cuanto a las características forestales, los rodales de lenga pueden variar de una densidad de 231 árboles/ha en el norte de su distribución en el lado argentino (42°70'S, 71°30'O, 1200 m s.n.m.) a una densidad de 407 árboles/ha en un bosque maduro de Laguna Victoria, Tierra del Fuego (54°47'S, 67°41'O). Esto además se correlaciona con una mayor capacidad de regeneración hacia el sur.

Los bosques de lenga difieren con la latitud debido a las condiciones ambientales variables a las que está expuesta.



**8) ¿Las lengas de bosque son iguales a las de altura?**

Las plantas que habitan laderas de montañas están sometidas a condiciones cambiantes (presiones de selección). Así por ejemplo, hacia el límite altitudinal superior disminuye la temperatura y la duración de la estación de crecimiento, aumenta la persistencia de la cobertura de nieve y existen fuertes vientos y altas radiaciones UV. Aquellos individuos que mejor respondan a las condiciones existentes a distintas alturas podrían poseer ventajas sobre otros. Esta mayor aptitud se puede detectar como un mayor potencial a dejar descendientes y/o capacidad competitiva. Como resultado de este proceso de selección natural (adaptación) a largo plazo, resultan individuos con mayor ajuste a determinados ambientes y que difieren genéticamente. Otra posibilidad es que los individuos respondan a las características cambiantes del medio ambiente a través del mecanismo de plasticidad fenotípica, que es la capacidad de responder a las presiones ambientales sin involucrar modificaciones genéticas (aclimatación). Es decir, un individuo dado puede modificar su porte, su fisiología e incluso su comportamiento en respuesta al ambiente sin ser transmitido a sus descendientes. Una forma de discernir entre diferencias genéticas o plasticidad fenotípica en plantas es mediante experimentos en jardín común. Consiste del cultivo bajo condiciones homogéneas de plantas provenientes de distintos ambientes. Si las diferencias en los caracteres morfológicos fueran genéticas, las mismas deberían mantenerse en el cultivo. Si, por el contrario, las plantas resultaran similares morfológicamente, implica que la variación observada a campo se trataba de plasticidad fenotípica. Otra manera de analizar diferencias genéticas es mediante la utilización de marcadores moleculares. Se trata de técnicas que permiten visualizar las diferencias en el

material genético. Sin embargo, no solamente la selección natural es responsable de la acumulación de diferencias genéticas entre los individuos, en el seno de poblaciones naturales. En particular, las poblaciones cercanas al límite altitudinal superior generalmente poseen escasa reproducción y establecimiento de las semillas, de tal forma que pueden considerarse reproductivamente pequeñas. Además, por ubicarse en las laderas de las montañas, las poblaciones se encuentran relativamente aisladas.

En las laderas de las montañas de la Patagonia se puede observar a simple vista las modificaciones que muestra la lenga con el aumento de la altitud (ver Fig. 4). Al incrementarse la altitud las lengas se achaparran, disminuye el tamaño de las hojas, el peso de las semillas y la capacidad germinativa, junto con demoras en la brotación y floración a lo largo de la estación de crecimiento (primavera y verano). Al analizar las diferencias morfológicas y los ritmos de brotación en la primavera de lengas provenientes de bosque y de altura se encontró que las plántulas de bosque fueron más altas, y produjeron mayor número de entrenudos en el eje principal. Las plantas de altura presentaron mayor número de ramas y ángulos de inserción en el eje vertical. Por otro lado, los resultados de morfología foliar mostraron que las hojas de plantas de bosque fueron más grandes, más largas y anchas, mientras que las plantas de altura tuvieron hojas más angostas y alargadas. Además, el inicio de la brotación de las hojas difirió con la altura. Las plantas de altura comenzaron a brotar dos semanas más tarde que las plantas de bosque. Dado que la lenga es una especie relativamente tolerante a la sombra, en sitios de baja altitud la selección operaría a favor del crecimiento vertical del tallo debido a que las plántulas crecen en claros abiertos bajo el dosel. Por el contrario, el patrón de ramificación y los ángulos de inserción detectados se-

**Figura 3. Árbol filogenético donde se muestran las relaciones de parentesco entre las cinco especies del subgénero *Nothofagus* y la edad de divergencia (millones de años).**

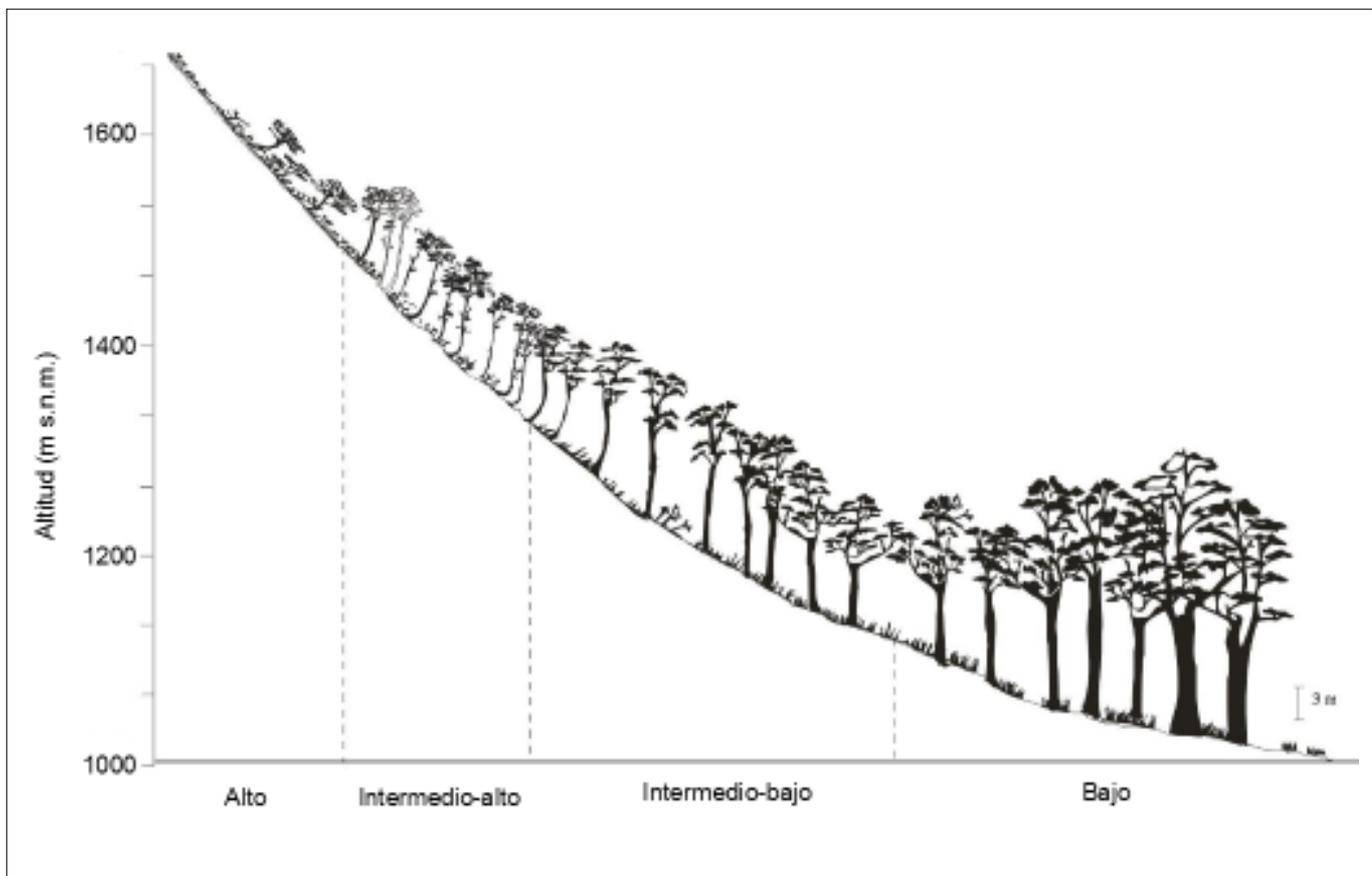
rían más favorables en sitios de altura con mayor irradiación solar. Además, estos caracteres arquitecturales, en combinación con hojas más pequeñas y angostas, podrían evitar el auto-sombreamiento, logrando una mayor eficiencia de la fotosíntesis. Asimismo, la preponderancia de fuertes vientos en sitios de altura podría incrementar el daño de las yemas, lo cual favorecería una ramificación profusa. El tamaño menor de las hojas sería una ventaja adaptativa en sitios de altura donde la estación de crecimiento es más corta que a baja altitud. La forma de crecimiento lateral o achaparrado en altura y la iniciación más tardía de la foliación, estarían proporcionando un hábito favorable para

ese tipo de ambientes. Los análisis, utilizando marcadores moleculares, indicaron que las poblaciones de mayor altitud resultaron genéticamente empobrecidas producto de la endogamia y la deriva genética. Además poblaciones ubicadas a alturas similares en distintos cordones montañosos resultaron genéticamente afines y no así respecto de otras a distintas altitudes. Por lo tanto, existen barreras al intercambio genético entre poblaciones separadas por escasos cientos de metros dentro de un mismo cerro mientras que aquellas en similares alturas de distintos cerros, aunque alejadas, poseen sincronía en el intercambio genético por reproducción sexual.

La lenga presenta marcadas diferencias en gradientes altitudinales, muchas de las cuales son genéticas, y por la naturaleza gradual de dichos cambios se podría hablar de variación clinal.

### 9) ¿La lenga se regenera fácilmente luego de disturbios?

Sobre las laderas de las montañas son comunes los disturbios masivos de gran extensión, como el vulcanismo y los deslizamientos de tierra. Además, en el sur de la Patagonia los fuertes vientos y en el norte los incendios afectan las poblaciones de árboles. También existen disturbios de menor escala, como la caída de árboles que producen pequeños claros en el bosque,



**Figura 4. Esquema de la variación en los hábitos de crecimiento de la lenga a lo largo del gradiente altitudinal. Extraído de Prémoli (2004).**

favoreciendo la regeneración. Las especies de árboles se regeneran mediante la germinación de semillas o por rebrote a partir de raíces o troncos que sobreviven al disturbio. Por lo tanto, podría considerarse que las especies rebrotantes serán tolerantes a los disturbios, mientras que las no rebrotantes, al depender del arribo de semillas y establecimiento de plántulas, serán sensibles a los mismos.

Luego de disturbios, la lenga es una especie que se establece principalmente por semilla al igual que el coihue, aunque en ciertas ocasiones puede además rebrotar como el ñire. Como en otras especies de árboles, la lenga produce abundantes semillas a intervalos de 6 a 8 años. La lenga posee baja capacidad de dispersión de semillas, ya que generalmente ocurre a 20 m del árbol semillero, raramente superando los 110 m. Asimismo, luego de disturbios masivos, las semillas son producidas por escasos árboles remanentes que sobreviven a la perturbación. Las restricciones mencionadas, sumadas a la disponibilidad de micrositios favorables para el establecimiento y el clima, imponen limitaciones a la regeneración posdisturbio de lenga. En el norte, el clima presenta una marcada estacionalidad en las precipitaciones (más de 60% en invierno), coincidiendo la estación seca con el período de crecimiento en una especie caducifolia (pierde las hojas en el otoño) como la lenga, mientras que en el extremo austral la distribución de las precipitaciones es más homogénea. Por tal razón, no existiría déficit hídrico durante el año, lo que explicaría la abundante regeneración de la lenga hacia el sur.

La lenga posee restricciones a su establecimiento principalmente hacia el norte de su distribución. Esfuerzos de restauración pasiva principalmente mediante el manejo del ganado contribuiría significativamente a la regeneración natural de poblaciones de lenga afectadas por disturbios a gran escala, como los incendios.

### 10) ¿Se puede plantar lenga?

La lenga ha sido introducida en países del Hemisferio Norte, principalmente en Escocia, como ornamental, lugar donde se desarrolla satisfactoriamente, dada la similitud del clima con la Patagonia. Se pueden obtener plántulas de lenga por reproducción sexual a partir de semillas. Sin embargo la capacidad germinativa de las mismas es muy baja, menor al 30%. Las semillas pueden ser colectadas durante los meses de febrero y marzo. Los frutos se colectan manualmente desde la planta y se almacenan dentro de bolsas de papel en un lugar fresco y seco. Las semillas colectadas deben ser propias del lugar y no se recomienda utilizar semillas de otras procedencias, debido a que las diferentes poblaciones de lenga están adaptadas a su ambiente local. Esto es muy importante para evitar

la introducción de individuos que no estén adaptados al ambiente.

Antes de sembrar las semillas, conviene someterlas a un tratamiento de estratificación fría y húmeda. Éste simula las condiciones naturales en que las semillas germinan si no se las hubiese cosechado. Las semillas se colocan en arena húmeda dentro de bolsas plásticas que se conservan en la heladera a 4 o 5°C durante un período aproximado de 45 a 50 días. Finalizada la estratificación se las coloca en agua fría por 48 a 72 hs. Coincidiendo con el principio de la primavera (fines de septiembre o principios de octubre), las semillas se siembran en macetas con una mezcla de dos tercios de tierra negra y un tercio de arena. Éstas deben regarse abundantemente hasta que germinen, luego de lo cual es conveniente disminuir el riego y proteger las plántulas nuevas con media sombra, que debe ser retirada paulatinamente hacia fines del verano. Cuando las plantas alcanzan los 10 o 15 cm de altura (3-6 meses), es conveniente trasplantarlas a macetas individuales antes de plantarlas en su lugar definitivo, donde deben recibir abundante luz. Esta especie resiste bajas temperaturas (hasta -15°C, incluso -20°C), y puede estar cubierta hasta ocho meses por nieve. Es preferible plantarlas en zonas montañosas.

Como pudimos ver a lo largo de este decálogo, la lenga atraviesa distintos ambientes a lo largo de su amplio rango de distribución, combinando respuestas adaptativas de base genética y plásticas modeladas por el ambiente que, juntamente con procesos de hibridación con ñire, le han facilitado la supervivencia a través de millones de años de evolución en Patagonia.

## Lecturas sugeridas

- Mathiasen, P. (2010). *Variación y estructura genética en Nothofagus pumilio (Poepp. et Endl.) Krasser «lenga» a lo largo de diferentes gradientes ambientales*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, S.C. de Bariloche, Rio Negro, Argentina.
- Premoli, A.C. (2004). *Variación en Nothofagus pumilio (Poepp. et Endl.) Krasser (lenga)*. En: C. Donoso, A.C. Premoli, L. Gallo y R. Ipinza (eds.), *Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, pp. 145-166.
- Premoli, A.C. y Mathiasen, P. (2011). *Respuestas ecofisiológicas adaptativas y plásticas en ambientes secos de montaña: Nothofagus pumilio, el árbol que acaparó los Andes australes*. *Ecología Austral*, 21, pp. 251-269.

# Reportaje

a Narcisca Hirsch

## Una cineasta experimental con casi 50 años de trayectoria

por Margarita Ruda y Ana Pedrazzini

Narcisca Hirsch es pionera en el cine experimental argentino, con una obra que se extiende desde los '60 hasta la actualidad, y que incluye películas en Super 8 y 16 milímetros, cortometrajes, instalaciones, intervenciones urbanas, *happenings* y grafitis.

En sus inicios formó parte de lo que se llamó después el Grupo Experimental Goethe, que integraban artistas como Marie Louise Alemann, Claudio Caldini, Juan José Mugni, Juan Villola y Horacio Vallereggio. En su obra reflexiona e invita a reflexionar sobre una pluralidad de temáticas como la condición humana, la feminidad, el amor y las ideologías. Una retrospectiva de su obra fue presentada en el Festival de Cine Independiente de Buenos Aires BAFICI 2012. En junio de 2013 fue homenajeada en el *Toronto International Film Festival* (TIFF 2013), junto con el cineasta canadiense Michael Snow, referente del cine experimental mundial.

Nacida en Berlín en 1928 y radicada en Argentina desde antes de la Segunda Guerra Mundial, Narcisca divide su tiempo entre su casa de San Telmo y su chacra en Colonia Suiza, en los alrededores de Bariloche. Allí fue entrevistada por *Desde la Patagonia, difundiendo saberes*.

**Desde la Patagonia (DLP):** ¿Cuándo llegaste acá a la Patagonia y qué te motivó a venir?

**Narcisca Hirsch (NH):** Llegamos a Bariloche en los años '50. Yo tenía un amigo que era músico, tocaba el oboe y formó parte del primer *Camping Musical* que empezó en Colonia Suiza. Él estaba muy entusiasmado con esto de hacer música al aire libre y quería hacer campamentos, pescar y todo eso. Por otro lado, acá cerca visitamos a unos medio parientes míos que nos dijeron: "Ustedes que son jóvenes -yo tenía una hija recién nacida y nada más- ¿No les gustaría comprar la casa de al lado que está en venta?". La casa que estaba al lado era una casa pre-fabricada muy precaria, y la compramos a muy buen precio aunque después nos salió muy cara porque había que refor-

marla. Todavía está y la tiene mi hijo. Yo estaba embarazada de él el primer verano que pasé en esa cabaña. Así que es una larga historia. Y después me gustó mucho la Patagonia, salimos a filmar varias películas, una en Super 8, otra en 16 milímetros; siempre estaba la Patagonia.

**DLP:** ¿Cómo comenzaste con el arte no tradicional, los grafitis por ejemplo?

**NH:** Yo tenía una libreta donde iba escribiendo frases y un día me dije: "¿Por qué escribir en los papelititos? A mí me gustan mucho las paredes, están los muros, puedo escribir los muros". En aquel momento estaban los militares todavía. Mis grafitis duraron un año, fue en el '82.

Salía en auto y siempre tenía un aerosol conmigo y cuando veía un muro lindo escribía alguna frase, algo poético. Estaba prohibido, porque estaba prohibido todo lo político, pero nunca nadie me vio.

**DLP:** Tuviste suerte.

**NH:** Las cosas cuando no se entienden no se ven. Entonces yo era invisible a sus ojos. Un día estaba yo todavía no vivía en San Telmo-, estaba parada en la calle San Juan, pintando algo, y veo un camionero que me miraba con mucho interés y me pregunta: "¿Señora usted hace eso siempre?". Y le digo: "No, no, siempre no, a veces". Obviamente las leyendas y pintar cosas en los muros estaban prohibidas pero como lo mío, lo que yo escribía, eran cosas... qué se yo, la palabra "ver" o "Todo a veces brilla, todo", esas cosas no se sabía bien qué significado podían tener. Esos grafitis fueron un trabajo muy lindo que gocé mucho, me divertí mucho, porque no se lo conté a nadie, lo hice absolutamente sola. Siempre que los pintaba cerca de donde vivían mis amigos iba a ver si alguno los veía y comentaba algo, porque en aquel momento era algo muy llamativo. Pero nunca hubo ningún comentario hasta que un día salió la revista *Mutantia*, que en ese momento era muy popular, y ahí había adentro una gran foto de uno de mis grafiti y abajo una leyenda que decía: "Algo está pasando en Buenos Aires".

### Narcisa Hirsch en su casa en Colonia Suiza.

Entonces me dije: "Bueno, ya está, me vieron, me puedo ir a casa". Y dejé de escribir los muros. Y después vino el '83...

**DLP:** ¿Y qué podés contarnos sobre las intervenciones, los *happenings*?

**NH:** Siempre fui muy transgresora, en el sentido que yo me adueñaba de las cosas que quería hacer. Nosotros salíamos a la calle e interveníamos donde podíamos y donde caíamos. Repartí manzanas, unas dos veces, en pleno centro, a eso le sacaron fotos. También repartí muñecos chiquititos, de esos muñecos que son como bebés desnudos, que son juguetes de niños. Esos los repartí en Buenos Aires, en Londres y en Nueva York.

**DLP:** ¿Fotografiaron los bebés?

**NH:** Los bebés están filmados en Super 8. Esto fue a comienzos de los '70, cuando no había videos, entonces se filmaba en Super 8. Y entonces hice la misma experiencia, yo sola, repartiendo los bebés en las tres zonas totalmente distintas. Fue muy interesante.

**DLP:** ¿Y fue muy distinto?

**NH:** Y... acá en Buenos Aires fue muy violento. Estábamos en plena época militar y por supuesto, cayó la policía y nos dispersó. Nos dijo: "Acá no pueden estar". Y yo le dije: "Pero si no estamos haciendo nada". Pero la gente estaba enloquecida, discutiendo de política, se empujaban y se mataban por conseguir un pedacito de muñeco que estaba en el piso. Fue una experiencia muy increíble.

Después repartí en Londres. Esa fue la experiencia más linda. La gente fue muy amable, se acercaba todo el mundo y me hacían preguntas. Además yo decía "Here you have your baby" (Aquí tiene su bebé) y las señoras grandes me decían: "¿A mi edad?" y se reían y los hombres me preguntaban: "¿Cómo yo como hombre voy a tener un bebé?".

En Nueva York fue la indiferencia total. En cada lugar repartía quinientos bebés, me tenía que deshacer de esos quinientos, no era tan fácil. Me paré en la



Imagen: A. Pedrazzini

Quinta Avenida delante de la Biblioteca Nacional y justo ahí había ese día otra manifestación, no era yo solamente. Los carteles decían "boicot lettuce", había que boicotear la lechuga, entonces la gente me preguntaba qué tenían que ver los bebés con la lechuga. Era un problema con los mejicanos recolectores en California. Pasaban, miraban, estaban apurados. En Nueva York la gente no se detiene, no tiene interés, no tiene tiempo. Está completamente en otra cosa.

**DLP:** ¿Cómo fue la instalación de la Marabunta? (1967)

**NH:** Fue un esqueleto gigante de mujer con palomas vivas adentro del cuerpo y cotorras vivas en el cráneo; estaba toda rellena de comida, y el público supuestamente iba a comer esa comida. De ahí el nombre la Marabunta, por esa hormiga amazónica que va comiendo todo en su trayectoria. Estuvimos trabajando como seis meses. Teníamos una amiga de acá de Bariloche, que estaba estudiando medicina; ella nos traía huesos humanos, que nosotros reproducíamos en el taller a una escala más grande. Ya en aquel momento en los '60 había mucha agitación política, las luchas armadas, el Che Guevara, ahí arriba en las selvas tucumanas... Yo quería poner la Marabunta en algún lugar artístico, por ejemplo el Museo de Bellas Artes, alguna cosa así. Pedí permiso y no me dijeron ni que sí ni que no, como que no estaban interesados en



Imagen: Gentileza N. Hirsch

### Esqueleto gigante de mujer armado para la Marabunta.

lantes, con sirenas. Le pregunté: “¿Qué hago?”, necesitábamos entrar al hall. Pero nos dijo que no, que en el el hall no, “si quieren vayan arriba al superpullman”. Entonces trasladamos todo a la parte de arriba del cine Coliseo. Subió con nosotros el comisario, que nos había visto armar todo en la vereda y nos dijo: “Acá en la vereda no se hace absolutamente nada”. Así que entre la lluvia y la policía tuvimos que armarlo muy apurados ahí arriba. Nosotros arrancamos con las sirenas cuando salían los espectadores de la primera función y entraban los de la segunda así que se juntó mucha gente adentro del cine.

**DLP:** ¿Cómo pusiste las palomas y las cotorras?

**NH:** Pusimos las cotorras en el cráneo que estaba completamente cubierto de una masa como de pan; la boca tenía dientes y labios y adentro estaban las cotorras; y en el cuerpo estaban las palomas pintadas de color fosforescente. La mujer tenía como sexo un ananá y cuando alguien sacó el ananá las palomas volaron.

**DLP:** ¿Esto fue filmado?

**NH:** Sí, sí. La película la hizo Raymundo Gleyzer, que fue un cineasta que mataron los militares en el '76. Yo era amiga de Aldo Sessa, que era dueño de los laboratorios Alex. Le dije: “Mira, estamos haciendo este evento y necesito alguien que lo documente” y me lo presentó. Para ese entonces yo todavía no filmaba, yo vengo de la pintura, luego hicimos los *happenings* y

eso. Y el Instituto Di Tella tampoco. Entonces fui a ver a un señor que se llamaba Clemente Lococo, que era el dueño de muchos cines de Buenos Aires, de una cadena. Uno de sus cines era el Coliseo, así que le pedí permiso para poner la Marabunta en la vereda algún día de algún estreno importante para tener más público. Entonces él dijo que sí, en la vereda del cine, el día del estreno de *Blow-Up*. Me dijo la mítica frase: “Señora cuando usted quiera hacer algo en Argentina no pida permiso nunca, hágalo nomás”. Esta era la mía, lo que yo necesitaba escuchar. Pero el destino en general está en contra de uno en esos momentos: llovió torrencialmente ese día. Lo llamé desesperada porque teníamos las palomas vivas, las cotorras vivas, toda la comida y además venía con música, con altopar-



Imagen: Gentileza N. Hirsch

**La Marabunta en acción. Cine Coliseo, Buenos Aires, 1967.**

después recién empecé a filmar. Raymundo filmó con una sola cámara, el evento duró muy poco. El pobre hizo lo que pudo. Nos sentamos después con Walter Mejía, Marie Louise (Alemann) y con él y editamos la película. Ahí me empecé a interesar por el cine.

**DLP:** ¿Cómo fueron esos comienzos?

**NH:** Mi marido había traído de afuera una cámara de 16 milímetros para filmar los eventos familiares, los cumpleaños o los viajes. Una cámara que todavía tengo, a cuerda. Empecé a filmar, Marie Louise (Alemann) también. Pasamos al Super 8. Fue muy lindo. Las cámaras eran muy chicas, las podías tener en la cartera, los rollos Super 8 eran muy baratos. Todos los que querían podían filmar en ese formato. De hecho había un lugar en Buenos Aires que todavía está, que se llama "UnCiPaR". Eso quiere decir Unión de Cineastas de Paso Reducido. Éramos completamente anónimos. Ahí mostrábamos las películas, había gente que hacía largometrajes en Super 8. Entonces de repente eran películas que duraban una hora, con actores. Eran como los que querían hacer la película grande y no tenían el dinero para hacerlo. Marie Louise estaba trabajando en el Instituto Goethe; ella es alemana como yo. Los del Instituto en ese momento estaban muy abiertos a lo que pasaba artísticamente en Buenos Aires y nos dejaron mostrar nuestras películas en el Instituto. Era un mínimo apoyo, tenían interés, hicieron un pequeño programa, y ya eso para nosotros era desconocido. Nos financiaron una pequeña película experimental, con un cineasta y un sonidista que vinieron de Alemania. El cineasta fue como un docente. Hicimos la película con él, fue muy lindo, muy productivo.

**DLP:** ¿El grupo creció? ¿Se relacionaron la gente del Instituto Di Tella?

**NH:** Éramos unos diez, entre los que estaban Marie Louise y yo, Claudio Caldini, Juan José Mugni, Juan Villola y Horacio Vallereggi. Claudio Caldini es ahora la superestrella, porque era de nuestro grupo el más brillante. Él se dedicó más, es el más talentoso, me parece. Y el está todavía filmando, ahora es docente y le han hecho un libro. Andrés Di Tella ha hecho una película sobre él. Pero en el Instituto Di Tella ninguno de nosotros tuvo ningún contacto, yo era amiga de

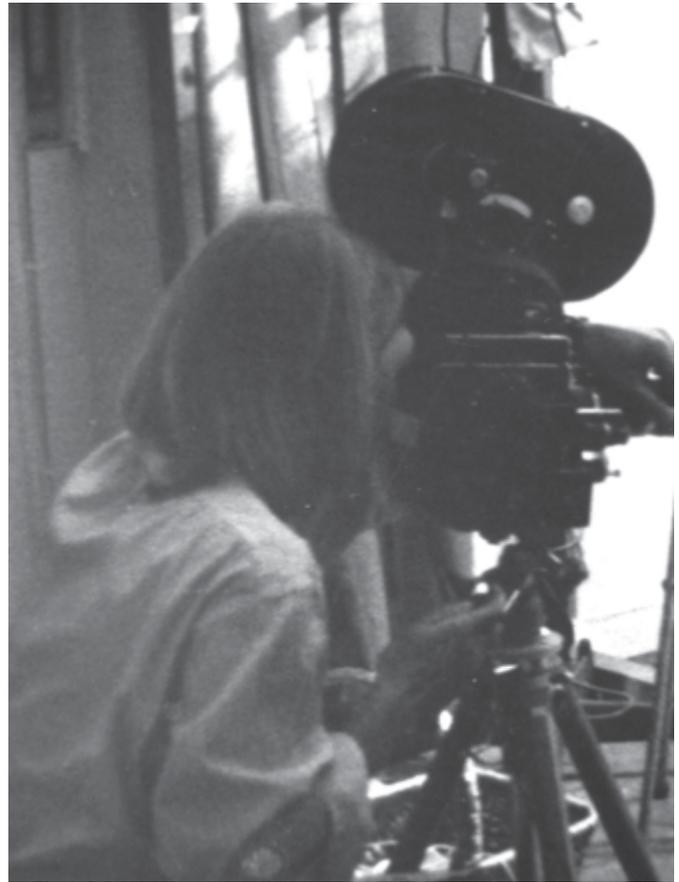


Imagen: Gentileza N. Hirsch

algunos, pero no tuvimos nunca personas adentro. Nosotros siempre estuvimos en un sótano donde iban, y siguen viniendo, las diez personas de siempre, porque no es una cosa masiva.

El cine experimental es como la poesía, una cosa íntima para muy poca gente, sólo para gente que le gusta, que le llega eso. El cine común es como la novela, tiene una narrativa, un argumento, se entiende lo que está pasando. Tiene una duración más o menos estipulada, normalmente una hora y media, dos horas. En cambio en el cine experimental no hay medida, podés hacer, por ejemplo, lo que hizo Andy Warhol en Nueva York que puede durar 24 horas, o como yo, que acabo de hacer un video que dura un minuto. Yo puedo filmar mi chacra, cosa que hago normalmente, o lo que se me ocurra. El que ve eso entiende lo que entiende, le gusta o no le gusta. Tenés que tener una afinidad con esas imágenes en movimiento.

**DLP:** Yo vi unas cosas tuyas y la impresión que me dieron es la de estar en una galería de arte y ver pasar los cuadros.

**NH:** Claro, por que yo vengo de la pintura y eso se nota. Hay gente que viene de la literatura, otra que viene de la tecnología, son diferentes cosas. Me preguntaron por qué pasé de la pintura al cine. Posiblemente porque necesito que las cosas se muevan, necesito que todo se mueva. Empieza con un mueble al que le pongo rueditas hasta las imágenes que se van transfigurando en la cámara.

**La Patagonia ha sido un escenario recurrente en la obra de Narcisca Hirsch.**

**DLP:** En este último tiempo te están redescubriendo y están valorizando el tipo de cine que has hecho. ¿Como surgió tu relación con el cine de Michael Snow y qué es lo especial de este viaje al TIFF en Toronto?

**NH:** Cuando yo empecé a interesarme por el cine experimental viajé a Nueva York, que era la meca del cine experimental. Había todo un grupo de gente muy *under* que uno conoce cuando te interesás por eso. La cuestión es que la sobrina de mi marido, que era historiadora de arte, me sugirió ir al MOMA (*The Museum of Modern Art*) porque iban a dar una película que después compré que se llama *Wavelength*. Esta película, hecha por un canadiense (Michael Snow), era en 16 milímetros y usaba un zoom manual. Lo que se ve es una habitación vacía, sin nadie adentro y el zoom va muy lentamente moviéndose atravesando esa habitación muy grande. En algún momento entra alguien, habla por teléfono y vuelve a salir. Pero no hay ningún

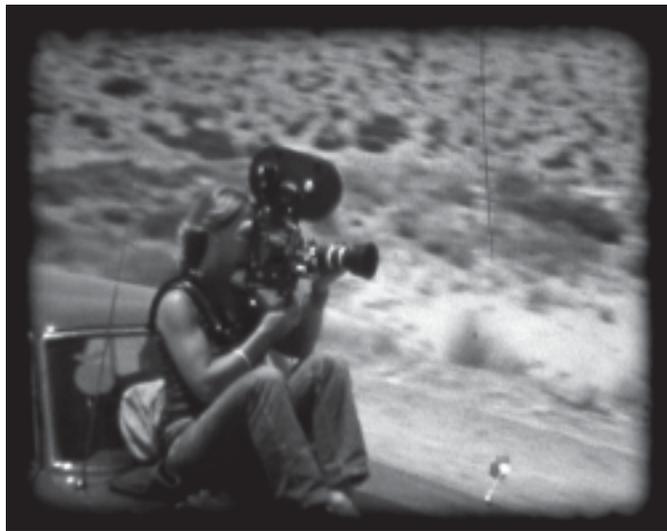


Imagen: Gentileza N. Hirsch

acontecimiento más que el zoom. A los diez minutos yo ya estaba pensando que no terminaba nunca hasta que me acordé que la mujer que me lo había recomendado me había dicho que duraba 45 minutos, así que me relajé. Entonces me quedé a ver el final que termina con el zoom en una foto pegada en la pared con una escena de mar. Todo eso es acompañado con un sonido muy agudo, era una tortura realmente.

Salí de ver eso impresionada y me interesé por el cineasta. Me contaron que había hecho otra película donde pone una cámara fija y se ven sólo los estantes de un estudio; y su voz va narrando lo que se ve en los estantes. Pensé en dar una vuelta de tuerca más: hacer una película con una cámara fija sobre una pared fija y narrar lo que **no** se ve. Hice esa película en una doble versión, una en español y una en inglés. Ese fue el gran éxito de mi carrera, se llama *Taller* en español, *Workshop* en inglés. Esa y otra que hice con música de Steve Reich que también es muy tortuosa porque no pasa absolutamente nada por un tiempo muy largo. Esas dos películas más conceptuales son las que tuvieron más éxito de mi cinematografía. Pasó el tiempo, nunca lo mostré mucho ni se conocía mucho hasta que llegó un amigo mío que es docente de cine experimental en California, San Francisco. Es tucumano pero creció en New York. Ese muchacho debe tener treinta y pico de años, es muy joven, no había nacido todavía cuando se hizo *Taller*. Se encontró en un festival con Michael Snow y le contó que tenía una amiga que hacía cine experimental, que vio su película



Imagen: Gentileza N. Hirsch

**Filmando en Super 8.**



**Come out, 1974.**

*Wavelength* y que había escuchado hablar de la película de los estantes. A los dos les pareció gracioso y propusieron que hiciéramos una proyección simultánea. Que yo proyectara *Taller* y él su película que nunca vi, la de los estantes.

**DLP:** ¿Y eso sucedió en el TIFF de Toronto?

**NH:** Eso y una muestra retrospectiva de todas mis películas.

**DLP:** ¿Como siguió la historia después del Super 8?

**NH:** Cuando se terminó y empecé a hacer 16 milímetros estuve muy conflictuada. Mientras hacíamos Super 8 teníamos una ideología política muy marcada. Las ideologías eran como religiones, además de las ideologías religiosas. Entonces pensé: "Ahora que no hay nadie en contra, ahora que nadie me está atacando, ¿qué hago?". Porque uno funciona como una resistencia. Pensé que tenía que hacer algo desprovisto de posturas ideológicas. Me quedé bastante sola. El video estaba en su auge cuando Dios me envió

una chica que hacía video y además edita. Ella era una estudiante de un amigo y empezó a trabajar para mí. Usamos el material que yo tenía filmado, se transcribió a video. Parte de ese material lo uso para mis películas. Con ella hice una nueva película, *El mito de Narciso*, que es una película más larga, en video, es autobiográfica. Ahí me volví a sentir medianamente bien.

Así que bueno, eso termina más o menos acá y la ironía del destino, es una paradoja... Ahora que yo estaba tan contenta con el video, que se pueden hacer tantas otras cosas así muy fáciles, ¿qué es lo que quiere la gente cuando me invita? ¡Quiere cine! ¡Cine, cine! No quiere video, no quiere ese maravilloso DVD que lo ponés en la cartera y no pesa nada, y luego lo ponés en un aparatito y todo el mundo ve. Tengo que de vuelta arrastrar mis rollos de película, mis proyectores que pesan toneladas y se me queman, se me rayan las películas. Hoy en día que uno está tan acostumbrado al buen sonido, a la tecnología... Hay cosas que ves y no te gustan, es muy desprolijo, las querés hacer mejor. Pero tampoco me quiero pasar la vida corrigiendo lo viejo, quiero hacer cosas.

### Un repaso por la obra artística de Narcisa Hirsch

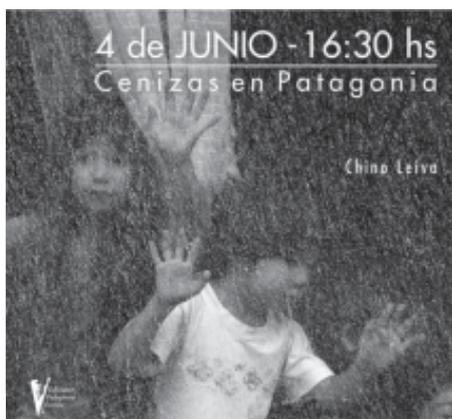
Entre sus creaciones figuran, en un listado no exhaustivo:

**Filmografía:** *El mito de Narciso* (2011), *Celebración* (2007), *El erotismo del tiempo* (2006), *El mito de Narciso* (20') (2005), *Aleph* (2005), *Amazona* (2001), *Home coming* (2001), *Rumi* (1999), *A Dios* (1989), *Ana, ¿dónde estás?* (1985), *Para Virginia* (1984), *Orelie Antoine, rey de la Patagonia* (1983), *Come Out* (1974), *Pink Freud* (1972), *Descendencia* (1971), *Canciones napolitanas* (1971), *Patagonia* (16') (1970), *Patagonia* (10') (1970), *Retrato de una artista como ser humano* (1969), *Marabunta* (1967), *Manzanas* (1966).

**Instalaciones:** *El Grito* (2011), con Jorge Caterbetti, *El Silencio* (2000).

**Libros:** *Lugares de silencio*, con Enrique Banfi (2007), *Aigokeros* (2004), *El olvido del ser, conversaciones en la chacra*, con Luis Jalfen (1995), *La Pasión según Juan* (1992).

## En las librerías



### 4 de junio - 16:30 hs Cenizas en Patagonia Alfredo Leiva Duran (Chino Leiva)

Ediciones Patagonia Escrita, 2013, ISBN 978-987-27694-5-1

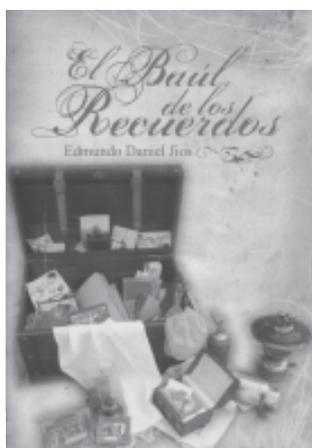
Fotografías del reportero gráfico barilocheño Chino Leiva tomadas durante la erupción del volcán Puyehue, en junio de 2011. Registra escenas ocurridas en Villa La Angostura, Bariloche y la Línea Sur, testimoniando con síntesis y precisión los efectos de las cenizas en la vida cotidiana. Con prólogo de la poetisa Graciela Cros.

### La política democrática en la Patagonia: predominios partidarios en las provincias de Neuquén y Río Negro

Francisco Camino Vela y Gabriel Rafart

Publifadecs, 2012, ISBN 978-987-1549-50-4

Un libro que revisa dos cuestiones centrales: las distintas posturas teóricas sobre la política y la democracia, y los partidos y las elecciones en la realidad regional reciente, particularmente la norpatagónica, desde 1983 hasta 2011.



### El baúl de los recuerdos

Edmundo Daniel Jios

Edición personal, impreso por Biblioteca Popular Agustín Alvarez, Trelew, Chubut, 2012

Recopilación de anécdotas y testimonios de vida de pioneros de la localidad del Maitén, Chubut. Muchas de ellas giran alrededor de los talleres de La Trochita, tren que unía las localidades de Esquel y Jacobacci.

### Pasaporte a la Química Universitaria, una articulación con la enseñanza media

Julio Andrade Gamboa y Hugo Luis Corso

Tinta Libre Ediciones, Córdoba, ISBN 978-987-1864-89-8

Nueva edición de este libro que articula la escuela media y la Universidad alrededor de temas de Química General necesarios para iniciar el estudio universitario. Los temas se desarrollan a partir de observaciones o experimentos motivadores.



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