

Sumario



ARBOLADO URBANO EN LA PATAGONIA ANDINA: BUSCANDO EL EQUILIBRIO

por *Javier G. Puntieri* y *Javier E. Grosfeld*

2

LAS GLACIACIONES EN EL NORTE DE LA PATAGONIA

por *Federico H. Planas*

10



ZOOARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO EN LA COSTA DEL SUR DE LA PATAGONIA

por *Isabel Cruz*, *A. Sebastián Muñoz* y *M. Soledad Caracotche*

18

RESEÑA DE LIBRO: Conservación de la biodiversidad en sistemas productivos. Forestaciones del noroeste de la Patagonia.

por *Dora Grigera*

25



PARÁSITOS COMO INDICADORES EN ARQUEOLOGÍA

por *Norma H. Sardella* y *Martín H. Fugassa*

26

DESDE LA PATAGONIA: LIBROS PREMIADOS

por *Ana Pedrazzini*

y **RESEÑA DE LOS LIBROS** por *Cecilia Ezcurra* y *Gilda Garibotti*

32



TRANSISTORES MOLECULARES

por *Pablo S. Cornaglia*

38

DARWIN EN PARÍS

por *Liliana Semenas*

44



EL PROYECTO ERATÓSTENES 2009 EN LA ARGENTINA

por *Guillermo Mattei* y *Francisco D. Mazzitelli*

50

EL PROYECTO CHIRON, UNA MIRADA AL CIELO

por *Néstor Camino*, *Cristina Terminiello*, *Silvia Lo Moro*
y *Juan M. Martínez*

56



EN LAS LIBRERÍAS

64

ARBOLADO URBANO EN LA PATAGONIA ANDINA: BUSCANDO EL EQUILIBRIO

Los árboles mejoran la calidad de los ambientes urbanos patagónicos, pero también tienen efectos negativos. ¿Cómo y en qué medida podemos reducir los perjuicios sin perder los beneficios?

Javier G. Puntieri y Javier E. Grosfeld

Los árboles son seres potencialmente longevos y voluminosos. A los beneficios que producen los árboles en los centros urbanos, como la mejora en la calidad del aire y la moderación de las temperaturas, se oponen los perjuicios que provocan sus caídas totales o parciales, el daño a tendidos eléctricos y cañerías y la obstrucción de la visibilidad. La solución a este conflicto pasa por un compromiso que tome en cuenta los fundamentos a favor y en contra del arbolado urbano y mejore la armonía ambiental de los centros urbanos. Este artículo es una invitación a la reflexión acerca del valor de los árboles como habitantes urbanos y a la búsqueda de soluciones que involucren el tratamiento medular de este tema y su planificación a largo plazo.

Los árboles urbanos en Patagonia

El establecimiento de centros urbanos en la Patagonia andina suele ir precedido de la destrucción de la vegetación natural, incluidos los bosques. Los árboles que observamos hoy en día en los centros urbanos andino-patagónicos son, o bien sobrevivientes de la deforestación pre-urbana, o ejemplares implantados por el hombre con posterioridad. Estas implantaciones son dificultadas por las condiciones climáticas de la Patagonia, donde son frecuentes las bajas temperaturas, la escasez de agua en el verano,

los vientos fuertes y los suelos rocosos o anegados. En el medio urbano, estas restricciones ambientales al crecimiento arbóreo persisten en buena medida pero con diferente intensidad y frecuencia. Por ejemplo, las heladas moderadas pueden ser anuladas por el calor liberado por construcciones y asfalto, y la falta de agua puede ser mitigada por medio de riego. Pero, como contraparte, en áreas urbanas las heladas más extremas pueden persistir por más tiempo debido a la sombra de los edificios, y la sequía del verano acentuarse por la baja humedad ambiental (en áreas no regadas). Además, el medio urbano impone otras limitaciones específicamente vinculadas con la acción humana sobre el medio ambiente. Por ejemplo, las sales dispersadas en las calles para derretir la nieve, los combustibles y lubricantes derramados, y las pinturas, barnices y lacas que se desprenden de los edificios a menudo intoxican a los árboles.

Beneficios de los árboles urbanos

Los beneficios que generan los árboles urbanos son de muy diferente índole: objetivos y cuantificables algunos, subjetivos e intangibles otros. Entre estos últimos, los más notables para los seres humanos se relacionan con la estética visual; los árboles proveen a las ciudades de colores y formas que nos agradan. Estos efectos cambian a medida que transcurren las estaciones del año y pasan las brotaciones, floraciones, fructificaciones y caídas de hojas. A mayor número de variedades de árboles cultivadas, mayor la diversidad de formas y colores de un sitio. Además, el efecto visual que tendrá un árbol en particular varía a lo largo de los años, con su crecimiento. La forma, el color y la textura de los bosques naturales de una región aportan al paisaje un carácter distintivo o identidad que puede manifestarse en los centros urbanos, principalmente mediante el arbolado con especies nativas (ver Figura 1).

Además de su contribución estética, los árboles intervienen en el ambiente urbano con mecanismos invisibles. El más importante de ellos (y quizás el menos perceptible en el corto plazo) es la alteración de la concentración de gases atmosféricos en su entorno. Las plantas, como los animales, consumen oxígeno y liberan dióxido de carbono del aire en su respiración.

Palabras clave: árbol, urbanización, Patagonia.

Javier G. Puntieri

Lic. en Biología, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.
Dr. en Botánica, Oxford University, Reino Unido.
INIBIOMA (CONICET, CRUB - Univ. Nac. del Comahue)
y Univ. Nac. de Río Negro (Argentina).
jpuntier@crub.uncoma.edu.ar

Javier E. Grosfeld

Dr. en Ciencias Biológicas, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.
INIBIOMA (CONICET, CRUB - Univ. Nac. del Comahue).
javigros@yahoo.com.ar

Recibido: 22/01/2009. Aceptado: 29/05/2009.

Figura 1. El maitén (*Maytenus boaria*) es la especie nativa más cultivada en áreas verdes urbanas de la Patagonia.



Foto: J. Punterri

Pero además, las plantas utilizan la energía solar para incorporar el dióxido de carbono en sus compuestos orgánicos y en este proceso, que llamamos fotosíntesis, liberan oxígeno.

Los árboles afectan el medio ambiente que los circunda mediante la capacidad de sus hojas de interceptar las radiaciones que llegan de la atmósfera o de las construcciones aledañas, con lo cual moderan los cambios de temperatura por debajo de sus copas. Concretamente, esto significa varios grados menos de temperatura en verano y varios grados más en invierno cerca de los árboles que lejos de ellos.

Un modo más de intervención de los árboles en el ambiente, a menudo tenido en cuenta al plantar árboles en la Patagonia, es la disminución del viento. El tipo de follaje del árbol (de hojas que se caen en otoño o de hojas perennes), el tamaño de las hojas y la densidad de ramas de un árbol, determinarán el grado de moderación de la velocidad del aire al pasar a través de la copa, lo cual puede generar grandes diferencias entre ambos lados del árbol en términos de sensación térmica, sonoridad e incidencia de lluvia y nieve.

Menos apreciado pero potencialmente relevante es el beneficio ambiental aportado por el crecimiento de las raíces. El entramado de raíces de los árboles representa un aporte sustancial a la sujeción del suelo, evitando desmoronamientos y aludes. Este efecto puede tener fundamental importancia en sitios con pendiente fuerte, donde el suelo es erosionado por viento y lluvias, tal como se verifica en algunas de las laderas deforestadas de los centros urbanos patagónicos.

Todo árbol libera constantemente al medio partes muertas de su estructura, incluyendo raíces, hojas, ramas, flores y frutos. También se depositan bajo la copa de un árbol los desechos que producen los animales relacionados, de alguna forma, con éste. Cuando la mayor parte de la superficie bajo la copa de un árbol se encuentra pavimentada o cementada, parte de esta materia orgánica no se incorpora al suelo, en cuyo caso puede considerársela entre los efectos negativos de los árboles (se dedican muchas horas de trabajo a la limpieza de veredas y en el destape de desagües pluviales congestionados con hojas). Pero si la superficie alrededor del árbol no está pavimentada, la estructura del suelo y el reciclado de los nutrientes, y en consecuencia el crecimiento de los árboles, mejoran por estos aportes de materia orgánica.

Otros efectos beneficiosos de los árboles se relacionan con su rol ecológico en las comunidades biológicas. Los árboles urbanos pueden ser el único sitio de nidificación de determinadas especies de aves e insectos y proveer el único sustrato adecuado para el crecimiento de especies de líquenes, hongos, musgos y plantas trepadoras. De manera que cada árbol colabora en el mantenimiento de la biodiversidad en una ciudad.

Finalmente, la economía de un centro urbano puede beneficiarse con su arbolado. Los aportes de los árboles urbanos en madera (en especial a partir de los restos de podas) y frutos comestibles (como ciruelas y nueces) son relativamente modestos, pero la presencia de árboles en las veredas incide en forma muy significativa en el valor inmobiliario de las propiedades.

Perjuicios que producen los árboles urbanos

Habiendo descrito los más relevantes beneficios de los árboles, pasemos a revisar los perjuicios que pueden ocasionar. Sin dudas, el más temido es la caída de árboles completos o de sus ramas principales. En efecto, la probabilidad de que un árbol o una rama de importantes proporciones se desplome siempre existe aunque sea muy baja. Cualquiera que haya pasado una tormenta de viento en un bosque, oyendo las ramas de los árboles golpeándose entre sí en el dosel puede haber sentido una particular sensación de

Foto: J. Puntieri



Figura 2. Los fresnos (*Fraxinus spp.*) son cultivados tanto en veredas como en parques; en estos últimos pueden alcanzar pleno desarrollo, como el ejemplar fotografiado.

intranquilidad. No debe sorprendernos, por lo tanto, que quien haya presenciado o sufrido un daño personal o material por la caída de un árbol genere rechazo hacia ellos.

Un daño menos obvio pero mucho más frecuente es aquél que pueden causar las raíces de los árboles cuando, en su incesante búsqueda de recursos subterráneos, se topan con construcciones o cañerías. Las raíces más finas penetran en grietas de ladrillos o cemento produciendo, al engrosarse, fuerzas capaces de partir paredes o pisos o de estrangular cañerías.

A la vista de muchas personas, los árboles próximos a viviendas producen otros efectos perjudiciales. Por empezar, así como la vista de una ciudad arbolada nos causa agrado, la barrera visual que representa un árbol frente a la ventana de una casa o departamento en particular puede interpretarse como un perjuicio debido al valor paisajístico que se pierde. Además, esa limitación visual genera en algunas personas sensación de inseguridad, al facilitar los árboles el acceso de individuos malintencionados a las plantas altas de las viviendas. Para los comercios de una ciudad, los árboles constituyen una barrera visual entre los potenciales clientes y las vidrieras. La intercepción de luz por parte de los árboles también contribuye a mantener húmedas las paredes de los edificios, y en la región andino-patagónica favorecen la permanencia de las capas de hielo que se forman en época invernal en calles y veredas.

Otro tipo de perjuicio de los árboles se relaciona con el efecto alérgico del polen sobre las personas. Un alto porcentaje de las especies arbóreas que se cultivan en las ciudades, entre ellas cipreses, fresnos y abedules, producen cantidades masivas de polen en una época determinada del año (generalmente en primavera). El polen producido por cada especie vegetal tiene cierta potencialidad de producir respuestas alérgicas en determinadas personas.

Por último, debemos agregar que muchas personas que subestiman los beneficios y/o sobreestiman los perjuicios de los árboles urbanos, consideran que la

asignación de partidas del presupuesto público al establecimiento y mantenimiento de árboles causa un perjuicio económico que es pagado por los contribuyentes. Esta visión no reconoce que, a mediano y largo plazo, la inversión en el arbolado mejora el ambiente urbano y la calidad de vida de sus habitantes. Más adelante trataremos de explicar cómo pueden reducirse o evitarse los perjuicios que producen los árboles urbanos.

Árboles urbanos en plazas, jardines y veredas

Afrontar el arbolado de un centro urbano no es tarea fácil, incluso sin tener en cuenta las responsabilidades legales relacionadas con los perjuicios que los árboles pueden provocar. No plantar árboles acarrea desventajas y plantarlos tiene algunas consecuencias negativas que no deben soslayarse. Creemos que la mayoría de los efectos negativos de los árboles urbanos se reducen notablemente si tomamos los recaudos necesarios para garantizar el desarrollo saludable de cada árbol. Para ello es útil reconocer tres tipos principales de árboles urbanos, cada uno con sus capacidades y limitaciones: (1) árboles de plazas y parques (áreas públicas o privadas de, digamos, más de 1000 metros cuadrados de superficie), (2) árboles de jardines (de menos de 1000 metros cuadrados) y (3) árboles de veredas.

(1) *En plazas.* Los árboles de parques y plazas son los más privilegiados de las ciudades (Figura 2). En esta categoría también podrían incluirse los árboles de las plazoletas centrales de los bulevares, especialmente aquellas suficientemente anchas como para permitir un buen desarrollo subterráneo y aéreo. Se trata de árboles cuyas localizaciones han sido planificadas y que son tutelados y regados desde jóvenes. Además, estos árboles son beneficiados con suelos relativamente profundos y enriquecidos. Bajo estas condiciones, los árboles pueden alcanzar la forma adulta típica de un árbol saludable de su especie. Si además se procura que las podas periódicas sean realizadas por personal capacitado, los árboles de las plazas y parques pueden ser realmente longevos. Muchos de los árboles de mayor edad de que se tiene noticia habitan en plazas o parques de ciudades de

Figura 3. Este árbol sobrevivió a una edificación adyacente, pero la misma determinó que el árbol quedara mal ubicado en la vereda, donde estorba el paso de los transeúntes.

larga historia. Las complicaciones para estos árboles pueden aparecer en sus primeros años de vida, a partir del deterioro causado al tallo por una bordeadora, una pelota o una mano dañina. Otra causa de deterioro de estos árboles, menos frecuente pero igualmente nociva, se origina por el cambio en el uso de la superficie arbolada, del cual pueden resultar nuevas construcciones o excavaciones que dañen al árbol. El traslado de un árbol en estas circunstancias suele ser muy costoso y, a menudo, letal para éste.

(2) *En jardines.* En la mayoría de los casos, los árboles de jardín cuentan con espacios aéreo y subterráneo más limitados que los que habitan en parques y plazas. Sin embargo, existen buenos motivos para que el desarrollo inicial de estos árboles sea saludable. Seguramente al árbol de jardín no le faltará agua y las construcciones circundantes moderarán, por la sombra y la radiación de calor, las temperaturas extremas. Estas condiciones determinan que el crecimiento del árbol en su fase juvenil sea rápido. Pero sus ramas y raíces se toparán, tarde o temprano, con alguna construcción cercana al jardín, generándose asimetrías en su copa y raíces. Y lo que es todavía más importante, el encuentro del árbol con las construcciones posiblemente estimulará al dueño del lugar a podar las ramas que considere molestas. Por otro lado, el árbol de jardín puede ser sometido a cambios rápidos en la calidad del suelo por efecto de pinturas, barnices, detergentes, lavandina y otros agentes químicos poco compatibles con la vida. También puede ser víctima del uso de pesticidas en su entorno o del calor de una parrilla. Como contraparte, el árbol de jardín podría disponer de fuentes adicionales de nutrientes por la presencia, en otros aspectos poco deseable, de líquidos cloacales. Si se desea que el árbol de jardín tenga una vida larga y saludable, es necesario seleccionar con cuidado su sitio de plantación y planificar las actividades de poda de mantenimiento a lo largo de su vida.

(3) *En veredas.* Los árboles de las veredas son los más expuestos a descuidos y agresiones y los que más polémicas suelen originar. Por un lado, las veredas son los sitios que más restricciones imponen al crecimiento de los árboles. Allí sufrirán limitaciones y mutilaciones con más frecuencia que los árboles de parques o



Foto: J. Grosfeld

jardines. Por empezar, un árbol de vereda debe compartir el espacio aéreo con cables y el espacio subterráneo con cañerías, lo cual determinará que las podas que sufra sean intensas y posiblemente poco respetuosas de la arquitectura específica del árbol. Además, los proyectos para las construcciones de edificios suelen no incluir el respeto de los árboles ya existentes en la vereda, los que a menudo quedan severamente dañados y mal situados una vez finalizada la construcción (Figura 3). En el caso de los tendidos de cables, muchas compañías de electricidad y telefonía recurren a podas no planificadas que desconocen las posibilidades futuras del árbol. En las ciudades de la Patagonia andina el viento y la nieve acentúan la curvatura de las ramas agregando una cuota más de impredecibilidad al encuentro entre árboles y cables. Un aspecto central del ambiente en que viven los árboles de las veredas es su asimetría, debida a la proximidad de las edificaciones de un lado del árbol. Esta asimetría aumenta con la altura de las construcciones (más horas de sombra de un lado) y el ancho de la calle (más horas de luz del otro lado). El efecto más directo de la asimetría ambiental es el desarrollo también asimétrico de los árboles, que tenderán a desarrollar ramas de mayor tamaño del lado iluminado y ramas cada vez menores hacia los edificios. De esta forma, el peso del árbol se encontrará cada vez más desplazado hacia la calle, lo que provocará, tarde o temprano, encuentros entre las ramas y los vehículos y una merma en la estabilidad

vertical del árbol. Debido a ello se recomienda no plantar en las veredas árboles que puedan alcanzar gran porte.

Más de lo bueno, menos de lo malo

Como hay discrepancias entre personas en cuanto a la importancia de los árboles urbanos, tampoco resulta claro cuándo plantar o voltear árboles en medios urbanos. Los conflictos de intereses existentes determinan soluciones de compromiso.

¿Es pertinente o no plantar árboles urbanos?

En lugar de la política de plantación masiva pero descomprometida que predomina en muchos centros urbanos, nos parece más adecuada y sostenible en el tiempo la plantación de menos árboles pero con una selección más cuidadosa de los sitios de establecimiento (que contemple la consulta a los vecinos) y un mayor compromiso con el mantenimiento de los árboles y su entorno. En este sentido, creemos que el apoyo de los vecinos con visión positiva hacia los árboles sería suficiente como para lograr un buen poblamiento de árboles en jardines y veredas, incluso satisfaciendo a aquellos vecinos que prefieren no tener árboles cerca de sus casas.

¿Cuándo hay razones suficientes para voltear un árbol?

Sabemos que el riesgo de caída natural de un árbol nunca está ausente y que sus efectos son desproporcionadamente mayores en árboles de gran porte. Este riesgo temido puede reducirse procurando que el desarrollo de los ejemplares capaces de alcanzar gran tamaño sea saludable, en especial si éstos crecen en áreas de tránsito frecuente. La decisión sobre el volteo o no de un árbol debe contemplar signos de debilitamiento como ser el agrietamiento del tronco, la muerte de porciones importantes de la copa o de ramas de gran tamaño y la pudrición de una porción substancial del interior del tronco. En casos menos extremos, las decisiones son más debatibles. Por ejemplo, las opiniones acerca de si dejar o no en pie un árbol que obstruye la visión del paisaje estarían divididas. Si se tratase de un árbol en un área pública (una vereda o parque), la decisión recae en las autoridades municipales y/o provinciales, no obstante lo cual es recomendable el intercambio de opiniones previo con los vecinos más directamente afectados.

¿Cómo resolver estos inconvenientes?

Las situaciones planteadas ilustran algunas de las innumerables posibilidades de conflictos que involucran el arbolado urbano. Sin embargo, con cuatro premisas principales es posible disminuir notablemente los inconvenientes: (1) planificación del arbolado, (2)

respeto por los espacios arbolados, (3) selección de árboles y (4) protocolo de mantenimiento. A continuación trataremos cada una con mayor detalle.

(1) **Planificación.** Una parte sustancialmente importante de los problemas originados en el arbolado urbano surge de que su planificación no ha sido simultánea con las de edificios e infraestructura urbana (calles y tendidos de servicios). Normalmente se ubican árboles en espacios disponibles después de realizadas las edificaciones y de trazados los caminos. El establecimiento de los árboles adecuados en espacios predeterminados, a distancias prudenciales de aquellas estructuras urbanas que pudieran ser afectadas por raíces o ramas, y con las condiciones acordes para su crecimiento, tanto aéreo como subterráneo, son pasos importantes en el desarrollo armonioso del arbolado. Además, si los árboles se establecen simultáneamente con los edificios, existen más probabilidades de que los vecinos acepten los árboles como parte de su nuevo vecindario y procuren cuidar de ellos. Por otra parte, una adecuada planificación del arbolado urbano, tanto en veredas como en plazas y jardines, ahorrará costos de mantenimiento y minimizará los perjuicios.

(2) **Respeto.** A pesar de existir reglamentaciones al respecto, la integridad de cada árbol urbano, en especial los de las veredas, se encuentra permanentemente amenazada por construcciones, vehículos y/o transeúntes (Figura 4). Uno de los procedimientos que suele aplicarse en muchas ciudades para reducir esta "invasión" del espacio de los árboles urbanos, en especial al inicio de su desarrollo, es el establecimiento de pequeños canteros con cerco perimetral alrededor de cada árbol. La conformación y dimensiones de estos canteros deben adecuarse a cada tipo de árbol, contemplando el engrosamiento que tendrá el tronco a lo largo de los años. Los cercos no deben resultar agresivos hacia los transeúntes y deben armonizar con el entorno edilicio. Una buena alternativa a los cercos son los arbustos de crecimiento rápido y tupido como las rosas, capaces de generar una protección más natural de los pequeños árboles hasta que éstos alcancen mayor tamaño. Las rosas se desarrollan favorablemente en la Patagonia y sus agujones desalientan a los posibles agentes dañinos (pero también pueden lastimar a los transeúntes).

(3) **Selección.** La decisión sobre el tipo de árbol a ubicar en un espacio determinado debe ser cuidadosamente analizada. Debemos pensar en la escala de tiempo de los árboles, o sea más bien en décadas que en años, en especial en la Patagonia, donde el crecimiento de la mayoría de los árboles es relativamente lento. En la medida de lo posible, sería deseable la utilización de especies nativas puesto que éstas ya están adaptadas a las condiciones de la región andino-patagónica, muchas son atractivas desde un

Figura 4. Árbol de vereda con signos de mantenimiento inadecuado. A: presenta varios troncos que, por falta de poda adecuada al inicio de su desarrollo, se contactan, generando daño por rozamiento e inicio de pudriciones. B: porción muerta no podada de un eje vertical (fuente de desarrollo de organismos patógenos). C: daños en la base del tronco provocados por bordeadoras.

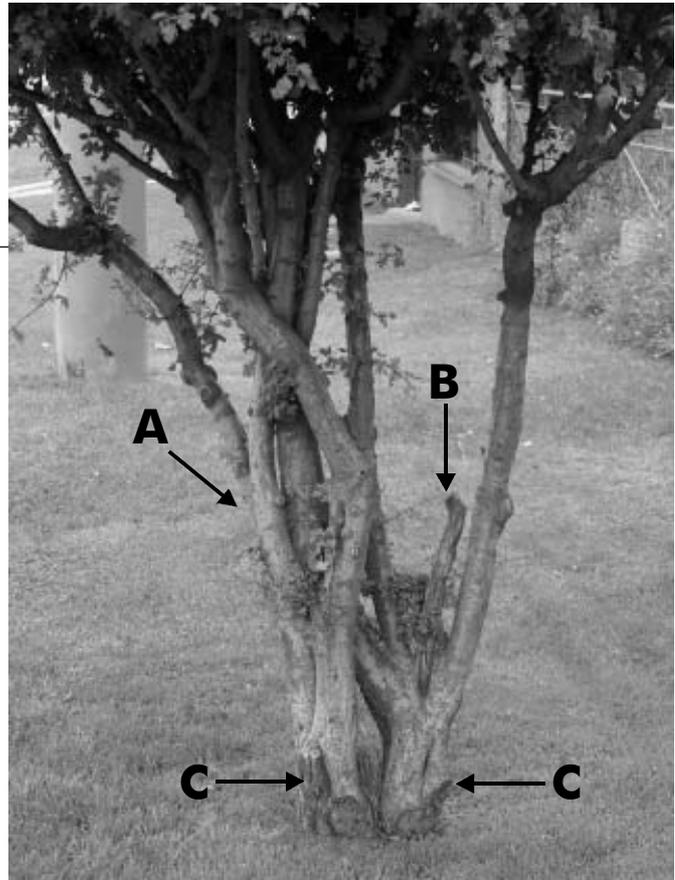


Foto : J. Puntieri

punto de vista ornamental (de hecho son utilizadas en otras partes del mundo), son fáciles de cultivar y forman parte del patrimonio natural regional. Varias de ellas han sido plantadas con éxitos dispares en las ciudades de nuestra región y sus técnicas de cultivo se encuentran suficientemente conocidas como para promocionar su utilización en el arbolado urbano (ver Tabla 1). No obstante, nuestra atracción subjetiva hacia un tipo de árbol en particular no debe prevalecer sobre los criterios basados en las características ambientales del espacio a arbolar y los requerimientos de cada especie de árbol. Una especie arbórea puede ser reconocida como emblemática o típica de un sitio o región, o ser la preferida de los vecinos por sus características ornamentales. Pero si los individuos adultos exceden las dimensiones del espacio asignado a ese árbol, esa especie no debería plantarse en ese sitio, porque pronto se convertiría en fuente de problemas y de gastos imprevistos. Además, debe tenerse en cuenta el grado de asimetría que se generará en el desarrollo de la copa de un árbol en un sitio determinado y la capacidad de cada especie de mantener su estabilidad mecánica bajo esas condiciones. Otras características innatas de los árboles a tener en cuenta son el tiempo de persistencia de las hojas y el tipo de frutos que producen. Por un lado, los árboles de hojas caducas permiten una mejor insolación en invierno y aportan mayor variedad de colores a lo largo del año, pero demandan mayor trabajo de limpieza de los parques, jardines y veredas. Los frutos carnosos pueden representar un aporte estacional de alimentos, pero también de materia en descomposición sobre césped y veredas.

(4) **Mantenimiento.** En el ambiente urbano es necesario dedicarle atención a cada árbol para controlar que su desarrollo sea saludable y ocasione el menor perjuicio posible. Si bien el mantenimiento del arbolado en espacios públicos es responsabilidad de las autoridades municipales, los vecinos pueden (y deberían) informarse y contribuir, siempre en forma consensuada con dichas autoridades, en este asunto. En las primeras temporadas luego de plantado un árbol debe garantizarse la provisión periódica de agua en las raíces y el sostén mecánico mediante un tutor. A medida que el árbol crece, la eliminación del tutor, la

poda de formación y el mantenimiento periódico (con podas leves cada dos o tres años) son esenciales para garantizar la estabilidad y el desarrollo equilibrado de la copa, evitando así futuras muertes y caídas de ramas de grandes dimensiones. La poda debe contemplar la situación particular y el estado sanitario de cada ejemplar. La falta de poda por varios años puede significar la deformación irreversible de la copa de un árbol, con serias consecuencias sobre su estado sanitario. El exceso de poda también puede matar un árbol o comprometer su estabilidad vertical. Todo árbol tiene su límite de resistencia mecánica a agentes externos como viento o nieve, pero si procuramos, mediante la poda, que la arquitectura de un árbol respete el patrón que esa especie exhibe en la naturaleza, podemos bajar notablemente la probabilidad de caída del tronco o de ramas de gran tamaño. Además de las podas de rutina, es necesario realizar podas extraordinarias por roturas accidentales, limitando la persistencia sobre la copa de ramas muertas, las que atentan contra la salud del árbol, además de resultar estéticamente desagradables. Ante el vecindario, el grado de interés municipal en el desarrollo del arbolado urbano queda en evidencia en mayor medida a través de la presencia periódica de personal capacitado en el mantenimiento de árboles, antes que por la redacción de ordenanzas o reglamentos al respecto.

ARBOLADO URBANO EN LA PATAGONIA ANDINA

Especie	Ventajas	Desventajas	Recomendaciones en arbolado urbano
Maitén	Buena sombra. Rápido crecimiento juvenil. Excelente respuesta a podas. Empleo en festividades religiosas.	Altura y volumen importantes. Muertes parciales de copa. Requiere suelos húmedos.	Muy adecuado en cualquier situación por la plasticidad de su forma y tamaño y su respuesta a la poda.
Natro	Buen tamaño. Floración muy atractiva. Resistente a sombra y viento.	Requiere podas de conducción y mantenimiento. Deformaciones por muertes de ramas.	Para espacios reducidos.
Arrayán	Árbol bajo. Corteza muy decorativa. Flores y frutos ornamentales.	Ramificación basal vigorosa. Volumen importante.	Para sitios de baja altura pero lateralmente amplios.
Ciprés	Pocos requerimientos especiales. Buena respuesta a podas.	Largo período de cuidado juvenil. Gran volumen de copa. Alergénico.	Adecuado para sitios amplios, por lo menos en altura.
Pehuén	Muy ornamental. Emblemático de la región. Buena respuesta a podas. Semillas comestibles.	Adultos de gran altura y volumen. Crecimiento inicial muy lento. Hojas punzantes. Semillas apetecidas por loros.	Solo para parques en áreas con poca circulación de personas.
<i>Nathofagus</i> (coihue, lenga, ñire, rauli y roble pellín)	Árboles característicos de la región. Rápido crecimiento juvenil. Vida prolongada. Buena respuesta a podas.	A menudo demasiado voluminosos y altos (excepto el ñire). Desprendimiento de ramas grandes. Deformación de la copa.	Aptos para espacios amplios.

Tabla 1. Ventajas, desventajas y recomendaciones sobre las principales especies nativas de la Patagonia que se emplean en el arbolado urbano.

Cuando los árboles llegaron antes

Hasta aquí nos hemos referido mayormente a los árboles establecidos durante o después de la urbanización de un área. Pero, ¿qué situaciones se presentan cuando se urbaniza un bosque nativo (algo común en la Patagonia andina)? Cada comunidad natural tiene su propia dinámica de cambio, lo que implica, en el caso de los bosques, que se produzcan tanto caídas de árboles y de ramas como el crecimiento de árboles jóvenes. El conocimiento de los factores que más afectan la dinámica de un bosque determinado puede permitir ensayar procedimientos de intervención con bajo nivel de impacto. No obstante, no conocemos ejemplos de urbanización moderna de comunidades naturales que no hayan alterado en el mediano o largo plazo los procesos naturales. Debido a que los seres humanos nos manejamos con plazos de tiempo muy cortos comparados con los tiempos de cambio de las comunidades naturales, muchas veces puede parecer que nuestro impacto sobre una comunidad natural es nulo cuando muy probablemente sea importante en el largo plazo.

Podemos resumir las respuestas de las personas ante la situación de comenzar a habitar un bosque relativamente natural mediante tres ejemplos imaginarios. La persona **AA** decide tomar todos los recaudos para que los procesos naturales que rigen la dinámica de cambio del bosque prosigan, en la medida de lo posible, como hasta ese entonces; la persona **BB** decide intervenir modificando deliberadamente parte de la estructura natural del bosque pero respetando el resto; la persona **CC** opta por destruir la comunidad natural por completo.

La postura de **AA** responde a su deseo de que la rueda del cambio en el bosque continúe siendo regida por la naturaleza. Esta persona presumiblemente sepa

de la existencia de una dinámica natural y por lo tanto debería saber que la comunidad natural no la va a recibir "con los brazos abiertos". Eventos de la dinámica natural como caídas de árboles, incendios, plagas de distintos tipos de animales, hongos, etc., no serán ajenos a esa persona, su familia y sus bienes. O sea que, si **AA** es consistente con su actitud inicial frente al bosque, debe reconocer esos riesgos y tomar los recaudos pertinentes para minimizarlos alterando lo menos posible la dinámica natural, en un balance difícil de lograr.

En el extremo opuesto, la persona **CC** está entre aquellas que desean ver el paisaje sin ser parte de él. Elimina la totalidad del bosque y con ello los problemas que implica la convivencia entre el ser humano y el bosque maduro. Eventualmente reemplazará el bosque por césped para poder apreciar el paisaje desde la ventana de su casa y, en el mejor de los casos, plantará árboles pensando en un bosque futuro aunque quizás **CC** no llegue a verlo. En todo caso, el bosque circundante al lugar deforestado pagará las consecuencias, porque formar un claro en un bosque altera localmente los procesos naturales en el bosque alrededor del claro, en un efecto dominó de consecuencias poco previsibles pero siempre adversas para el entorno natural.

La intervención parcial del bosque que propone la persona **BB** es común entre quienes deciden habitar un bosque andino. Esta persona ha optado por vivir en el bosque y se considera a sí mismo "amante de la naturaleza". Pero **BB** desconoce o no se preocupa mucho por asegurar que sigan adelante los procesos naturales que permiten la existencia del bosque en el largo plazo. **BB** prioriza su propio bienestar; protege al bosque en su entorno en tanto y en cuanto éste no haga peligrar a su familia y sus bienes. Dados los largos

Sobre espinas y aguijones Comité Editorial

Desde el punto de vista biológico, no es lo mismo una espina que un aguijón. Tenemos aguijones en las avispas y los cactus, y espinas en las estrellas de mar y el calafate, entre otros numerosos organismos que presentan estas estructuras externamente. Más allá de la definición precisa que cada uno de estos términos tiene tanto en botánica como en zoología, unos y otras se caracterizan por ser en general delgados y punzantes y a veces por estar asociados a glándulas venenosas o urticantes. Para aquellos que no son biólogos, y para los biólogos también, cualquiera de estos términos remite a sensaciones de escozor y molestias ya que, invariablemente, su contacto no deseado nos trae desagradables recuerdos.

En el poema "Cultivo una rosa blanca" del patriota y poeta cubano José Martí (1853-1895), ¿cuáles de las plantas nombradas tienen estas estructuras y cuáles de ellas no?

Cultivo una rosa blanca,
en julio como en enero,
para el amigo sincero
que me da su mano franca.
Y para el cruel que me arranca
el corazón con que vivo,
cardo ni ortiga cultivo:
cultivo una rosa blanca.

Las espinas se definen en botánica como órganos endurecidos, puntiagudos y lignificados, que tienen tejido vascular y que al separarse desgarran el tejido adyacente. A diferencia de ellas, los aguijones son superficiales y no desgarran el tejido subyacente (tomado de Font Quer, P. 1970. *Diccionario de Botánica*. Barcelona: Editorial Labor).

RESPUESTA:
Las rosas tienen aguijones, los cardos tienen espinas y las ortigas no tienen ni aguijones ni espinas: tienen pelos urticantes.

plazos involucrados en la dinámica de los bosques, es posible que **BB** pase toda su vida suponiendo que habita en un bosque que sigue su dinámica natural, aunque en realidad habrá mantenido un control estricto sobre todo aquello que consideró amenazante y probablemente el entorno natural sufrirá las consecuencias.

Los cambios en los bosques habitados por seres humanos son inevitables, aunque de difícil predicción. Nada de lo que se haga en ese bosque puede hacerlo volver a su estado pre-urbano. Los humanos que ya lo habitan y los que quieran habitarlo después deben saber que la dinámica del bosque se ha modificado y que esto está produciendo cambios diferentes de aquellos que podrían esperarse en un bosque sin nosotros. Podría favorecerse el mantenimiento a largo plazo de este tipo de bosque (o mitigarse su tasa de destrucción) mediante (1) la generación de áreas verdes vecinales (de no menos de 1 hectárea cada una) en las que se conserve inalterado el dosel del bosque, (2) el fomento del mantenimiento de árboles saludables de gran tamaño (que actúan como barreras cortaviento, soporte mecánico para otros árboles y fuente de semillas) y (3) la plantación de árboles jóvenes, de las especies de árboles preexistentes, en claros ya formados.

Comentarios finales

Nuestro efecto sobre el bosque va haciéndose más profundo conforme nos multiplicamos. En ese sentido es muy importante el rol de las autoridades de aplicación, ya sean provinciales o municipales, en la planificación adecuada del crecimiento urbano sobre áreas boscosas naturales o seminaturales y la organización del arbolado en áreas urbanas consolidadas, teniendo en cuenta las premisas enumeradas anteriormente. Además, son fundamentales las contribuciones de éstas y otras organizaciones de la sociedad, como las juntas vecinales y las instituciones educativas, en la concientización sobre los beneficios, riesgos y afectaciones vinculados a la convivencia entre el hombre y los árboles.

Lecturas sugeridas

- Barreiro, G. 2006. *Árboles de la Ciudad de Buenos Aires*. Buenos Aires: Vázquez Mazzini.
- Filippini, L.M., Bustillo, L., Moruzzi, H.P., Unomata, F., Florentino, J.A. y Laudani, A.M. 2000. *El arbolado de la Ciudad de Buenos Aires*. Buenos Aires: Santísima Trinidad.
- Hoffmann, A. 1983. *El árbol urbano en Chile*. Santiago de Chile: Fundación Claudio Gay.
- Valla, J.J., Jankowski, L.S., Bazzano, D. y Hernández, A.J. 1999. *Árboles urbanos* (Colección Biota Rioplatense, vol. IV). Buenos Aires: L.O.L.A.

LAS GLACIACIONES EN EL NORTE DE LA PATAGONIA

Origen de las Edades Glaciares en nuestro planeta. Extensión y cronología de las diversas glaciaciones en la región de San Carlos de Bariloche durante el Pleistoceno y el Holoceno.

Federico H. Planas

Cuando el perito Moreno llegó al lago Nahuel Huapi en enero de 1876, reconoció que esta región de la Cordillera Patagónica había sido modelada por glaciares. Si nos ubicamos en el mismo lugar donde llegó Moreno, comprenderemos las razones de su afirmación al ver la enorme cuenca lacustre del lago Nahuel Huapi, las formas agudas de los cerros más elevados, el perfil transversal en forma de U de los valles de montaña, los glaciares actuales en el Monte Tronador que representan un remanente de los ya desaparecidos, y los depósitos de origen glacial, sobre los cuales él estaba parado (Figura 1).

Desde entonces se ha progresado mucho en el conocimiento de la dinámica de los glaciares y de su desarrollo en esta región. Tal conocimiento es útil para tratar de entender qué pasa actualmente con el clima de la Patagonia septentrional.

¿Por qué se originan las glaciaciones?

A lo largo de un lapso tan prolongado como son los 4.600 millones de años (Ma) que se calcula para la edad de nuestro planeta, existieron períodos de enfriamiento de la atmósfera con el consiguiente crecimiento de los glaciares a una magnitud continental. A estos períodos se los denomina *Edades Glaciales*, que son lapsos mayores del orden de algunos millones de años en los cuales los glaciares cubren las regiones polares de manera permanente. No obstante, durante una *Edad Glacial* hay períodos de fluctuaciones de los frentes glaciares, que abarcan decenas de miles de años, denominándose *Glaciaciones* a los avances so-



Foto F. H. Planas

Figura 1. Fotografía de San Carlos de Bariloche tomada desde el Este, sobre la morena Nahuel Huapi, que se ve en primer plano. Se pueden observar formas del relieve de origen glacial: cuenca del Lago Nahuel Huapi, agujas del Cerro Cathedral, etc.

bre las latitudes medias, e *Interglaciales* a las retracciones de los mismos que quedan restringidos a las regiones polares y a las altas cumbres; los retrocesos menores dentro de una misma Glaciación se denominan interstadiales. Hay pruebas de que se han desarrollado por lo menos cinco *Edades Glaciales* (Figura 2).

Las causas de mayor peso que modifican el clima se relacionan con el modelo de desplazamiento constante de los continentes que nos propone la persuasiva teoría de *Tectónica de Placas*, de amplia aceptación entre los científicos de las ciencias de la Tierra. Esta teoría explica que durante la mayor parte de la historia de nuestro planeta, los océanos y los continentes han estado distribuidos de tal manera que posibilitaron que las corrientes oceánicas cálidas ecuatoriales fluyeran fácilmente hasta las regiones polares norte y sur, de manera que las características climáticas globales eran más cálidas que en la actualidad, por lo que no existían glaciares de extensión continental en las regiones polares.

Sin embargo, con una distribución de los continentes como la existente en los últimos millones de años (Figura 3), hay enormes superficies continentales ubicadas en -o cerca de- las regiones polares donde el efecto de las corrientes oceánicas cálidas provenientes de la zona ecuatorial no tiene mayor influencia, por lo que los veranos en latitudes tan altas son fríos.

Palabras clave: glaciaciones, génesis, distribución, edad, Patagonia norte.

Federico Horacio Planas

Lic. en Ciencias Geológicas, Univ. de Buenos Aires, Argentina.

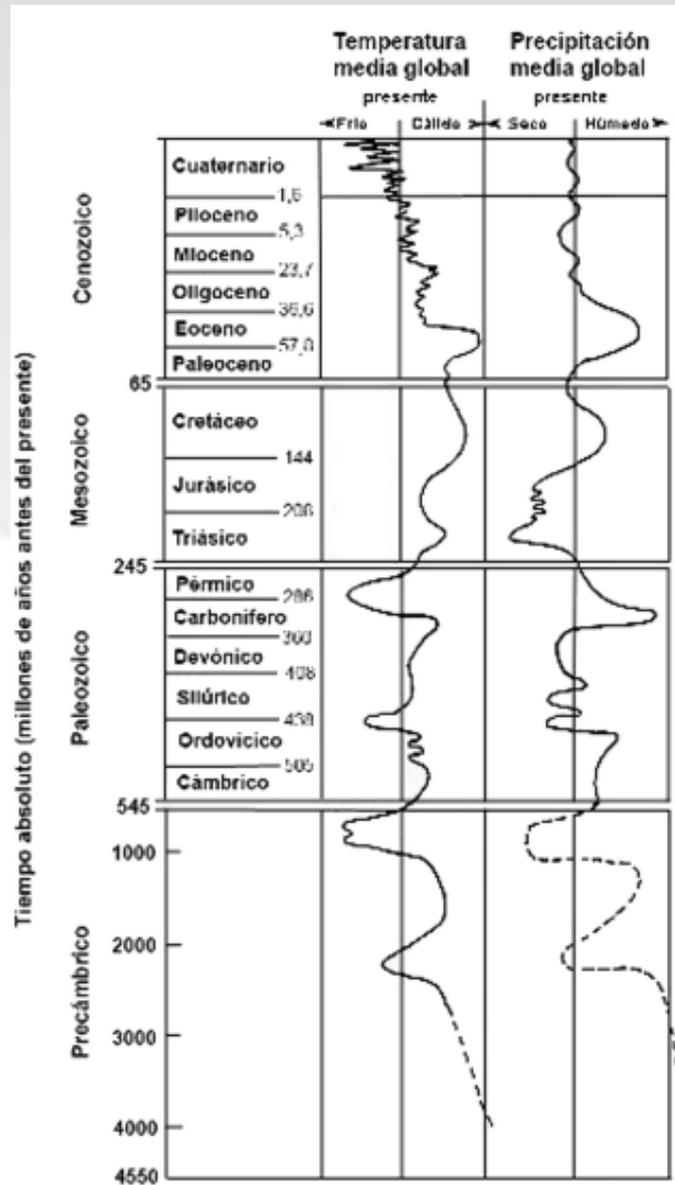
Centro Regional Universitario Bariloche, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.

hplanas@crub.uncoma.edu.ar

Recibido: 03/12/2008. Aceptado: 22/07/2009.

Figura 2. Historia generalizada de las temperaturas y las precipitaciones. Se representan los cinco periodos en los cuales la temperatura era inferior a la media actual. Se indica que la escala del tiempo es progresivamente más expandida en los periodos más recientes (modificado de Frakes, 1979).

Este hecho genera un aislamiento climático muy estricto y posibilita la acumulación progresiva y prolongada de nieve y su posterior transformación en hielo, provocando el desarrollo de enormes masas glaciares. Las precondiciones paleo-geográficas señaladas explican el enfriamiento progresivo de la atmósfera y de los océanos en el entorno de los continentes ubicados en latitudes polares, es decir que explican el inicio de una *Edad Glacial*. Pero, ¿por qué varía el clima dentro de una *Edad Glacial*?, ¿qué hace que enormes masas de hielo cubran superficies continentales aún en latitudes medias, ocasionando las *Glaciaciones*, mientras que en lapsos intermedios los mantos de hielo disminuyan abruptamente? Las explicaciones para estas fluctuaciones están relacionadas, en primer lugar, con el cambio progresivo y cíclico de los parámetros del desplazamiento de la Tierra tales como: la órbita alrededor del Sol, que varía entre una forma más elíptica a otra más circular, o sea la excentricidad; la inclinación del eje de rotación de nuestro planeta que varía respecto al plano de traslación y, por último, se agrega un bamboleo o precesión de dicho eje que acentúa el efecto anterior. Si bien estos cambios se producen a lo largo de ciclos de diferente duración, fue el matemático Milutin Milankovitch en 1920, quien calculó los períodos de coincidencia en los cuales los factores señalados suman sus efectos provocando condiciones climáticas con veranos frescos e inviernos fríos en latitudes altas y medias, generando condiciones que favorecen el enfriamiento de la atmósfera. Por el contrario, cuando los parámetros astronómicos mencionados favorecen el calentamiento, ocurren los períodos denominados *interglaciales* (Figura 4).



¿Cómo se determina la cronología de las glaciaciones?

Las metodologías para determinar la edad de los cambios climáticos son muchas, y tienen distinto alcance temporal y distinta precisión. Sobre los continentes el avance de los arcos de morenas respecto de los lugares de origen de los glaciares constituye una herramienta muy concluyente para establecer la edad relativa. También se aplican otras técnicas tales como datación radiométrica de rocas volcánicas intercaladas con sedimentos de origen glacial, magnetoestratigrafía, anillos de meteorización, liquenometría, dendro-cronología, palinología, datación por Carbono 14 [N. del E.: ver Glosario], etc.

Por otra parte se cuenta con patrones de variación de la temperatura del agua de mar a lo largo del tiempo, establecida por la relación del contenido de los



Figura 3. Circulación actual de las aguas superficiales de los océanos (modificado de Abbott, 1996. *Natural Disasters*. Brown Publishers).

LAS GLACIACIONES EN EL NORTE DE LA PATAGONIA

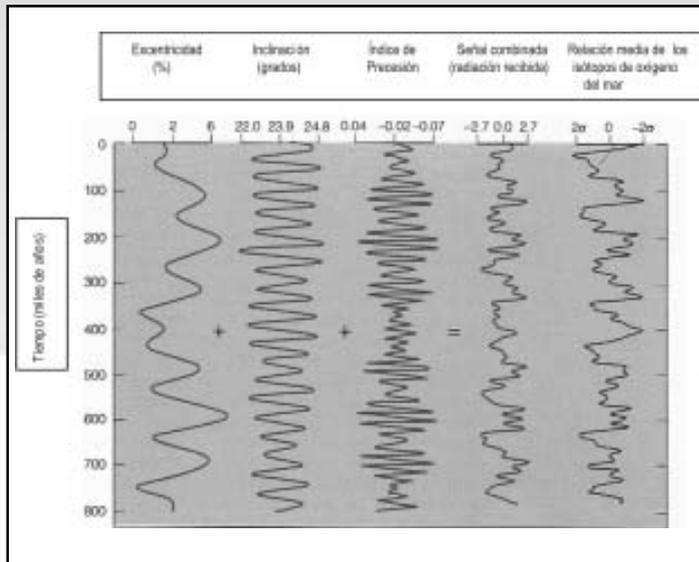


Figura 4. Curvas que muestran las variaciones en la excentricidad, la inclinación y la precesión de los equinoccios durante los últimos 800.000 años. La suma de esos factores produce una señal combinada que muestra la cantidad de radiación recibida por la Tierra, a una latitud particular, a través del tiempo. La frecuencia de las oscilaciones en la señal orbital combinada muestra un estrecho acuerdo con la curva de isótopos de oxígeno del mar (sobre la derecha de la figura) lo cual constituye un confiable registro del cambiante volumen de hielo global (modificado de Skinner, y Porter, 1995: *The Blue Planet. An Introduction to Earth System Science.* John Wiley & Sons).

isótopos de oxígeno ($^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$) medida en las conchillas de carbonato de calcio especialmente de foraminíferos, lo que ha permitido establecer y numerar los estadios isotópicos de oxígeno (OIS por su sigla en inglés – Figura 5).

¿Qué ocurrió en la Patagonia en la última Edad Glacial?

Para la Edad Glacial del Pleistoceno, la tendencia hacia el enfriamiento climático comenzó cuando la Antártida se ubicó en la región polar sur y una corriente marina circumpolar la aisló climáticamente hace unos 22 Ma.

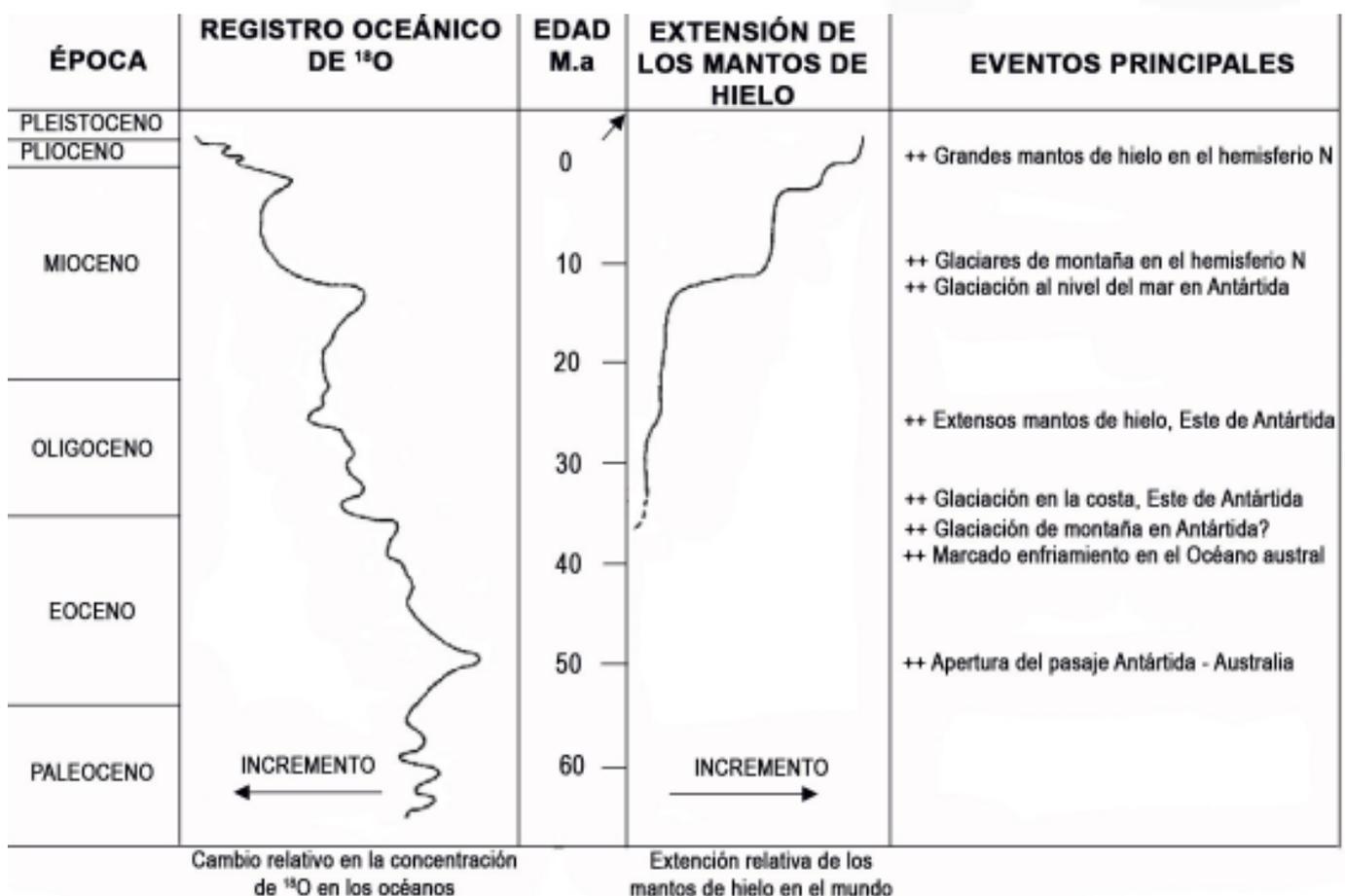


Figura 5. Historia del desarrollo de la glaciación durante el Cenozoico. Se evidencia una notable tendencia al enfriamiento de los océanos y un aumento de la extensión de los mantos de hielo a partir, aproximadamente, de 38 Ma (modificado de Sugden (1987) en Clark, Gregory y Gurnell (eds) *Horizons in Physical Geography.* Macmillan).

Era	Sub-Era	Período	Época	Edad (millones de años) Ma	
Cenozoico	Cuaternario	Neogeno	Holoceno	0,018 ←	
			Pleistoceno	1,8	
	Terciario		Plioceno	5,3	
			Mioceno	23,0	
				Oligoceno	33,9
			Paleogeno	Eoceno	55,8
				Paleoceno	65,5

Cuadro 1. Cuadro estratigráfico (modificado de: *International Stratigraphic Chart, International Commission on Stratigraphy, 2006*).

imperantes hicieron que la línea de nieve permanente descendiera unos 1.000 metros respecto a la altura actual; esto significa que, en el norte de Patagonia, la mayor parte de la Cordillera tuviera altura suficiente como para que se formaran los glaciares que cubrieron como un manto el relieve de la región y con una disminución en la temperatura media de unos 6° C.

¿Cuántas y cuáles fueron las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia norte?

La extensión y ocurrencia de los avances glaciares se puede determinar por las formas de erosión y de acumulación producidas por el hielo (como cuencas lacustres, morenas, etc.). La historia geológica de nuestro sector es muy rica en tales rasgos, los que han permitido proponer una secuencia de fluctuaciones de los hielos determinada por su estratigrafía.

Lógicamente los investigadores han visto reforzadas y enriquecidas sus hipótesis al considerar las investigaciones provenientes de regiones de otras latitudes y de ambos lados de la Cordillera Patagónica, de manera que se complementa el conocimiento sobre todo porque las formas de los depósitos (ej. morenas) se conservan mejor en la vertiente oriental (Argentina) de la cordillera. Esto se debe a que los depósitos glaciares no han sido destruidos por la erosión posterior a las glaciaciones, como consecuencia de un clima más seco. Mientras que en la vertiente occidental (chilena) de la cordillera, los arcos de morenas más jóvenes contienen restos de troncos de árboles arrasados por los glaciares e incorporados a los depósitos de origen glacial. Estos restos permiten emplear la metodología del Carbono 14 (¹⁴C) para determinar la edad absoluta de las glaciaciones más jóvenes (menos de 40.000 años).

Rabassa, en trabajos de revisión sobre las glaciaciones en Patagonia, consigna dataciones de entre 7 y 5 Ma para las glaciaciones más antiguas. Luego ocurrieron un mínimo de ocho glaciaciones en el Plioceno medio-tardío. La denominada *Gran Glaciación Patagónica* (GGP) se desarrolló hace 1,168 y 1,016 Ma. Después de la GGP, entre 14 y 16 eventos fríos (glaciares/estadales) alternaron con los equivalentes cálidos (interglaciales/interstadiales). El último máximo glacial (UMG) se ubica entre los 25.000 y 16.000 años atrás. Finalmente hubo dos nuevos avances glaciares denominados *Tardiglaciales*, entre 15.000 y 10.000 años atrás, que generaron morenas internas (más cercanas al origen de los glaciares) respecto a las del último máximo glacial.

En cada región las glaciaciones tienen nombres particulares, de acuerdo a los sitios donde se docu-

Se ha argumentado que además de la influencia del enfriamiento global de la atmósfera, los cambios climáticos en América del Sur están asociados al levantamiento de la Cordillera, a las temperaturas de las superficies oceánicas del Atlántico y del Pacífico y a la corriente oceánica circumpolar. Durante el Cuaternario, los mantos de hielo se expandieron y contrajeron varias veces en respuesta a tales factores.

En primer lugar, debemos señalar que a la latitud aproximada de 38° Sur se produce un marcado salto en la altura media de la Cordillera, descendiendo de unos 4.000 metros en el norte a poco más de 2.000 metros hacia el sur. Este hecho modifica la eficiencia de la cordillera como barrera climática que, sumado a la mayor influencia del centro de alta presión atmosférica del océano Pacífico sur en nuestras latitudes, hacen que en ambas vertientes se produzcan precipitaciones abundantes, aunque existe un acentuado gradiente transversal de humedad decreciente a la misma en nuestro territorio. Si un esquema climático similar se ha mantenido durante el Cuaternario (Cuadro 1), se puede justificar el desarrollo de importantes mantos glaciares durante dicho lapso, principalmente desde los 38° hacia el sur. Las condiciones climáticas



Figura 6. Mapa de la región mostrando el límite (línea de trazo grueso) de los glaciares durante la glaciación Llanquihue en Chile y Nahuel Huapi en Argentina (modificado de Porter, 1980).

de incisión del relieve (profundización de los cauces), que rebajó pronunciadamente el paisaje, período al que Rabassa ha denominado *Profundización de los Cañones*. Este evento marca un antes y un después en cuanto a la historia glacial, por cuanto en los avances subsiguientes, los glaciares fluyeron de manera más encauzada y los arcos de morenas se ubicaron en posiciones internas, más cercanas a la Cordillera, respecto a las glaciaciones anteriores y a menos altitud. Se postula que la profundización se produjo como consecuencia del último pulso de ascenso de la Cordillera Patagónica, hecho que ocurrió entre 1,0 y 0,8 Ma.

El siguiente evento frío durante el Pleistoceno medio fue inicialmente denominado *Glaciación El Cóndor*, y posteriormente Rabassa y Evenson lo subdividieron en *La Fragua* y *Anfiteatro* en el área del río Limay.

menta su presencia. El geólogo sueco Carl Caldenius fue el primero en estudiar las distintas glaciaciones patagónicas desde los 41° S hasta el Cabo de Hornos e identificó cuatro eventos glaciares mayores (*Initioglacial*, *Daniglacial*, *Gotiglacial* y *Finiglacial*) que consideró como fases de recesión de la última glaciación. Si bien el esquema estratigráfico es esencialmente correcto, Caldenius subestimó la edad de los arcos de morenas más antiguos.

Posteriormente fueron Flint y Fidalgo quienes estudiaron las glaciaciones en la Cordillera Patagónica Norte. Ellos denominaron *Glaciación Pichileufú* (*Drift Pichileufu*) a la glaciación más antigua en nuestra zona (equivalente a *Initioglacial* de Caldenius). Los principales afloramientos asignados a esta Glaciación, depositados directamente por el glaciar, por las aguas de deshielo o en pequeños cuerpos lacustres genéticamente relacionados con el hielo, afloran principalmente a lo largo del río Pichileufú, unos 20 km al SE del Aeropuerto Bariloche y a unos 350 m por encima del lago Nahuel Huapi (1100 – 1200 msnm, metros sobre el nivel del mar). Los glaciares de esta edad deben haber sido lóbulos de piedemonte (más allá del frente montañoso) de gran extensión y poco espesor relativo.

A posteriori de la Glaciación Pichileufú, durante el interglacial subsiguiente, se produce un largo período

	Edad (miles de años)	Área Bariloche
HOLOCENO	10	Neoglacial 3 Neoglacial 2 Neoglacial 1
		?
		Nahuel Huapi II
PLEISTOCENO TARDIO	30	Interstadial
	60	Nahuel Huapi I
	75	Último interglacial
	125	Anfiteatro
PLEISTOCENO MEDIO	700	La Fragua
	780	Profundización de los cañones
PLEISTOCENO TEMPRANO	1800	Drifts
	2480	Pichileufú
PLIOCENO TARDIO	5300	
PLIOCENO TEMPRANO	<7000	
MIOCENO TARDIO		

Cuadro 2. Crono-estratigrafía tentativa de los depósitos de origen glacial del Pleistoceno y Holoceno en la región de San Carlos de Bariloche (modificado de Rabassa y Evenson, 1996).

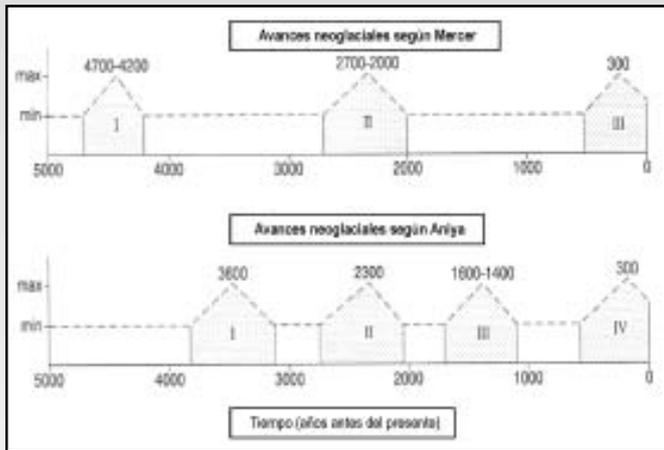


Figura 7. Cronologías de las fluctuaciones glaciales del Holoceno según las propuestas de Mercer y de Aniya. El volumen representado es esquemático (modificado de Glasser, Harrison, Winchester y Aniya, 2004. Global and Planetary Change).

caracterizado al Holoceno denominadas, *Neoglaciaciones*.

En las primeras fases del Holoceno se sospecha que hubo un mejoramiento climático, con temperaturas de alrededor de 2°C por sobre los valores actuales, durante el período entre 8.500 a 6.500 años antes del presente (AP) para algunos autores, o 9.400 a 8.600 años AP para otros.

A partir del Holoceno medio (aproximadamente 5.000 años) se produjeron tres o cuatro avances neoglaciales a lo largo de la Patagonia andina austral. La ubicación temporal aproximada de los mismos se muestra en la Figura 7.

En la Patagonia Norte no hay trabajos actualizados que correlacionen los avances neoglaciales con los de la zona austral. Pero aunque se carezca hasta el momento de fechados, hay arcos de morenas que son indudablemente neoglaciales: en Puerto Blest, entre los lagos Moreno Este y Oeste, en la Divisoria de Aguas, etc. y, para tiempos más cercanos, en la zona de los glaciares del Monte Tronador.

Como conclusión, podemos comprender que las variaciones climáticas han sido muy numerosas y de distinta magnitud tanto en el pasado lejano como en el más reciente. No ha transcurrido tanto tiempo desde la retracción de los glaciares correspondientes a la *Última Gran Glaciación* como para que podamos definir si estamos en un período *Interglacial* o si está finalizando la *Edad Glacial del Pleistoceno*. Además, el hombre ha alterado con su intervención los ciclos climáticos naturales, en una magnitud que no está claramente definida.

Estos depósitos y sus equivalentes en latitudes más australes han sido acotados temporalmente al Pleistoceno Medio por su relación estratigráfica con volcanitas datadas entre 0,760 Ma y 0,128 Ma., que representan las edades límite inferior y superior, respectivamente.

Sucedió luego un intervalo de mejoramiento climático (aumentó la temperatura) que representa el último interglacial.

La *última glaciación* denominada *Drift Nahuel Huapi* (equivalente argentino de la *Glaciación Llanquihue* de la vertiente chilena), es la que muestra formas de depósitos mejor conservadas, como es de esperar dado que son más recientes. Las secuencias de las fluctuaciones glaciales mejor datadas se encuentran en la región de los lagos chilenos (Lago Llanquihue). En esa región los glaciares descendieron hasta el nivel del mar, avanzando sobre sectores donde existían bosques y pantanos, de manera que el material orgánico incorporado a los sedimentos glaciales sirve para la aplicación del método del Carbono 14. El máximo avance de esta última glaciación (Nahuel Huapi) se estima que ocurrió hace unos 20.000 años atrás. En nuestra región se pueden observar fácilmente los arcos de morenas correspondientes a esta glaciación en el extremo oriental del Lago Nahuel Huapi, camino a Villa La Angostura (Brazo Huemul) y también en las partes más elevadas del camino de acceso al aeropuerto de Bariloche (Figura 6 y Cuadro 2).

¿Qué ocurrió después de la última gran glaciación?

En este aspecto no hay total acuerdo. Una hipótesis es que después de la última glaciación, los frentes de los glaciares retrocedieron gradualmente, mientras que otra posición es que durante el milenio 11.000 a 10.000 años se produjo un nuevo avance de los hielos, que se corresponde, aproximadamente, con el período denominado *Younger Dryas* del Hemisferio Norte. A estos avances temporalmente cercanos a la última glaciación se los denomina genéricamente como *Tardiglaciales*. A posteriori de los mismos, se ha tratado de reconstruir las fluctuaciones glaciares que han

Glosario

Anillos de meteorización: se mide la meteorización (alteración de rodados transportados por el hielo) que progresa desde la superficie de los rodados hacia su interior, siendo de mayor espesor cuanto más tiempo han estado expuestos tales rodados a la acción meteórica.

Condiciones paleogeográficas: distribución espacial de los continentes en el pasado geológico, que influye y condiciona las características ambientales (temperaturas, precipitaciones, vegetación, etc.).

Drift: término sin traducción, para referir a cualquier tipo de sedimento (bloque, *till*, grava, arena o arcilla), transportado y depositado directamente por un glaciar o bien por el agua proveniente de su derretimiento.

Estratigrafía: rama de la geología histórica que conduce al ordenamiento cronológico de los estratos y/o depósitos sedimentarios.

Fases de recesión: cuando la merma de una glaciación no es gradual sino que se produce en diversas etapas.

Fluctuaciones de los frentes glaciares: los glaciares de valle se forman en las zonas de acumulación de nieve (circos), donde, por sucesivas acumulaciones durante períodos prolongados de años, se transforma progresivamente en hielo. Las lenguas glaciares descienden y adquieren una longitud que depende del balance entre la nieve acumulada durante los inviernos y la que merma durante los veranos –durante lapsos prolongados. Si el balance es positivo, el glaciar se alarga y si el balance es negativo, el glaciar se acorta.

Frentes glaciares: refiere al extremo de avance frontal de un glaciar, señalando su máxima extensión.

Isótopos de oxígeno: el principio que sustenta el uso de isótopos estables en foraminíferos, es que la relación entre los dos isótopos de oxígeno ^{18}O / ^{16}O extraída por los organismos durante su formación, es controlada por la temperatura y la composición isotópica del agua del ambiente. Se evapora más ^{18}O de los océanos cuando las temperaturas son elevadas y en consecuencia abunda más el ^{18}O en el agua de mar durante los períodos fríos. En los sondeos de los sedimentos marinos se recogen microfósiles (foraminíferos) que en sus conchillas registran las variaciones de temperatura de acuerdo al contenido isotópico descrito.

Línea de nieve permanente: altura aproximada sobre la cual no toda la nieve precipitada durante los inviernos –a lo largo de muchos años- se derrite durante los veranos, de manera que desde dicha altura hacia arriba hay posibilidad de que se formen glaciares.

Lóbulos de piedemonte: cuando los glaciares encauzados en sus valles alcanzan longitudes que les permiten salir de la zona montañosa, se dispersan al pie de las montañas adquiriendo formas lobuladas de menor espesor.

Magnetoestratigrafía: refiere a la aplicación de la técnica de medir, en ciertos depósitos de origen glacial, las características paleomagnéticas (orientación, inclinación y polaridad del campo magnético de la Tierra en el pasado) y compararlas con una escala magnética del tiempo estandarizada.

Métodos de datación: las dataciones pueden ser relativas, lo que equivale decir que un depósito es más joven o más viejo que otro. Los métodos absolutos en cambio, permiten establecer la edad de los depósitos y/o rocas, asignando un número de años –con un error estimado. Los métodos de datación absoluta son varios: la datación radiométrica se basa

en la descomposición de ciertos isótopos radiactivos que se produce a una tasa fija, lo que permite calcular la edad en que comenzó tal descomposición al medir las proporciones relativas del isótopo radiactivo original (padre) y el isótopo final (hijo).

Morenas: denominación que se aplica a las formas de acumulación de sedimentos que configuran lomadas con forma de arco, de hasta varias decenas de metros de altura y que por su ubicación en el frente o en los laterales de los glaciares, se califican como frontales o laterales, respectivamente.

Tectónica de placas: teoría que postula la existencia de una docena de placas litosféricas mayores (las placas tienen un espesor que incluye toda la corteza y la parte superior del manto terrestre y una superficie que, en general, supera la dimensión de los continentes) y que explica la ocurrencia de fenómenos geológicos de primera magnitud, como el movimiento relativo entre ellas, el origen de las cadenas montañosas, el volcanismo, los sismos, la formación de nuevo fondo oceánico, etc.

Till: sedimento no estratificado, sin selección, transportado y/o depositado directamente por un glaciar.

Volcanitas: rocas de origen volcánico, a las cuales se les pueden aplicar métodos de datación radiométrica.

Lecturas sugeridas

- Flint, R.F. y Fidalgo, F. 1963. Geología glacial de la zona de borde entre los paralelos 39°10' y 41°20' de latitud sur en la Cordillera de los Andes, República Argentina. *Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín N° 93*. Buenos Aires.
- Glasser, N.F., Jansson, K., Harrison, S. y Kleman, J. 2007. The glacial geomorphology and Pleistocene history of South America between 38°S and 56°S. *Quaternary Science Reviews*. 27: 365-390.
- Porter, S.C. 1980. Pleistocene Glaciation in the Southern Lake District of Chile. *Quaternary Research*. 16: 263 – 292.
- Rabassa, J. y Clapperton C. 1990. Quaternary glaciations of the Southern Andes. *Quaternary Science Reviews*. 9: 153-174.
- Rabassa, J., Coronato, A. y Salemme, M. 2005. Chronology of the Late Cenozoic Patagonian glaciations and their correlation with biostratigraphic units of the Pampean region (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*. 20: 81-103.

ZOOARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO EN LA COSTA DEL SUR DE LA PATAGONIA

Los huesos recuperados en depósitos arqueológicos costeros del sur de la Patagonía continental nos permiten abordar algunos aspectos de las interacciones entre humanos y fauna durante los últimos miles de años.

Isabel Cruz, A. Sebastián Muñoz y M. Soledad Caracotche

Los restos de fauna de los depósitos arqueológicos

El imaginario popular asocia a la arqueología con la búsqueda de ciudades perdidas, el rescate de naufragios o la recuperación de tesoros. Una concepción más realista y acorde con su carácter científico la vincula con la interpretación de los restos materiales que derivan de la vida humana -tales como antiguos edificios o viviendas, útiles de piedra o metal, recipientes de arcilla o cualquier otro vestigio. Un aspecto que muchas veces queda relegado a un segundo plano son los restos que constituyen el registro zooarqueológico. Los arqueólogos denominamos *registro zooarqueológico* a todos aquellos restos de animales asociados a contextos en los que predominan los desechos derivados de la actividad humana. Este registro incluye huesos, cueros, pelos, plumas, cáscaras de huevos y otros restos asignables a especies ani-

males actuales o extintas, que pueden estar presentes debido a la caza, procesamiento y/o consumo de alimentos de origen animal por parte de poblaciones humanas, a la muerte natural de un animal en ese lugar, o al transporte de los restos por algún carnívoro para posteriormente alimentarse de ellos. Esta definición implica que muchas veces se mezclen restos de distintos orígenes y diferentes edades, conformando lo que llamamos palimpsestos. Es por eso que una de las más importantes tareas de los arqueólogos es desentrañar cuáles de estos vestigios se derivan de la actividad humana (como la caza o las diversas tareas incluidas en el proceso culinario, la manufactura de vestimentas o la confección de herramientas) y luego comprender lo que implican en función de las preguntas de investigación. Lo importante es que, independientemente de su origen, todos los restos zooarqueológicos brindan información importante para comprender mejor diversos aspectos de la vida de las sociedades que nos precedieron en el tiempo, entre ellos la historia de las relaciones entre los humanos y la fauna en distintos lugares del planeta. Debido a esto, el registro zooarqueológico forma parte del patrimonio cultural de una localidad, una región o un país. Como constituyen un bien común a toda la sociedad, estos restos deben ser identificados, protegidos, conservados y valorizados.

La provincia de Santa Cruz posee un registro zooarqueológico rico y abundante, que ha permitido conocer diversos aspectos relativos a las interacciones entre la fauna y las poblaciones humanas a lo largo de los miles de años de historia que abarca el poblamiento de la región. A través de los relatos de los cronistas y viajeros que visitaron el sur de la Patagonia desde el siglo XVI, tenemos algunas referencias acerca de la forma en que las poblaciones nativas se relacionaban con la fauna en tiempos relativamente recientes. Sin embargo, si queremos comprender lo que sucedía hace más tiempo, es necesario recurrir al registro arqueológico, específicamente a lo que denominamos registro zooarqueológico. La información que brindan los relatos históricos no puede extenderse al pasado más lejano por dos razones. En primer lugar, el poblamiento humano temprano de la Patagonia comenzó hace unos 13.000 años. Por lo tanto, no po-

Palabras clave: zooarqueología, Patagonia, costa marina, patrimonio cultural.

Isabel Cruz

Dra. en Arqueología, Univ. de Buenos Aires (UBA), Argentina.
Docente-Investigadora U. A. Río Gallegos, Univ. Nac. de la Patagonia Austral, Argentina.
isabelcruz55@yahoo.com.ar

A. Sebastián Muñoz

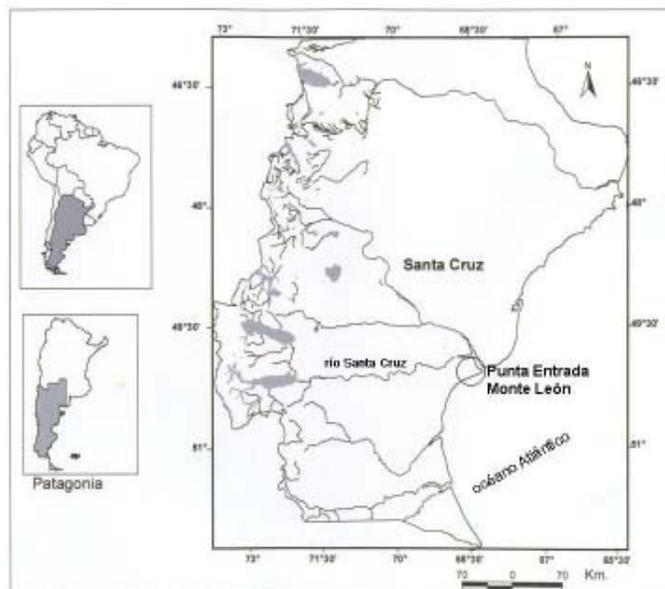
Dr. en Arqueología, UBA.
Investigador Adjunto CONICET. Laboratorio de Zooarqueología y Tafonomía de Zonas Áridas, CONICET - Museo de Antropología, Univ. Nac. de Córdoba, Argentina.
smunoz@conicet.gov.ar

M. Soledad Caracotche

Lic. en Ciencias Antropológicas, orientación Arqueología, UBA.
A cargo de Manejo y Conservación del Patrimonio Cultural en la Delegación Regional Patagonia, Administración de Parques Nacionales, Argentina.
scaracotche@apn.gov.ar

Recibido: 17/02/2009. Aceptado: 29/07/2009.

Plano de la provincia de Santa Cruz. El área señalada corresponde a la zona donde se encuentran Punta Entrada y el Parque Nacional Monte León.



demos interpretar todo este lapso a partir de lo que algunos viajeros y exploradores vieron durante los últimos siglos. Hacerlo implicaría pensar que no hubo variaciones a lo largo de miles de años de historia. Es decir, sería asumir que lo que se vio en un momento determinado es representativo de relaciones y situaciones que son el resultado de procesos evolutivos que involucraron mucho tiempo. En segundo lugar, las crónicas y otros documentos nos brindan una visión de lo que sucedía durante el momento de contacto entre las poblaciones europeas y las americanas, período durante el cual las actividades y costumbres de las poblaciones nativas estaban sufriendo cambios en función de la presencia de los nuevos pobladores, los animales y plantas que estos traían, las enfermedades que portaban y la instalación de los apostaderos y poblados que comenzaban a modificar el paisaje (aspectos que comúnmente se incluyen en el denominado "Descubrimiento de América"). Por lo tanto, las crónicas nos brindan una imagen del momento de cambio, que no necesariamente refleja lo que sucedía en períodos anteriores a la llegada de los nuevos colonizadores.

Uno de los usos más tradicionales de los restos de fauna en el marco de las investigaciones arqueológicas es conocer aquellas especies animales que fueron cazadas, domesticadas y/o criadas por los humanos. En la región patagónica, los estudios zooarqueológicos han permitido comprender el uso de la fauna de la costa marina, el bosque andino-patagónico o la estepa, así como la complementariedad que existía en la explotación de estos ambientes durante diversos momentos de la historia humana. Los registros zooarqueológicos de tiempos más recientes, como los asociados a la exploración europea desde el siglo XVI, han permitido conocer la forma en que los primeros pobladores europeos complementaban el aprovechamiento de la fauna exótica que transportaron con ellos (ovejas, vacas, cerdos y gallinas) con la explotación de la fauna local para su alimentación o para algún otro aspecto de la subsistencia.

Otro importante aporte de los restos de fauna es que constituyen uno de los medios para obtener cronologías de las ocupaciones humanas de una localidad. Como cualquier otro material orgánico, los huesos y otros vestigios animales pueden fecharse a tra-

vés de la técnica del Carbono 14. De esta manera, los restos de animales han permitido discutir, entre otros temas, la antigüedad de la presencia humana en un continente, el uso de determinados ambientes (como la selva tropical o la tundra siberiana) y el inicio de ciertos comportamientos humanos. Un ejemplo de esto último lo constituyen las discusiones acerca de la conducta de aprovisionamiento de carne de los primeros homínidos (antepasados de los humanos actuales). Se ha propuesto que, hace más de dos millones de años, los primeros homínidos del género *Homo* fueron carroñeros y no cazadores como tradicionalmente se había postulado. El estudio de los huesos arqueológicos permitió desarrollar esta hipótesis que, en lugar de atribuir un comportamiento característico de los humanos modernos a los primeros representantes de nuestro género, propuso que el mayor consumo de recursos animales fuese el resultado de la ampliación gradual de las estrategias de subsistencia. Desde este punto de vista, el carroñeo constituyó una condición necesaria para el posterior surgimiento de la caza.

El registro zooarqueológico también es útil para conocer el contexto ambiental en el que se desarrollaba la vida humana. Ciertas especies de aves o de pequeños mamíferos sólo ocupan hábitats específicos, por lo que la presencia de sus restos en un depósito arqueológico permite inferir que las poblaciones humanas explotaron un determinado ambiente o que ese ambiente existía en cercanías del sitio arqueológico. Los restos de fauna también pueden utilizarse como indicadores de cambios climáticos: la alternancia de especies de ciertos insectos u otros invertebrados muy sensibles a las variaciones de temperaturas son frecuentemente utilizados como un registro eficaz para comprender la dinámica de estos cambios.

El registro zooarqueológico también ha permitido establecer que las comunidades faunísticas del pasa-



Figura 1. Húmero de guanaco (*Lama guanicoe*) recuperado en el Conchero 4 del P. N. Monte León, que presenta marcado perimetral.

o pelágica (de mar profundo, con valores más altos de $\delta^{13}\text{C}$ 12). Debido a que los lobos marinos que se asientan en apostaderos obtienen su alimento en cercanías de la costa, los isótopos de los huesos arqueológicos nos permiten relacionar su dieta con un lugar específico del espacio y, por lo tanto, modelar las estrategias de las poblaciones nativas para cazarlos.

Los huesos y otros restos de fauna pueden tener modificaciones que evidencian las diferentes formas en que se llevaban a cabo diversas actividades, los cambios que las mismas pudieron sufrir a lo largo del tiempo y el impacto que posiblemente tuvieron en la conformación de las sociedades.

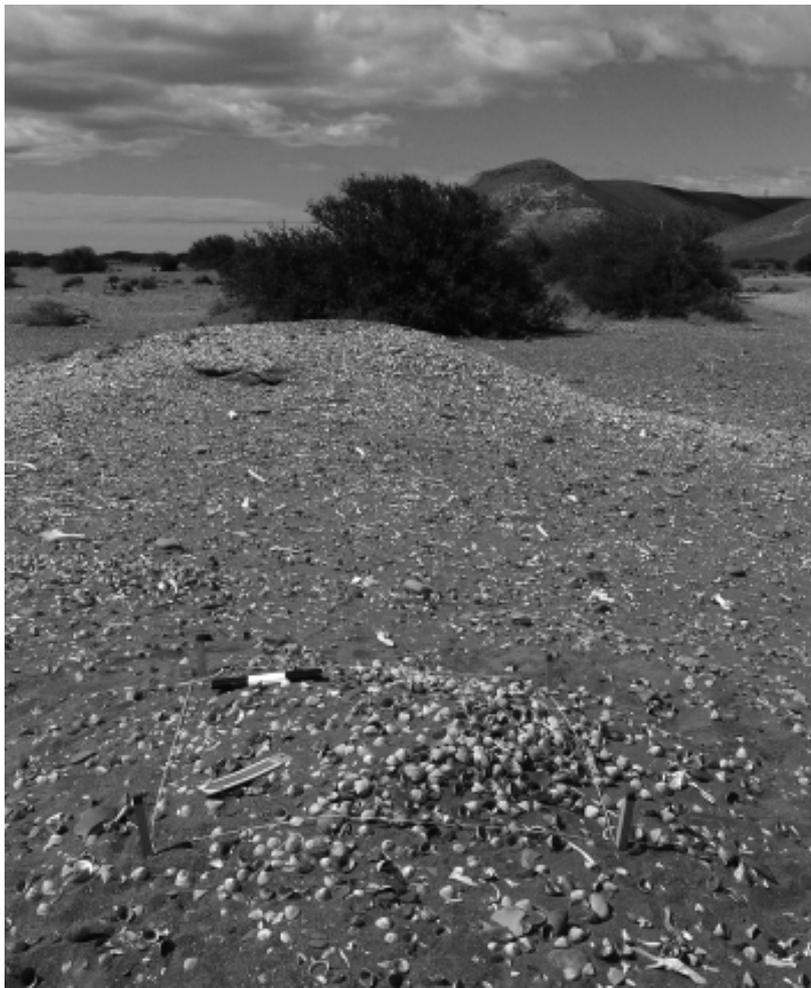
do estaban conformadas de manera diferente a las actuales. Por ejemplo, en algunos de los sitios arqueológicos más antiguos de Santa Cruz se han encontrado huesos de las dos especies de ñandúes, el ñandú común (*Rhea americana*) y el ñandú petiso (*Rhea pennata*). Actualmente, el ñandú común está ausente en la región y su presencia en el pasado nos permite suponer que tanto los ambientes como las comunidades de fauna eran diferentes a lo que podemos observar hoy. Seguramente esto tuvo repercusión en la forma en que las poblaciones nativas organizaban su subsistencia.

El estudio de los isótopos estables de los huesos de fauna recuperados en contextos arqueológicos permite conocer algunos aspectos de la historia natural de las poblaciones de animales, que son útiles tanto para comprender la evolución de las poblaciones humanas como la de los ecosistemas que las incluían. Los isótopos informan sobre las relaciones entre la dieta y el ambiente a través de las proporciones entre distintos componentes químicos de los huesos, como el carbono, el nitrógeno y el oxígeno. Por ejemplo, a través del análisis de los isótopos de los huesos de lobos marinos de un depósito arqueológico, podemos saber si los mismos tenían una dieta conformada por recursos costeros (que poseen valores más altos de $\delta^{13}\text{C}$ 13)

Se presenta un ejemplo de estas modificaciones en la Figura 1, en la que se observa una porción de un húmero de guanaco (*Lama guanicoe*) recuperado en un sitio arqueológico del Parque Nacional Monte León. Este hueso presenta marcado perimetral, una técnica utilizada para fracturar el hueso de forma controlada, que se ha detectado en restos de diferentes depósitos arqueológicos de la Patagonia y cuya función en el pasado aún es debatida entre los arqueólogos.

En síntesis, los restos de animales son una vía para plantear y corroborar hipótesis acerca de la movilidad, uso del espacio, amplitud de dieta, uso estacional de recursos y aprovechamiento de los distintos ambientes que pudieron haber constituido el rango de acción de una determinada población humana. Desde una perspectiva evolutiva, estas variables son indicadores sensibles que atestiguan gran parte de los cambios acaecidos a lo largo de la historia humana. Además, los estudios zooarqueológicos permiten conocer diversos aspectos de la historia natural de una región. En conjunto, todos estos temas hacen posible comprender tanto la evolución de las poblaciones humanas como la de los ambientes en las que las mismas se desarrollaron.

Figura 2. Punto 35, uno de los concheros estudiados en Punta Entrada. En la parte inferior de la foto puede apreciarse una cuadrícula de excavación.



Zooarqueología en Punta Entrada y el Parque Nacional Monte León

Las investigaciones zooarqueológicas en la provincia de Santa Cruz han tenido un importante desarrollo desde la década de 1980. Uno de los temas que se han debatido en este marco es el uso de la costa atlántica y sus recursos por los cazadores-recolectores continentales, abarcando distintas escalas espaciales y temporales. La evidencia recuperada en algunos sitios arqueológicos del interior de la Patagonia continental muestra que la costa fue utilizada, por lo menos esporádicamente, desde épocas tempranas.

Durante muchos años se pensó que los cazadores-recolectores continentales de la Patagonia eran fundamentalmente cazadores de grandes animales terrestres, especialmente guanaco y ñandú, tal como aparece en los textos históricos de los siglos XVIII y XIX. Esta concepción tradicional ha sido cuestionada por varios investigadores que consideran que en la costa patagónica continental hubo un uso importante de los recursos costeros y marinos.

Como ya mencionamos, es factible que existan discordancias entre el registro histórico y el arqueológico, debido a la larga historia del poblamiento humano de la región. Con el fin de aportar elementos que permitan corroborar hipótesis acerca de este tema, recientemente hemos comenzado investigaciones en Punta Entrada y Monte León. En el marco de estudios arqueológicos más amplios, las investigaciones zooarqueológicas de nuestro proyecto de investigación tienen como objetivo comprender las interacciones entre la fauna y las poblaciones nativas en estos sectores de la costa santacruceña. Punta Entrada se ubica en la margen sur del estuario del río Santa Cruz, a unos pocos kilómetros de la ciudad de Puerto Santa Cruz y del puerto de Punta Quilla. Sobre la costa atlántica y a pocos kilómetros al sur de Punta Entrada se encuentra Monte León, que desde 2004 forma parte de un Parque Nacional. Ambas localidades cuentan con un rico y abundante registro zooarqueológico en la zona costera, por lo que son sumamente aptas para

comprender desde cuándo y de qué manera las poblaciones humanas interactuaban con la fauna de este ambiente.

Gran parte de los sitios arqueológicos costeros de ambas localidades son lo que los arqueólogos llamamos "concheros" o "conchales". Los concheros son acumulaciones de valvas de moluscos, que derivan del consumo humano de los mismos. Generalmente, estas acumulaciones se encuentran asociadas a otros restos arqueológicos, tales como artefactos líticos, fogones o huesos. Las valvas de los moluscos constituyen la matriz sedimentaria en la que se encuentran incluidos los otros restos arqueológicos, por lo que pueden conformar ambientes especiales para la preservación, que es necesario conocer y comprender. La Figura 2 muestra uno de los concheros que estamos estudiando en Punta Entrada, que denominamos Punto 35.

En los concheros de Punta Entrada y Monte León, gran parte de los restos zooarqueológicos son valvas de diversas especies de moluscos, que incluyen mejillones (*Mytilus* sp.), cholgas (*Aulacomya* sp.), vieiras (*Chlamys patagonica*), lapas (*Patinigera/Nacella* sp.) y diversos gasterópodos (como *Trophon* sp., *Acantina* sp., entre otros). Cada una de estas especies habita sectores particulares del litoral atlántico (a mayor o menor profundidad, más cerca o más lejos de la cos-



Figura 3. Fémures de lobo marino recuperados en el Conchero 4 del P. N. Monte León.

la localidad, así como evaluar la estacionalidad de las ocupaciones humanas.

En los sitios de ambas localidades también se han recuperado huesos de diversos animales terrestres y marinos, entre los que predominan los que se han determinado como pertenecientes a lobos marinos y guanacos. A partir del análisis de los huesos de lobos marinos del conchero 4 de Monte León, se identificaron restos asignables al lobo marino de un pelo (*Otaria byronia*), que es común actual-

ta), por lo que la determinación taxonómica de las valvas nos permitirá comprender algunos aspectos de la explotación humana de estos moluscos. Las investigaciones también incluirán estudios vinculados con el tamaño de las valvas para comprender, por ejemplo, si hubo sobreexplotación de los moluscos. El supuesto que subyace a este análisis es que generalmente se recolectaban los moluscos de mayor tamaño, que son los que pueden brindar un mayor provecho para la alimentación humana. Sin embargo, cuando los recursos son escasos, es factible que también se utilicen los más pequeños. De esta manera, el tamaño pequeño de las valvas de los moluscos puede ser un indicador de situaciones poco favorables.

Además, se analizarán los anillos de crecimiento de las valvas, que pueden ser importantes indicadores de estacionalidad y de las condiciones ambientales que imperaban en el pasado. El ancho de los anillos de crecimiento, en conjunto con los valores de isótopos estables del carbonato que conforma las valvas y los elementos traza presentes en las mismas, brindarán una aproximación a las tasas de crecimiento de los moluscos en función de parámetros estacionales a escala anual e incluso en escalas menores al año (por ejemplo, meses). Unidos a los fechados radiocarbónicos efectuados sobre las mismas valvas, estos datos permitirán detectar cambios ambientales y climáticos en

actualmente en la región. Pero además, también se identificaron varios especímenes correspondientes a lobo marino de dos pelos (*Arctocephalus australis*), especie que no figura entre las registradas actualmente en el Parque. La presencia de esta especie también ha sido detectada en varios depósitos de Punta Entrada. Es decir que el registro zooarqueológico permitió establecer que la diversidad de especies era diferente en el pasado y que, por lo tanto, los cazadores humanos contaban con un repertorio más amplio dentro del cual elegir sus presas.

Otro de los aportes del análisis de los restos de lobos marinos de Monte León se relaciona con la estacionalidad de las ocupaciones humanas. Varios de los huesos de lobos marinos analizados corresponden a individuos juveniles, lo que pudo determinarse a través del grado de fusión que presentan los especímenes óseos. Esto puede verse claramente en la Figura 3, que en la parte superior muestra varios fémures no fusionados recuperados en el Conchero 4. El espécimen de la parte inferior, también un fémur, está fusionado y permite apreciar el tamaño pequeño de los especímenes no fusionados. Los huesos largos de los mamíferos están compuestos por tres elementos: dos epífisis o extremos y una diáfisis o porción central del hueso. Al cesar el crecimiento, estos tres elementos se fusionan, conformando una unidad. Como cada hue-

Figura 4. Artefacto confeccionado en asta de huemul (*Hippocamelus bisulcus*), recuperado en Punta Entrada.



so se fusiona a una edad determinada, evaluar el grado de fusión de un espécimen permite conocer la edad que tenía un animal en el momento de su muerte. En el caso que estamos presentando, los fémures no fusionados de lobo marino nos indican que se cazaron animales muy jóvenes. Como los nacimientos ocurren en un lapso corto a fines de la primavera e inicios del verano, es posible discutir la estacionalidad de la presencia humana en la localidad. Cuando se unan estos resultados con los que deriven del estudio de las valvas de moluscos, tendremos un panorama más claro de los momentos en que las poblaciones nativas utilizaban los recursos de la región costera.

Un último aspecto que resaltaremos del registro zooarqueológico de Punta Entrada se relaciona con el conocimiento que el mismo brinda acerca de la movilidad de las poblaciones humanas, especialmente entre diferentes ambientes. En uno de los concheros que investigamos en esta localidad, pudimos recuperar un artefacto confeccionado con un asta de huemul (Figura 4), que tiene una edad radiocarbónica de 1150 ± 50 años (UGAM # 02946). En la foto puede observarse que todos los extremos del asta han sido modificados con una finalidad que por el momento desconocemos. Este artefacto puede ser tanto un instrumento como un desecho de manufactura, derivado de la confección de algún instrumento con alguno de los extremos del asta o con la roseta que conforma su base.

El huemul (*Hippocamelus bisulcus*) es uno de los cérvidos autóctonos de la Patagonia, y su hábitat natural es el ecotono entre el bosque y la estepa. Esto implica que, de alguna manera, las poblaciones humanas de la costa tenían contacto con la zona cordillerana, distante unos 250 km. Este contacto pudo establecerse a través de la movilidad de objetos o de personas, desde la costa marina hasta la cordillera, utilizando los valles de los ríos como corredores biogeográficos. Entre los sectores posibles de contacto se cuentan el área de bosque y ecotono cercana al lago Argentino, posiblemente a lo largo del valle del río Santa Cruz, o el área de los lagos Belgrano y Nansen

-en donde actualmente habitan huemules- a través del río Chico. También podría indicar el desplazamiento de poblaciones desde el estrecho de Magallanes y sus alrededores, sectores en los que se ha recuperado evidencia arqueológica que señala la utilización de este cérvido. De la misma manera, este artefacto puede indicar la circulación de bienes entre poblaciones ubicadas en los diferentes ambientes mencionados.

La conservación del patrimonio zooarqueológico

En síntesis, los restos incluidos en el registro zooarqueológico nos permiten conocer diversos aspectos relativos a la vida humana en el pasado, entre ellos, los ambientes y el clima de una determinada región, la conformación de las comunidades de fauna, las especies con las que las poblaciones humanas interactuaban y la cronología de estas interacciones. Además, a través de las modificaciones en los huesos podemos comprender las diversas formas en que sus restos se procesaban para el consumo o para la confección de prendas, herramientas o utensilios. Debido a todo el conocimiento que brindan, los arqueólogos extremamos las precauciones para efectuar una adecuada recuperación de esta evidencia.

Pero la recuperación de los materiales arqueológicos es sólo el comienzo de la investigación. Los restos

zooarqueológicos son patrimonio provincial y nacional, por lo que deben ser valorizados y conservados. Por lo tanto, luego de la recuperación es necesario acondicionarlos, analizarlos y almacenarlos de manera adecuada, que garantice su preservación a largo plazo.

Como otros restos orgánicos, el registro zooarqueológico es particularmente vulnerable a todo tipo de procesos de destrucción. Cuando es afectado por los procesos naturales, su deterioro es más rápido que el de otros vestigios arqueológicos, como artefactos líticos o vasijas cerámicas. En el caso de los depósitos de tipo conchero, un aspecto que aumenta la vulnerabilidad es que su alta visibilidad los hace particularmente susceptibles a la depredación por parte de

aficionados y coleccionistas de objetos arqueológicos. Aunque en general los restos de fauna no se encuentran dentro de los objetivos de los coleccionistas, la destrucción de los depósitos para localizar otro tipo de materiales tiene como resultado la pérdida y/o descontextualización de la evidencia zooarqueológica.

Un primer e importante paso para poder tomar medidas eficaces para la conservación del patrimonio es conocer su importancia, sus características y su vulnerabilidad. Esperamos que el avance de los estudios zooarqueológicos en Santa Cruz brinde una idea acabada de la riqueza de este patrimonio en la provincia y señale los desafíos que deberán enfrentarse para protegerlo.

Glosario

Carbono 14 (C¹⁴): la técnica de fechado por C¹⁴ o radiocarbono es una de las más utilizadas por la arqueología y es útil para datar restos de hasta 50.000 años de antigüedad. El cálculo de una edad radiocarbónica se establece a partir de la comparación de la concentración de los isótopos del carbono en la muestra a analizar y la del dióxido de carbono atmosférico, con la que un organismo está en equilibrio mientras vive. El sustento de este método es el ritmo constante en que el C¹⁴ se desintegra para producir N¹⁴ y radiaciones beta. El tiempo que tardan en desintegrarse la mitad de los átomos de un isótopo radioactivo se denomina vida media. La vida media del C¹⁴ es de 5.568 años, cifra que es la base para efectuar las mediciones cronológicas de cualquier material orgánico.

Elementos traza: la presencia y concentración de elementos como el estroncio, el uranio, el magnesio, el vanadio, el manganeso, el bario y el cinc, entre otros, en la hidroxiapatita o porción mineral de los huesos o en las valvas de los moluscos, permiten evaluar la dieta de un organismo o algunos parámetros del ambiente en el que el mismo vivía. Uniendo el análisis de isótopos estables (ver abajo) y el de elementos traza en los anillos de crecimiento de las valvas de moluscos, es posible conocer la edad, la tasa y el patrón de crecimiento de estos organismos. Las variables meteorológicas y ambientales que pueden conocerse son la temperatura del agua y la del ambiente, la existencia de años de sequía y, por sobre todo, la variabilidad climática a largo y corto plazo. El estudio de las concentraciones de estos elementos en las valvas de moluscos colectados en el pasado por las poblaciones nativas permite identificar la variabilidad del clima local y los cambios en el ambiente inmediato en el que habitaron estas poblaciones.

Isótopos estables: los isótopos son variantes de un elemento químico, que poseen el mismo número atómico (número de protones) pero una masa diferente (número de neutrones). Los valores de los isótopos del carbono, el oxígeno y el nitrógeno contenidos en el colágeno de los huesos (tanto humanos como de animales) o el carbonato de las valvas de los moluscos permiten conocer la dieta de un organismo y/o algunas variables ambientales. En el caso de la dieta, a través de la medición de estos isótopos es posible establecer si la misma se componía de alimentos de origen terrestre o marino y el tipo de plantas (diferenciadas en función de diferentes senderos fotosintéticos) que se consumían habitualmente. Los resultados obtenidos a través de esta técnica deben complementarse necesariamente con los del registro zooarqueológico.

Lecturas sugeridas

- Binford, L. R. 1988. *En busca del pasado*. Barcelona. Crítica.
- Borrero, L. A. 2001. *El poblamiento de la Patagonia. Toldos, milodones y volcanes*. Buenos Aires. Emecé.
- Caracotche, M. S., Cruz I., Espinosa S., Carballo F. y Belardi J. B. 2005. Rescate arqueológico en el Parque Nacional Monte León (Santa Cruz, Argentina). *Magallania*. 33:143-163.
- Cruz, I. y Caracotche, M. S. (editoras). 2008. *Arqueología de la costa patagónica. Perspectivas para la conservación*. Universidad Nacional de la Patagonia Austral y Subsecretaría de Cultura de la Provincia de Santa Cruz, Río Gallegos.

RESEÑA DE LIBRO

Conservación de la biodiversidad en sistemas productivos. Forestaciones del noroeste de la Patagonia.

Verónica Rusch, Alejandro Vila y Beatriz Marqués, 2008. ISBN 978-987-521-306-7 Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Bariloche, 89 pp.

Reseña realizada por Dora Grigera

Dra. en Ciencias Naturales, Univ. Nacional de La Plata, Argentina. Departamento de Ecología, Centro Regional Universitario Bariloche, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.
dgrigera@crub.uncoma.edu.ar

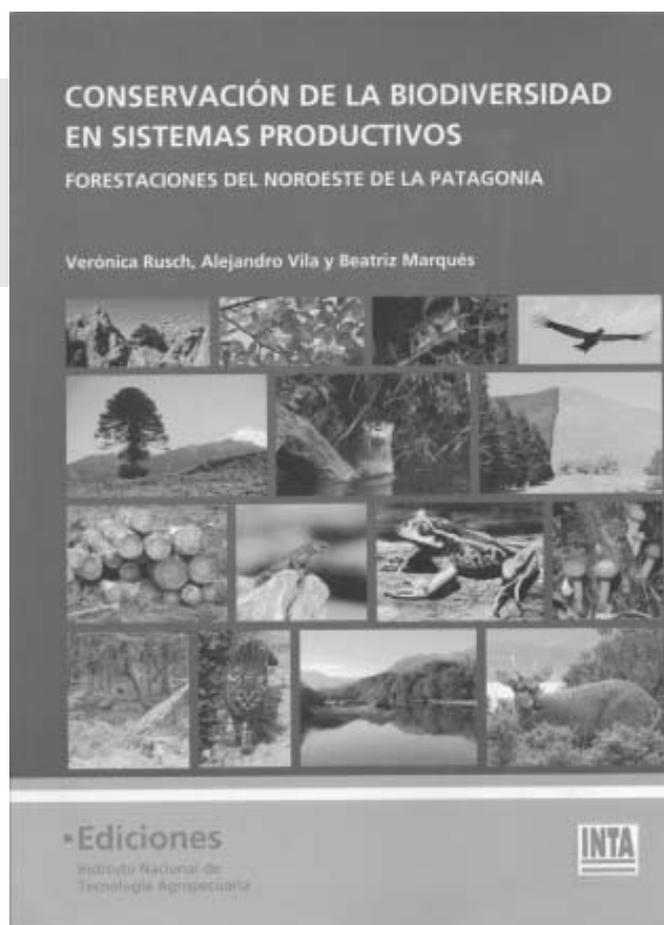
Los autores de la obra poseen experiencia en el estudio de la vegetación y de algunas especies de la fauna patagónica, así como de las áreas protegidas de ésta región. Verónica Rusch pertenece a la Estación Experimental Bariloche del INTA, mientras que Alejandro Vila y Beatriz Marqués son integrantes de la *Wildlife Conservation Society* (WCS).

Este libro es el resultado de una prolija tarea de elaboración y de compilación de datos propios, así como de información producida por numerosos técnicos y profesionales de organismos gubernamentales y no gubernamentales, establecidos o con sedes en el noroeste patagónico, a los cuales los autores mencionan en cada caso y les agradecen el aporte realizado.

Los destinatarios del libro son profesionales, administradores, productores e interesados en temas de conservación y desarrollo, aunque su redacción correcta pero sencilla lo hace accesible a un público más amplio.

El libro cuenta con un prólogo, cinco secciones, conclusiones y dos anexos, finalizando con la bibliografía de referencia correspondiente a cada una de las secciones.

En el prólogo y en la primera sección, se fundamenta por qué es necesario y al mismo tiempo posible compatibilizar conservación y producción. La segunda sección está dedicada a describir los impactos sobre la biodiversidad, producidos por las principales actividades antrópicas en el noroeste patagónico (urbanizaciones, ganadería, agricultura, turismo y explotación forestal) y la tercera a presentar los ecosistemas representados en las áreas protegidas de dicha parte de la región. En la cuarta sección son descriptos los ambientes, sitios y especies de valor particular y sus requerimientos de protección. En la quinta y



última sección se toman las plantaciones forestales, uno de los sistemas productivos del Noroeste patagónico, como caso concreto para el desarrollo de estrategias de conservación a escala de paisaje y de sitio. Ésta es la parte medular del libro, ya que podría servir de modelo para el diseño de estrategias de conservación con relación a las otras actividades productivas que se practican en la Patagonia. Los dos anexos complementan los contenidos de la cuarta sección. El Anexo I se refiere a los 35 sitios identificados como de conservación prioritaria y el Anexo II reseña los principales rasgos de las 28 especies vulnerables.

Todo el libro está escrito con un lenguaje claro y preciso, y tanto el formato como el tamaño de las fuentes facilitan la lectura. Los mapas y las fotografías son de muy buena calidad y la diagramación de las páginas es atractiva.

El objetivo propuesto por los autores es "brindar elementos para reflexionar sobre cómo los sistemas productivos podrían ser compatibles con la conservación de la biodiversidad". Considero que se ha alcanzado el objetivo de estimular la discusión sobre un tema sobre el que mucho se habla pero del que poco se conoce (conservación vs. desarrollo), menos aún cuando de casos concretos se trata. No puedo asegurar que este libro agote el cometido, pero sí que es un punto de partida importante, una contribución seria, y una muestra de que es posible el trabajo cooperativo entre investigadores de distintas instituciones.

PARÁSITOS COMO INDICADORES EN ARQUEOLOGÍA

La Paleoparasitología estudia restos parasitarios presentes en material antiguo, con el fin de complementar información acerca de las condiciones de vida y del ambiente de las poblaciones humanas y de animales en el pasado.

Norma H. Sardella y Martín H. Fugassa

Los estudios bioarqueológicos, dirigidos a la comprensión de los aspectos más relevantes de la cultura y de la ecología de los humanos y de los animales que vivieron en comunidades en el pasado, se realizan principalmente a partir de la información que se puede obtener del material óseo, llegando en ocasiones a inferir la existencia de algunas enfermedades que padecieron los humanos a partir de las marcas registradas y conservadas en las estructuras óseas. Resulta común, debido fundamentalmente al gran tiempo transcurrido y a los procesos de deterioro que han estado operando en los sitios arqueológicos (conocidos como procesos tafonómicos), que los materiales de estudio aparezcan deteriorados en su estructura, tornando complicadas las interpretaciones de determinados patrones biológicos y culturales de las poblaciones bajo estudio. La *zooarqueología* es una rama de la arqueología que estudia los restos de animales que se hallan comúnmente en los sitios arqueológicos y su utilización tanto como alimento o cultural, por los humanos que vivieron en el pasado.

La ubicación geográfica, las características del suelo y las condiciones climáticas reinantes en un determinado sitio arqueológico hacen además, que con el paso del tiempo no todos los materiales -ya sea de animales como de humanos- se conserven, ya que se requieren

condiciones particulares de humedad, de temperatura y de los sedimentos para que los huesos y artefactos, tales como puntas de flecha y otros, se preserven para ser estudiados miles de años después de su depósito.

Las expediciones o campañas que realizan los arqueólogos y los antropólogos en los sitios arqueológicos permiten recuperar huesos y otros materiales, que en ocasiones se hallan en óptimas condiciones para ser estudiados. Existe, entre otras, una forma de aproximación al conocimiento de la modalidad de vida de los humanos y de sus animales de compañía y silvestres, obtenida a partir de la información que brindan los restos parasitarios hallados en los sitios arqueológicos. La disciplina que se encarga de este tipo de estudios se denomina *paleoparasitología*, término acuñado por Luiz Fernando Ferreira en 1979 en Río de Janeiro (Brasil). Esta disciplina se ubica entre la parasitología y la arqueología y, a partir de la información parasitológica obtenida de los sitios arqueológicos, pretende reconstruir determinados aspectos de la cultura y de la ecología de las poblaciones antiguas, tanto de humanos como de animales, ya sean domesticados o silvestres.

La paleoparasitología nació como una derivación de la paleopatología (disciplina que estudia los rastros de enfermedad hallados en fósiles y momias) y durante varios años se dedicó mayormente a explicar cuestiones relativas a la salud de los humanos que vivieron en el pasado. Poco tiempo después, los estudios parasitológicos en sitios arqueológicos se llevaron a cabo o desde el enfoque *arqueoparasitológico* (abordando el parasitismo en relación con la evolución cultural humana) o desde el enfoque *paleoparasitológico* (determinando la antigüedad, evolución y dispersión de las enfermedades parasitarias), aunque actualmente este tipo de estudios se realiza teniendo en cuenta ambos puntos de vista. Además, se amplía hacia temáticas referidas a las *paleozoonosis*, o sea, hacia el descubrimiento de determinados agentes infecciosos entre los que se incluyen virus, bacterias, hongos y parásitos registrados en los sitios y su posible rol como causantes de enfermedades zoonóticas o *zoonosis*, es decir, enfermedades compartidas entre el hombre y los animales en un determinado territorio.

Palabras clave: paleoparasitología, Patagonia, coprolitos, parásitos, indicadores biológicos.

Norma Haydée Sardella⁽¹⁾

Dra. en Ciencias Naturales, Univ. Nac. de La Plata, Argentina.
sardella@mdp.edu.ar

Martín Horacio Fugassa⁽¹⁾

Dr. en Ciencias Biológicas, Univ. Nac. de Mar del Plata (UNMdP), Argentina.
mfugassa@mdp.edu.ar

⁽¹⁾ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP. CONICET.

Recibido: 18/11/2008. Aceptado: 29/9/2009.



Figura 1. Coprolito de felino (Santa Cruz, Cerro Casa de Piedra, 6.540 ± 110 años antes del presente).

La otra temática está dirigida hacia cuestiones *paleoambientales*, esto es, al conocimiento de los ambientes existentes en el pasado. Es fundamental contar con el aporte de otras disciplinas tales como la palinología (estudio del polen), la paleontología, la geología, la antropología biológica y la arqueología, entre otras, para llevar a cabo con éxito este tipo de estudios.

De este modo, los parásitos se pueden concebir como marcas biológicas naturales, que informan, entre otras cosas, acerca de los hábitos alimentarios de sus hospedadores y de las condiciones ambientales existentes en un área bajo estudio. Debido a que los parásitos acompañaron a sus hospedadores en las migraciones a partir de sus centros de origen, pueden ser en ocasiones utilizados, además, como poderosas marcas evolutivas que permiten generar nuevas hipótesis o reafirmar aquellas existentes acerca de la historia de sus hospedadores y de la historia común de adaptación y de evolución entre los parásitos y sus hospedadores a lo largo del tiempo y del espacio.

En función de la información biológica, cultural y paleoambiental aportada por otras disciplinas, la paleoparasitología procura una interpretación ecológica, evolutiva y cultural, integrando de este modo las evidencias obtenidas de fuentes diversas. Los parásitos pueden indicar además, no sólo la exposición de los humanos a potenciales enfermedades, sino la asociación acaecida entre el hombre y las especies animales silvestres, la domesticación de animales, los hábitos higiénicos, la movilidad espacial de los grupos humanos, las corrientes poblacionales en una región, el consumo de presas y el tipo de procesamiento de los alimentos (crudos o cocidos), entre otros aspectos.

El material de uso habitual para la paleoparasitología son las heces disecadas naturalmente o *coprolitos* (Figuras 1 y 2), tanto de humanos como de animales y la materia fecal existente en el interior de los individuos momificados o *enterolitos*, así como los sedimentos de las letrinas y los tejidos momificados o los huesos. Recientemente, se han incorporado con éxito para su estudio otros materiales de los que a veces se pueden recuperar restos parasitarios, tales como *egagrópilas* (Figura 3) o bolos de regurgitación de aves rapaces (ver también *Desde la Patagonia: difundiendo saberes*, año 2, n°3, 2005), restos de sedimento hallados en los orificios naturales de huesos humanos, obtenidos de colecciones depositadas en museos y parásitos de localización externa o *ectoparásitos* como liendres de piojos hallados en vestimentas. De coprolitos bien preservados se pueden recuperar huevos, larvas, quistes de parásitos y biomoléculas (actualmente utilizadas para estudios de ADN antiguo). La materia fecal, además, usualmente conserva su forma, situación que permite por lo general identificar el hospedador de procedencia.

Los huevos y algunas larvas de gusanos y los ooquistes de protozoos (organismos unicelulares) que se hallan en los materiales anteriormente mencionados, varían ampliamente en su capacidad para resistir la desecación y la destrucción por poseer cubiertas o cáscaras duras, tanto los hallados en la materia fecal como en los sedimentos y en otros materiales. Los huevos y los quistes son los estadios más resistentes en los ciclos de vida de los parásitos, y por ello se pueden



Figura 2. Coprolitos de roedores del Holoceno patagónico (Santa Cruz, Cerro Casa de Piedra, 9.390 ± 40 años antes del presente).



Figura 3. Aspecto externo de egagrópila de ave rapaz (Santa Cruz, Cerro Casa de Piedra, 6.540 ± 110 años antes del presente).

realizar consideraciones acerca de las infecciones ocurridas en el tiempo, a partir del reconocimiento de restos de los mismos, recuperados de material antiguo. Junto con el abordaje paleoparasitológico, últimamente el análisis integral de los coprolitos involucra estudios tendientes a identificar entre otros, la presencia de granos de polen, tejidos vegetales, fragmentos de insectos y semillas, carbón vegetal, huesos, pelos y plumas, además de los quistes, huevos y larvas de parásitos.

Las ocupaciones humanas en la Patagonia y los parásitos

La historia de las ocupaciones humanas en la Patagonia puede ordenarse según cuatro lapsos de acuerdo con el registro arqueológico actual: la *Transición Pleistoceno-Holoceno*, entre los 11.000 y 8.500 años antes del presente (A.P.); el *Holoceno Temprano*, entre los 8.500 y 7.000 años A.P.; el *Holoceno Medio*, entre los 7.000 y 3.000 años A.P. y el *Holoceno Tardío*, desde hace 3.000 años. Las evidencias más antiguas de ocupación humana en Patagonia datan de aproximadamente 13.000 a 10.500 años A.P., encontrándose la mayoría de los sitios en el Macizo Central del Deseado, en el área centro meridional patagónica y en la región magallánica. Las pruebas de ocupación humana más tempranas en la región andina del Lago Argentino (Santa Cruz) se remontan a unos 9.700 años A.P. Sin embargo, los investigadores creen que es posible que hayan existido ocupaciones más tempranas en áreas libres de hielo y que no se hayan encontrado aún restos arqueológicos de ellas.

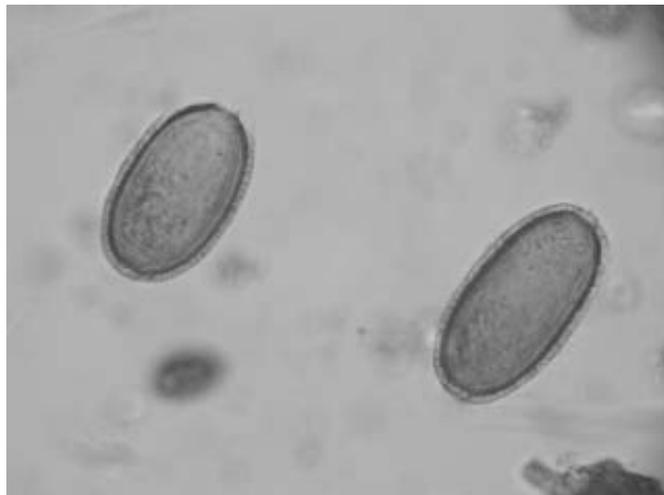
El conjunto de sitios con fechados antiguos registrados en la Patagonia evidencia rasgos culturales de la existencia de grupos humanos cazadores-recolectores, identificados por los hallazgos de mate-

riales en abrigos rocosos tales como las cuevas y los aleros. Éstos muestran asociación de restos culturales con animales, en base a los fogones con restos de fauna (extinta y moderna), a la tecnología lítica registrada que incluye flechas del tipo «cola de pescado» y al hallazgo de distintos pigmentos (por ejemplo, colorantes).

Respecto de la fauna extinta, por ejemplo en el sitio Tres Arroyos (Tierra del Fuego), se encontraron fogones asociados a caballos fósiles, camélidos extintos, especies como el jaguar (*Panthera onca*), el milodonte (*Mylodon* sp.) o el zorro extinto (*Dusicyon avus*) junto con restos de fauna moderna, fechados entre 11.880 y 10.130 años A.P. Durante ese período, Tierra del Fuego formaba parte de la masa continental, ya que aún no se había abierto el estrecho de Magallanes, y existían en la zona cazadores-recolectores, que luego se diferenciarían en los tres grupos culturales conocidos como Selk'nam u Ona, Yámana o Yagan y Kaweskar o Alakaluf.

Desde sus orígenes en el continente africano, el ser humano se ha dispersado por todos los continentes, ocupando permanentemente nuevos ecosistemas. Es así que muchas de las enfermedades parasitarias humanas hoy ampliamente conocidas fueron adquiridas en ese proceso de colonización de nuevos ambientes, mientras que otras fueron heredadas de los antepasados pre-homínidos. Así, se postula que el tipo de parásitos que un hospedador puede albergar provendría de dos aportes. Por un lado, el denominado *filogenético*, en el cual las especies parasitarias fueron retenidas por el hombre o, dicho de otro modo, no se perdieron durante el proceso de hominización. Ejemplo de ello son algunos *nematodos*, un tipo de gusano redondo, entre los cuales están los conocidos como oxiuros, que actualmente también parasitan a chimpancés y a gibones. El otro aporte se denomina *ecológico*, consecuencia del cual se adquirieron o se perdieron especies parasitarias, fundamentalmente debido a cambios sufridos por los humanos y sus parásitos, debidos a la ocupación de nuevos ecosistemas, a medida que el hombre en su dispersión se iba encontrando con nuevas y diferentes condiciones ambientales, que pudieron favorecer o perjudicar a los parásitos. En la categoría ecológica se incluyen las parasitosis o enfermedades parasitarias incorporadas por los cambios culturales asociados con la coloniza-

Figura 4. Huevos de *Calodium* (= *Capillaria*) de coprolito de felino (Santa Cruz, Cerro Casa de Piedra, 6.540 ± 110 años antes del presente).



ción de nuevas áreas o la iniciación de nuevas prácticas culturales, ejemplo de ello, lo constituye el gusano cosmopolita *Ascaris lumbricoides*, que puede haberse originado como parásito humano en el proceso de domesticación del cerdo, a partir del gusano *Ascaris suum*.

En base a las características de las poblaciones, tanto de parásitos como humanas, de los cambios en los modos de subsistencia de los humanos (cazador-recolector o agricultor), del tipo poblacional (nómada o sedentario) y del tamaño de los grupos en el transcurso de los últimos 10.000 años, en términos teóricos se sugiere que podría haber evidencias de la presencia de cierto grupo de enfermedades, determinados efectos patológicos y de mortalidad relacionados con cada estilo de vida.

Gran parte de los parásitos que se hallan en los humanos y en los animales domésticos, e incluso, silvestres, son potencialmente zoonóticos, dependiendo de la inmunidad del hospedador y de la presencia de elementos infectivos (tales como quistes y huevos) diseminados en el ambiente y en los alimentos, produciendo enfermedad desde el hombre hacia los animales y viceversa. Partiendo de esta base, el estudio del parasitismo en poblaciones humanas ancestrales puede aportar información adicional para analizar, por ejemplo, la extinción de la fauna en Patagonia meridional.

En 1977, el arqueólogo Luis A. Borrero resumió las hipótesis de varios autores acerca de los motivos de

esa extinción, dentro de las que figuran las parasitosis. Poco después, en 1983, este mismo autor anticipó que «el conocimiento de los parásitos que aparecen sobre excrementos o en los animales mismos, plantea líneas de investigación que permitirán discutir adecuadamente el lugar ocupado por *Myloodon* en los ecosistemas patagónicos». Otros investigadores analizaron las hipótesis del ingreso de nuevos patógenos al Cono Sur como causa de extinción de megafauna y establecieron que el estudio de los coprolitos y de los enterolitos representa una de las fuentes de evidencia a tener en cuenta para lograr una interpretación cada vez más certera.

Cuánto conocemos acerca de la paleoparasitología en la Patagonia

La primera mitad del siglo XX se caracterizó a nivel mundial por un número acotado de estudios paleoparasitológicos, principalmente realizados en sedimentos de letrinas y de otros depósitos arqueológicos, hasta que los trabajos paleobotánicos sobre coprolitos (identificación de restos vegetales en materia fecal antigua) atrajeron la atención de parasitólogos, al tiempo que proveyeron de un método de rehidratación de coprolitos, empleado aún hoy.

Hasta el comienzo de este siglo, en Argentina prácticamente no se contaba con antecedentes en estudios paleoparasitológicos, a excepción del hallazgo de huevos atribuibles a gusanos redondos en coprolitos de milodonte, en un coprolito humano proveniente de un sitio precolombino y en otro hallado en Neuquén.

Durante los últimos cinco años se han realizado en el Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Mar del Plata numerosos estudios paleoparasitológicos sobre muestras de coprolitos y de otros materiales, provenientes de la Patagonia y perte-



Figura 5. Huevo de cestode con ganchos larvales de coprolitos de roedor (Chubut, Alero Mazquiarián, 212 ± 35 años antes del presente).

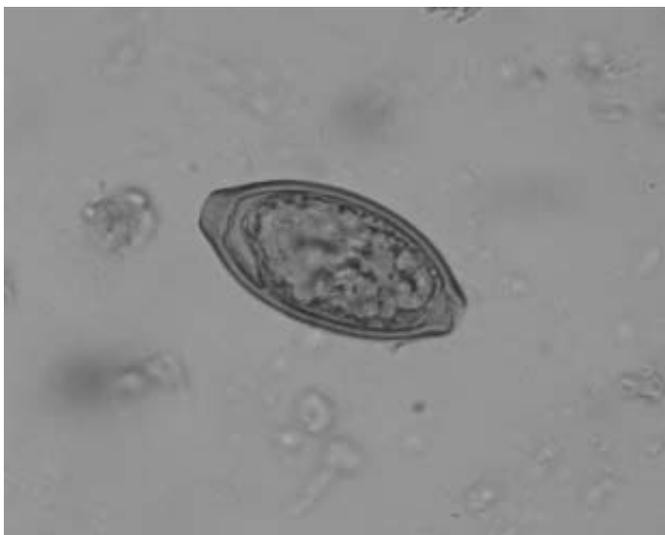


Figura 6. Huevo de oxiuro de heces humanas del Holoceno tardío (Durango, México).

necientes al Holoceno (Tardío, Medio y Reciente). La creación de la línea de investigación en paleoparasitología en el país fue posible además, por el apoyo constante de la contraparte brasileña, en especial del Dr. Adauto Araújo (Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Río de Janeiro), uno de los pilares actuales de la disciplina a escala mundial.

Consecuentemente, el desarrollo de la línea de investigación paleoparasitológica sucedió en el marco de la tesis doctoral de uno de los autores del presente artículo (Fugassa, 2006) en la que se examinaron numerosos coprolitos y sedimentos, mayormente procedentes de sitios arqueológicos de la provincia de Santa Cruz, fechados desde el Pleistoceno hasta el Holoceno (más de 10.000 años A.P.). Estos trabajos no sólo fueron los primeros en la región, sino que aportaron hallazgos paleoparasitológicos novedosos, algunos a nivel continental y otros a escala mundial.

Las investigaciones también incluyeron estudios de coprolitos de camélidos, de cánidos, de felinos (Figura 4), de roedores (Figura 5) así como de milodontes. Estos trabajos permitieron, además conocer aspectos sobre la historia biogeográfica de los parásitos e incorporar



las paleozoonosis en la discusión, es decir, evaluar qué parásitos habrían estado en condiciones de infectar al ser humano y cuál podría haber sido la patogenicidad potencial de los mismos. Desde el punto de vista arqueológico, ello significó incorporar a la disciplina el concepto que la fauna no fue sólo sinónimo de presencia de recursos alimentarios para los habitantes humanos en el Holoceno de la Patagonia, sino que también fue fuente de riesgo de enfermedades zoonóticas.

Asimismo se produjeron mejoras metodológicas para el estudio de materiales menos empleados en paleoparasitología, como los sedimentos asociados a esqueletos, los parásitos hallados en el sedimento retenido en los forámenes (o agujeros naturales existentes en ciertos huesos), los sedimentos libres hallados en sitios arqueológicos ubicados en abrigos rocosos y el primer estudio a nivel internacional en un bolo de regurgitación de ave rapaz procedente de un sitio arqueológico, entre otros. Es así como la optimización de las técnicas de extracción y de procesamiento de sedimentos arqueológicos -junto con los resultados obtenidos en coprolitos- permitió registrar hasta el presente la existencia de huevos y de quistes pertenecientes a más de 15 géneros de nematodos, a tres géneros de cestodes (gusanos aplanados dorso-ventralmente como las tenias) y a ácaros parásitos, entre otros.

Luego de examinar un elevado número de coprolitos y de sedimentos contenidos en esqueletos aborígenes de la región, se obtuvieron escasos registros de parásitos específicos de humanos, tales como oxiuros (Figura 6) y *Ascaris*. El hallazgo de numerosos huevos de oxiuros en una muestra indica algún grado de hacinamiento; en tanto que la presencia de huevos de *Ascaris* implica que al menos el ser humano estuvo en el lugar suficiente tiempo, ya que los huevos requieren varios días para desarrollarse en el suelo luego de ser depositados con la materia fecal. Por lo tanto, los escasos hallazgos de ambos parásitos son coincidentes con los registros, tanto arqueológicos como etnográficos, que señalan que los grupos humanos de la región meri-

Figura 7. Huevo de *Trichuris* sp. de heces de roedor (Santa Cruz, Cerro Casa de Piedra, 7.930 ± 130 años antes del presente).

Figura 8. Ooquiste de *Eimeria macusaniensis* de coprolito de camélido del Holoceno temprano (Santa Cruz, Cerro Casa de Piedra).



dional de la Patagonia se caracterizaron por ser de reducido número y muy móviles, con un menor contacto entre personas y con los suelos contaminados con materia fecal. Sólo se reportaron huevos del nematode *Trichuris* sp. (Figura 7), causante de la enfermedad conocida como tricocefalosis o tricuriasis, que podría corresponder a una especie zoonótica, es decir compartida con otros mamíferos del área. Sin embargo, otros nematodos, actualmente asociados con hábitos higiénicos deficientes y con la convivencia de los humanos con pequeños roedores, estuvieron representados en casi todos los esqueletos y coprolitos examinados. En muy bajas densidades, pero en numerosos coprolitos humanos y de grandes felinos -probablemente pumas- se registró la presencia de ooquistes de un protozoo de la especie *Eimeria macusaniensis* (Figura 8), parásito específico del sistema digestivo de camélidos, especialmente de *Lama guanicoe* (guanaco). Esto indicaría el consumo de vísceras de estos herbívoros por parte de los habitantes del Holoceno patagónico.

Hasta el momento, el estudio de las relaciones parasitarias en contextos arqueológicos de Patagonia ha tenido por objeto aportar información para que en el mediano plazo sea posible el estudio de la paleoepidemiología (el desarrollo de la enfermedad en poblaciones humanas antiguas) de los enteroparásitos (parásitos de ubicación intestinal) y de las zoonosis, como así también de la historia biogeográfica de parásitos y de hospedadores. También se han discutido en varias ocasiones, a partir de la información paleoparasitológica, ciertos aspectos bioculturales, tales como la higiene, el consumo de vísceras y el uso del fuego. Entre otras líneas, actualmente se continúa con la búsqueda de evidencias paleoparasitológicas en coprolitos de roedores obtenidos de sitios arqueológicos, con el fin de interpretar el posible rol de los mismos en las paleozoonosis.

El conocimiento bioantropológico es producto del estudio de los procesos bioculturales que modelan a los grupos humanos. Este conocimiento requiere cada vez más de un abordaje interdisciplinario. Debido a que en los estudios arqueológicos se presentan ciertas limitaciones para la reconstrucción de los procesos que tuvieron lugar en el pasado, los estudios realizados por investigadores de diversas disciplinas sobre un problema común, facilitan generalmente la formulación de

múltiples cuestiones y procuran la obtención de resultados que permitirán reconstruir escenarios en base a hipótesis cada vez más robustas.

El estudio paleoparasitológico actual y futuro de un mayor número de muestras, tanto de humanos como de animales, de coprolitos y de otros materiales hallados en los sitios arqueológicos, fundamentalmente mediante la obtención de registros temporales y regionales cada vez más amplios, aportará sin duda argumentos valiosos que ayuden a extender la discusión ecológica y evolutiva de las relaciones parasitarias humanas y con los animales, extintos y actuales, y que paralelamente permitan obtener información sobre aspectos bioculturales de interés acerca de las poblaciones que vivieron en los últimos 10.000 años en la Patagonia.

Lecturas sugeridas

- Araújo, A., Jansen, A. M., Bouchet, F., Reinhard, K. J. y Ferreira, L. F. 2003. Parasitism, the diversity of life, and paleoparasitology. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 98 (suppl. 1): 5-11.
- Borrero, L. A. 1977. La extinción de la megafauna: su explicación por factores concurrentes. La situación en Patagonia Austral. *Anales del Instituto de la Patagonia*. 8: 81-93.
- Fugassa, M. H. 2006. *Enteroparasitosis en Poblaciones Cazadoras-Recolectoras de Patagonia Austral*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. 276 pp.
- Fugassa, M. H., Sardella, N. H., Guichón, R. A., Denegri, G. M. y Araújo, A. 2008. Paleoparasitological analysis applied to skeletal sediments of meridional patagonian collections. *Journal of Archaeological Sciences*. 35: 1408-1411.
- Reinhard, K. J. 1992. Parasitology as an interpretative tool in archaeology. *American Antiquity*. 57: 231-245.

DESDE LA PATAGONIA

Libros premiados

PLANTAS, PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

por Ana Pedrazzini

En esta sección, inaugurada en nuestro número anterior, daremos cuenta de dos libros barilochenses premiados que tratan temáticas diversas. El primero, *Plantas de la Patagonia*, de Daniel Barthélémy, Cecilia Brion y Javier Puntieri, editado por Vázquez Mazzini, obtuvo el Premio Accésit en la Categoría Obras de Estudio y Consulta en el 21° concurso "Los libros mejor impresos y editados en Argentina", organizado por la Cámara Argentina de Publicaciones. El segundo, *Probabilidad y estadística: cómo trabajar con niños y jóvenes*, de Ana P. de Bressan y Oscar Bressan, recibió el Premio Fundación El Libro al "Mejor Libro de Educación", 2008, en la categoría Obra Práctica de las Jornadas Internacionales de Educación de la Feria del Libro de Buenos Aires. Entrevistamos a los autores y sus opiniones son presentadas a continuación en una nota, en el caso del libro *Plantas de la Patagonia*, y en una entrevista, en el caso de *Probabilidad y estadística*.

Un libro sobre la flora de la Patagonia argentina y chilena

Plantas de la Patagonia es el resultado de un trabajo en conjunto entre los tres autores, Daniel Barthélémy, Cecilia Brion y Javier Puntieri, que se remonta, indirectamente, hacia principios de los '90, cuando Cecilia Brion, investigadora y docente de la Universidad del Comahue, estableció contacto con Daniel Barthélémy, especialista en botánica tropical, morfología y arquitectura de las plantas, para invitarlo a un congreso de botánica que se organizó en el Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB). A partir de allí se concretó un convenio de cooperación con el Laboratorio de Modelización de Plantas del CIRAD - Montpellier (Francia)- y los integrantes del grupo de investigación viajaron para realizar su formación en el mismo, bajo su dirección. Desde 1993 y hasta la fecha, se han sucedido numerosos proyectos en colaboración, centrados en esta rama de la botánica, la arquitectura de plantas, que se interesa en desarrollar



Estrella de los Andes (*Perezia pedicularidifolia*)

Foto: D. Barthélémy



Muermo, Ulmo (*Encryphia cordifolia*)

Foto: D. Barthélémy

modelos estructurales sobre la morfología de las plantas y su crecimiento.

Los autores argentinos ya habían publicado un libro sobre la flora de Puerto Blest, pero el propósito esta vez fue apuntar a un público bien amplio, organizando el libro por familias grandes de especies -95 en total- y no abundar en características específicas sino brindar información más práctica. Por otro lado, una particularidad de esta obra es que cubre toda la región patagónica de Argentina y Chile, y no sólo una pequeña zona dentro de ésta, como la gran mayoría de los libros publicados.

Los tres autores participaron en cada etapa de la elaboración de la obra. En particular, tanto los dibujos de las plantas como la traducción del texto al inglés fueron realizados por Javier Puntieri, en tanto que Daniel Barthélémy sacó las 500 fotografías publicadas, que corresponden a más de 400 especies. Este último es también un fotógrafo naturalista para la agencia francesa *Biosphoto*, especialista en imágenes de la naturaleza y el medio ambiente.

La conservación de la flora patagónica

Para los autores, la labor de Parques Nacionales es fundamental para preservar la flora y fauna de la región. Sin embargo, advierten sobre la introducción, especialmente en el pasado, de especies exóticas –tanto

de animales como plantas- que ponen en riesgo la diversidad de la flora autóctona. En la isla Victoria, por ejemplo, en el lago Nahuel Huapi, la presencia de los ciervos colorados es muy dañina porque comen y pisotean plantas, dificultando la renovación de las mismas. En Tierra del Fuego, los bosques se vieron muy afectados por la poda, la llegada de vacas, conejos y castores. En cuanto a las especies vegetales introducidas, Javier Puntieri señala que “lo más peligroso son las leñosas que crecen de gran tamaño, como la retama, la rosa mosqueta y el pino oregón, ya que son tan densas que llenan el espacio y no dejan que crezca nada abajo”. “Hay que tener una política más estricta”, asegura, al mismo tiempo que admite que controlar especies tan esparcidas es extremadamente difícil.

RESEÑA

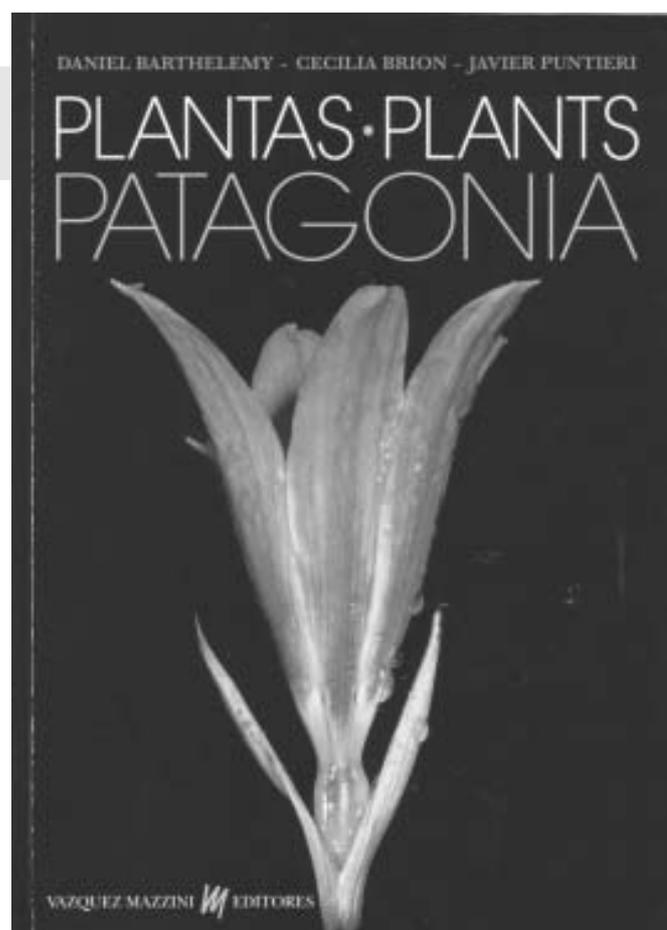
Plantas de la Patagonia - Plants of Patagonia

Daniel Barthélémy, Cecilia Brion y Javier Puntieri. 2008. ISBN 978-987-9132-17-3. Vazquez Mazzini Editores. Buenos Aires, Argentina. 240 pp. En castellano con traducción al inglés, incluyendo cerca de 500 fotografías a color y 80 ilustraciones en blanco y negro.

Reseña realizada por Cecilia Ezcurra

Dra. en Ciencias Biológicas, Univ. de Buenos Aires. INIBIOMA, CONICET. Centro Regional Universitario Bariloche, Univ. Nac. del Comahue, Argentina. cezcurra@crub.uncoma.edu.ar

Los autores de este libro, Daniel Barthélémy, investigador del *Institut National de la Recherche Agronomique* de Francia, Cecilia Brion y Javier Puntieri, docentes e investigadores de la Universidad Nacional del Comahue, tienen en común un gran interés por las plantas de la Patagonia, la porción más austral del continente americano. Después de muchos años de trabajar en colaboración, de recorrer esta región, y de estudiar y fotografiar cientos de especies, han logrado publicar un atractivo libro que resume información que será apreciada por un amplio espectro de lectores, desde el docente, el alumno, el viajero o el científico, hasta cualquier persona que aprecie las plantas silvestres de la Patagonia y los lugares donde crecen.



El texto de este libro, en castellano e inglés, empieza con una introducción que trata acerca de qué son las plantas y cuáles son sus características morfológicas y formas de reproducción. Posteriormente se comenta en esta sección la historia de la exploración botánica en la Patagonia y se describe la diversidad de su flora.

Además se definen sus límites y se trata el variado clima de la región, ilustrándolo con un mapa de los principales tipos de vegetación y climatogramas de Valdivia, Bariloche, Trelew, Punta Arenas y Ushuaia.

La siguiente sección del libro describe los tipos de vegetación de la Patagonia. Esta sección está ilustrada con 33 magníficas fotografías de los ambientes, incluyendo bosques deciduos y perennifolios, estepas, turberas y mallines. Muestra también ambientes periglaciares y altoandinos, e imágenes de cumbres, ríos, cascadas y lagos. Muchos de estos ambientes están dominados por árboles emblemáticos, como el ciprés de la cordillera, el alerce andino, la araucaria, y varias especies de *Nothofagus* incluyendo coihue, ñire, lenga y guindo. En esta parte se comenta sobre el origen antiguo de las plantas nativas de la Patagonia y sobre la reciente invasión de especies exóticas provenientes de otras regiones. También se describen las estepas orientales áridas, los distintos tipos de bosques andino-patagónicos del oeste y el ecotono entre ambas. Esta sección termina con un análisis sobre los nombres de las plantas en el que se explica el porqué de los nombres científicos en latín y cómo se forman.

A continuación empieza la sección más importante del libro, donde se describen características de las 95 principales familias de plantas de la Patagonia, incluyendo su distribución, número de especies, formas de vida y usos. Las familias están ordenadas alfabéticamente dentro de los grandes grupos taxonómicos tradicionales, es decir helechos, coníferas, dicotiledóneas y monocotiledóneas. Cada familia incluye además descripciones de las especies patagónicas más conocidas o llamativas, con sus nombres vulgares, distribuciones, características distintivas, ambientes en los que se encuentran y usos medicinales, ornamentales, alimenticios, etc.

Cada una de las especies está ilustrada con excelentes fotografías que permiten identificar fácilmente una gran cantidad de plantas de la región. Por ejemplo, la familia de las Asteráceas o Compuestas incluye 40 imágenes de 30 especies nativas conspicuas como la mutisia, la pegajosa, la chilca, el huaturo, la colapiche, el palosanto y varias otras, así como también de algunas exóticas frecuentes como el diente de león.

Hay fotos de plantas bellísimas, como el majestuoso ulmo con sus grandes flores blancas, o las ortigas bravas, con pétalos y estambres que parecen de cristal coloreado. También llaman la atención las coloridas fotos de los ajos del diablo y las imágenes de las complicadas orquídeas. Un comentario especial merecen las llamativas fotos de las numerosas plantas de flores rojas del bosque valdiviano, como el notro, el tabaco del diablo, el copihue, el coicopihue, el quintral, el taique, la fuchsia, la botellita, la estrellita y la monedita, en general polinizadas por picaflores.

El libro termina con un glosario ilustrado de términos botánicos, un índice de familias, géneros y nombres comunes, y un listado de bibliografía relacionada con el tema. Además, esta sección final incluye una enumeración de todos los nombres científicos y comunes de las cerca de 400 especies de plantas de la Patagonia que abarca el libro.

Es destacable que la editorial Vázquez Mazzini acaba de ganar el Premio Accésit en la Categoría Obras de Estudio y Consulta por PLANTAS DE LA PATAGONIA en el 21° Concurso «Los libros mejor impresos y editados en Argentina», organizado por la Cámara Argentina de Publicaciones. Este premio, que se otorga a los libros mejor editados en nuestro país, habla del trabajo minucioso y creativo realizado en equipo entre los autores y los editores, para lograr esta obra de excelente calidad, magníficamente ilustrada con cerca de 500 fotografías y 80 dibujos.



Foto: D. Barthélémy

Copihue (*Lapageria rosea*)

“FALTA UN AGGIORNAMIENTO DE LA ESCUELA A LA MIRADA DE LA NUEVA MATEMÁTICA”

Entrevista realizada por Ana Pedrazzini

Desde la Patagonia dialogó con los autores de *Probabilidad y estadística: cómo trabajar con niños y jóvenes*, Ana P. de Bressan y Oscar Bressan. Ella es profesora de Matemática y coordinadora de los Contenidos Básicos Comunes de Matemática. Se ha desempeñado además en distintas oportunidades como consultora y redactora de los Currículos de Matemática para la Educación Primaria y EGB. Él es doctor en Física y trabajó como docente del Instituto Balseiro (Bariloche), y fue Rector de la Universidad del Comahue entre 1986 y 1990. Ambos integran el Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática (ver recuadro).

Desde la Patagonia (DLP): ¿Cuál fue el objetivo y las motivaciones para escribir este libro?

Ana de Bressan (AB): Oscar siempre fue un amante de los desafíos, de los problemas de ingenio y de todo lo que tenga que ver con la matemática un poco lúdica. Y yo por otro lado, veía la necesidad hace mucho tiempo ya, de incorporar en la escuela aspectos de probabilidad y estadística porque hoy hacen a la formación del ciudadano. Entonces decidimos hacer un libro juntos. Yo me dediqué más a la parte didáctica, a la forma de expresión, para que sea más familiar, más próxima al docente. Y Oscar trabajó con más rigurosidad la parte matemática. En realidad no hay muchos libros de probabilidad y estadística para maestros y la idea fue que se dirigiese al que se inicia en conocimientos de esta rama de la matemática.

DLP: ¿Por qué tarda en aparecer la estadística y la probabilidad en la formación escolar?

Oscar Bressan (OB): Eso es raro porque los censos ya son nombrados por los romanos y también en la Biblia. Eran necesarios para tener una idea de dónde estaban parados. Todo el manejo de censos es a través de la estadística. La probabilidad entró más tarde aunque una y otra están muy relacionadas. Una persona definió la política como lo que trata de llegar a ser, y al censo, como una evaluación sobre lo que está hecho. Llama la atención entonces que siendo disciplinas que se generaron por necesidades sociales, y que hoy en día están en todas partes, se haya tardado tanto en incorporar la estadística y la probabilidad a

la escuela. Cuando se quiere saber qué incidencias tiene un remedio en la salud, se hacen trabajos estadísticos. Lo mismo pasa si se quiere saber cómo está la población, si hay o no trabajo...

DLP: El atraso en incorporar estas ramas de la matemática a la educación primaria y secundaria, ¿tiene que ver con la dificultad en enseñarlas?

OB: A través de lo lúdico, no es un tema difícil. La probabilidad se trabaja con un dado, una carta, una moneda. No necesita operaciones complicadas. El conteo es la base de la estadística.

AB: Recién ahora hay atisbos de introducir temas dentro de la enseñanza a los docentes en primaria. Los docentes de secundaria hacen un tratamiento de la estadística pero está muy basado en fórmulas, es decir, se va muy rápido a la parte de simulación y formalización matemática. Se dedica poco tiempo a la reflexión sobre los fenómenos que implican la estadística o la probabilidad. Hay mucha teoría y poca experiencia y debería ser al revés. Es el gran escollo.

OB: Hay otro tema y es que el mundo de las probabilidades nació 400 años atrás asociado a los juegos: los individuos que jugaban querían saber cuánto ganaban y cuánto perdían. Y esto un poco la descalificó como actividad.

AB: Hay una inercia en la escuela, donde la división de dos cifras tiene una supremacía absoluta. La aritmética es el centro, y una aritmética medio perimida porque lo que hay que enseñar es el concepto de las operaciones y distintos caminos para llegar a ella. Para los cálculos están las calculadoras. No podemos quedarnos como que el obstáculo esencial es, o la división o la fracción, sin mirar otras formas de la matemática. En la época de la Revolución Industrial, se necesitaba mucho cálculo para la parte comercial y no había instrumentos entre el ser humano, el lápiz y el papel. Pero hoy están las computadoras. Entonces deberíamos agilizar un poco ciertos contenidos.

DLP: ¿Qué es lo que hace que no se pueda avanzar en los contenidos?

AB: Yo creo que fundamentalmente la formación de los docentes. Se tiene que romper con concepciones que están muy divulgadas en el ambiente social y que

el maestro tiene que repensarlas para él mismo y reflexionar cómo hacer para que el alumno las repense también. Eso exige un conocimiento de la materia, de los conceptos, y hay que dedicarle tiempo en los institutos de formación. Pero en una escuela inciden otros factores. Los tiempos escolares a veces no son los necesarios y luego están las necesidades sociales que trae el chico. Es un fenómeno bastante complejo el que se está dando en la escuela pero falta un *aggiornamento* de la escuela a la mirada de la nueva matemática, a su forma de enseñarla, aprenderla, a la implementación de recursos tecnológicos.

OB: Hay que entender que de algún modo la enseñanza de la matemática debe ser dinámica en función de las necesidades de la sociedad. El algoritmo era muy importante cuando no existían ni calculadoras ni computadoras, entonces para hacer operaciones muy complejas se trabajaba con logaritmos. Esto fue hasta hace 50 años un tema de trabajo.

DLP: ¿Cómo ven la enseñanza de la matemática a nivel universitario?

OB: En general los requerimientos están más o menos dados a nivel global. Un ingeniero es un ingeniero en Brasil, Estados Unidos, Argentina o Francia. Es interesante lo que ha pasado en España porque cuando entraron al Mercado Común Europeo, tuvieron que aumentar el nivel porque una persona recibida en Londres o Roma podía trabajar en España. Esto impuso e impone un cierto nivel de calidad internacional.

En estos momentos, la universidad argentina no está en los mejores niveles del mundo. La mejor universidad es la de Buenos Aires y está después del 150° lugar en el ranking de universidades. La Argentina necesita trabajar fuerte para levantar el nivel.

DLP: ¿Cree que hay una política del gobierno orientada hacia este objetivo?

OB: Hay problemas que son preocupantes. Uno de ellos es que la Argentina no está ni siquiera formando la cantidad de gente que necesita, pero además, como eso está pasando en todos los lugares del mundo, vienen de afuera y se llevan chicos de buen nivel. De 30 chicos, van dos a ingeniería. Y en la Argentina, de cada 100 que ingresan, se reciben diez o veinte. El nivel de deserción es muy grande.

AB: Acá entiendo que se han dado becas del Ministerio de Nación para chicos que quieran seguir carreras vinculadas a las ingenierías. Eso también se está haciendo en países como Japón y Estados Unidos.

DLP: ¿Tienen proyectado otro trabajo conjunto?

AB: Puede ser una continuación de este libro, por ejemplo, para escuelas secundarias, porque éste fue pensado para docentes de escuelas primarias y primeros años de la escuela secundaria. Siempre se trató de conectar aspectos que sean de la cotidianeidad y se procuró ir paso a paso y comentar lo obvio, para algunos, pensando en la persona que desconoce la materia.

RESEÑA

Probabilidad y estadística: cómo trabajar con niños y jóvenes

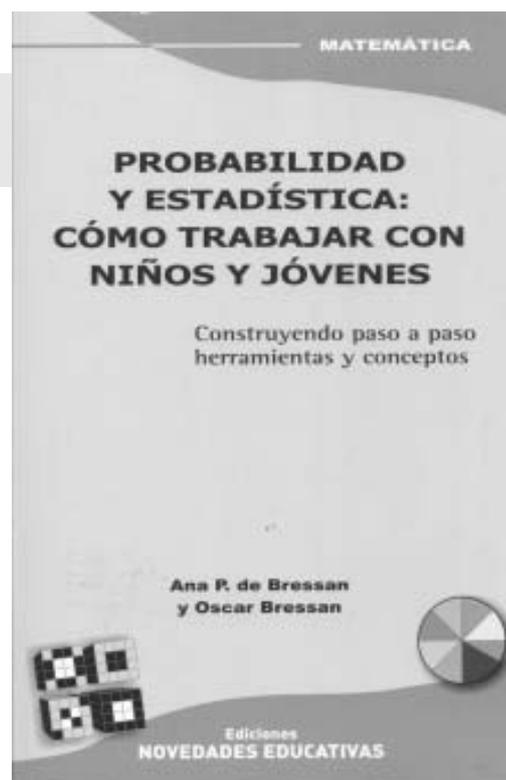
Ana P. de Bressan y Oscar Bressan. 2008. ISBN 978-987-538-220-6.

Ediciones Novedades Educativas. Buenos Aires, Argentina. 216 pp.

Reseña realizada por Gilda Garibotti

Centro Regional Universitario Bariloche, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.

Este libro es una excelente introducción a los conceptos básicos de probabilidad y estadística para docentes de nivel primario y educación básica. Dada la importancia que ha tomado la estadística en la vida cotidiana, muchos educadores impulsan la introducción de nociones de probabilidad y estadística en los currículos escolares y este libro será de gran utilidad para todo aquél que quiera comenzar a dictar estos temas.



El texto presenta los conceptos de manera muy clara y brinda al docente ejemplos basados en situaciones de la vida real y problemas que sus alumnos pueden poner en práctica. A través de los ejemplos, el docente podrá guiar a sus alumnos para que por sí mismos puedan aprehender las nociones de azar, frecuencia, probabilidad, y construir las herramientas de la estadística: recopilación de datos, métodos gráficos y numéricos de resumir la información de un conjunto de datos.

El libro empieza introduciendo el concepto de hechos previsible e imprevisible y predicción y remarca los ejes principales de estudio de la probabilidad y la razón de su importancia. Luego introduce la noción de conjunto de datos, menciona las etapas del trabajo estadístico y destaca la diferencia entre probabilidad y estadística. Los ejemplos de estos capítulos resultan muy valiosos para que los lectores que tengan una formación matemática, perciban las importantes diferencias entre la estructura matemática y la forma de pensamiento en el área de la estadística.

Luego de introducir mediante ejemplos las nociones de suceso, frecuencia y equiprobabilidad, los autores abordan más formalmente la noción de probabilidad. A partir de allí, se recorren los tópicos usuales de probabilidad: sucesos independientes y excluyentes, cómo contar resultados posibles de un experimento, suma de probabilidades de eventos excluyentes, probabilidad de la intersección de eventos y por último, se muestra cómo graficar probabilidades.

Los últimos capítulos del libro tratan temas de estadística: población y muestra, recolección de datos, métodos gráficos y numéricos de resumir datos y la curva de Gauss.



Gentileza de A. y O. Bressan

La corriente llamada "Matemática Realista" adopta una perspectiva fenomenológica y mantiene una estrecha relación con la realidad que vive el sujeto.

Una constante en el libro es que todos los temas son tratados mediante ejemplos muy didácticos que no sólo ponen el énfasis en la noción de probabilidad o estadística que se está estudiando sino también en la realidad del problema. Un análisis de datos por medio de métodos estadísticos es un problema integral donde no se puede confiar sólo en los números sino que hay que tener siempre en cuenta la realidad completa (sea esta de índole biológico o físico, etc.) de la situación de la cual dan cuenta las observaciones.

Si bien el libro está principalmente dirigido a educadores, puede resultar de interés para aquellos que tienen inquietudes en estos temas. Entre otros ejemplos atractivos para el público general, el libro incluye una descripción acerca de cómo se mide el rating de los canales de televisión. Es de destacar que el libro no requiere conocimientos previos de probabilidad y estadística ni de matemática y no incluye fórmulas ni notación matemática.

Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática

El Grupo Patagónico de Didáctica de la Matemática pertenece a la Fundación Grupo de Educación Bariloche y está integrado por docentes que manifestaron interés por estudiar la problemática de la enseñanza de la matemática en la escuela, buscando producir y dar a conocer prácticas eficaces de enseñanza.

Fue creado en el año 2000 por la Profesora Ana de Bressan y la Doctora Betina Zolkower, en aquel entonces profesora del Departamento de Educación Elemental del City College de Nueva York, especialista en didáctica de la matemática en la línea de la "Educación Matemática Realista". Esta corriente adopta una mirada fenomenológica y en palabras de Ana de Bressan, "tiene como principal fundamento partir de la realidad que vive el sujeto hasta hacer que la matemática forme parte de esa misma realidad. El chico tiene herramientas para actuar sobre esta realidad, de modo que no le vienen impuestas. Suele dar buenos resultados con chicos que tienen menos desarrollado el pensamiento analítico y que se comportan de forma más intuitiva".

El grupo cuenta con un sitio web (www.gpdmatematica.org.ar), donde pueden encontrarse actividades destinadas a padres y docentes para compartir con niños de distintas edades.

TRANSISTORES MOLECULARES

Avances y desafíos en el camino a construir una electrónica a escala molecular

Pablo S. Cornaglia

Sesenta años después de su nacimiento, los transistores han pasado a formar parte de nuestra vida cotidiana y han revolucionado nuestra manera de comunicarnos y de trabajar. Son una parte fundamental de los teléfonos celulares, computadoras, cámaras de fotos y virtualmente de todos los aparatos electrónicos. Un esfuerzo tecnológico constante ha logrado reducir cada dos años el tamaño y costo de un transistor a la mitad, aumentando la velocidad de los circuitos electrónicos y haciéndolos accesibles a un número cada vez mayor de personas. Sin embargo, si se continúa al ritmo actual, en pocos años éstos alcanzarán un tamaño límite, por debajo del cual será imposible su utilización de acuerdo con los principios de funcionamiento actuales. La única alternativa posible para superar esta barrera parece ser un cambio de paradigma. En lugar de reducir el tamaño de los transistores de silicio actuales como se ha hecho hasta ahora (esto es, ir de lo grande a lo pequeño), una posibilidad es comenzar con los elementos más pequeños, los átomos o las moléculas, y construir nuevos dispositivos electrónicos a partir de los mismos (ir de lo pequeño a lo grande). Recientemente se ha logrado crear transistores a partir de una sola molécula y, aunque éstos están aún en etapa de desarrollo y actualmente sólo funcionan a muy bajas temperaturas, ofrecen una gran variedad de posibilidades para la creación de nuevos dispositivos y para comenzar a construir la electrónica del futuro.

¿Qué es un transistor?

El transistor es el componente básico de la electrónica y su función es como la de un interruptor que enciende y apaga la luz de una lámpara. En lugar de tener una tecla, como en un interruptor hogareño, la corriente eléctrica se activa o corta a partir de señales eléctricas (ver apartado: ¿Cómo funciona un transistor?). Esta posibilidad de los transistores de estar en dos estados, encendido (1) o apagado (0), permite el tratamiento (binario) de la información en computadoras. Los transistores son entonces los bloques de construcción de los microprocesadores, que son el cerebro de las computadoras.

La historia del transistor comienza en 1945 cuando la compañía de comunicaciones Bell le encarga al físico estadounidense William Shockley desarrollar un dispositivo para reemplazar las válvulas de vacío utilizando materiales semiconductores. Éste forma un grupo de científicos que recluta de las mejores universidades. Entre ellos estaban el físico teórico John Bardeen y el experimental Walter Brattain, a quienes Shockley encarga encontrar el problema de un diseño suyo fallido. Bardeen y Brattain trabajan muy bien juntos y en menos de dos años diseñan y fabrican el primer transistor a partir de un cristal de germanio. La patente del nuevo descubrimiento quedó a nombre de Bardeen y Brattain lo que enfureció a Shockley que, si bien era el jefe del grupo, no había participado directamente en la investigación. Esto lo motivó a trabajar sin descanso en un nuevo diseño y en 1951 presentó el *transistor de juntura*, que superaba varios inconvenientes del primer diseño. En 1956 los tres recibieron el premio Nobel. Bardeen siguió trabajando en investigación científica y en 1972 recibió un segundo premio Nobel por la teoría de la superconductividad. Shockley decidió buscar aplicaciones para el transistor y fundó en 1957 la primera compañía del Silicon Valley. Ninguno de sus colaboradores de la Bell quiso acompañarlo pero nuevamente logró conseguir gente de las mejores universidades. Shockley tenía un carácter muy complicado y estaba convencido de que sus empleados complotaban contra él. Como resultado, un año más tarde ocho de sus empleados se fueron, dos de los cuales fundarían más tarde la compañía de microprocesadores Intel®, que es actualmente la líder mundial en esa tecnología.

Palabras clave: transistor, electrónica molecular, nanotecnología.

Pablo Sebastián Cornaglia

Dr. en Física, Instituto Balseiro, Argentina. Investigador del CONICET, Centro Atómico Bariloche. Docente del Instituto Balseiro, Argentina.
pablo.cornaglia@cab.cnea.gov.ar

Recibido: 02/06/2009. Aceptado: 16/10/09

La creación del transistor provocó una revolución porque éste superaba las principales falencias de su antecesor, la válvula, que era frágil, lenta, tenía un alto consumo de energía y un tamaño mucho mayor. A partir de la aparición del transistor, los avances y las aplicaciones se han multiplicado a un ritmo vertiginoso.

Así por ejemplo, sería imposible construir un teléfono celular sin transistores. Si se quisiera hacer uno a partir de válvulas, su tamaño sería mayor al del obelisco de Buenos Aires y consumiría tanta electricidad como una ciudad pequeña.

¿Cómo funciona un transistor?

Los transistores son usualmente fabricados a base de *silicio*, un material semiconductor que forma parte de la arena de los desiertos y es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. Las propiedades eléctricas del silicio cristalino puro son similares a las de un aislante, como la madera, el vidrio o el plástico, pero es posible modificarlas agregando átomos de ciertos elementos químicos.

El estado de los electrones en el silicio es análogo al de autos en una autopista en la cual uno de los carriles está vacío y el otro está completamente lleno, generando un embotellamiento (ver Figura 1). En esas condiciones los autos no pueden moverse y la circulación está bloqueada. Si se pasa un auto del carril lleno al vacío, los autos pueden desplazarse nuevamente en ambos carriles. En el carril superior el auto está libre de moverse normalmente. En el carril inferior se genera un hueco y los autos pueden avanzar una posición llenando el hueco cada uno a su turno, lo que hace al hueco moverse en el sentido contrario.

En el silicio, el carril inferior se llama *banda de valencia* y el superior, *banda de conducción*. Es posible hacer pasar electrones de la banda de valencia a la de conducción aumentando la temperatura del material y de esa forma su conductividad eléctrica. Otra posibilidad es agregar impurezas atómicas. Cuando se le agregan átomos de *boro* al silicio, se crean huecos en la banda de valencia que se comportan como si fueran electrones con carga positiva y por eso se le llama silicio tipo p (por positivo). El silicio con átomos de *fósforo* es tipo n (de negativo) porque tiene electrones libres de desplazarse en la banda de conducción. Una vez agregadas estas impurezas, el material puede conducir electricidad.

Si se conecta silicio-n con silicio-p, los electrones fluyen a través de la unión entre los dos materiales

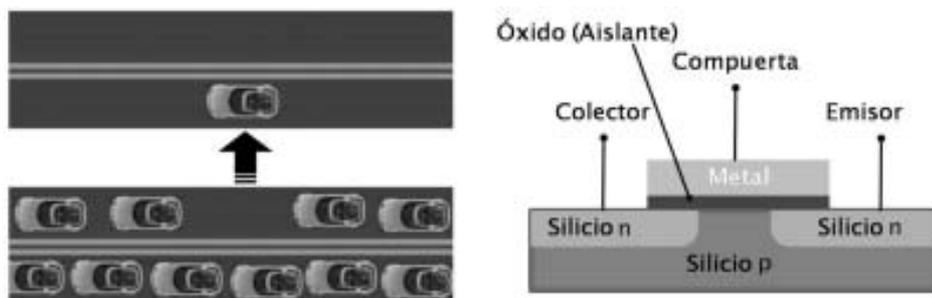
de la zona n a la p y se compensan los electrones del silicio-n con los huecos del silicio-p cerca de la interfaz. Esa región queda entonces sin portadores de carga (sin electrones ni huecos) y funciona como una barrera (un aislante) para el paso de más electrones entre los dos materiales. Es decir, el diodo puede conducir electricidad solamente en un sentido.

Si se unen ahora tres materiales haciendo un "sandwich" n-p-n, la corriente estará bloqueada en ambas direcciones porque eso equivale a conectar dos diodos opuestos (ver Figura 1).

Ésa es la base de un transistor, y el truco para que funcione como un interruptor es acercar (pero no conectar) un terminal adicional (llamado de compuerta) a la región central de silicio p. En la práctica eso se hace colocando un material aislante entre el electrodo y la región de silicio p. Si se aplica un potencial positivo a ese terminal, los electrones son atraídos hacia él y se genera una zona rica en electrones libres (como si se tratara de silicio-n) en el silicio-p. Esa zona funciona entonces como un canal que permite el paso de los electrones a través del sandwich.

Los transistores tienen entonces tres terminales: el emisor y el colector, que están conectados cada uno a una tapa de silicio-n del sandwich, y el de compuerta, que está acoplado (pero no conectado) a la región central, y con el cual se puede controlar el paso de la corriente entre el emisor y el colector (ver Figura 1). Una cualidad indispensable en un transistor es la posibilidad de tener una ganancia: la potencia eléctrica necesaria para encenderlo es menor a la que se activa. De esa manera se puede amplificar una señal.

Figura 1. Izquierda: el comportamiento de los electrones en un semiconductor es análogo al de autos en una autopista con un carril lleno y otro vacío. Derecha: esquema de un transistor semiconductor.



Pablo S. Cornaglia

TRANSISTORES MOLECULARES

Una de las primeras aplicaciones de los transistores fue la radio Regency® TR-1 que salió a la venta en 1957, tenía 4 transistores y costaba 50 dólares de la época, lo que equivaldría a 370 dólares actuales. En comparación, el ipod nano® (que permite ver videos y escuchar música), que estéticamente y en tamaño es muy parecido a las radios Regency, tiene miles de millones de transistores y cuesta 170 dólares. Esto da una idea del rápido avance en la miniaturización, que permite integrar miles de millones de transistores donde antes sólo entraban unos pocos.

Ley de Moore

En 1965 Gordon Moore (cofundador de la corporación Intel®) hizo la predicción, basada en la evolución de la electrónica en esa época, que el tamaño y el precio de los transistores en los circuitos integrados basados en silicio se iba a dividir por dos cada dos años. Esta predicción, que se cumple desde entonces, es conocida como la ley de Moore e implica un avance muy rápido (ver Figura 2). Si la industria de la aviación hubiera seguido la misma evolución que la electrónica, un viaje entre Nueva York y París, que en los años setenta costaba 900 dólares y duraba nueve horas, costaría ahora menos de un centavo y duraría menos de un segundo.

Debido a esta constante miniaturización, los transistores han alcanzado la escala nanométrica y algunas de sus partes ya son menores a 45 nanómetros (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro, es decir que entran tantos nanómetros en un milímetro como milímetros en un kilómetro). La tecnología actual permite poner más de 2.000 transistores en el ancho de un pelo humano y esto ha hecho posi-

ble crear microprocesadores con más de mil millones de transistores.

Para llegar a esos tamaños ha sido necesario superar numerosas dificultades, crear nuevas técnicas y diseñar nuevos materiales realizando enormes inversiones en investigación y desarrollo. Si la ley de Moore continúa siendo válida, en la próxima década los transistores llegarán a tener estructuras inferiores a los 10 nanómetros. (ver Figura 2, derecha).

A esas escalas tan pequeñas, la mecánica cuántica, que gobierna el comportamiento de los electrones, tiene un rol cada vez más importante. En particular, comienza a ser posible para los electrones saltar la barrera aislante entre el contacto de compuerta y la región central de un transistor (ver apartado: ¿Cómo funciona un transistor?) destruyendo de esa manera la información sobre el estado encendido o apagado del mismo. Para la tecnología actual basada en silicio, algunos efectos cuánticos plantean entonces serios problemas que no pueden ser resueltos perfeccionando los materiales, como se ha hecho en el pasado. Es indispensable entonces buscar alternativas que permitan aprovechar los efectos cuánticos. Una posibilidad es crear circuitos basados enteramente en las leyes de la física cuántica. Esto implica un cambio total en la manera de diseñar las computadoras y los programas que funcionan en ellas, y se ha dado a llamar computación cuántica.

Otra posibilidad es crear dispositivos nuevos con propiedades similares a aquellos basados en silicio, pero que sean más pequeños y que saquen provecho de las propiedades cuánticas. En esto último se concentra principalmente la electrónica molecular.

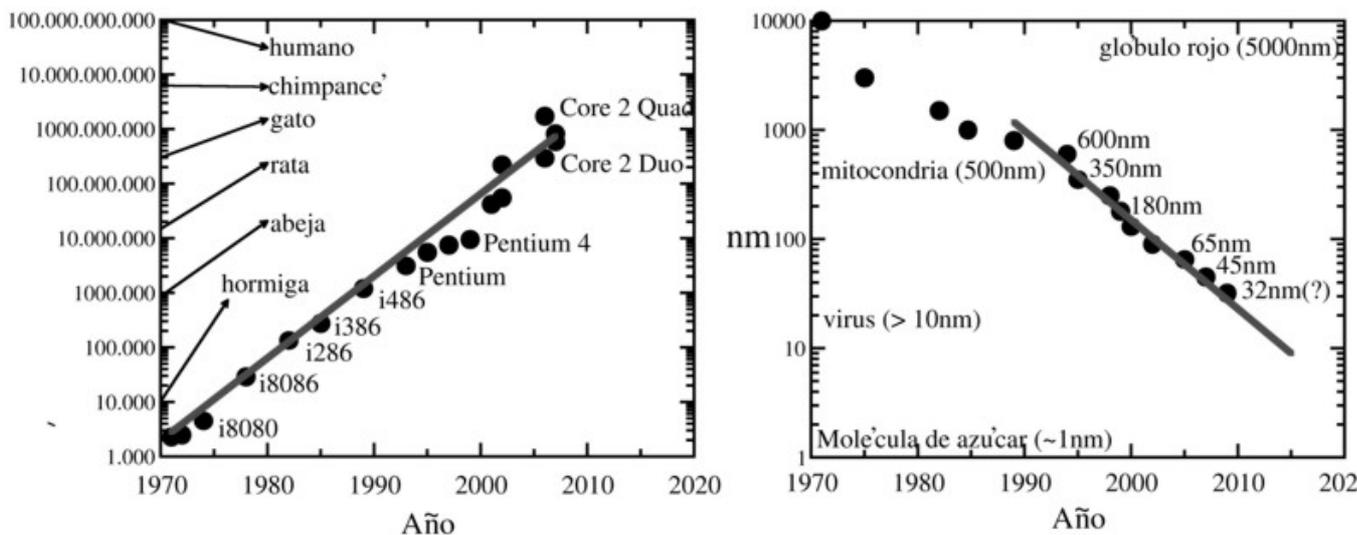


Figura 2. Izquierda: Número de transistores en los microprocesadores de Intel® de 1970 a la actualidad. La línea indica el crecimiento predicho por la ley de Moore. Se indica asimismo el número de neuronas del cerebro de diferentes animales. Aunque se puede comparar el número de elementos constitutivos de un transistor y un cerebro, esto no tiene implicancias directas con la inteligencia ya que, entre otras cosas, la red que forman las neuronas en un cerebro es mucho más compleja que la de un microprocesador. Derecha: tamaño de las estructuras más pequeñas de los transistores. A título indicativo se presentan diferentes objetos con sus tamaños típicos.

Transistores moleculares

La *electrónica molecular* busca desarrollar un reemplazo de tamaño molecular para los dispositivos semiconductores actuales. Utilizando moléculas de dimensiones inferiores a un nanómetro se podría aumentar más de mil veces el número de componentes en un circuito integrado. Recientemente se ha logrado construir transistores moleculares en los cuales se conecta una molécula entre dos electrodos metálicos, *emisor* y *colector*, y se utiliza un tercer electrodo como *compuerta* (ver Figura 3). La corriente que circula entre el emisor y el colector puede ser alterada modificando las propiedades de la molécula con el electrodo de compuerta. En estos transistores, el elemento activo es una molécula, por lo que el comportamiento electrónico es cualitativamente diferente al de sistemas macroscópicos y no puede ser deducido a través de una simple ley de escala del comportamiento de estos últimos. El confinamiento electrónico, las interacciones en la molécula y el acoplamiento de los electrones a las vibraciones moleculares dan lugar a una rica variedad de fenómenos físicos. En lo que sigue, para simplificar el análisis, se consideran dispositivos a temperaturas muy bajas (más estrictamente el cero absoluto: 0 grados Kelvin o 273,15 grados centígrados bajo cero). Sin embargo, dicho caso da una idea cualitativa de lo que sucede a temperaturas mayores.

Para comprender el transporte a través de una molécula, es necesario analizar primero cómo se comportan los electrones en ella. Niels Bohr presentó en 1913 una teoría, precursora de la mecánica cuántica, según la cual los electrones realizan órbitas alrededor del núcleo del átomo indicando que sólo algunas órbitas están permitidas y que cada una tiene una energía bien definida. Aunque su teoría fue más tarde mejorada, sirve para hacerse una idea cualitativa de lo que sucede con los electrones tanto en átomos como en moléculas. Los electrones sólo pueden estar en ciertos *orbitales* que tienen una energía bien definida. Esta *cuantización* de los niveles de energía electrónicos en

una molécula tiene consecuencias directas para el paso de los electrones a través de la misma.

En la Figura 3 (al centro) se presenta un esquema donde se indican con líneas horizontales los niveles de energía electrónicos asociados a los orbitales de una molécula, y con flechas los electrones que los ocupan. Una molécula aislada tiene un número de electrones N que se reparten entre los orbitales moleculares de manera tal que los orbitales que tienen las energías más bajas se llenan primero. Una restricción importante es la que impone el principio de exclusión de Pauli, que implica que puede haber hasta dos electrones en cada orbital.

Los metales que sirven de electrodo también tienen estados cuánticos con sus respectivas energías. Mientras que en la molécula los niveles de energía están en general bien separados, en los metales hay una densidad mucho mayor de niveles. Nuevamente, los niveles de más baja energía son los que van a estar ocupados. La energía del último nivel ocupado (el de más alta energía) es comúnmente llamada *energía de Fermi*. Los electrodos son como dos mares llenos de electrones hasta cierto nivel (el nivel de Fermi). El transistor molecular funciona como un sistema de vasos comunicantes, de modo que si se aumenta el nivel de llenado del electrodo emisor, los electrones van a fluir pasando por la molécula hacia el colector hasta que se igualen los niveles.

Supongamos que se quiere pasar un electrón del emisor al colector en el transistor. Es necesario entonces sacarlo de un nivel ocupado del emisor, ponerlo en un orbital desocupado de la molécula y de ahí pasarlo a un nivel desocupado del colector. Eso parece siempre posible, sin embargo hay una restricción muy importante que no hemos mencionado aún: la conservación de la energía. Para que se conserve la energía, el electrón que sacamos de un nivel del emisor tiene que terminar en un nivel que tenga la misma energía en el colector. Eso sólo es posible para un electrón que está exactamente en el nivel de Fermi ya que todos los

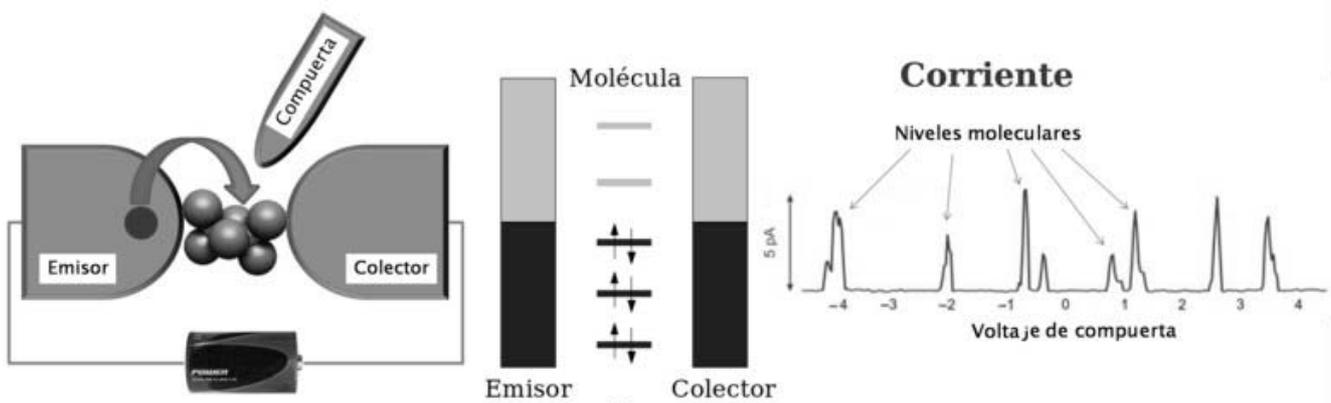


Figura 3. Izquierda: transistor molecular, los electrones saltan a la molécula desde el emisor. Centro: niveles de energía de la molécula y de los electrodos. Las flechas representan electrones ocupando los orbitales moleculares. Derecha: corriente a través de la molécula en función del voltaje de compuerta.

Ley de Ohm y cuantización de la conductancia

La corriente a través de un metal como el cobre o el oro satisface la ley de Ohm

$$I = V/R,$$

donde V es la diferencia de potencial (el voltaje que se aplica) entre los extremos del conductor y R es la resistencia. La resistencia a su vez depende de la geometría del conductor y de la resistividad ρ , una propiedad intensiva que caracteriza al material

$$R = \rho L/A,$$

donde L es la longitud del cable y A el área de su sección transversal.

La pregunta que uno se puede formular es: ¿Si se redujesen las dimensiones del conductor, seguirían siendo válidas estas relaciones? Notablemente, la primera relación (bajo ciertas condiciones) continúa siendo válida en sistemas como las moléculas. Sin embargo, la segunda relación no lo es. Se puede demostrar y se ha observado experimentalmente que la resistencia al paso de la corriente en moléculas satisface una relación diferente

$$R = h/e^2n,$$

donde e es la carga del electrón, h es la constante de Plank y $n=0,1,2,\dots$ es un número natural. Esta expresión para R corresponde a haber conectado n conductores idénticos con resistencia $h/e^2 = 12,906$ Ohm en paralelo. La presencia de la constante de Plank h indica que se trata de un fenómeno cuántico.

La inversa de la resistencia, la conductancia $G = 1/R$, vale un número entero de veces el llamado cuanto de conductancia $G_0 = e^2/h$, por lo que este fenómeno se denomina cuantización de la conductancia.

estados por debajo del mismo están ya ocupados y no hay electrones disponibles en el emisor por encima del mismo. Además, para que el electrón pueda pasar por un nivel electrónico del orbital molecular, el nivel va a tener que estar alineado con el nivel de Fermi de los electrodos. En general esto no va a ocurrir naturalmente y por lo tanto la corriente va a ser baja. Como mencionamos previamente, el sistema de vasos comunicantes indica que si un nivel de la molécula está por debajo del nivel de Fermi (la energía de llenado de los electrodos), dicho nivel va a estar ocupado, mientras que si está por encima del mismo, va a estar vacío. También sabemos que si se acerca un electrodo con potencial positivo a la molécula, los electrones se van a sentir atraídos hacia la misma y su carga va a aumentar, y lo contrario va a ocurrir si se pone un potencial negativo en dicho electrodo. Esto quiere decir que cambiando el potencial del electrodo de compuerta se puede hacer pasar un nivel de la molécula a través del nivel de Fermi, y de esa forma obtener un pico en la corriente (ver Figura 3, derecha).

Vemos que, de esta forma, el transistor molecular funciona como un interruptor en el que se puede regular el paso de la corriente con el potencial de compuerta. En la situación que analizamos la molécula estaba muy débilmente conectada a los electrodos, si la conexión es mejor, se van a producir picos más anchos en la corriente como función del voltaje de compuerta.

Los efectos cuánticos hacen que la *conductancia* (la inversa de la resistencia) de la molécula tome un valor muy especial. Si consideramos que los electrones pasan a través de un solo nivel molecular, la corriente I es proporcional al voltaje $I = GV$, y la conductancia máxima en uno de los picos es e^2/h , donde e es la

carga del electrón y h la constante de Plank. Lo llamativo de este resultado es que es independiente de las características de la molécula y sólo depende de constantes universales. Si la corriente pasa a través de n niveles moleculares, la conductancia máxima es $n e^2/h$, un efecto llamado cuantización de la conductancia (ver apartado: Ley de Ohm).

Esta descripción da una imagen cualitativa de lo que ocurre en un transistor molecular; sin embargo, la realidad es más complicada porque hasta aquí no hemos tenido en cuenta las interacciones entre los electrones, que traen aparejados nuevos fenómenos.

Hay dos restricciones fundamentales para que un electrón entre a la molécula. Por un lado, como vimos, tiene que encontrar un orbital desocupado porque la repulsión de Pauli (ligada al principio de exclusión de Pauli) le impide entrar a uno ya ocupado. Por otro lado, si la molécula está cargada eléctricamente porque ya entró un electrón desde el emisor, un segundo electrón sentiría una repulsión coulombiana muy grande debido a la presencia del primero y al tamaño reducido de la molécula en la que tienen que convivir. El segundo electrón va a poder entrar a la molécula sólo cuando el primer electrón haya salido.

Entonces, para que haya una corriente los orbitales moleculares se tienen que estar cargando y descargando permanentemente y los electrones en general sólo pueden pasar uno a la vez. Este efecto aumenta la resistencia de la molécula al paso de los electrones. Además, estas interacciones pueden dar lugar a comportamientos complejos con importantes consecuencias para la corriente a través de la molécula.

Otra particularidad de las moléculas que afecta al paso de los electrones son las vibraciones. Las molé-

culas pueden deformarse y vibrar en algunos casos como lo hace una cuerda de guitarra y en otros también pueden realizar un movimiento de vaivén de un electrodo al otro. En este último caso es fácil darse cuenta de que los electrones van a saltar con más facilidad dentro o fuera de la molécula, desde o hacia el electrodo que esté más cerca. Si se satisfacen ciertas condiciones, los electrones pueden pasar uno a uno con cada vaivén de la molécula. Cada electrón salta hacia la molécula cuando ésta se acerca al emisor y salta fuera de la misma cuando ésta se acerca al colector.

Efectos de muchos cuerpos

Las interacciones entre los electrones, junto con las vibraciones moleculares, dan lugar a fenómenos colectivos en los cuales los electrones tienen un comportamiento que difiere completamente del comportamiento de un electrón aislado. Esto es análogo a lo que ocurre con grupos de personas que, en eventos deportivos o manifestaciones, pueden tener comportamientos complejos variados e inesperados.

A diferencia de las personas, todos los electrones son iguales e indistinguibles los unos de los otros y su comportamiento es predecible según las leyes de la mecánica cuántica. Uno de los ejemplos más espectaculares de comportamiento colectivo electrónico es la superconductividad, en la cual los electrones se asocian de a pares que se interrelacionan entre sí de manera tal que pueden desplazarse a través de un sistema desordenado sin chocar con los obstáculos. Dado que el choque con los obstáculos es la fuente de resistencia eléctrica del material, la ausencia de los mismos provoca un desplazamiento sin resistencia de los electrones que da el nombre a la superconductividad.

En los transistores moleculares se ha observado un fenómeno colectivo llamado *efecto Kondo*. Éste se produce cuando hay un número impar de electrones en la molécula. En esa situación y a bajas temperaturas, los electrones se comportan de una manera radicalmente distinta a la habitual y pueden ignorar la fuerte repulsión entre ellos en la molécula para producir una corriente en situaciones en las que el paso de electrones está normalmente bloqueado.

Recientemente se ha demostrado que el acoplamiento con las vibraciones moleculares puede producir una reducción importante de la interacción repulsiva de los electrones en la molécula. Esto es similar a lo que ocurre en los superconductores donde el acoplamiento de los electrones con las vibraciones del sistema logra producir una interacción atractiva entre los electrones generando la tendencia a formar pares. Si el acoplamiento entre los electrones y las vibraciones moleculares es suficientemente fuerte se podría dar una situación en la que los electrones se atraen dentro de la molécula. En dicho caso, puede mostrarse que tal

molécula presentaría propiedades de transporte muy especiales, algunas de ellas interesantes en vista de posibles aplicaciones.

Consideraciones finales

En los últimos años se han realizado importantes avances tanto en la construcción como en la comprensión del comportamiento de transistores hechos a partir de una sola molécula. Los electrones en transistores moleculares presentan comportamientos complejos debido a la predominancia de efectos cuánticos y de interacciones electrónicas y a la presencia de vibraciones moleculares. La manipulación de moléculas individuales para conectarlas a dos electrodos y modificar sus propiedades con un tercer electrodo representa un logro colosal.

Se ha logrado crear dispositivos que cumplen varios de los requisitos para ser utilizados en aplicaciones. Sin embargo, hay todavía numerosos inconvenientes que es necesario resolver. Por un lado, no existe aún una técnica que permita integrar estos transistores en circuitos complejos. Por otro lado, los transistores que se han construido sólo funcionan a bajas temperaturas (es necesario enfriarlos muy por debajo de la temperatura ambiente), y son poco estables.

El estado actual es similar al de 1947 con la invención del transistor de punto de contacto por Bardeen y Brattain. Faltaría un salto como el que dio Shockley que posibilite la producción comercial de los transistores moleculares y quizás falte también encontrar las moléculas adecuadas para ello.

Con los transistores semiconductores, la primera aplicación llegó a menos de diez años de su invención y fue un audífono que, por su tamaño, era imposible de realizar con válvulas. Los transistores moleculares quizás sigan un camino paralelo en el cual las primeras aplicaciones tengan sólo unos pocos de ellos y donde el tamaño sea un factor determinante.

Lecturas sugeridas

- Cornaglia, P.S., Ness, H. y Grepel, D. 2004. Many Body Effects on the Transport Properties of Single-Molecule Devices. *Physical Review Letters* 93:147-201.
- Cornaglia, P.S., Usaj, G. y Balseiro C.A. 2007. Electronic Transport through Magnetic Molecules with Soft Vibrating Modes. *Physical Review B*, 76: 241-403.
- Balseiro, C. A. y Usaj, G. 2004. Conducción electrónica en sistemas nanoscópicos: Transportando electrones en circuitos de escala molecular. *Ciencia Hoy*, 14,84: 24.
- Fainstein, A. y Hallberg, K. 2004. La física de alambres moleculares, átomos artificiales y cavidades nanoscópicas. *Ciencia Hoy*, 14, 84: 16.

DARWIN EN PARÍS

Liliana Semenas

Este año se cumplen 200 años del nacimiento del naturalista inglés Charles Darwin y 150 de la publicación de su revolucionaria obra *El origen de las especies por medio de la selección natural o de la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida* (*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*), como es su título completo. Estos dos acontecimientos han dado lugar a numerosas exposiciones, muestras, conferencias y homenajes en todo el mundo.

Mucho, pero lejos

En Francia se han organizado a lo largo de este año numerosas actividades para los festejos de ambos aniversarios y París en particular ha sido una fiesta, especialmente para los biólogos. Para aquellos que tuvimos la oportunidad de estar en la capital francesa en julio, la comuna de la ciudad había organizado cuatro muestras en cada una de las instalaciones que tiene el Jardín Botánico de la Villa de París (Figuras 1 y 2), en tanto que una quinta exposición fue organizada por el Museo Nacional de Historia Natural en el Jardín de Plantas (Figura 3). Todas estas muestras, realizadas con una organización impecable, acompañadas de folletería muy bien diagramada y con la posibilidad de realizar visitas guiadas, se caracterizaron por utilizar las especies vegetales y los materiales existentes en estos espacios en el contexto de los trabajos, viajes y escritos realizados por Darwin. De esta manera, se dio a cada uno de estos jardines, un valor agregado a su ya tradicional función en la Villa de París. Dado que todos estos espacios verdes, que suman una superficie total de más de 100 hectáreas, están distribuidos en diferentes barrios de la capital francesa, una visita a estas exposiciones conmemorativas permitía no sólo pasear por diferentes lugares de París, sino además disfrutar de la diversidad botánica de estos jardines.

La exposición titulada *Especies invasoras y la selección natural* se organizó en el Arboretum de l'école Du Breuil, lugar donde funciona la Escuela de Artes y de Técnicas Paisajísticas, que forma jardineros y técnicos en horticultura. No pudo elegirse un lugar más adecuado para la realización de esta muestra, teniendo

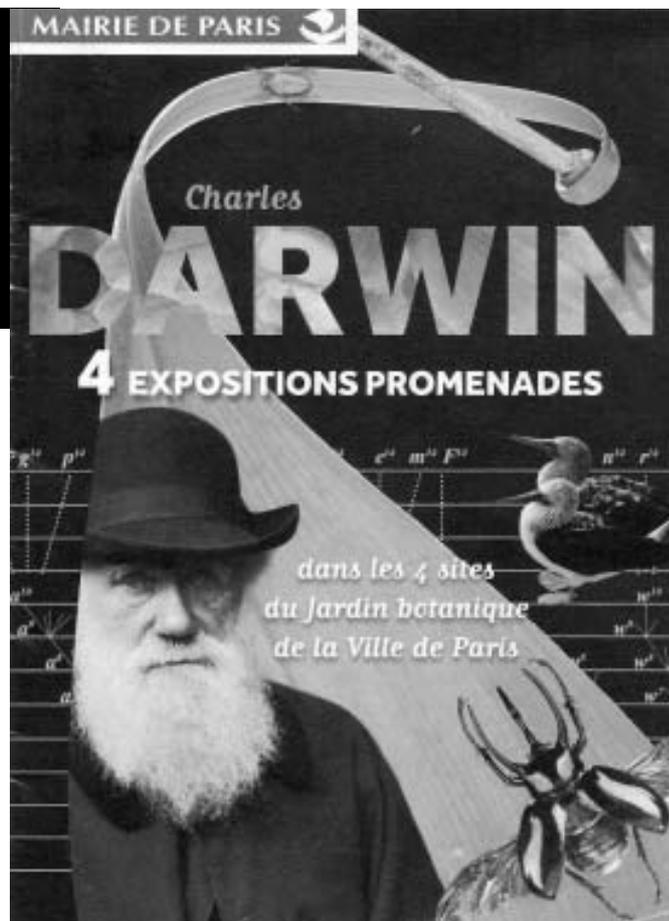


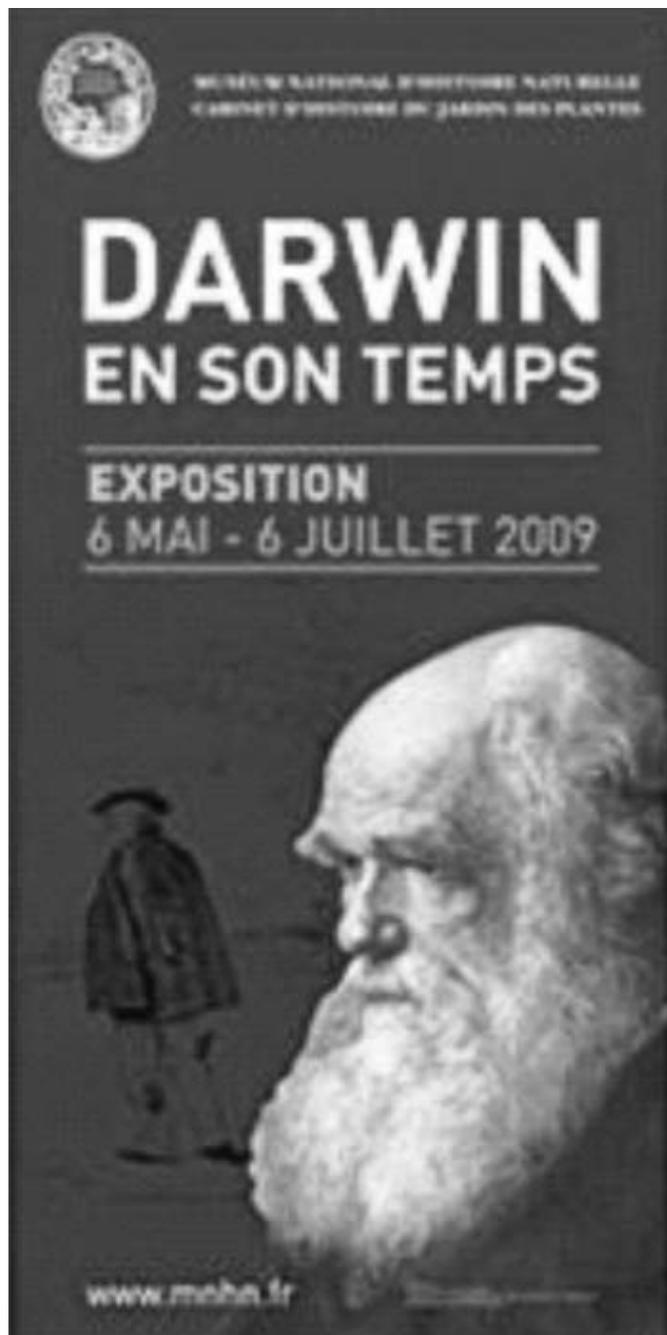
Figura 1. Afiche general de las exposiciones sobre Darwin en París.

en cuenta su objetivo principal: mostrar la diversidad de los modos de introducción, métodos de colonización, perjuicios sobre la salud y la biodiversidad, y los efectos sobre la modificación del paisaje producidos por 16 especies de plantas introducidas, comunes en jardines, plazas y parques de París. El material gráfico incluía fichas de cada especie, en las que se detallaban su lugar de origen, modalidad de reproducción y diseminación, distribución actual en Francia y métodos de control y erradicación, entre otras características. La idea fundamental -sensibilizar tanto al público en general como a horticultores, floristas y jardineros para evitar la importación, uso y cultivo de estas especies- estuvo plenamente lograda.

La exposición *El Camino de la Evolución* se organizó en el Parc Floral de París, que ofrece al visitante más de siete jardines temáticos representando una síntesis de la diversidad vegetal, en todas sus formas, distribuidas en pequeños jardines, extensos parques y variados invernáculos. Esta exposición invitaba a pasear por los 500 millones de años de evolución del reino vegetal, presentando las características de los principales grupos, desde la vida en el agua con algas y plantas acuáticas, pasando por plantas primitivas que convivieron con dinosaurios, hasta llegar a las plantas con flores que invadieron los ambientes terrestres.

Figura 2. Detalle de las exposiciones sobre Darwin en París.

Charles Darwin y la botánica fue el título de la exposición realizada en el jardín Des serres d'Auteuil, diagramada teniendo en cuenta cinco libros escritos por Darwin sobre este tema: *On the Various Contrivances by which British and Foreign Orchids are*



Fertilised by Insects and of the good effects of intercrossing (Sobre las diferentes maneras que las orquídeas británicas y otras orquídeas son fertilizadas por insectos y sobre los beneficios de la fertilización cruzada, 1862), *On the Movements and Habits of Climbing Plants* (Sobre los movimientos y hábitos de las plantas trepadoras, 1865), *Insectivorous Plants* (Plantas insectívoras, 1875), *The Effects of Cross and Self Fertilisation in the Vegetable Kingdom* (Los efectos de la fertilización cruzada y de la autofertilización en el Reino Vegetal, 1876) y *The Power of Movement in Plants* (El poder del movimiento en las plantas, 1880). Este jardín, con diseños de fines del siglo XIX, es un espacio concebido para que el visitante disfrute principalmente del exotismo de plantas traídas desde lejanos lugares, en especial de especies de zonas tropicales. La exposición incluía especies de plantas carnívoras y de orquídeas que permitían mostrar el ingenio y la perfección de los mecanismos reproductivos y hereditarios de los vegetales acompañando con los diferentes tipos de insectos polinizadores.

Figura 3. Afiche de la exposición en el Gabinete de Historia del Jardín de Plantas.

Figura 4. Recipiente utilizado para el transporte de plantas vivas.

En el Parc de Bagatelle se organizó *Tras los pasos de Darwin*, una exposición básicamente histórica sobre la vida de este extraordinario hombre que revolucionó la ciencia. Con dos siglos de historia, este parque es uno de los más prestigiosos de París, dado que cuenta con una exquisita selección de estilos paisajísticos como el inglés, el chino y el francés, entre otros, acompañados de fuentes, estanques y pérgolas. La exposición estuvo dividida en tres secciones. En el Trianon se hizo una cuidada presentación de la vida de Darwin, desde su infancia hasta su muerte. En una de sus salas se realizó una reconstrucción parcial del Beagle, ambientándola con sonidos comunes en la borda de un barco, incluidos los chillidos de las aves marinas. Además, se exhibían en esta sala, entre otros, los instrumentos utilizados por este científico para la



Foto: L. Semenas



Foto: L. Semenas

preservación de materiales biológicos y los recipientes utilizados para transportar plantas vivas (Figuras 4 y 5). En otra sala, una suave música invadía el ambiente, reproduciendo el lugar de descanso de la casa familiar de Darwin en Kent, donde su esposa acompañaba con ejecuciones en piano sus momentos de reflexión. La segunda sección se desarrollaba en el exterior a través de un sendero imaginario que incluía las escalas del viaje de Darwin alrededor del mundo a bordo del Beagle. Este sendero estaba flanqueado por 45 paneles gigantes en los cuales se reproducían las observaciones más sobresalientes, que le permitieron a Darwin articular su teoría de la evolución. Especialmente destacables fueron los paneles sobre especies de reptiles acompañados por jardines con diferentes especies de cactáceas vivas (Figuras 6 y 7), que representaban algunas de sus variadas observaciones sobre la vida en las islas Galápagos. Particularmente destacables, por su contenido no ajeno a nuestras latitudes, resultaron los dos paneles que reproducían observaciones correspondientes a sus recorridos por las costas argentinas y el interior de nuestro país. Estos paneles aludían a dos viajes realizados en la provincia de Buenos Aires, uno vinculado a la selección artificial en el ganado vacuno ñato (*camard*, en francés), que

Figura 5. Recipiente utilizado para el transporte de plantas vivas.



Figura 6. Panel sobre especies de reptiles y jardín de cactáceas de Galápagos.

Museo de Historia Natural, que también funciona en el Jardín de Plantas, y algunas de ellas nunca habían sido exhibidas previamente en forma pública. En esta exposición se mostraba una selección de obras originales (diseños, acuarelas, estampas, vélins*) sobre especies animales y vegetales descritas por Darwin en *El origen de las especies* y realizadas en el siglo XIX por diferentes artistas. Además, incluía una selección de ediciones originales de

esta obra y correspondencia intercambiada entre Darwin y otros colegas del ambiente científico de la época.

llamó poderosamente su atención, según reflejan sus escritos (Figura 8), y el otro correspondiente a la recolección de materiales paleontológicos en Punta Alta, especialmente de roedores (Figura 9). La recolección de estos materiales es considerada de particular relevancia, ya que algunos autores la señalan como el punto de partida de sus primeras ideas sobre el futuro enunciado de la teoría de la evolución. La tercera sección, organizada en la galería de Seine, estuvo consagrada a su obra científica, en particular a todo lo relacionado con la redacción de *El origen de las especies*.

La exposición *Darwin en sus tiempos* fue organizada en el Gabinete de Historia del Jardín de Plantas. Para su realización debieron prepararse sus salas con condiciones controladas de luz, temperatura y humedad, que permitieran preservar el estado de conservación de las obras patrimoniales expuestas. Todas estas obras, que se cambiaban mensualmente, pertenecen a la Biblioteca del



Figura 7. Panel sobre especies de reptiles y jardín de cactáceas de Galápagos.

Foto: L. Semenas



Figura 8. Panel sobre la selección artificial de vacas ñatas en Argentina.

La obra de Darwin está relacionada mayoritariamente con las observaciones que realizó alrededor del mundo en el HMS Beagle. Sin embargo, incluye, además de la publicación de *El origen de las especies* -su título más famoso-, la de numerosos libros y artículos que realizó a lo largo de su vida, fruto de su preocupación central: la evolución del hombre y la de las especies vegetales y animales.

¿Y en nuestro país?

La segunda expedición hidrográfica del HMS Beagle (HMS, *Her Majesty's Ship*, en castellano *buque de su majestad*), comandada por el vicealmirante Robert Fitz Roy, estuvo destinada a explorar el extremo sur de Sudamérica y a circunnavegar el globo terráqueo. Charles Darwin fue el naturalista de esta expedición, realizada entre 1831 y 1836. Durante su transcurso reunió una enorme colección de plantas y animales, al punto que sus compañeros de viaje opinaban que se había propuesto hundir el Beagle.

cias vegetales y animales.

En el caso de la Argentina, la expedición incluyó la navegación de sus costas y también recorridos por ríos en bote y por el interior de nuestro país a caballo. Viajó entre 1832 y 1834 por las provincias de Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires, Río Negro, Santa Cruz, Tierra del Fuego y las islas Malvinas. En la mayoría de estos lugares también se han organizado conferencias y muestras destinadas a festejar los dos aniversarios en el contexto del viaje realizado por el naturalista inglés a estas provincias.

* *Vélins*: tipo de papel de hilos finos de algodón muy blanco, que fue uno de los primeros en fabricarse industrialmente.

Figura 9. Panel sobre hallazgos paleontológicos en Punta Alta.



Foto: L. Semenas



SERVICIO DE IDENTIFICACIÓN DE INSECTOS y OTROS ARTRÓPODOS

La **Universidad Nacional del Comahue** informa que ofrece el servicio de identificación de artrópodos abierto a toda la comunidad, a cargo del **Lic. Marcelo Kun**. Este servicio permite identificar insectos y arañas, y determinar cuáles son peligrosos o nocivos.

Los horarios de consulta son los siguientes: **lunes a viernes de 9 a 12 hs.**

Si bien este servicio es gratuito, se reciben colaboraciones a los efectos de poder sostener el gasto de insumos y el funcionamiento del laboratorio.

INSTRUCCIONES PARA SU RECOLECCIÓN



¿Cómo coleccionarlos?

- Utilizar alcohol o agua caliente para matarlos.
- Usar recipientes adecuados con tapa evitando el contacto con la piel (alacranes, arañas y ciempiés).
- Los ejemplares muertos que sean frágiles deben colocarse en cajas de cartón con algodón.
- Usar redes de tela suave para capturarlos, dado que son escurridizos.
- Cazar lejos de los nidos de avispas.



Anotar:

Todos los datos deben anotarse con el material recién coleccionado:

- El tipo de ambiente donde se recolectaron los ejemplares (ej.: bosque, pradera, jardín, etc.).
 - Dónde se hallaron (ej.: madera, suelo, hojarasca, alimentos, etc.).
 - Formas, tamaños, colores, olores, sonidos emitidos.
 - Fecha.
 - Nombre del coleccionista.
-



Algunas premisas



1. La única manera de reconocer si un insecto o una araña resulta peligroso es conocer su identidad.
 2. No existen reglas caseras para determinar si un insecto o araña es peligroso.
 3. Se llega a su identificación luego de una observación cuidadosa y prolija de sus características morfológicas y consultando libros científicos.
 4. Una vez identificada la especie, se consultan libros apropiados para confirmar si el insecto o araña es peligroso o no.
 5. Si se duda de su identidad, corroborar preguntando a los especialistas.
 6. Manipularlos con sumo cuidado, sin tocarlos.
 7. Conservarlos en recipientes con alcohol diluido al 70%, o una vez muertos, pinchados dentro de cajas cerradas.
 8. No los colecciona indiscriminadamente ni en cantidades abusivas, pues se destruye el delicado equilibrio de la naturaleza.
 9. Si no son peligrosos ni nocivos, aprender a criarlos brinda enormes satisfacciones y agradables momentos.
-



2009-Año Internacional de la Astronomía

EL PROYECTO ERATÓSTENES 2009 EN LA ARGENTINA

Más de doscientas escuelas argentinas y de países limítrofes recrearon el método que usó Eratóstenes hace más de 2000 años para estimar el radio terrestre.

Guillermo Mattei y Francisco D. Mazzitelli

Observando cuidadosamente los fenómenos naturales que nos rodean, es posible llegar a conclusiones que, a veces, son sorprendentes. En el Siglo III antes de Cristo, Eratóstenes, un matemático, astrónomo, geógrafo y poeta griego, fue capaz de estimar el perímetro de la Tierra midiendo la sombra de una varilla durante el solsticio de verano (21 de junio, comienzo del verano en el hemisferio norte). Eratóstenes notó que en el solsticio de verano, la luz del Sol llegaba, al mediodía, a la parte inferior de un pozo profundo de la ciudad de Siena (hoy Aswan, Egipto). Es decir que los rayos solares llegaban perpendicularmente al piso ese día, en ese momento y en ese lugar. Mientras tanto, no ocurría lo mismo en Alejandría, distante unos 400 km. de Siena, donde una varilla producía sombra aún durante el mediodía solar. Suponiendo que el Sol se encuentra a una distancia suficientemente grande de la Tierra como para que los rayos solares lleguen a la Tierra desde la misma dirección en ambos lugares, una explicación sencilla para este efecto es que la superficie de la Tierra no es plana sino que tiene forma esférica. Con argumentos geométricos sencillos, es posible estimar el perímetro terrestre midiendo el ángulo con que los rayos solares inciden sobre Alejandría, es decir, midiendo el tamaño de la sombra de una varilla (ver recuadro "El método de Eratóstenes").

Desde hace varios años, estudiantes de escuelas medias argentinas recrean la observación de Eratóstenes. La experiencia fue organizada por diversas instituciones del país desde 2005, durante el Año Internacional de la Física, basándose en experiencias similares realizadas en Estados Unidos y Francia. En

particular, en el año 2009, y en conmemoración del Año Internacional de la Astronomía (AIA 2009), el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, el Nodo Nacional Argentino del AIA 2009 y la Asociación Física Argentina (AFA) aunaron esfuerzos para que el evento fuera de mayor envergadura, involucrando un gran número de escuelas, profesores y estudiantes. Se contó con el auspicio de la Filial Buenos Aires de la AFA y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Una experiencia enriquecedora

La experiencia es indudablemente instructiva y despierta el interés de los alumnos y profesores por diferentes motivos. En primer lugar, por lo ingenioso de la idea. El hecho de poder hacer la estimación del perímetro terrestre (algo mayor a 40.000 km.) midiendo la sombra en el mediodía solar en dos lugares no demasiado alejados (unos 400 km.) despierta sorpresa y admiración. En segundo lugar, la discusión con los alumnos permite trabajar unificadamente conceptos de matemática, geografía, astronomía, física e incluso historia.

Más específicamente, en el área de la matemática, esta actividad permite ejercitar y fijar conceptos de geometría: distintas maneras de medir los ángulos, uso de la trigonometría, propiedades de círculos y esferas. En el área de la astronomía, la física y la geografía, la observación de la existencia de solsticios y equinoccios lleva naturalmente a preguntarse por qué existen lugares particulares sobre la superficie terrestre (Trópicos de Cáncer y Capricornio) y momentos particulares en la órbita de la Tierra alrededor del Sol, qué es lo que determina las estaciones, por que las estaciones no son simultáneamente las mismas en los hemisferios norte y sur y más. También surgen discusiones relacionadas con el orden de magnitud de las distancias involucradas.

Desde el punto de vista histórico, se pueden plantear preguntas interesantes como: ¿Cuáles fueron los argumentos que llevaron a Colón a planear su viaje a las Indias saliendo hacia el oeste? ¿Había otras maneras de inferir cuál es la geometría de la superficie de la Tierra?

Guillermo Mattei⁽¹⁾

Dr. en Física, UBA.

Francisco Diego Mazzitelli⁽¹⁾

Dr. en Física, Instituto Balseiro, Argentina.
Profesor Asociado e Investigador del CONICET.
fmazzi@df.uba.ar

⁽¹⁾ Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Univ. de Buenos Aires (UBA), Argentina.



Videoconferencia en la Biblioteca de Alejandría, Egipto.



Por otra parte, existe una serie de recaudos a ser tenidos en cuenta al realizar las mediciones. Debe medirse la sombra mínima, es decir, en el momento en que el Sol está localmente en el cenit (¡el mediodía solar no ocurre invariablemente a las 12.00 hs.!) y la varilla debe ser colocada perpendicularmente al piso. A pesar de todos estos cuidados, y como en cualquier experimento, aún en los realizados en los laboratorios más sofisticados del mundo, los resultados de las observaciones tienen errores. La discusión de este hecho con los alumnos puede llevar a discusiones profundas acerca del carácter aproximado y transitorio de las leyes naturales, y a concebir a la ciencia como un conjunto de conocimientos que evolucionan y se van perfeccionando a lo largo del tiempo, y no como verdades absolutas que permanecerán siempre como tales.

Otro aspecto importante es que no es posible realizar la actividad en una única escuela: es necesario formar «pares» de escuelas que compartan sus mediciones para poder lograr el objetivo. Más aún, si bien los resultados obtenidos para el radio o el perímetro terrestre por cada par de escuelas pueden ser bastante diferentes, el promedio de esos datos da una estimación mucho más precisa, lo cual convierte a esta actividad en un proyecto colectivo en el que el intercambio de ideas, datos y experiencias vividas es enriquecedor en muchos sentidos.



La coordinación de la actividad

En principio, si la medición se realiza durante el solsticio del 21 de junio, una única escuela podría determinar el radio de la Tierra conociendo su distancia al Trópico de Cáncer o, durante el 21 de diciembre, conociendo su distancia al Trópico de Capricornio. En cualquier otro momento del año, tal como se explica en el recuadro, la estimación debe realizarse combinando necesariamente las mediciones de dos escuelas.

A los efectos de coordinar el proyecto, se habilitó una página web para que las escuelas interesadas se inscribieran. Una vez acreditadas todas las escuelas participantes, y caracterizadas por sus coordenadas geográficas, se propuso una distribución de pares de escuelas. La composición de dichos pares siguió criterios y métodos numéricos de optimización aplicados sobre la distribución de las localidades en todo el territorio, a través de un software especializado que maximizó la componente Norte-Sur y minimizó la componente Este-Oeste de las distancias entre las escuelas asociadas. De esta manera, se favoreció el hecho de que las mediciones de las cuales se inferiría el radio terrestre se realizaran entre escuelas lo más alineadas posibles en un mismo meridiano y de paralelos lo más alejados posibles. Dado el gran número de instituciones educativas concentradas en la región de Capital Federal y Gran Buenos Aires, algunos establecimientos del interior del país formaron parte de más de un par de escuelas.

Una vez establecidos los pares de escuelas, éstas se pusieron de acuerdo en el día de la medición (preferentemente el 21 de junio de 2009, o dos o tres días antes o después, en función del calendario escolar y de la proyección de las condiciones climáticas en una o en las dos escuelas asociadas), en el método y la

El Bolsón.



2009-Año Internacional de la Astronomía



configuración experimental, los criterios para estimar errores de medición, el trabajo de los grupos, el método para determinar el mediodía solar y todos los otros variados aspectos que surgieron del contacto.

Las mediciones se realizaron en el momento del mediodía solar en las localidades de cada una de las escuelas. Como se indicó anteriormente, este momento se produce cuando el Sol pasa por el plano que contiene al meridiano de la ubicación de la escuela, o cuando las sombras solares de cualquier objeto son mínimas. Las escuelas no sólo usaron tablas que indican a qué hora local se produce el mediodía solar, también lo determinaron experimentalmente midiendo sombras a intervalos regulares de tiempo en los días previos a la medición.

Lo que se mide en forma directa es la sombra de una varilla vertical (clavada en el piso, suspendida o montada sobre una base nivelada) y la longitud de ésta. Con ambos datos es posible calcular la inclinación de los rayos solares al mediodía solar de ese día. Cuando cada una de las dos escuelas asociadas dispone del valor medido por la otra y de la componente Norte-Sur de la distancia que las separa, se puede calcular el valor del radio terrestre.

La distancia Norte-Sur entre las dos escuelas asociadas no se obtuvo como lo hizo Eratóstenes, es decir, con agrimensores (*behamistas*) que caminaban a pasos regulares entre ambas ciudades y aportaban el dato en unidades llamadas *estadios*, sino por medio de Internet ya sea mediante los sitios web de mapas satelitales o de tablas de distancias al Ecuador.

Comodoro Rivadavia.

Cada escuela reportó por Internet sus mediciones y resultados, de modo que, tanto por esa vía como por el contacto directo, se conocieron las mediciones y resultados de la escuela asociada, lo cual permitió a ambos establecimientos calcular un valor del radio terrestre propio de ese par. Todos los radios que surgieron de los diferentes pares integraron una base estadística de la cual se obtuvo un resultado representativo de todas las escuelas participantes del proyecto.

La actividad en números. Resultados

Participaron 256 escuelas de Capital Federal y 18 provincias argentinas (Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 22; Provincias de Buenos Aires, 91; Catamarca, 2; Chubut, 4; Córdoba, 24; Corrientes, 1; Entre Ríos, 3; La Pampa, 14; La Rioja, 2; Mendoza, 15; Neuquén, 4; Río Negro, 7; Salta, 9; San Juan, 1; San Luis, 3; Santa Fé, 25; Santiago del Estero, 2; Tierra del Fuego, 4; Tucumán, 23), 9 escuelas de Uruguay y 1 de Chile. Los alumnos involucrados en la actividad superaron los 15.000. Las mediciones se pautaron entre el 18 y el 24 de Junio de 2009.

Los pares de escuelas que aportaron a la medición conjunta fueron 207, distribuidas de manera optimizada. 157 pares estuvieron compuestos por escuelas que midieron simultáneamente en el mediodía solar y 50 que lo hicieron confrontando su medición con los de una hipotética escuela ubicada en el Trópico de Cáncer (debido a la deserción de 50 escuelas registradas que no pudieron medir por cuestiones logísticas). Los valores obtenidos por cada par de escuelas para el radio terrestre R variaron entre 4.000 km. y 10.000 km. Haciendo un análisis estadístico de todos los resultados obtenidos, se obtuvo como resultado final para el radio terrestre:

$$R = (6.290 \pm 60) \text{ Km}$$

El error consignado es sólo el estadístico, ya que no hemos solicitado a las escuelas que informen sobre las estimaciones de los errores de sus mediciones. Es más, en muchos casos las escuelas no discutieron este tema, por considerar que tiene un nivel de complejidad demasiado alto como para discutirlo en clase. Según los valores tabulados, el radio terrestre medio es de $R = 6.371 \text{ Km}$, por lo que el resultado del experimento fue muy satisfactorio.



San Vicente, Buenos Aires.

“En nombre de la ciencia y el compañerismo”

Este proyecto, además de contribuir al estímulo del uso de la matemática como idioma para la descripción de la Naturaleza y a la discusión de los aspectos históricos que rodean a Eratóstenes, propició un interesante intercambio social entre centenas de docentes y miles de alumnos.

A modo de ejemplo, valga este testimonio de una docente tucumana: *“Ayer pudimos realizar, con grupos de estudiantes de 1º, 2º y 3º año de escuela secundaria básica, las mediciones en la Escuela 12 de Octubre, de Colonia N° 4, Colombres, Departamento Cruz Alta, Provincia de Tucumán. La nuestra es una escuela pública, mixta y rural. Se encuentra ubicada dentro de una ex colonia del Ingenio Cruz Alta, rodeada de cañaverales, distante a 28 Km de la capital de la provincia de Tucumán, sobre un camino vecinal. El único acceso a la misma es una línea de transporte público de pasajeros, que posee un recorrido muy restringido, puesto que el movimiento de usuarios se limita a los alumnos y al personal de la institución escolar. La población estudiantil es de escasos recursos económicos, sus padres o tutores son trabajadores golondrinas de la zafra, están desempleados, hacen changas o reciben algún tipo de plan otorgado por el gobierno provincial. Muchos de nuestros alumnos tienen serios problemas de aprendizaje. La escuela cuenta con una computadora pero sin acceso a Internet. Los chicos no tienen conocimientos de trigonometría, por lo que midieron el ángulo con un transportador. Para ellos la experiencia fue maravillosa y enriquecedora, sobretodo el hecho de sentirse en contacto con chicos todo el país. Esperamos ansiosos otra oportunidad para unirnos en nombre de la ciencia y el compañerismo”.*

Además hubo situaciones tales como la de varios docentes salteños que se movilizaron desde sus escuelas rurales a los locutorios de las ciudades a enviar los datos. Ésta y muchas otras anécdotas delinean el compromiso colectivo generado por el proyecto. En este sentido, podemos concluir que la actividad ha trascendido el objetivo meramente educativo y ha alcanzado otros de carácter social.

A partir de los testimonios docentes también se pudo concluir que el proyecto permitió a los estudiantes descubrir que la sistematicidad de sus asignaturas en la



escuela media no colisiona con la creatividad y diversión que conlleva el cultivo de la indagación científica.

Finalmente, hubo un intercambio más allá de las fronteras del país y de los países hermanos. La (Nueva) Biblioteca de Alejandría organiza todos los 21 de junio una festividad dedicada a Eratóstenes mediante diferentes actividades culturales, educativas y de divulgación tales como talleres interactivos, charlas, determinación del radio terrestre por parte de grupos de colegios presentes en el lugar, etc. Este año, como parte del evento, se organizó una videoconferencia en el Hall Central de la Biblioteca en la que participaron alumnos de distintos lugares del mundo. Particularmente, el proyecto argentino tuvo la oportunidad de participar, desde Buenos Aires, con un grupo reducido de estudiantes de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), a través del contacto que lograra la astrónoma Beatriz García (Laboratorio Pierre Auger, UTN-Mendoza, co-organizadora del Proyecto) con la directora de la Biblioteca en el lanzamiento en París del Año Internacional de la Astronomía 2009. En la videoconferencia, realizada el mismo domingo 21 de junio entre las 9 y las 10hs de la mañana, también participaron docentes y estudiantes de Alejandría, Aswan y de Virginia (Estados Unidos). La idea fue comentar, principalmente para unos doscientos chicos que estaban presentes en Alejandría, acerca de los materiales que se utilizaron en las mediciones y cuáles fueron los resultados obtenidos.

Con sus dos mil trescientos años de antigüedad, este método de medición del radio terrestre es muy sencillo, enriquecedor y demanda un esfuerzo de coordinación moderado. Esto nos impulsa a seguir adelante con esta experiencia educativa, realizándola periódicamente y generalizándola a escuelas de toda Sudamérica.



EL MÉTODO DE ERATÓSTENES

El solsticio de verano en el hemisferio norte (aproximadamente el 21 de junio) es el día en que los rayos solares caen perpendicularmente sobre el Trópico de Cáncer al mediodía (lo mismo ocurre alrededor del 21 de diciembre en el Trópico de Capricornio).

Eratóstenes había observado que, al mediodía del solsticio de junio, la luz del sol entraba perpendicularmente a la superficie terrestre en la ciudad de Siena (actualmente Aswan, Egipto). Su observación estaba basada en el hecho que, sólo en ese momento, la luz solar llegaba al fondo de un pozo profundo ubicado en esa ciudad (Figura 1). Eratóstenes también sabía que mientras que esto ocurría en Siena, no sucedía lo mismo en Alejandría, una ciudad ubicada a unos 400 km; al norte de Siena.

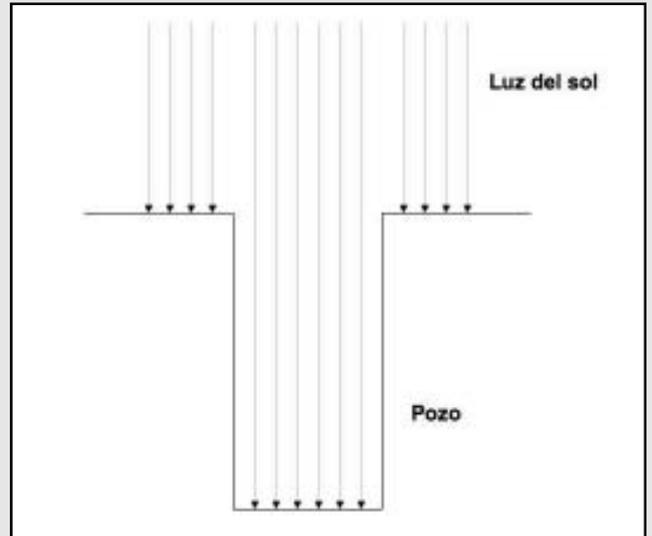


Figura 1. Los rayos del Sol entran de modo perfectamente vertical dentro del pozo ubicado en Siena, cuando el Sol está exactamente sobre esta ciudad (21 de junio al mediodía). En ese momento, las paredes no proyectan sombra alguna sobre el fondo del pozo.

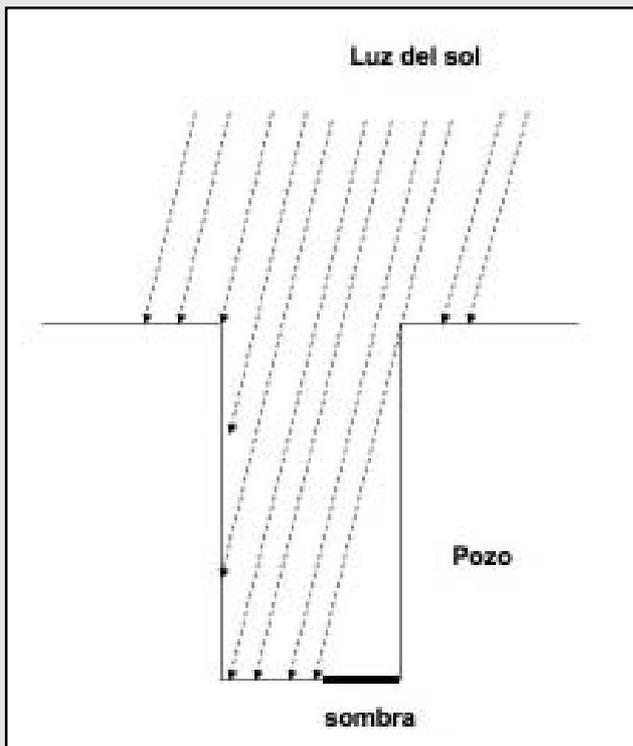


Figura 2. En el mismo momento en que en Siena los rayos del Sol entran al pozo como en la Figura 1, en Alejandría los rayos entran formando un ángulo no nulo con la vertical. En este caso las paredes proyectan cierta sombra sobre el fondo del pozo.

En la Figura 2, vemos que si los rayos del Sol no llegan perpendiculares al piso, las paredes de un lado del pozo proyectan sombra sobre el fondo. Por el mismo motivo, una varilla colocada de manera perfectamente vertical produce una sombra aún al mediodía. Eratóstenes usó una sombra como ésta para calcular el perímetro de la Tierra. Cuando el Sol estaba exactamente sobre Siena (al mediodía del 21 de junio), midió la sombra de un objeto en Alejandría. Conociendo el largo del objeto, el de su sombra, y la distancia entre Siena y Alejandría, calculó el perímetro terrestre.

En la Figura 3 describimos la situación en ambas ciudades. Siena está representada por el punto S y Alejandría por el punto A, ambos sobre la superficie de la Tierra, a la que se ve como una circunferencia. La longitud de arco entre S y A es d , y el ángulo correspondiente a este arco es θ . El radio de la Tierra es R . Al mediodía del 21 de junio, los rayos inciden perpendicularmente a la superficie de la Tierra en la ciudad de Siena, y por lo tanto tienen la misma dirección que la recta que une esta ciudad con el centro de la Tierra.

Midiendo la sombra de una varilla en Alejandría en

ese momento, es posible determinar el ángulo θ . En efecto, utilizando nociones sencillas de trigonometría es fácil convencerse de que

$$\tan \theta = \text{longitud de la sombra} / \text{longitud de la varilla.}$$



Determinando las dos longitudes se calcula la tangente del ángulo, $\tan \theta$, y a partir de ella es posible obtener el valor del ángulo (¡actualmente con una calculadora!). Alternativamente puede dibujarse un triángulo rectángulo, con catetos dados por estas dos longitudes, y medir el ángulo θ con un transportador.

Por otro lado, el cociente entre el perímetro total de la Tierra, P , y la longitud de arco, d , que une los puntos S y A sobre la superficie de la Tierra, es igual al cociente entre el ángulo correspondiente a una vuelta entera, 360° , y el ángulo θ que define el arco que une S y A . Esto quiere decir que

$$P / d = 360 / \theta$$

y, por lo tanto,

$$P = 360 d / \theta .$$

Una vez conocido el perímetro de la Tierra, es muy fácil determinar el radio R , utilizando la relación entre el perímetro y el radio de una circunferencia

$$R = P / 2\pi .$$

Eratóstenes conocía un lugar en donde el Sol, en un momento particular del año, caía en forma exactamente vertical al mediodía. El experimento puede hacerse también si este no es el caso. Para ello, es necesario determinar la sombra de una varilla en *dos lugares diferentes*. La situación se ilustra en la Figura 4. Los puntos A y B corresponden a la ubicación de dos escuelas que colaboran entre sí. Estos dos puntos deben estar ubicados aproximadamente sobre un mismo meridiano terrestre, es decir, separados por una distancia norte-sur a la que llamamos d en la Figura 4. El experimento da mejores resultados cuanto mayor sea d .

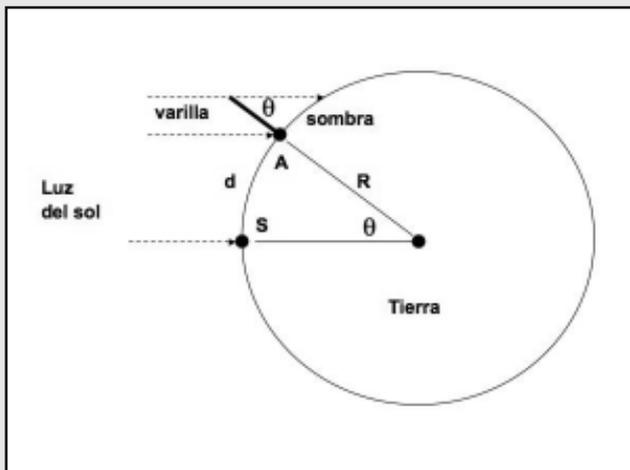


Figura 3. Eratóstenes midió la longitud de una varilla y la de su sombra al mediodía del 21 de junio en Alejandría. Luego determinó el ángulo θ que formaban los rayos del Sol con la vertical en esta ciudad. Este ángulo coincide con el que subtende el arco de circunferencia que une las ciudades de Siena (S) y Alejandría (A).

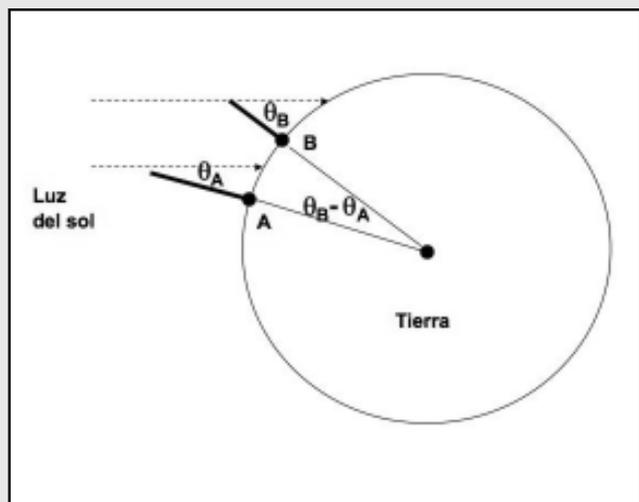


Figura 4. En la figura se muestra la posición de las escuelas A y B y la dirección de los rayos del Sol en ambos lugares, dada por los ángulos θ_A y θ_B respectivamente. En este caso, el ángulo relevante para determinar el perímetro y el radio de la Tierra es la diferencia $\theta_B - \theta_A$.

Midiendo los valores del largo de la sombra y del largo de la varilla en cada escuela, es posible determinar los ángulos θ_A y θ_B , como se explicó anteriormente. Una vez conocidos estos dos ángulos, es muy sencillo obtener el valor del radio terrestre. La Figura 4 muestra que el ángulo que subtende el arco que une los puntos A y B es la diferencia entre θ_B y θ_A . Por lo tanto, podemos determinar el perímetro terrestre a partir de la fórmula:

$$P = 360 d / (\theta_B - \theta_A) .$$

Si ambas escuelas no se encuentran sobre el mismo meridiano, la distancia d que hay que utilizar es la distancia norte-sur entre escuelas, es decir, la distancia entre los paralelos que pasan por ambas escuelas.

2009-Año Internacional de la Astronomía

EL PROYECTO CHIRON, UNA MIRADA AL CIELO

En la ciudad de Esquel, Chubut, se realizaron actividades grupales de aprendizaje significativo sobre conceptos astronómicos, diseñadas especialmente para adultos mayores de sesenta años.

Néstor Camino, Cristina Terminiello, Silvia Lo Moro y Juan M. Martínez

La propuesta didáctica del Proyecto Chiron nace de la convicción profunda de que es posible mirar el cielo y, a partir de esa experiencia personal y social, construir aprendizajes significativos adecuados a las posibilidades y tiempos de cada persona, muy especialmente de los propios de los adultos mayores, cuya edad supera los 60 años.

El Proyecto Chiron consiste en desarrollar un conjunto de actividades gratuitas y altamente participativas relacionadas con la enseñanza de la astronomía durante un año y medio, con un grupo de personas de la tercera edad de la ciudad de Esquel, en el contexto de un taller semanal de dos horas de duración. Los participantes se incorporan al Proyecto en forma voluntaria, conformando así un grupo de pares a partir de sus intereses genuinos.

Las actividades diseñadas para el Proyecto se articulan a partir de tres grandes ejes de desarrollo conceptual, íntimamente relacionados y solapados en el tiempo: la observación del cielo diurno (movimiento del Sol, variación de las sombras, relojes de sol, orientación geográfica, etc.), la observación del cielo nocturno (orientación geográfica, relojes de estrellas, variación estacional, planetas, utilización del planetario, etc.) y observación de la Luna (fases, calendario, eclipses, etc.). Una parte importante de todas las actividades del Proyecto es que aquellos adultos mayores que son abuelos pueden compartir con sus nietos parte del trabajo y los resultados que vayan obteniendo, por lo que algunas actividades fueron diseñadas para ser realizadas en conjunto por abuelo-nietos (observación del cielo, etc.). Para nosotros, ésta es una forma de recuperar los lazos afectivos que antiguamente producía el cielo y que lamentablemente la cultura tecnológica y urbana actual fue perdiendo.

El Proyecto Chiron, cuya denominación completa original es "El cielo patagónico para los abuelos de Esquel", fue uno de los proyectos ganadores del Premio Bienal 2006 "Nuestros ancianos, la familia y la sociedad", de la Fundación Navarro Viola. A partir de ese premio fue posible la primera implementación del Proyecto (agosto de 2006 a diciembre de 2007), renovado luego por la Fundación para una segunda implementación (marzo de 2008 a julio de 2009). Actualmente se encuentra en preparación su tercera puesta en práctica, a partir de marzo de 2010.

¿Por qué "Chiron"?

En la mitología clásica, Chiron¹ es el nombre propio del Centauro, una extensa constelación ubicada junto a la Cruz del Sur, en el borde de la Vía Láctea. Sus estrellas más brillantes, circumpolares en la Patagonia, son Rigil Kentaurus y Hadar, que forman el "puntero" de la Cruz del Sur, o también "las boleadoras" que fueran arrojadas por el cazador al ñandú en la hermosa historia patagónica que da origen a la constelación de "el rastro del Choike".

Palabras clave: astronomía, aprendizaje significativo, adultos mayores, Patagonia.

Néstor Camino^{(1) (2)}

Profesor de Fisicomatemáticas, Lic. en Astronomía y Dr. en Ciencias de la Educación, Univ. Nac. de La Plata, Argentina.

nestor.camino@speedy.com.ar

Cristina Terminiello⁽¹⁾

Maestra. Escuelas N°210 y N°791 de Esquel, Argentina.

crister@speedy.com.ar

Juan Manuel Martínez⁽²⁾

Dr. en Física, Univ. Nac. de Córdoba, Argentina.

jmmartinezc@speedy.com.ar

Silvia Lo Moro

Médica Psiquiatra, Univ. de Buenos Aires, Argentina.

Se desempeña en ámbito privado.

silvialomoro@gmail.com

⁽¹⁾ Complejo Plaza del Cielo.

⁽²⁾ Fac. de Ingeniería de la Univ. Nac. de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Esquel, Argentina.

Recibido: 11/08/2009. Aceptado: 29/10/2009.

¹ Nota de los editores: se lo puede encontrar también como Quirón o Queirón.

Imagen identificatoria del Proyecto Chiron.

Chiron era inmortal, sabio y bondadoso y, aunque salvaje y temperamental, era amante de la paz. Dominaba las artes de la música, la poesía, la medicina, las leyes y las matemáticas y era, por sobre todo, un educador, encargado de formar a los jóvenes como Odiseo o Jasón. Según Isaac Newton, Chiron es también el creador de las constelaciones. Elegimos su nombre para designar nuestro proyecto, ya que el proceso de aprendizaje que promueve en los adultos mayores participantes está fuertemente ligado al cielo, al conocimiento, al arte y al trabajo solidario, y contempla un retorno importante sobre los jóvenes, incluyendo sus propios nietos.

Un proyecto con fundamentos

En el diseño e implementación del Proyecto Chiron hemos incorporado distintos elementos teóricos, en especial en lo que respecta a la didáctica de la astronomía y a la construcción de aprendizajes significativos en un grupo etéreo caracterizado como “tercera edad”.

La teoría del aprendizaje significativo

Según el psicólogo David P. Ausubel (1918-2008), “...la esencia del proceso de aprendizaje significativo es que ideas expresadas simbólicamente se relacionen, de manera sustantiva (no literal) y no arbitraria, con lo que el aprendiz ya sabe, o sea, con algún aspecto de su estructura cognitiva específicamente relevante que puede ser, por ejemplo, una imagen, un símbolo, un concepto o una proposición ya significativa”.

Existen distintas corrientes de pensamiento sobre los procesos de aprendizaje y también existen, consecuentemente, muchas más variantes sobre cómo diseñar e implementar procesos de enseñanza en áreas conceptuales acotadas, las denominadas “didácticas específicas”, como en nuestro caso lo es la didáctica de la astronomía. Una de estas corrientes es la que se ha dado en llamar la teoría del aprendizaje significativo, iniciada por Ausubel en su obra *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, continuada y extendida por Joseph Novak y Helen Hanesian en los años 80. La cita transcrita en el párrafo inicial de este apartado sintetiza lo básico, ya no de la teoría, mucho más compleja y rica, pero sí quizás de la actitud hacia el aprendizaje (y hacia la enseñanza): un proceso de reconstrucción y resignificación de los conocimientos, en el cual quien aprende constituye el foco de la atención.

Se postulan unas pocas “condiciones” necesarias para que el aprendizaje sea significativo:



- los materiales a trabajar deben ser “lógicamente significativos” (su estructura lógica interna, pudiendo coincidir con la propia del área disciplinar bajo estudio) y “psicológicamente significativos” (adecuados a la estructura psicológica de quien aprende, a su edad y maduración);
- debe existir la “disposición para aprender” (aprender es un acto voluntario, de compromiso y acción por parte del aprendiz, cualquiera sea su edad).

Es posible aprender en forma significativa durante toda la vida

Resulta esencial comprender que una de las consecuencias más profundas de la teoría del aprendizaje significativo es que no existe ningún tipo de restricción para que en cualquier momento de nuestras vidas podamos construir, de hecho, aprendizajes significativos. Si bien las corrientes de pensamiento sobre el aprendizaje -incluyendo aquellas de Jean Piaget y de Lev Vygotsky, ambas en vigencia y de gran riqueza y profundidad para la educación- no niegan la posibilidad de aprender sin solución de continuidad, es a partir de las contribuciones de Ausubel que esta afirmación se hace explícita, con consecuencias concretas para diseñar acciones educativas que contemplen la diversidad de personas en una comunidad. Del mismo modo, es posible afirmar que todos los conceptos, sin excepción, pueden ser enseñados y aprendidos desde la infancia hasta la vejez: conceptos relacionados con el arte o con la ciencia, o con cualquier otro campo del conocimiento, sin valoraciones ni restricciones.

Sin embargo, la profundidad, la abstracción, los tiempos, etc., deben ser adecuados a cada grupo de aprendices, para lo cual es indispensable generar acciones didácticas específicas y diferenciadas. Éste es otro de los desafíos de quienes nos dedicamos a la enseñanza de la astronomía: cómo generar acciones didácticas específicas para compartir conceptos propios del conocimiento científico con otras personas,

2009-Año Internacional de la Astronomía



Midiendo Acimut y Altura de la Luna con el sextante de aula.

de distintas edades, culturas o intereses, sin perder la rigurosidad conceptual, la calidad educativa ni la belleza del mundo que esos conceptos nos muestran.

El aprendizaje significativo en astronomía

Nuestra concepción sobre la didáctica de la astronomía tiene como característica fundamental la de partir de tres "ejes de desarrollo conceptual", integrados tanto desde lo psicológico como desde lo conceptual y temporal:

- la evolución de las sombras y rayos de luz materializados por un gnomon recto vertical (una varilla recta, perpendicular al suelo, con una arandela en su extremo);
- el seguimiento de la apariencia y posición de la Luna;
- el seguimiento de ciertos grupos de estrellas.

La potencialidad del trabajo a realizar a partir de la integración de estos tres ejes es muy grande, posibilitando además una profunda articulación con otras áreas del conocimiento, tanto en el contexto escolar como en el social general.

Una característica fundamental del modelo de ejes de desarrollo conceptual lo constituye el denominado "proceso iterativo". Si bien es cierto que nunca dejamos de aprender, también lo es que nunca aprendemos "repetido"; es decir, se da un proceso iterativo de larga duración en el que nunca se ve del mismo modo algo que ya fue significativamente aprendido antes, ya que al vivir nuevamente experiencias en el mundo natural y en el mundo sociocultural, éstas aportarán nuevos elementos a la estructura conceptual primigenia, permitiendo diferenciar conceptos, integrar otros y entender más y más la potencialidad explicativa de la visión de mundo construida previamente.

Las personas, independientemente de su edad, interactúan con el mundo natural y social a partir de la visión del mundo que hayan construido a lo largo de sus vidas y, de acuerdo con esto, será la forma de interpretar el mundo en el que viven. Una actividad como la propuesta por el Proyecto Chiron posibilita no sólo la construcción de nuevos aprendizajes relacionados específicamente con los fenómenos astronómicos y con la observación del cielo, sino la

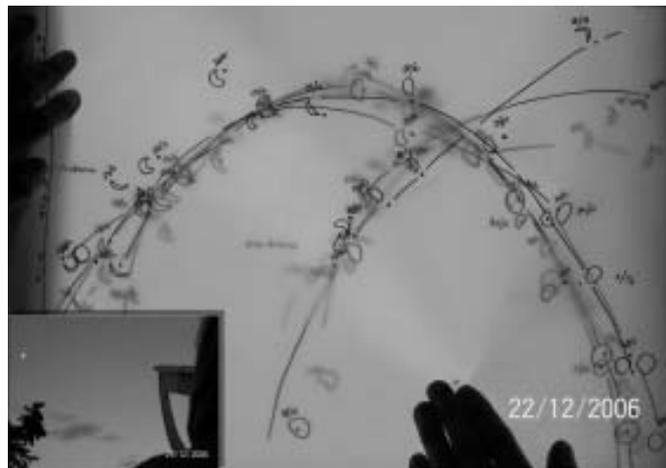
Gráficos cartesianos superpuestos de las posiciones de la Luna durante varios meses.

resignificación de los ya construidos a lo largo de la vida, posibilitando "ver el mundo" de una manera nueva.

La educación en la tercera edad

En Argentina, los adultos mayores de 60 años constituyen aproximadamente el 15% de la población total (unos 5 millones de personas, número que según proyecciones del INDEC se duplicará en los próximos treinta años). De esa gran cantidad de adultos mayores, se estima que el 75% son personas sanas, competentes, que pueden desarrollar múltiples actividades en forma autónoma por interés propio, con alto grado de participación en una tarea en conjunto. Sin embargo, la sociedad discrimina a los adultos mayores, y es a esta conducta que deben adjudicarse muchos de los problemas del envejecimiento. Esta discriminación lleva a los jóvenes a ver a los adultos mayores como diferentes, sin poder identificarse con ellos, convencidos de que la vejez es algo que llegará en un futuro demasiado lejano -y poco ansiado- como para prestarle atención en el presente. Pero la expectativa de vida es cada vez mayor y, por lo tanto, ese final puede significar veinte años o más. En veinte años aún hay tiempo para infinidad de cosas.

La educación es sin dudas un eje clave de alternativas favorables para la resignificación de la cultura del envejecimiento y de la representación social de la vejez. En especial, y con relación a la población con la que trabajamos en este Proyecto, una educación que atienda los requerimientos de una vejez sana se funda en una concepción que tiende a superar el concepto de *edad cronológica* (a partir de los 60) y el de *edad social* (edad de la jubilación) por el de *edad funcional*. Se entiende por edad funcional aquella etapa vital en la cual una persona tiene la capacidad de realizar nuevos aprendizajes o de modificar los ya disponibles, en orden a descubrir y comprender su nueva situación de vida y así anular o disminuir el déficit causado o adquirido por los cambios y las pérdidas habituales o normales de la vejez.



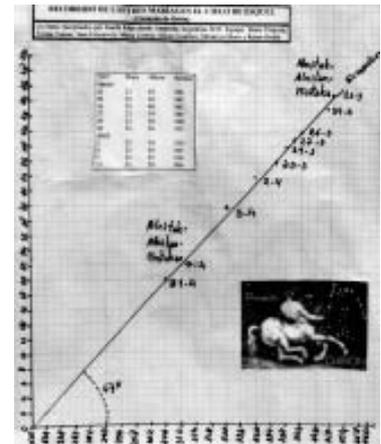
2009-Año Internacional de la Astronomía

La educación, entonces, como vehículo emancipatorio por excelencia y derecho social para todas las edades, debe concebirse como un lugar de inclusión y de desarrollo de la imaginación y la capacidad creativa del ser humano, como un proceso de recuperación de la memoria de las generaciones mayores y como una oportunidad de intercambiar y participar activamente en la sociedad de la cual forman parte. Cuando los adultos mayores pueden participar de experiencias educativas significativas, perciben una mejora sustancial en su forma de ver la vida, de romper el aislamiento y de hacer frente a aquella discriminación siempre presente.

Entre muchos otros beneficios de estas acciones (autorrealización, autoestima, etc.), los adultos mayores pueden percibir cambios en las siguientes dimensiones:

- *Integración social:* hacen nuevos amigos, vinculándose con personas ajenas a sus círculos sociales habituales; se integran más a la sociedad; comprenden que hay muchas otras formas de ver la realidad, logran ser más tolerantes con quienes piensan distinto; etc.
- *Recuperación de actividades y deseos postergados:* estudian cosas que les interesaron en su juventud pero que, por múltiples causas, nunca pudieron realizar; etc.
- *Adaptación social:* se sienten más seguros para enfrentar los cambios sociales y tecnológicos (computadoras, telecomunicaciones, etc.); mejoran su comprensión sobre los jóvenes; aceptan más el tiempo que les toca vivir; etc.
- *Relaciones familiares:* ganan seguridad al opinar en sus hogares; comienzan a ayudar a sus hijos y nietos en cosas que antes no podían; mejoran su comunicación y comparten más actividades con sus familiares y relaciones; etc.

Las posibilidades de aprendizaje en la vejez no dependen tanto de la edad como de las condiciones en que se realizan, en especial debido a que el aumento en edad no produce una reducción, sino más bien un cambio estructural, en las disposiciones intelectuales. Si bien la memoria y la rapidez en el aprendizaje decrecen, los sistemas de comprensión cognitiva pueden ir diferenciándose constantemente con los años y perfeccionándose progresivamente, con lo cual puede aumentar la exactitud y seguridad del aprendizaje. Asimismo, el ritmo de aprendizaje de los mayores difiere significativamente en relación al de los jóvenes e incluso hay importantes diferencias individuales entre el grupo conformado por aquellos. Por esta razón, en toda situación de aprendizaje es imprescindible respetar y conceder el tiempo que requiera cada uno, según las características personales de asimilación y procesamiento de la información.

Movimiento de Mintaka (Orión) durante varios meses.

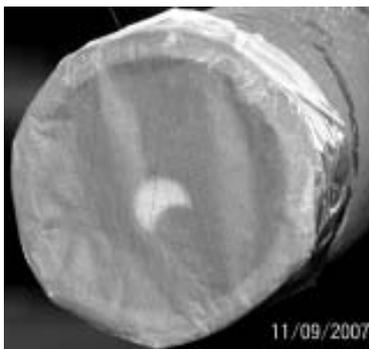
En cuanto a la motivación para el aprendizaje, las personas mayores no están menos dispuestas, sino que su situación está más ligada a la práctica real y personal. El interés para un aprendizaje continuo se halla, en esta etapa de la vida, relacionado con necesidades subjetivas de permanecer mentalmente ágiles y activos. Según sean las situaciones y desafíos que se les presenten como tareas de desarrollo, y en la medida en que las perciban como factibles de hacerles frente, será también la tendencia a buscar oportunidades de aprender. La experiencia vital, la realidad inmediata y la cotidianeidad constituyen una fuente de motivación importante para iniciar el aprendizaje en los mayores, a la cual hay que recurrir permanentemente para mantenerla durante todo el proceso. El aumento o conservación de la autoestima y del interés por adquirir una nueva habilidad, aplicar o enriquecer los conocimientos presentes, son fuertes motivantes secundarios para aprender.

El aprendizaje es siempre una cuestión de organización. La eficiencia de una situación de aprendizaje en los mayores depende, en gran medida, de la capacidad de la persona para organizar y ordenar el contenido a aprender, de lo significativo que le resulte el tema dentro de un contexto global y de la posibilidad de ser integrado en su realidad de vida. El proceso de aprendizaje exige la reorganización de pasados descubrimientos y comprensiones ("insights") en nuevos paradigmas elaborados personalmente. Todo nuevo aprendizaje se construye sobre la experiencia previa, lo cual repercute, a su vez, en el ritmo de aprendizaje. Partir de su historia personal -conformada por los valores, actitudes, creencias, conocimientos, habilidades, hábitos, posibilidades, carencias, etc. que se han configurado a lo largo del ciclo vital- les permite, por una parte, reflexionar sobre el sentido de su vida, y por la otra, ser capaces de estructurar los nuevos conocimientos teóricos sobre la propia realidad, para poder intervenir en ella de manera dinámica y comprometida.

Investigación educativa en el Proyecto Chiron

Profundizamos algunos aspectos del desarrollo del Proyecto Chiron en un proceso de investigación específico de la Universidad Nacional de la Patagonia San

2009-Año Internacional de la Astronomía



Eclipse de Sol observado por medio de una cámara oscura.

Juan Bosco: "Aprendizaje significativo de conceptos astronómicos en adultos mayores de sesenta años". La investigación en proceso

es de tipo cualitativa, con un enfoque interpretativo, y se centra principalmente en cómo influyen las variables sociales, afectivas y temáticas en el aprendizaje de ciertos conceptos astronómicos, así como en estimar de qué manera influye el contexto conceptual (el estudio del cielo desde una perspectiva múltiple, a la vez científica, cultural, etc.) en la génesis de lazos emocionales positivos, no sólo entre los adultos mayores participantes sino también hacia la tarea específica requerida. Contamos además con la asesoría de la Dra. Norma Tamer (Universidad Nacional de Santiago del Estero) en los temas específicos relacionados con la tercera edad.

Cómo se invita a los adultos mayores a participar

Además de los avisos y reportajes habituales a través de los distintos medios de difusión, editamos afiches que se distribuyeron mediante la clásica "pegatina" por la ciudad y que fueron entregados en mano a las personas mayores que transitaban por la calle. Otro mecanismo de difusión fue editar folletos en un formato pequeño, que fueron entregados a todos los chicos de 9° de EGB y de Polimodal de las distintas escuelas de Esquel. En estos folletos se les informaba acerca del Proyecto y se les pedía que nos ayudaran a que a través de ellos se enteraran sus abuelos y otros adultos mayores de sus familias, vecinos, amigos y conocidos. Luego de Chiron 1, y sumada a la difusión pública habitual, otra forma la constituyó el "boca en boca" de los miembros del Proyecto, quienes invitaron a amigos y conocidos a que participaran de las próximas implementaciones.

Los participantes

Hasta el presente han participado del Proyecto Chiron dos grupos distintos de adultos mayores:

- El grupo del Proyecto Chiron 1 (agosto 2006 - diciembre 2007) estuvo formado por 26 personas: 19 mujeres y 7 varones. Sus edades iban desde los 60 hasta los 82 años, con 12 personas mayores de 70 años.

Hilos de luz y sombra.

- El grupo del Proyecto Chiron 2 (marzo 2008 - julio 2009) estuvo formado por 20 personas: 18 mujeres y 2 varones. Sus edades también iban desde los 60 hasta los 82 años, con 11 personas mayores de 70 años.

Los coordinadores eran más jóvenes. En ambos proyectos, la gran mayoría de las personas tuvo un alto nivel de asistencia a la totalidad de reuniones, fueran éstas las propias del taller o bien las observaciones diurnas o nocturnas, como así también a las reuniones para festejar eventos astronómicos. El promedio general de asistencia en cada proyecto fue mayor al 65%, cifra que cobra mayor relevancia al recordar las edades de los participantes, el carácter voluntario de la participación en los proyectos y la cantidad de reuniones de cada uno de ellos: 73 reuniones en Chiron 1 y 63 en Chiron 2 (durante este último período nos afectaron negativamente la erupción del Volcán Chaitén y la pandemia de Gripe A N1H1).

El desarrollo del taller de astronomía

Si bien es cierto que el desarrollo del taller va evolucionando a partir de los tres ejes de desarrollo conceptual (cielo diurno, cielo nocturno y Luna), sucede habitualmente que el interés de los participantes genera preguntas o inquietudes que hacen variar sustancialmente los tiempos y los temas a trabajar. Además, el conjunto de actividades propuestas durante el taller respeta los tiempos, idiosincrasias y estilos emotivos de aprender de cada participante, por lo que la historia de Chiron 1 es distinta de la de Chiron 2.



La ubicación espacial durante un equinoccio.

Las actividades consisten en distintos encuentros -reuniones generales del taller, reuniones en pequeños grupos en las casas de los participantes y reuniones para festejos de eventos astronómicos o de cumpleaños, etc.-, salidas de campo y producciones de trabajos escritos, gráficos, dibujos y modelos concretos. Todas las actividades realizadas se registran de manera sistemática, principalmente mediante fotografías y/o videos digitales. Esta exhaustiva tarea de registro no se debe sólo a los fines de generar un conjunto de datos, importante para los aspectos investigativos del proyecto, sino además -y, quizás, especialmente- a los fines del registro de la historia y de la evolución de los lazos afectivos del grupo. Toda la historia del proyecto a través de sus imágenes es luego entregada a cada participante en forma de un juego de discos compactos en los que se reúnen, en promedio, más de 1500 fotos de cada uno de los proyectos. Acompañando el desarrollo del taller, cada participante recibe una importante cantidad de materiales escritos producidos durante cada proyecto (actividades didácticas, textos explicativos, esquemas, fotocopias de libros y de diarios, etc.). Asimismo, se entrega a los participantes las copias de las mejores fotografías de los sucesos astronómicos que hayamos compartido durante el desarrollo del taller (sucesos que de un proyecto a otro también cambian), como por ejemplo, las producidas al observar un eclipse, un cometa, etc. Esta historia fotográfica, de gran calidad, es otro de los lazos afectivos que generan un importante hito en la construcción de la identificación y de la pertenencia al grupo Chiron.

La carga conceptual, teórica y metodológica, ofrecida a los participantes es importante. Se busca exigir su capacidad de aprendizaje, adaptando a cada uno de ellos el ritmo y profundidad de las distintas situaciones, en las que siempre se relaciona lo trabajado en el aula con lo observado en el cielo en un proceso iterativo continuo que respeta los tiempos propios, individuales y grupales.

Principales actividades realizadas sobre astronomía

Durante el año y medio en que se desarrolla el taller del Proyecto Chiron, se tratan distintos temas y se realizan diversas actividades concretas, todas ellas interrelacionadas. Este trabajo va posibilitando gradualmente la construcción de una forma nueva de comprender el espacio y el tiempo y la descripción y explicación de los fenómenos que en ellos suceden. Los



aprendizajes se dan en el contexto de una escala astronómica, más amplia que la habitual, en la que las personas nos reubicamos como pequeños y efímeros, aunque la belleza que se descubre en este proceso revaloriza positivamente nuestra vida y la de nuestros pares y el futuro aún por vivir.

En todas las actividades del Proyecto Chiron se trabaja en pequeños grupos, y la mayoría de ellas se desarrollan en horarios fijos extra taller y en lugares de observación elegidos por los adultos mayores que deben mantenerse sin cambio mientras dure la actividad. Luego, los resultados del trabajo en grupos, sean cuales fueren, se comparten y discuten en las reuniones generales, en las que todos comprenden que las dificultades de aprendizaje se superan con el apoyo del grupo, y que los resultados y producciones compartidos son altamente satisfactorios (por difíciles que les hayan parecido al iniciarse el Proyecto, a su término todas las actividades diseñadas se cumplen holgadamente).

Es por lo antes expuesto que, mientras se desarrollan las actividades, se van generando lazos afectivos a partir de la tarea compartida, los cuales perduran y se fortalecen aún luego de finalizado el Proyecto. En muchos casos, quedan formados grupos de estudio que continúan con la lectura de libros o con la discusión de videos, o bien grupos de amigos que se reúnen regularmente, reuniones que antes, siendo antiguos y



Exponiendo lo aprendido.

2009-Año Internacional de la Astronomía



La ayuda de una "experta".

conocidos vecinos de Esquel, jamás se habían producido.

Las principales actividades realizadas du-

rante Chiron son las siguientes:

- Construcción y utilización de un sextante de aula para la determinación de posiciones en el cielo (Acimut y Altura).
- Orientación geográfica, mediante la determinación de la línea Norte-Sur tanto de día como de noche.
- Observación y registro sistemático del movimiento de la Luna en el cielo de Esquel.
- Observación y registro sistemático del movimiento de Orión y de la Cruz del Sur en el cielo local.
- Observación de eclipses de Luna y de Sol, y de otros fenómenos astronómicos.
- Construcción de cámaras oscuras.
- Registro de sombras y rayos de luz utilizando un gnomon.
- Observación de solsticios y equinoccios.
- Observación de objetos y fenómenos varios: cometa McNaught, cometa Lu-Lin, tránsito de Mercurio, etc.
- Seguimiento de la Estación Espacial Internacional a su paso por el cielo de Esquel.
- Estudio de los principios básicos de los relojes de Sol.
- Uso del Planetario del Complejo Plaza del Cielo.
- Escritura de los recuerdos infantiles sobre el cielo y sobre algunos fenómenos astronómicos, en especial de eclipses de Sol.
- Análisis de los fundamentos astronómicos y culturales de ceremonias rituales de distintos pueblos (Pasqua, años nuevos, rogativas, etc.).
- Resignificación de objetos cotidianos o de uso habitual hace muchos años atrás (antiguas cámaras de fotos, cámaras oscuras naturales en las casas, instrumentos ópticos, etc.).
- Inicio del trabajo con elementos tecnológicos (computadoras, software astronómico, largavistas, telescopios, etc.).
- Trabajo con bibliografía específica, de buena calidad y actualizada, así como de búsquedas en Internet.

Volver a aprender para poder enseñar

A medida que el taller avanza, los miembros del Proyecto van evolucionando acorde con su "estilo emotivo" de aprender. Quizás algo molestos al principio por no comprender, identifican luego aquello que "no saben" y rápidamente comienzan a ser activos cons-

tructores de sus nuevos aprendizajes. Esforzarse por trabajar con mucho tesón, tanto en soledad como en grupo, les posibilita gradualmente ganar confianza ante sus pares y familiares, y animarse luego a enseñarles a otros sus producciones, convencidos de que sus aprendizajes son muy valiosos.

El acompañamiento de los docentes del Proyecto, durante las reuniones y todo otro momento requerido (en consultas telefónicas o personales, en las observaciones del cielo, en las reuniones de los grupos de trabajo, etc.), el respeto por cada pregunta y por el tiempo que demande a cada adulto mayor la comprensión de lo trabajado, el ayudarlos a confiar en que es posible continuar aprendiendo, el apoyarse en los compañeros en el proceso requerido en las distintas actividades, etc., son algunas de las formas en que todos hemos aprendido a llevar adelante esta experiencia.

Resignificar lo aprendido al enseñar a otros

Durante el desarrollo de Chiron 2, fue fundamental para facilitar la interacción del grupo y para potenciar el proceso de aprendizaje recién iniciado, la asistencia permanente de una de las participantes del primer Proyecto Chiron. Esta "experta" fue una especie de ayudante: un par de los adultos mayores noveles, pero con una función cercana a los docentes responsables del taller. Ella acompañó el quehacer de los distintos grupos de trabajo, los asesoró durante la semana, los acompañó a medir y les ayudó a analizar en sus casas lo observado. Pero también fue muy importante el proceso de resignificación de sus propios aprendizajes, construidos durante Chiron 1, al ver "desde afuera" cómo otros adultos mayores iban gradualmente aprendiendo, enfrentándose con dificultades que ella, dos años atrás, había superado.

Los miembros del Proyecto Chiron 2 han resaltado como muy positiva, tanto desde el proceso de aprendizaje como desde lo afectivo, la participación de esta "egresada" de Chiron 1 (lo que repetiremos, sin dudas, para el próximo Chiron 3 con los egresados de los dos anteriores Proyectos).

Compartir lo aprendido

En cada oportunidad en que nos preparamos para observar algún fenómeno astronómico, el Proyecto Chiron invita a la comunidad a compartir esa observación, enviando a los medios la información necesaria para comprender la experiencia. En varios casos, fueron los propios adultos mayores quienes prepararon la nota escrita, participaron de reportajes en radio y televisión, y durante el evento explicaron a los "visitantes" el fenómeno observado. En otro orden de cosas, cabe destacar que durante 2009, un grupo de estudio formado a partir de algunos miembros de

Las manos de Chiron: seguir aprendiendo para el futuro.

Chiron 1 prepararon y presentaron dos charlas en el Complejo Plaza del Cielo, en el Centro Cultural Melipal: "Mujeres en la Astronomía" y "Las mil y una noches estrelladas", sobre los observatorios pretelescopios en Asia; sumándose así a las acciones en el marco del Año Internacional de la Astronomía.



Evolución del grupo de pertenencia

No sólo buscamos que se genere un sentimiento de identificación y pertenencia entre los miembros de un Proyecto mientras éste existe, sino que nos preocupa que tal vínculo se extienda también en el tiempo, y hacia otros adultos mayores, amigos y familiares (y en especial a sus nietos) que hayan compartido el espíritu de un Proyecto Chiron.

Así, es nuestra costumbre (casi una disciplina ya) organizar reuniones para festejar momentos astronómicos importantes (equinoccios, solsticios, eclipses, etc.), invitando a los miembros de ambos Proyectos y a sus familiares y amigos. Se genera entonces un hermoso clima de afecto, en el que se comparten desde una divertida anécdota de cómo observar la Luna en una noche de invierno esquelense, hasta relatos de décadas atrás, que los más jóvenes escuchamos con mucha atención.

El respeto por la tradición recién construida

El trabajo sistemático de observación del cielo fortalece la identidad del propio lugar sobre la Tierra, que debe ser respetado y protegido (como bien lo supieron todas las culturas originarias, conocedoras y respetuosas del cielo, de su simbología, y de su lugar en el planeta). Así, cada pequeño grupo definió en su momento una posición propia con respecto a la cual, durante la totalidad del Proyecto, describió lo que observaba del mundo natural astronómico.

Con este espíritu, una de las plazoletas de Esquel, punto de observación común de equipos de trabajo de los dos Proyectos realizados hasta el momento, fue designada como Plazoleta "Chiron", a partir de un proyecto de ordenanza ideado y gestionado por los adultos mayores del Proyecto. Esta designación (concretada en 2008), es un símbolo del respeto y de la proyección a futuro que el trabajo de los adultos mayores de nuestro Proyecto tiene en la comunidad de Esquel.

Proyección a futuro

Queda mucho camino aún por recorrer y mucho por investigar para no sólo comprender de qué manera la educación nos permite transformar nuestras vidas, sino también para disfrutar de la vejez y lograr que sea una etapa plena, creativa, junto a otros, aprendiendo y enseñando en forma solidaria.

Experiencias como la que llevamos adelante con el Proyecto Chiron nos muestran la gran riqueza y la potencialidad educativa y también social de este cambio de actitud ante la vejez; pero se requieren más experiencias similares, más jóvenes trabajando en compañía de los ya no tan jóvenes, que permitan construir un presente con mejor calidad de vida y un futuro que sea de todos.

Para intentar crecer en este camino, hemos iniciado un proceso de reflexión, discusión, estudio e intercambio de experiencias, a través de las "Primeras Jornadas Patagónicas sobre Educación en la Vejez", que se desarrollaron en Esquel los días 24 y 25 de abril de 2009.

Participaron de las Jornadas cerca de cien personas, de variados campos de interés y en un amplio espectro de edades. Invitados especiales dictaron conferencias y mesas redondas. También expusieron sus experiencias personas e instituciones de la comunidad.

Continuaremos con el proceso iniciado este año con la realización de las Segundas Jornadas, que se realizarán también en Esquel los días 23 y 24 de abril de 2010. Los invitamos a compartir esta búsqueda, y a imaginar nuevas formas para seguir aprendiendo, crecer mejor y disfrutar de los años por venir.

Lecturas sugeridas

- Camino, N., 1999, "Sobre la Didáctica de la Astronomía y su Inserción en EGB". En Kaufman, M. y Fumagalli, L. Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y Propuestas Didácticas. Buenos Aires, Argentina, pp. 143-173. Paidós.
- Fundación Navarro Viola, 2007. Ver y vivir la ancianidad. Hacia el cambio cultural. Premio Bienal de Ancianidad 2005-2006. <http://www.fnv.org.ar/img/pdf/veryvivir.pdf>
- Tamer, N., 1995. El envejecimiento humano. Sus derivaciones pedagógicas. OEA, INTERAMER N°51 Serie Educativa. http://www.educoea.net/portal/bdigital/es/interamer_educativa.aspx?culture=es&navid=201
- Tamer, N., 2002. Nuevas dimensiones del envejecer. Teorizaciones desde la práctica. Programa de Educación Permanente de Adultos Mayores, Secretaría de Extensión Universitaria, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata.
- Yuni, J. A., Urbano, C. A., 2005. Educación de adultos mayores. Teoría, investigación e intervenciones. Buenos Aires. Brujas.

En las librerías



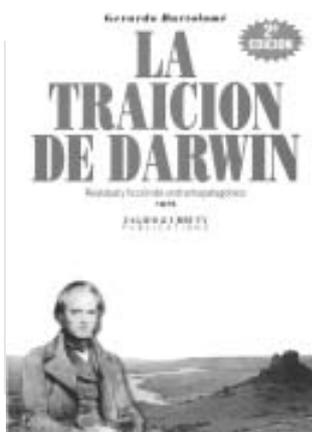
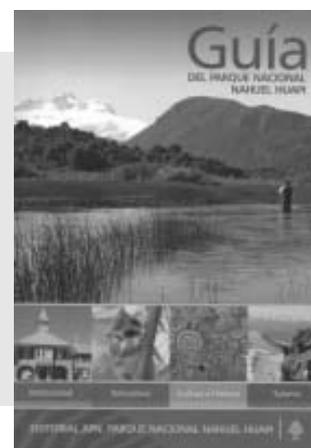
Identidad y lucha por la tierra en San Carlos de Bariloche. II. Robles-Pilar I

Ricardo D. Fuentes y Paula G. Núñez Editores. Editorial Núcleo Patagónico. 273 páginas, 2008.

Este libro narra la historia de Bariloche a partir de la década de 1970 desde uno de sus márgenes: el barrio Pilar 1. El problema del basurero, la imposibilidad de acceder a los títulos de las tierras, la falta de servicios y el diálogo entre sus habitantes y los poderes políticos locales son algunos de sus ejes.

Guía del Parque Nacional Nahuel Huapi. 1ra. Edición. Editorial APN. Parque Nacional Nahuel Huapi. 96 páginas, 2009.

La Guía, realizada a todo color y con la colaboración de numerosos autores, muestra a través de una excelente diagramación aspectos relevantes sobre la naturaleza, la cultura, la historia y el turismo de este Parque Nacional.



La traición de Darwin: realidad y ficción de un drama patagónico.

G. Bartolomé.

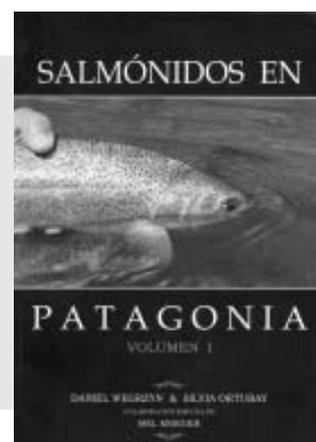
Zagier y Urruty Publicaciones. 255 páginas, 2006.

Relato de ficción en el cual se da vida a personajes reales, la mayoría contemporáneos de Darwin, en un texto intimista y atrapante con numerosas ilustraciones de la época.

Salmónidos en Patagonia. Vol. I.

D. Wegrzyn y S. Ortubay (con la colaboración de G. Herreros). 1ra. Edición. Gráfica Altamirano. 164 páginas, 2009.

Este libro es una puesta al día del conocimiento sobre distintos aspectos de la biología de los salmónidos en nuestra región. Su redacción, en un lenguaje ameno y comprensible, y sus excelentes ilustraciones, lo hacen accesible y útil a un amplio espectro de público.





Una voz presente

Graciela Novellino es cantante, docente, investigadora en temas de voz, comunicación y expresión, acompañante terapéutica y terapeuta corporal. En 1991 llegó a Bariloche desde Buenos Aires y al poco tiempo comenzó a trabajar como coordinadora de un "taller de voz" en el Camping Musical Bariloche, destinado a aquellos que usan la voz como instrumento de trabajo. El taller, que actualmente dicta en forma independiente, propone a niños y a adultos desarrollar procesos ligados al canto, el teatro y la comunicación.

Docencia y canto entretienen la trama de su vida profesional en los últimos quince años. Participa de las actividades del grupo de Teatro "El Brote", dictó cursos en diversas instituciones locales y provinciales y acompañó con su voz presentaciones de libros y eventos culturales barilochenses.

Según expresa "elegir el canto como profesión supone una decisión de vida; un estar con la voz "ahí presente" todos los días, atenta a su crecimiento y sus transformaciones para conocerla y poder expresar desde y a través de ella."

Como cantante ha inaugurado varios de los Festivales "Patagonia y Tango de Bariloche", participado de la "Cumbre Internacional de Tango Bariloche", y ha representado a nuestra ciudad en la "Cumbre de Valparaíso" (Chile) y en el "Festival de Tango Granada" (España). Realizó presentaciones en el exterior: Finlandia, Suecia y España (Granada y Almería) fueron los países anfitriones, Eladia Blázquez y el Sexteto Mayor, entre otros, con quienes compartió algunos de los escenarios.

En el año 2004 presentó junto al guitarrista Juanjo Miraglia su primer trabajo discográfico "Tango". Actualmente trabaja en la edición de su segundo CD, en coproducción con el pianista y arreglador Juan Esteban Cuacci, en trío con Daniel "Pipi" Piazzolla (batería) y Juan Pablo Navarro (contrabajo), y con Gustavo Paglia como invitado (bandoneón).

Según sus apreciaciones, la música "es una gran comunicadora; una creación de expresión humana que integra emociones, sensaciones, pensamientos. Es vehículo de cultura, huella de identidad de grupos humanos. Acompaña la vida humana en las más variadas situaciones y contextos. Ingresa a cada persona por caminos sutiles, como los aromas, de ahí su gran influencia en las emociones y su uso en la salud. Moviliza, nos conecta con verdades individuales y colectivas profundas. Rescata, ayuda, nos hace vivir más acompañados. Interrumpe las situaciones cotidianas adversas. Es terrena, elevada, profunda, conecta con algo mayor que uno mismo. La música, los músicos... necesarios."

