ISSN 1853-6700

# Temas de Biología y Geología del Noa

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

## Artículos

Tierras raras

Reproducción en helechos

Organismos de la laguna Incachule

## Notas

Conociendo nuestros murciélagos: el moloso cola gruesa chico

Volumen 2, Número 2, Agosto 2012

IBIGEO

Año II, Volumen 2, Número 2, Agosto 2012 ISSN 1853-6700

# Temas de Biología y Geología del Noa

Revista Cuatrimestral de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias


## Comité Editorial

### Editora Responsable

Marissa Fabrezi. Ibigeo. CONICET y Museo de Ciencias Naturales (UNSa).

### Editores Asociados

Fernando Hongn. Ibigeo. CONICET - UNSa
Alicia Kirschbaum. Ibigeo. CONICET - UNSa
Fernando Lobo Gaviola. Ibigeo. CONICET - UNSa

## Comité Científico

Sebastián Barrionuevo. CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales
Affonso Brod. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás. Goias, Brasil
Darío Cardozo. CONICET - Universidad Nacional de Misiones
Hugo Carrizo. Fundación Miguel Lillo
Mónica Díaz. CONICET - Universidad Nacional de Tucumán
Marcelo Fagiano. Universidad Nacional de Río Cuarto
Luis Fernández. CONICET - Fundación Miguel Lillo
David Flores. CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales
Laura Giambiagi. IANIGLA (CCT - Mendoza) - CONICET
Fernando J. Gomez. CICTERRA - CONICET, Universidad Nacional de Córdoba
Silvina Guzmán. Ibigeo. CONICET -UNSa
Silvia Japas. CONICET - Universidad de Buenos Aires
Héctor Lacreu. Universidad Nacional de San Luis
Esteban Lavilla. CONICET - Fundación Miguel Lillo
Hugo López. Universidad Nacional de La Plata
Osvaldo Marini. Secretaría de Minería, Provincia de Tucumán.
Carolina Montero López. Ibigeo. CONICET
Pablo Perovic. Aministración de Parques Nacionales
Llorenç Planagumà Guàrdia. Parque de la Garrotxa, Olot, Catalunia
Gustavo Scrocchi. CONICET - Fundación Miguel Lillo.
Ana Laura Sureda. Administración de Parques Nacionales
Florencia Vera Candioti. CONICET - Fundación Miguel Lillo
Sonia Ziert-Kretzchmar. Fundación Miguel Lillo



## Realización

**Diseño y Diagramación.** Eugenia Dantur.
**Textos.** Comité Editorial.

## Editorial de la Universidad Nacional de Salta - EUNSa


## IBIGEO

### INSTITUTO DE BIO Y GEOCIENCIAS DEL NOA

www.unsa.edu.ar/ibigeo

Fue creado como instituto de la Universidad Nacional de Salta a comienzos de 2005 con sede administrativa en el Museo Ciencias Naturales. A partir del 30 de octubre de 2009 funciona como Unidad Ejecutora de doble pertenencia CONICET-UNSa.

El **IBIGEO** tiene entre sus objetivos principales: 1) planificar y ejecutar investigaciones en diversos temas relacionados con los recursos naturales de la región; 2) promover la difusión de los resultados de las investigaciones en el ámbito científico; 3) participar en la formación de recursos humanos universitarios de grado y postgrado; 4) colaborar en la organización de conferencias, reuniones y cursos; 5) asesorar en ámbitos públicos y/o privados para la planificación y/o resolución de problemas; y 6) estimular el interés del público por las ciencias y difundir el conocimiento generado por el estudio de temas específicos de la región.

### Foto de tapa

Vista hacia el norte del flanco occidental del Valle del Tonco-Salta donde resaltan, en forma de cresta, las rocas sedimentarias de los Subgrupos Pirgua y Balbuena (Cretácico-Paleoceno) del Grupo Salta. **Fotografía de Patricio Payrola.**

CONICET IBIGEO UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

# Temas de Biología y Geología del Noa

# Contenidos


37 | Editorial

38 | El formulario único dará respuesta a las autorizaciones. *Patricia Maccagno*

## Artículos

39 | Las Tierras Raras: elementos claves del Siglo XXI. *Mauro de la Hoz*

48 | Sobre la biología reproductiva de los helechos. *Olga G. Martinez, María E. Tanco, Janet Chambi, María C. Bonomo, María S. Ramírez, Zulma Avilez*

54 | Ambientes termales: Evidencias de actividad biológica en sistemas termales fósiles (vetas epitermales) y actuales en la laguna Incachule, Puna Salteña. *Natalia Salado Paz*

## Notas

64 | Conociendo nuestros murciélagos: el moloso cola gruesa chico. *Cesar Bracamonte*

69 | Correo de lectores

69 | Guía para autores

Temas de Biología y Geología del Noa

# Editorial

La divulgación científica es una herramienta educativa que tiene entre sus particularidades la de generar inquietud y curiosidad de manera espontánea. Esto quiere decir que quien visita el Museo de Ciencias Naturales; quien lee la revista **Temas BGNoa** o asiste a una charla sobre murciélagos, no lo hace por obligación sino por un interés especial en determinado tópico.

Durante años, muchos de los que hoy hacemos la revista y participamos en las actividades de divulgación científica del **IBIGEO** hemos desarrollado investigaciones cuyos resultados se dieron a conocer en reuniones y publicaciones científicas con una audiencia limitada a la especialidad temática. Mientras los sistemas de evaluación fueron endureciendo las reglas y orientándonos hacia publicaciones y eventos científicos internacionales en los que el lenguaje de las ciencias es el Inglés, aún cuando la publicación o el evento se generaran en nuestro país, fue surgiendo como una fuerza de resistencia la necesidad de comunicar lo que hacíamos de otra manera para no sucumbir aislados en una comunidad que mira la calidad a través de una óptica bibliométrica, muy ajena a quienes sostienen y se interesan por nuestra ciencia. Es así que toda una generación (la de los que ingresamos al sistema de ciencia y técnica, muchos a través de las universidades en los '80) descubrimos que hacer ciencia también significa acercar nuestra tarea a todos y todas. Una prueba de lo que estamos hablando es el notable crecimiento en número y calidad de las actividades que cada año se realizan en las provincias en torno a la Semana Nacional de Ciencia y de la Técnica y de las ofertas de Tecnópolis en la provincia de Buenos Aires.

Esta editorial está dedicada a celebrar la reciente publicación del libro "Guía de arbolado de Tucumán" editado por Alfredo Grau y Alejandra María Kortsarz de la Universidad Nacional de Tucumán, cuya versión impresa y digital (www.guiadearbolado.com.ar) sintetiza lo expresado en el párrafo anterior. Años de investigación fueron volcados en una obra donde 13 especialistas en Botánica, Ecología, Física, Arquitectura e incluso Derecho, presentan abundante información relativa a los aspectos positivos y negativos de la vegetación en el desarrollo urbano de San Miguel de Tucumán y cómo ello influye en la calidad de vida de todos sus habitantes. Esta obra es una herramienta que aportará grandes beneficios, especialmente a los municipios del Noroeste argentino, para trabajar sobre lo inherente al arbolado tanto del espacio público como el privado; a la vez que el ciudadano común podrá conocer acerca de las plantas de su entorno, elegir cuáles le resultan ventajosas en sus espacios verdes y tomar conciencia del importante papel que juegan a la hora de asumir un compromiso con el ambiente.

Más allá de las cualidades brevemente enunciadas, cabe una reflexión. Este libro es el resultado de aquella investigación que no busca un fin económico pero que al pasar al dominio público se transforma en una herramienta de educación formal e informal y en un instrumento para la toma de decisiones en el ámbito público y también en los emprendimientos privados. Sería imposible medir en términos económicos su impacto como se mide la rentabilidad de un producto tecnológico, pero no caben dudas que necesitamos seguir generando este tipo de conocimiento, valorándolo y destacando la necesidad de incentivar a quienes tienen la formación y capacidades para hacerlo.

Este número de la revista incluye artículos sobre aspectos poco conocidos de nuestra naturaleza, por ello les agradecemos a los autores el haber trabajado con información tan interesante.

Esperamos que lo disfruten.

**Comité Editorial de Temas de Biología y Geología del NOA**

Marissa Fabrezi
Fernando Hongn
Alicia Kirschbaum
Fernando Lobo

*Salta, Octubre de 2012*

# El formulario único dará respuesta a las autorizaciones

* Dra. Patricia Maccagno. Directora de Convenios y Proyectos. CONICET.

El CONICET trabaja con representantes provinciales para lograr un formulario único que estará disponible a fin de año. Podrá descargarse desde la Web.

El relevamiento de especimenes, objetos o muestras en colectas de campo y su clasificación, registro y conservación en colecciones autorizadas, configura la protección del recurso genético o paleontológico para la jurisdicción de origen.

En paralelo, el análisis científico de dichas colecciones contribuye al conocimiento requerido para fomentar un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y culturales de las provincias. Como ejemplo, es posible reseñar que el Sistema Nacional de Datos Biológicos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, es actualizado de manera permanente por investigadores, de manera que configura un inventario de los recursos biológicos provinciales.

En tal sentido, las colectas científicas no son un riesgo ni impactan en la conservación de las especies, muy por el contrario, contribuyen de manera significativa a su inventario y preservación.

De acuerdo al artículo 124 de la Constitución Nacional, se establece que: “Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio”.

En consecuencia, el CONICET solicita a sus investigadores que para la extracción de muestras biológicas, paleontológicas, arqueológicas, entre otras, a extraerse de las jurisdicciones provinciales, cuenten con el permiso de las mismas.

Es preciso reconocer que existen, en la mayoría de las provincias, legislaciones específicas para la extracción de material por parte de los investigadores. Las mismas establecen que debe solicitarse autorización para la extracción pero, a pesar de ello, esto no ha sido siempre debidamente cumplimentado.

Al respecto, a partir de este año y como consecuencia de las demandas y solicitudes provenientes de algunas provincias, por el retiro de material sin previa autorización, el CONICET a través de la Gerencia de Desarrollo Científico y Tecnológico promovió la exigencia de dichos permisos para la realización de las investigaciones, en correspondencia con el cumplimiento de las legislaciones provinciales.

Al mismo tiempo, se iniciaron con el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) acciones orientadas a lograr un formulario único disponible en Internet, para que los investigadores puedan acceder a la requisitoria de los permisos.

Con el representante de Biodiversidad del COFEMA se articula en el relevamiento de las leyes provinciales bajo la necesidad de evaluar la posibilidad de unificación sobre criterios únicos. En base a esta revisión, es que se espera contar con dicho documento antes de fin de año. Asimismo, se considera que éste resulta un paso necesario para avanzar en la obtención del formulario único disponible en la Web.

Por último, es preciso reiterar que el CONICET requiere que sus investigadores lleven adelante los recaudos necesarios para dar cumplimiento de las requisitorias de las provincias, dado que es en este marco donde se plantea el presente y el futuro de la colecta de material científico.

# Artículos

# Las Tierras Raras: elementos claves del Siglo XXI

* Mauro de la Hoz. Instituto de Bio y Geociencias del NOA, UNSa - CONICET e Instituto de Geociências, Universidade de Brasília

Este trabajo pretende acercar al público general información sobre un grupo de elementos químicos, las Tierras Raras, considerados como estratégicos para el desarrollo de las sociedades modernas. Se difunde además, dónde se encuentran los yacimientos, es decir, dónde se obtienen estos elementos y se mencionan los yacimientos locales potenciales.

## ¿QUÉ SON LAS TIERRAS RARAS?

Durante la primera mitad del siglo XIX, luego de la teoría atómica de Dalton y con los avances acelerados en la Química, se expandió el conocimiento acerca de los elementos químicos. Actualmente se conocen 114 elementos, ordenados en la Tabla Periódica por sus números atómicos y agrupados por sus propiedades. Su abundancia varía ampliamente: más del 90% de la corteza terrestre está formada solo por 5 elementos: oxígeno 49,5%, silicio 25,7%, aluminio 7,5%, hierro 4,7% y calcio 3,4%; mientras que en el 9,2% restante están incluidos los otros 109 elementos (Figura 1).

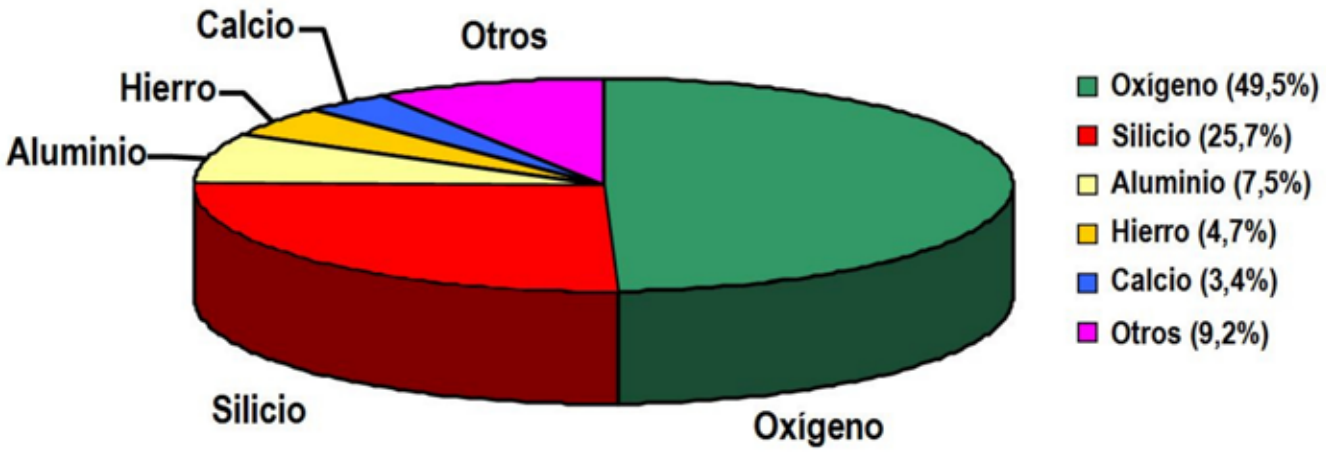



**Figura 1:** Abundancia de los elementos en la corteza terrestre.

El químico Lavoisier propuso que los elementos químicos se clasificaran en metales, no metales y metaloides (o metales de transición); dentro de estos últimos se encuentran los metales de transición interna, mas conocidos como Lantánidos y Actínidos, que en la Tabla Periódica se ubican debajo de los metales de transición (Figura 2). La Tabla Periódica de los elementos químicos fue presentada en 1869 simultáneamente por el alemán Meyer y el ruso Mendeleyev; en ella los elementos químicos son dispuestos en orden creciente de sus respectivas masas atómicas. Se debe tener en cuenta que en aquellos tiempos no se conocía la existencia de protones ni electrones. La Tabla Periódica moderna clasifica los elementos en función de su número atómico.

Los Lantánidos son conocidos también como Tierras Raras, presentan propiedades físicas y químicas muy similares entre sí, por lo que se los encuentra juntos en la naturaleza. A pesar de que inicialmente se consideró que su abundancia absoluta en la corteza terrestre era escasa (de ahí su nombre) actualmente se sabe que su abundancia es relativamente alta, a excepción del Promecio (Pm) que es radiactivo y rápidamente se transforma en otros elementos químicos aunque sus propiedades químicas existen y se lo puede obtener de forma sintética en laboratorio.

Las Tierras Raras son elementos muy parecidos químicamente entre sí y ocupan un lugar particular en la Tabla Periódica, debido a su configuración electrónica (Figura 2). A este grupo se lo suele dividir en dos subgrupos de acuerdo a su masa atómica, el de la Tierras Raras Livianas (Lantano, Cerio, Praseodimio, Neodimio, Promecio, Samario, Europio) y Pesadas (Gadolinio, Terbio, Disprosio, Holmio, Erbio, Tulio, Iterbio, Lutecio).

El término "rara" data de principios del siglo XX, debido a que eran elementos difíciles de separar de los minerales que los contienen y por que raramente se les daba una utilidad. El término "tierra" es una antigua denominación para los óxidos y para aquellos minerales que presentaban aspecto terroso.

Aunque la calificación "Tierras Raras" nos podría hacer pensar que son elementos con escasa abundancia en la corteza terrestre, esto no es así. Algunos elementos como el Cerio, el Itrio y el Neodimio son más abundantes que el Plomo; el Tulio, el más escaso de las tierras raras, es aún unas 200 veces más abundante que el Oro o el Platino. Lo raro, en realidad, de estos elementos raros son los depósitos minerales concentrados y de grandes dimensiones en donde los minerales que los contengan puedan ser extraídos por métodos de minería convencional y de forma sustentable.

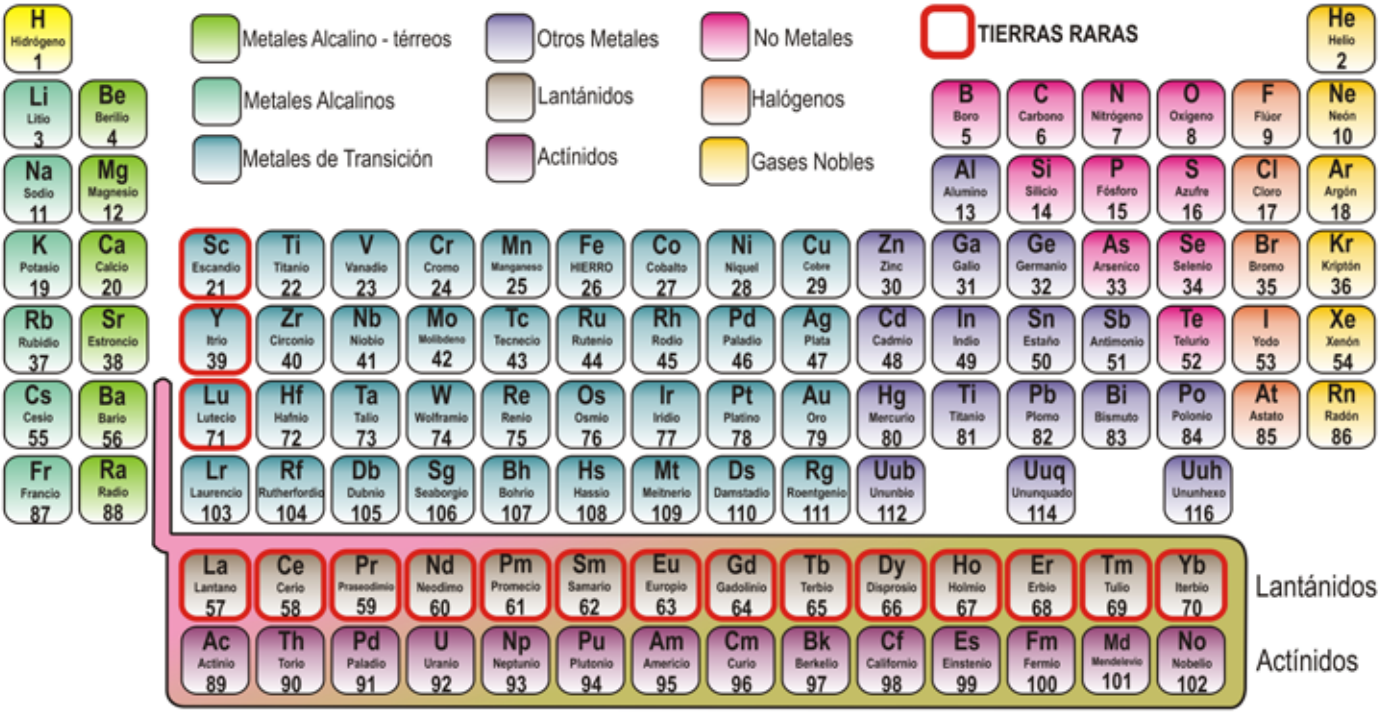



**Figura 2:** Tabla periódica de los Elementos Químicos.

Durante muchos años no se le dio importancia a este grupo de elementos "raros" debido a que eran muy difíciles de separar unos de otros. Desde el punto de vista económico, a estos elementos se le suman otros dos elementos que por su estructura atómica no se consideran dentro del grupo, pero sí presentan propiedades físicas y químicas muy similares, y además adquieren importancia económica; estos elementos son Escandio (Sc, 21) e Itrio (Y, 39) (Figura 3). Importancia de las Tierras Raras

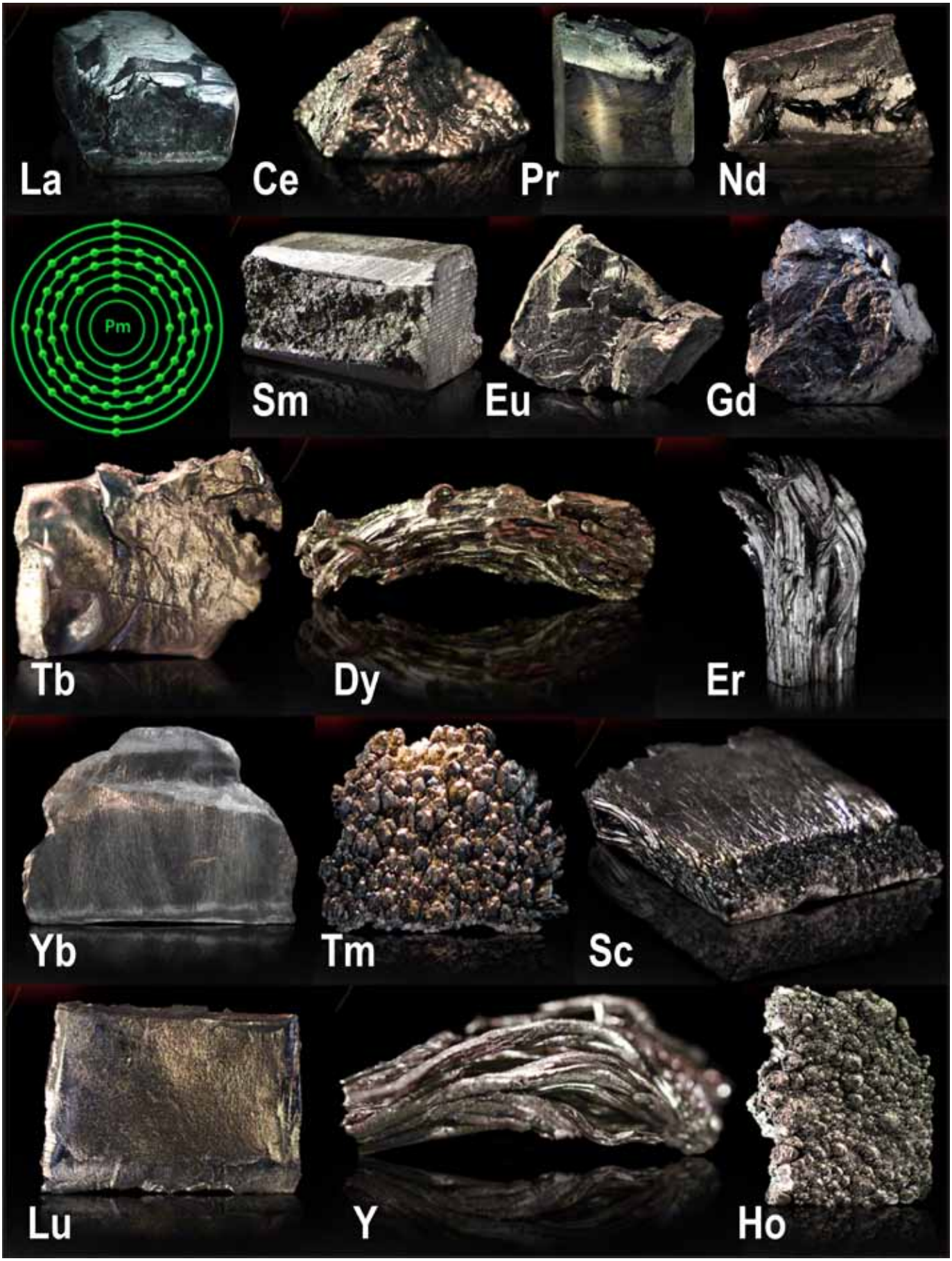
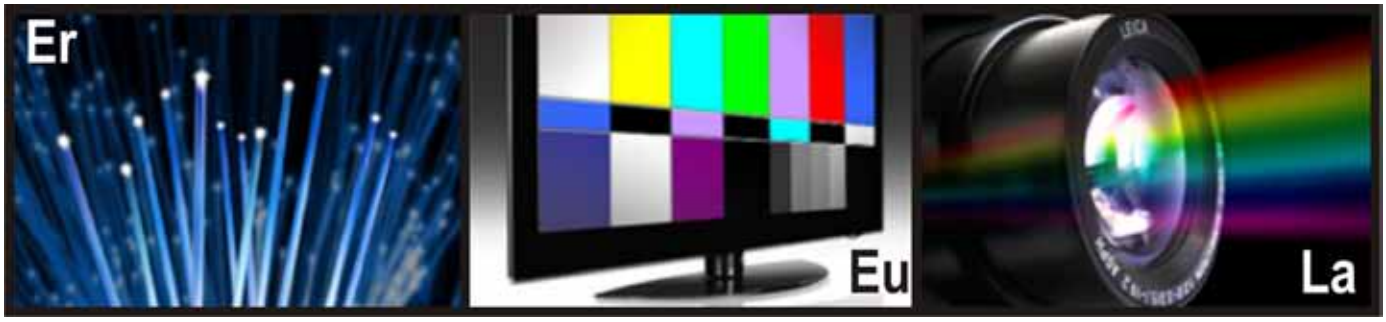



**Figura 3:** Aspecto metálico de las Tierras Raras. Fuente de las imágenes www.reehandbook.com

## IMPORTANCIA DE LAS TIERRAS RARAS

Estos elementos químicos son importantes en el mundo actual debido a que están incorporados en muchos productos y tecnologías básicas que permiten mejorar nuestra calidad de vida; sin embargo, es poco conocido su origen, qué son o por qué son tan importantes para nuestro futuro. Desde hace años se les da un uso intensivo poco conocido para muchos; un ejemplo es el Cerio, que se utiliza en aleación con otros metales para la fabricación de las piedritas que generan la chispa en los encendedores.



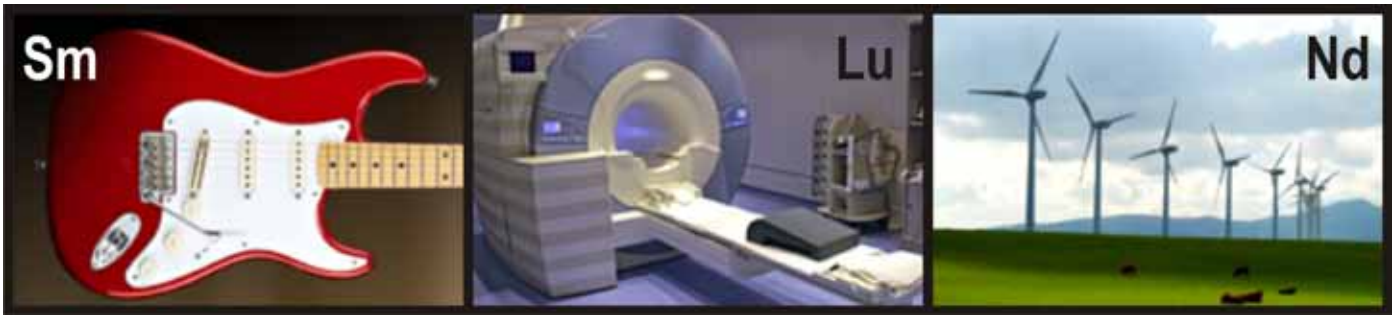

El Lutecio se utiliza en las refinerías de petróleo como catalizador, ya que favorece las reacciones en el “craqueo catalítico fluido”, que es un proceso complejo que produce rupturas en los hidrocarburos para la obtención de naftas.

Las Tierras Raras se utilizan también para fabricar imanes permanentes fuertes, materiales superconductores, láser, vidrios y cerámicas especiales de alta resistencia, etc. Sin ellos las pantallas LCD, los teléfonos celulares, las lámparas de bajo consumo y las unidades de disco duro de las computadoras no podrían ser fabricados. También forman parte de todos los automóviles híbridos, turbinas de viento, telefonía móvil, aleaciones especiales para la odontología e incluso en equipos de rayos X que se utilizan a diario en medicina.

Otro caso particular es la utilización del Erbio y Lantano en las fibras ópticas para aumentar el ancho de banda e incrementar la transferencia de datos. El Europio es utilizado para generar el color rojo en las pantallas de LCD y junto con el Disprosio se

utilizan en los reactores nucleares por su capacidad de absorción de neutrones; el Samario es un elemento imprescindible en la fabricación de los micrófonos de las guitarras eléctricas.

Muchos especialistas coinciden que las Tierras Raras harán la diferencia en nuestra supervivencia en el futuro, debido a que en la actualidad son componentes fundamentales de las tecnologías verdes.



Uno de los usos más curiosos, poco conocido y cotidianos de las tierras raras, es la fabricación de las camisas incandescentes para los soles de noche a gas. Ésta consiste en una malla de nylon impregnada en una solución de nitrato de Itrio (hasta el año 2000 se utilizaba nitrato de Torio, pero al ser radioactivo se consideró nocivo para la salud), a la cual se le agrega Cerio para aumentar el brillo de la luz emitida y Berilio para la resistencia de la camisa.

Desde el punto de vista económico existen 17 elementos clasificados como Tierras Raras (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Y, Lu, Sc, Y); de éstos, algunos son más valiosos que otros. La demanda mundial de algunos de estos metales es superada por la oferta actual y la demanda ya no se mide en Kg/año sino en Kg/mes.

Hay muchos sitios en el mundo en donde se encuentran disponibles las Tierras Raras, pero son muy pocos en los que se encuentran como depósitos comercialmente rentables. Actualmente China controla entre el 95%–97% del suministro mundial de Tierras Raras y recientemente decidió que necesita aumentar y buscar nuevas reservas para fuentes de suministro, ya que están al límite de sus necesidades internas. Estos elementos son tan importantes en Asia que Tim Folger, en el artículo que publicó National Geographic en junio de 2011, las calificó como “El Ingrediente Secreto (Chino) de (casi) todas las cosas”.

En la industria se utilizan principalmente las Tierras Raras Pesadas, lo que es un efecto vinculado a su proceso de obtención, separación y selección, ya que las Tierras Raras con mayor peso atómico son las mas fáciles de separar de los minerales que las contienen. Esto provoca que la mayoría de las compañías se centren actualmente en la minería de las Tierras Raras Pesadas, lo que impone un nuevo reto para muchos científicos, quienes deben abocarse a los complejos desafíos que presenta la tarea de desarrollar métodos de procesamiento mineral y metalúrgico óptimos para separar tanto las Tierras Raras Pesadas como Livianas del mineral que las contiene, de una forma sencilla y económicamente viable.

## EL USO CIENTÍFICO DE LAS TIERRAS RARAS

Para los geólogos y otros estudiosos de las Ciencias de la Tierra, el uso de las Tierras Raras es una herramienta de gran valor. Los métodos analíticos que permiten obtener las concentraciones de estos y otros elementos químicos en las rocas requieren equipamiento de alta tecnología. Así el conocimiento de la concentración de tierras raras, sumado a las características de las rocas, permite inferir dónde comenzó la historia de formación de una roca y su historia evolutiva (por ejemplo manto o corteza). Las Tierras Raras se utilizan también para estudiar la historia del universo y la de nuestro planeta y reconstruir su larga y compleja evolución.

## ¿DÓNDE ESTÁN LAS TIERRAS RARAS?

Existen diferentes tipologías de yacimientos minerales donde se pueden encontrar las Tierras Raras, pero estos yacimientos son muy escasos. Entre los más importantes a nivel mundial está la mina Longman, en Xunwu (China) donde los elementos de Tierras Raras se encuentran adsorbidos en arcillas, por lo que son depósitos residuales. Existe además otros tipos de depósitos vinculados a "carbonatitas", ejemplos de esta tipología a nivel mundial son: Mt. Pass (USA), Weshan, Maoniuping (China), Mount Weld (Australia), Araxá, Catalão y Barra do Itapirapuã (Brasil). En Argentina también existen carbonatitas, en la Sierra de Rangel, en la región de la Puna en el límite de las provincias de Salta y Jujuy. Además, existen también otro tipo de depósitos vinculados a rocas magmáticas en el Batolito Las Chacras, en la provincia de San Luis.

## ¿QUÉ SON LAS CARBONATITAS?

El término carbonatita es utilizado por algunos geólogos para describir rocas esencialmente ricas en carbonatos que se forman en el interior de la Tierra vinculadas a magmatismo alcalino (Figura 4). En 1895, Hogbom propuso por primera vez el origen magmático para las inusuales "calizas" que encontró mientras estudiaba las rocas carbonatadas de las islas Alnö (Suecia). El término "carbonatita" fue adoptado por primera vez por Brögger en 1921 para describir las rocas de composición esencialmente carbonatada de origen ígneo, del complejo alcalino de Fen en Noruega. Más adelante, entre 1950 y 1970, fueron descubiertos y descriptos numerosos afloramientos de este tipo de rocas en todo el mundo. Aparte de tener un gran interés económico por ser fuente de Nb, Zr y Tierras Raras, también tienen importancia científica.

**Figura 4:** Carbonatita de Jacupiranga, Brasil: roca compuesta de calcita, magnetita y olivino. **Fotografía:** Eurico Zimbres.

Este tipo de rocas de origen magmático y ricas en carbonatos, fueron clasificadas por diferentes autores en base a su temperatura de cristalización, profundidad de emplazamiento, composición mineralógica esencial y accesoria o por sus singularidades geoquímicas. La profundidad a la que se forman constituye una característica diferencial muy importante, ya que existen magmas de composiciones similares que se forman a mayor profundidad generando otro tipo de rocas, como por ejemplo las kimberlitas, que son rocas ricas en carbonatos, algunas de las cuales contienen diamantes. La profundidad de localización de complejos de rocas carbonatitas por lo general es próxima a la superficie, aunque el origen de los magmas que originan estas rocas se genera a gran profundidad y llegan

próximas a la superficie de la corteza terrestre debido a las características de este tipo de magma rico en carbonatos: alta movilidad, fluidos saturados en dióxido de carbono ($CO_2$) y otros gases volátiles.

Los primeros trabajos de mineralogía relacionados a las carbonatitas en la década de 1950 nombran sólo unas 80 especies que componen este tipo de roca, pero con el paso del tiempo, 20 años después, se llegaron a describir hasta 200 especies minerales y esta lista sigue aumentando año a año a medida que se descubren nuevos minerales.

En la evolución de estos complejos ígneos (o de rocas) es frecuente que las cantidades de Tierras Raras varíen de manera significativa a lo largo del episodio de formación de las carbonatitas. Las Tierras Raras se encuentran concentradas en varios minerales económicamente importantes, tales como: Bastnäesita, Monacita, Xenotima, Allanita, entre los más comunes.

**Figura 5:** Minerales portadores de tierras raras. Fotografías; www.mindat.org

Este tipo de rocas particulares fueron descriptas en todos los continentes, inclusive en la Antártida. Hay que resaltar que muchas de estas rocas se encuentran en Rusia y Canadá, aunque tienen una distribución irregular sobre la superficie terrestre y en algunos casos forman regiones y provincias alcalino-carbonáticas. Las provincias más estudiadas e importantes son las africanas, la de Escandinavia - Carelia - Kola, Groenlandia, la del este de Canadá y EEUU, la brasileña, la indochina y las de Siberia. Actualmente en Tanzania se encuentra el único volcán activo en el planeta que tiene una composición natrocarbonatítica: el volcán Ol Doinyo Lengai.

**Figura 6:** Vista desde el Norte de la Sierra de Rangel (Cortesía F. Hongn).

En la República Argentina el primer hallazgo de carbonatitas fue el de las Carbonatitas de Rangel, Salta (Figuras 6 y 7) destacándose por el volumen de roca localizado, su significado geológico y su potencial económico (Zappettini, 1989); luego se descubrieron otros depósitos similares vinculados a magmatismo alcalino, en sureste de Castro Tolay (sierra de Tusaquillas), cerro Fundición y Hornillos, en la provincia de Jujuy.

Los cuerpos mineralizados del distrito de Rangel se emplazan en la Sierra de Cobres, desde el río Las Burras al norte hasta el pueblo de Cobres al sur; el sector está ubicado predominantemente en territorio de la Puna de Salta. El acceso a la zona se puede realizar desde la ruta nacional N° 52 en dirección al paso internacional de Jama, como así también por la ruta provincial N° 38 que une la mencionada ruta con la localidad de San Antonio de los Cobres.

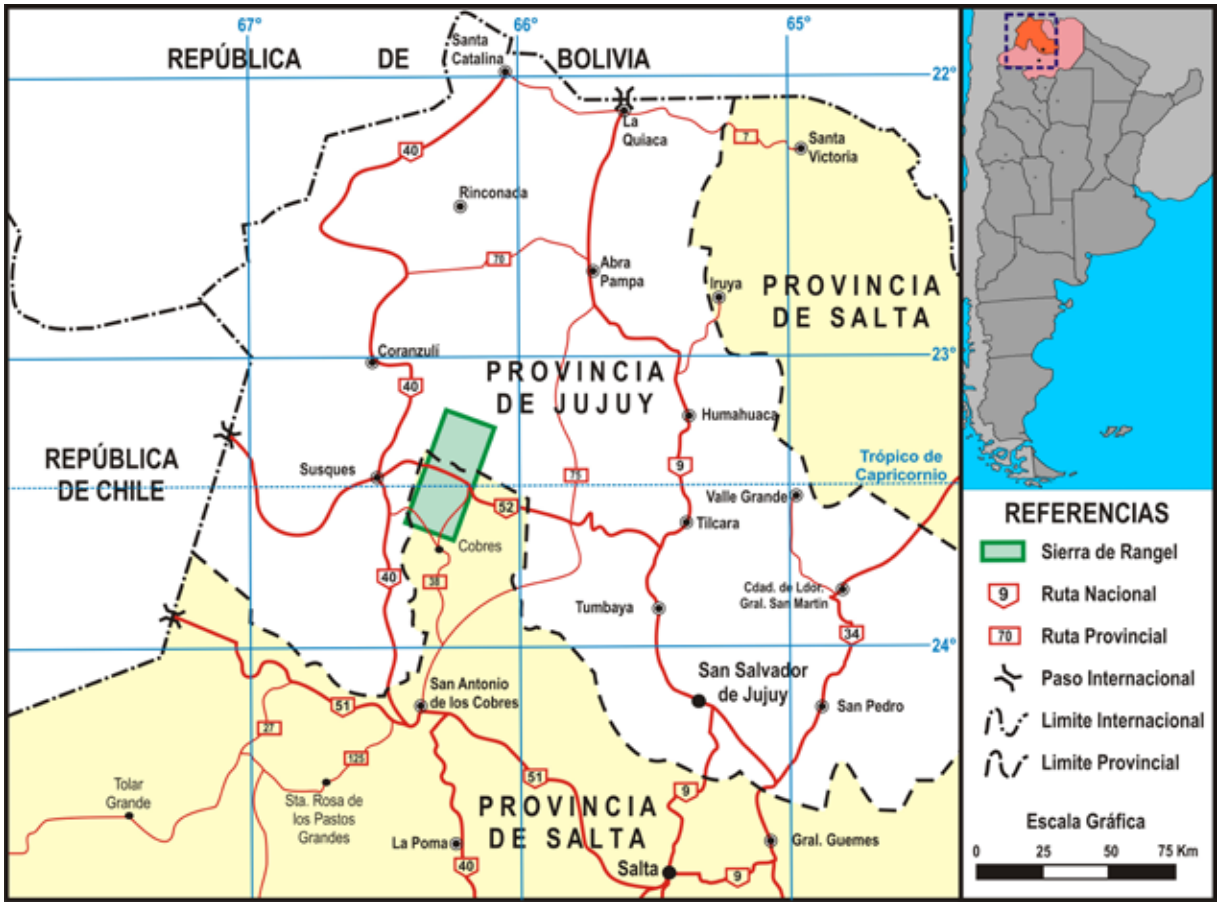



**Figura 7:** Mapa de ubicación geográfica de la Sierra de Rangel.

Debido a su contenido de Torio, estos afloramientos fueron estudiados a partir del año 1957 por la Comisión Nacional de Energía Atómica. Estas vetas fueron descriptas en un principio como los diques portadores de mineralización torífera de las minas Rangel, La Barba, Curaca, Estrella de Oriente y La Aurelia y clasificadas como vetas hidrotermales de media a baja temperatura. Luego a través de los numerosos estudios, en las décadas del '80 y '90 se identificaron nuevos cuerpos, se logró definir el modelo metalogenético del área y su potencialidad económica como yacimiento de Tierras Raras (Zapettini, 1989). En 2001 estas rocas fueron estudiadas desde el punto de vista petrológico y geoquímico por Menegatti (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta).

El potencial económico del distrito Rangel aun no está determinado, pero es imprescindible fomentar los estudios y la formación de especialistas para la búsqueda, exploración y explotación sustentable de yacimientos de tierras raras en nuestro país. La utilización de estos elementos en las necesidades cotidianas de las actividades humanas los convierte en un recurso natural económicamente atractivo y con valor estratégico.

Las Tierras Raras son esenciales en el mundo actual ya que se usan en la fabricación de muchos productos importantes y tecnologías básicas que hacen a la calidad de la vida moderna; sin embargo, la mayoría de las personas no saben todavía lo que son o porqué son tan importantes para nuestro futuro. Muchos especialistas coinciden en que harán la diferencia en la supervivencia de la especie humana, ya que son componentes fundamentales de las tecnologías verdes.

## Bibliografía consultada


Brod, J. A. 2012. Curso de posgrado "Geoquímica de Elementos de Tierras Raras". Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Argentina.

Brown, T. L., Le May, H. E., Bursten, B. E., Burdge, J. R. 2004. "Química, La Ciencia Central". Novena Edición. Editorial Pearson Educación, México. 1152p. ISBN 970-26-0468-0.

Folger, T. 2011. "El ingrediente secreto Chino de casi todas las cosas". National Geographic (en Español) Vol. 28 No. 6, 2011 / Página(s) 48–57.

Melgarejo, J. C. 1997. "Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada." Primera Edicion. Publicaciones Universitat de Barcelona, España. Volumen N° 1, 447p. ISBN 84-475-2763-8

Menegatti, N. 2001. "El complejo alcalino Sierra de Rangel - Salta, Argentina". Tesis Doctoral de la Universidad Nacional de Salta, 157p.

Zappettini, E. O. 1989. "Geología y metalogénesis de la región comprendida entre las localidades de Santa Ana y Cobres, Provincia de Jujuy y Salta. Republica Argentina". Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, 215p.

# Sobre la biología reproductiva de los helechos

Olga G. Martinez*, María E. Tanco**, Janet Chambi**, María C. Bonomo**, María S. Ramírez**, Zulma Avilez**
* IBIGEO-CONICET y Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta
** Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta

## INTRODUCCIÓN

Hasta la década del '90, los helechos y las licófitas eran incluidas en el grupo de plantas conocido como Pteridophyta (Engler 1924). Posteriores estudios morfológicos, moleculares y filogenéticos, permitieron reconocer que los helechos propiamente y las articuladas o equisetos (cola de caballo), constituyen un grupo monofilético separado de las licófitas (Pryer *et al.* 2001, Smith *et al.* 2006).

En la actualidad, los helechos y las licófitas, representan el 8% de las plantas vasculares; según Moran (2008) existen aproximadamente 12.240 especies, distribuidas en todo el mundo.

Los helechos crecen en varios ecosistemas, desde regiones húmedas hasta la periferia de los desiertos. Pueden ser terrestres, epífitos, hemiepífitos, rupícolas o acuáticos. La mayor diversidad de helechos se encuentra en regiones montañosas, tropicales o templadas, hecho que se explica por la heterogeneidad ambiental que se produce por los relieves montañosos, con microclimas y elevaciones que favorecen el establecimiento de diferentes grupos (Moran 2008).

El ciclo de vida de los helechos presenta dos fases o etapas, independientes en tiempo y espacio; la fase esporofítica (diploide o 2n), representada por la planta propiamente dicha y conocida como "helecho" (Fig. 1), con soros en el envés de las hojas (Fig. 2) responsables de la producción de esporas; y la fase gametofítica (haploide, n), generalmente poco visible, de unos pocos milímetros, de vida corta en la que se originan las gametas, masculinas y femeninas y que se desarrolla fuera del cuerpo de la planta.

La mayoría de los helechos son plantas homospóreas o isospóreas, es decir, que producen esporas morfológicamente semejantes (Fig. 3 A); algunos helechos son heterospóreos porque desarrollan dos tipos de esporas, megásporas y micrósporas. Estas son diferentes en tamaño, en color y a veces en las ornamentaciones de sus paredes. La cantidad de esporas de los helechos es variable, la mayoría produce varios cientos de miles de esporas, que pueden dispersarse por acción de la gravedad, fuerzas electrostáticas, agua, corrientes de viento, etc. En las regiones tropicales o subtropicales la primera precipitación después de una temporada seca, arrastra la mayor cantidad de esporas suspendidas en el aire o retenidas en la copa de los árboles.

**Figura 1**: Esporofito de *Peluma filicula*, con soros.

**Figura 2:** Soros en el envés de la hoja en *Campyloneurum lorentzii.*

El color de las esporas es generalmente castaño, en algunos grupos taxonómicos son verdes por la presencia de clorofila, como ocurre en las Equisetáceas, Grammitidáceas y Osmundáceas; aunque la presencia de clorofila puede ser ocultada. Recientemente, Sundue *et al.* (2011) encontraron que algunas especies de los géneros *Elaphoglossum y Pleopeltis* contienen clorofila enmascarada por la pigmentación castaña de las paredes de las esporas.

## GERMINACIÓN DE LAS ESPORAS

La germinación de las esporas es un proceso que depende de diversos factores, como la luz, la temperatura, la humedad, el pH del sustrato, la presencia de hormonas conocidas como anteridiógenos, las condiciones de almacenamiento de las esporas, la información genética, la maduración de las esporas, y/o el tipo de reservas nutritivas en las esporas, tales como proteínas, aceites y azúcares, etc. (Raghavan 1989, Schneller 2008).

La viabilidad de las esporas clorofílicas es muy reducida, se inicia entre dos y siete días después de su liberación y dura unas pocas semanas; en cambio las esporas sin clorofila de paredes amarillentas, castañas o negras, presentan viabilidad media a extensa. En condiciones de laboratorio se ha observado que pequeños porcentajes de esporas de *Pteris vittata* comienzan a germinar a los dos o tres días después de su siembra, este proceso se mantiene hasta después de cincuenta días; en otros helechos, como el helecho arbóreo de Noroeste argentino, *Alsophila odonelliana*, se ha encontrado que las esporas son viables aún después de tres años de almacenamiento en frío a [3º–5º]C.

## DESARROLLO GAMETOFÍTICO

Después de la germinación de las esporas se inicia la fase gametofítica de los helechos que corresponde a la fase haploide (n) del ciclo de vida de estas plantas.

En la primera etapa se origina un gametofito formado por unas pocas células que se disponen unas detrás de otras, organizando un filamento uniseriado, clorofílico, denominado gametofito filamentoso (Fig. 3 B) que al finalizar su crecimiento se divide en varios sentidos para formar un estrato laminar, plano, conocido como gametofito laminar (Fig. 3 C). Este gametofito crece hasta alcanzar la forma adulta durante un tiempo (entre 15–100 días desde la germinación) que depende de factores ambientales y de la especie.

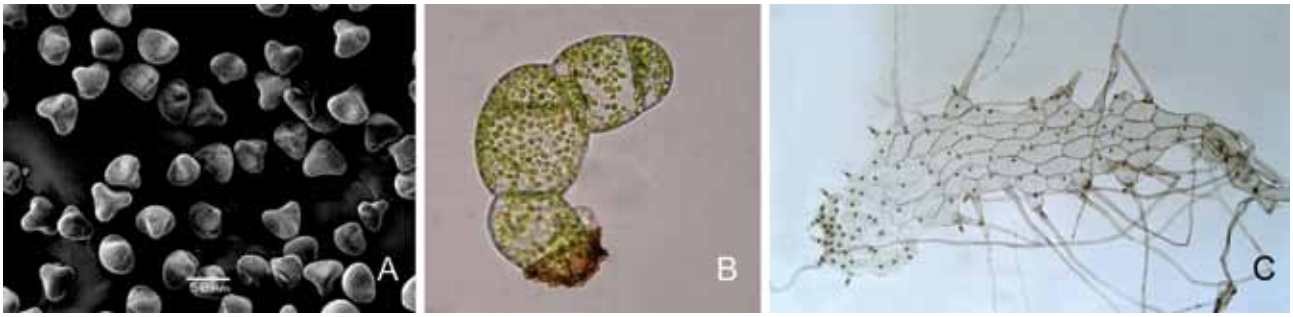



**Figura 3:** A) Esporas sin clorofila de un helecho isospóreo. Primeras etapas de la fase gametofítica de los helechos isospóreos: B) Gametofito filamentoso. C) Gametofilo laminar.

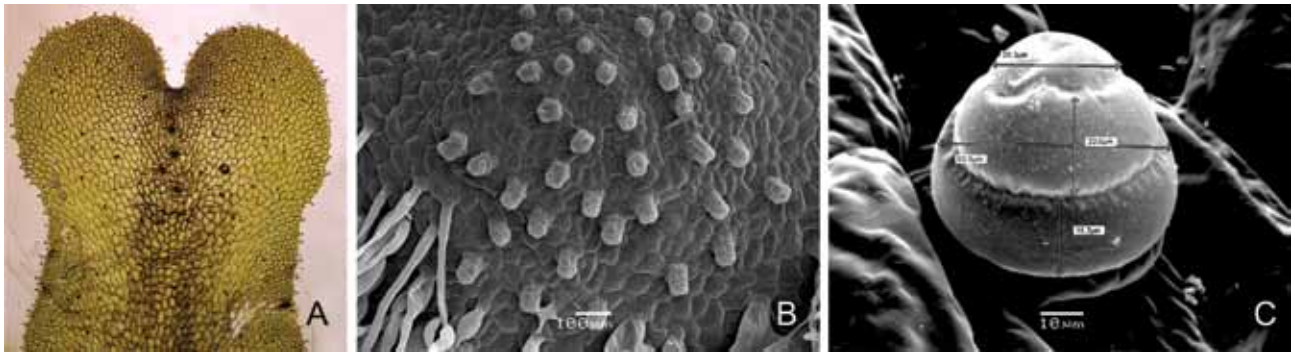



**Figura 4:** Gametofitos adultos: A) Gametofito adulto cordiforme alargado, fotografía tomada con microscopio ótptico. B) Gametofito mostrando los cuellos de los arquegonios o gametangios femeninos, fotografía tomada con microscopio electrónico de barrido (LASEM-UNSa). C) Gametangio masculino o anteridio, mostrando desde abajo hacia arriba, la célula basal, la célula anular y en extremo la célula anular, cada una con sus dimensiones, fotografía tomada con microscopio electrónico de barrido (LASEM-UNSa).

La forma de los gametofitos adultos es para la mayoría de los helechos, cordada, laminar, con clorofila (Fig. 4 A) y en esta etapa se originan los órganos sexuales o gametangios.

Los gametangios femeninos o arquegonios (Fig. 4 B) tienen forma de botella, originan a la ovocélula o gameta femenina. Dentro del tejido del gametofito sólo emerge sobre la superficie una estructura tubular conocida como cuello del arquegonio que tiene la finalidad de proteger a la ovocélula y guiar a los anterozoides o gametas masculinas para que se produzca la fecundación.

Los gametangios masculinos o anteridios (Fig. 4 C) se desarrollan entre las raíces del gametofito, por debajo de los arquegonios. Tienen el cuerpo globoso u ovoide, formado por tres células; una célula basal que constituye el pie; una célula anular, con una concavidad donde se alojan las gametas masculinas o anterozoides y; una célula opercular, que tiene la función de mantener cerrado el compartimento hasta que los anterozoides maduren. Cuando llega el momento de la liberación de los anterozoides, la célula opercular se desprende y las gametas masculinas o anterozoides salen al exterior. Estas gametas son células espiraladas con motilidad propia, por lo tanto necesitan un medio líquido para trasladarse hasta los arquegonios, producir la fecundación y originar nuevos esporofitos.

Tradicionalmente se consideraba que las plantas isospóreas desarrollaban gametofitos bisexuales, con anteridios y arquegonios; sin embargo los estudios sobre la biología reproductiva de los helechos indican que la sexualidad de los gametofitos depende de numerosas condiciones, tales como la densidad de esporas en el sustrato, la interacción con gametofitos vecinos, la disponibilidad de nutrientes, el efecto del agar en los cultivos *in vitro*, etc. (Klekowski Jr. 1969, Huang *et al.* 2004, De Soto *et al.* 2008). Por lo tanto la sexualidad de los gametofitos es variable, es decir que los helechos isospóreos, pueden originar gametofitos masculinos, femeninos, bisexuales o neutros, según las condiciones externas a las que se encuentran expuestos.

## ANTERIDIÓGENOS

Los gametofitos femeninos pueden producir feromonas u hormonas denominadas anteridiógenos. Según Warne & Hickok (1989) y Menéndez *et al.* (2006) la composición química de los anteridiógenos corresponde a las giberelinas, hormonas que permiten el crecimiento de las plantas.

Los anteridiógenos tienen la capacidad de modificar la expresión sexual de los gametofitos de la gran mayoría de los helechos, induciendo la formación de gametofitos masculinos o bisexuales; de esta manera promueven el entrecruzamiento intergametofítico y por lo tanto el intercambio genético. Otra función de los anteridiógenos es estimular la germinación de las esporas que se almacenan en la oscuridad, por ejemplo cuando las esporas se encuentran cubiertas por la hojarasca del bosque, entre órganos vegetales o debajo del suelo.

En la naturaleza, los gametofitos crecen sobre sustratos saturados de agua y nutrientes que se generan sobre rocas o troncos tapizados de musgos y líquenes, allí crecen gametofitos de distintas especies, donde algunos producen anteridiógenos que estimulan la formación de gametas masculinas en gametofitos de otras especies y contribuyen de esta manera al cruzamiento de plantas de diferentes especies que pueden resultar en nuevas plantas denominadas "plantas híbridas". La formación de híbridos es un proceso muy frecuente entre los helechos y se manifiesta en el polimorfismo que se observa en las hojas de las plantas. Entre los helechos capaces de producir anteridiógenos, se encuentran *Anemia phyllitidis, Blechnum spicant, Campyloneurum angustifolium, Phlebodium aureum, Pteris vittata*, etc., (Näf *et al.* 1975, Chiou & Farrar, 1997, Menéndez *et al.* 2006).

## Tipos de cruzamientos

Según Rainker & Geiger (2008) el cruzamiento de los gametofitos puede ser de tres tipos:

1- fecundación cruzada o alogamia: los gametos que se unen corresponden a gametofitos provenientes de distintas plantas (Fig. 5);

2- autofecundación intergametofítica o autogamia: los gametos provienen de distintos gametofitos procedentes de una misma planta (Fig.6);

3- autofecundación intragametofitica o automixis: la fecundación se produce entre gametos de un mismo gametofito (Fig. 7).

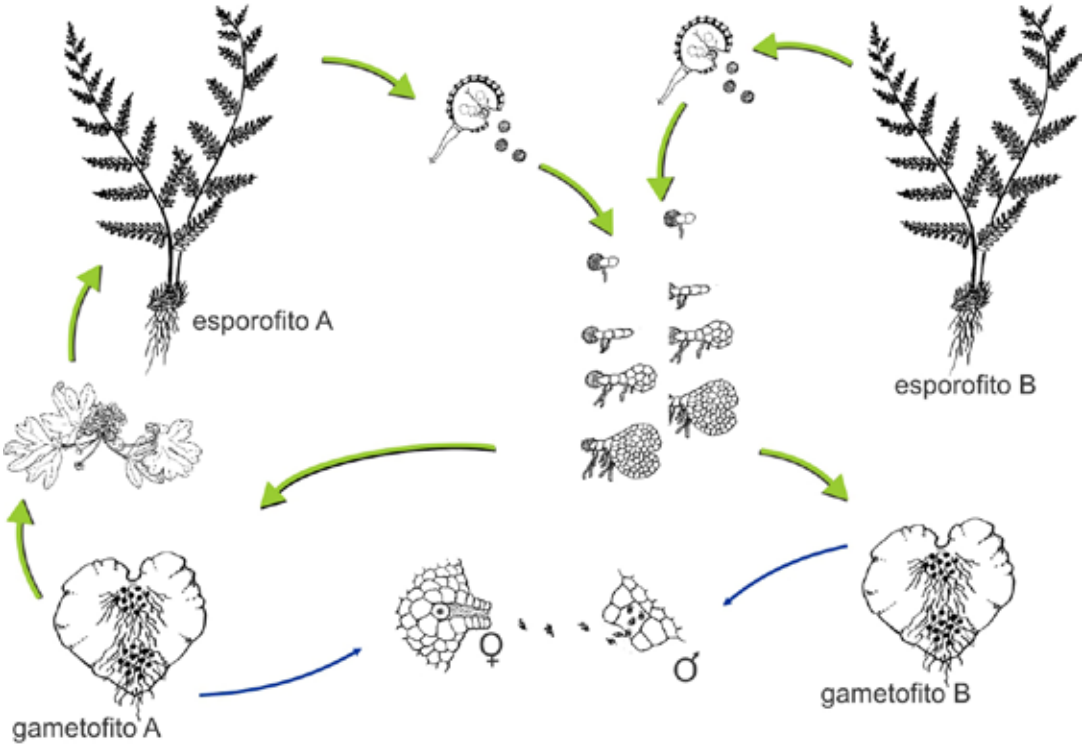



**Figura 5:** Fecundación cruzada o alogamia. Ilustración María del Carmen Otero Cabada.

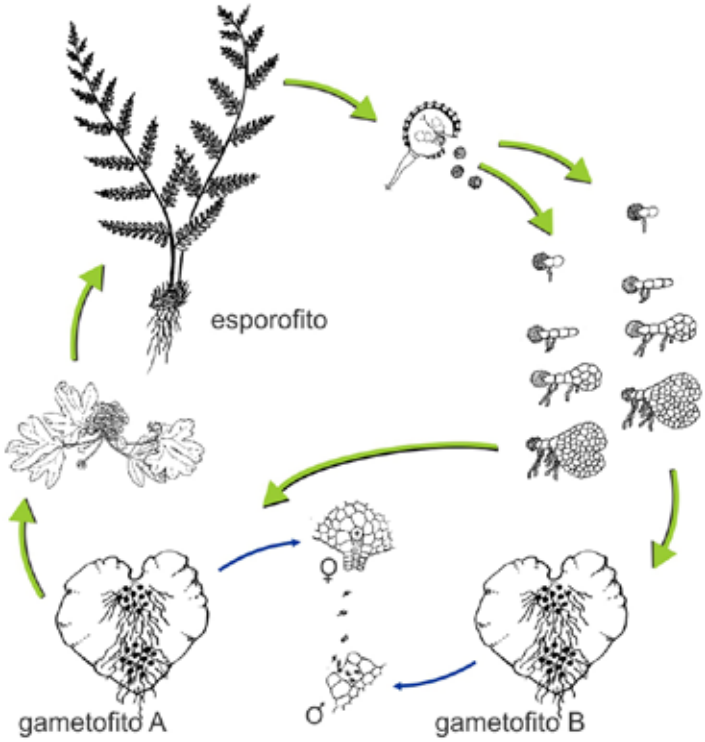



**Figura 6:** Autofecundación intergametofítica o Autogamia. Ilustración María del Carmen Otero Cabada.

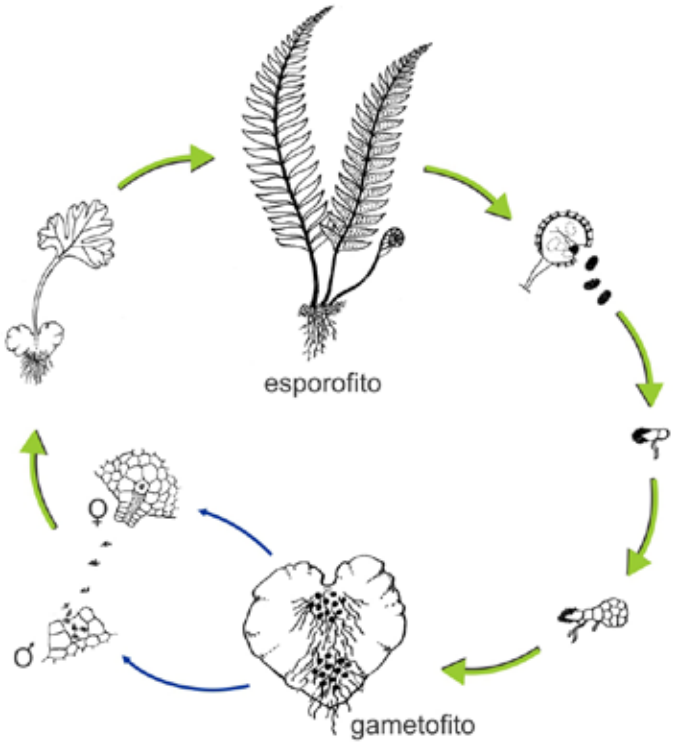



**Figura 7:** Autofecundación intragametofítica o Automixis. Ilustración María del Carmen Otero Cabada

## REPRODUCCIÓN NO SEXUAL

Otro tipo de reproducción en los helechos es la apogamia también denominada agamosporia por Walker (1985). Este tipo de reproducción permite la formación de esporofitos o plantas nuevas a partir de gametofitos sin la fecundación de la ovocélula. Se produce cuando se desarrollan gametofitos sin gametangios o con gametangios no viables, este mecanismo ha sido observado en *Argyrochosma, Cheilanthes, Dryopteris, Pteris*, etc. (Knobloch 1966, Martínez 2010, Narváez, *et al.* 2008). Durante la apogamia intervienen factores endógenos y exógenos que provocan la diferenciación celular en los gametofitos, formándose masas de células que formarán nuevas plantas.

Algunos investigadores, como Whittier (1964), han inducido la formación de embriones, mediante técnicas de laboratorio, alterando la composición química del sustrato. La obtención de esporofitos apogámicos es muy útil cuando se trata de obtener numerosas plántulas en tiempos breves, esta metodología es aplicada para la reproducción masiva de helechos en proyectos de conservación o con fines comerciales.

Los distintos mecanismos que intervienen en la biología reproductiva de los helechos son los que les han facilitado a estas plantas colonizar la Tierra, formar extensos bosques en épocas pasadas, mantener a veces caracteres morfológicos primitivos en plantas actuales o modificar los caracteres morfológicos originando nuevas especies, contribuyendo así a aumentar la biodiversidad del planeta.

## Referencias


Chiou W.L. y D.R. Farrar. 1997. Antheridiogen production and response in Polypodiaceae species. American Journal of Botany, 84: 633–640.

De Soto L., Quintanilla L.G. y M. Méndez. 2008. Environmental sex determination in ferns: effects of nutrient availability and individual density in *Woodwardia radicans.* Journal of Ecology, 96: 1319–327.

Engler A. 1924. Syllabus der Pflanzenfamilien. Borntraeger, Berlín. Pp. 254.

Huang Y-M., Chou H-M. y W-L. Chou. 2004. Density Affects Gametophyte Growth and Sexual Expression of *Osmunda cinnamomea* (Osmundaceae, Pteridophyta). Annals of Botany, 94: 229–232.

Klekowski E.J. Jr. 1969. Reproductive biology of the Pteridophyta. II. Theorical considerations. Botanical Journal of the Linnean Society, 62: 347–359

Knobloch I. W. 1966. A Preliminary Review of Spore Number and Apogamy within the *Genus Cheilanthes.* American Fern Journal, 56: 163–167

Menéndez V., Revilla MA, Bernard P, Gotor V, y H. Fernández. 2006. Gibberellins and antheridiogen on sex in Blechnum spicant L. Plant Cell Reports, 25:1104–10.

Moran R. C. 2008. Diversity, Biogeography, and Floristic. In. T.A. Ranker and C.H. Haufler eds. Biology and Evolution of Fern and Lycophytes. Cambridge University Press, 367–394.

Näf U., Nakanishl K. y M. Endo. 1975. On the physiology and chemistry of fern antheridiogen. Botanical Review, 41: 315–359.

Martínez O.G. 2010. Gametófitos y esporófitos jóvenes de cuatro especies naturalizadas de *Pteris* (Pteridaceae) en América. Biología Tropical, 59: 81–92.

Narváez P.L., Martínez O.G. y E.R. de la Sota. 2008. Gametofitos y Esporofitos Jóvenes De *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Hyl. (Dryopteridaceae-Pteridophyta). Botánica Complutensis, 32: 85–90.

Pryer K.M., Schneider H., Smith A.R., Cranfill R., Wolf P.G., Hunt J.S., y S.D. Sipes 2001. Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. Nature, 409: 618–622.

Raghavan V. 1989. Developmental Biology of Ferns. New York: Cambridge University Press, Pp. 361.

Rainker T.A. y J.M.O. Geiger. 2008. Population genetics. In: Biology and evolution of fern and licophytes, R.A. Ranker and C.H. Hauler, eds. Cambridge University Press, Cambridge, 175–-198.

Schneller J.J. 2008. Fern Phylogeny. Chapter 5 In Ranker, T.A. y C.H. Haufler eds. The Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes. Cambridge Univ. Press, 134–158.

Smith A. R., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. y Wolf, P. G. 2006. A classification for extant ferns. Taxon, 55: 705–731.

Sundue M., Vasco, A., y R.C. Moran, 2011. *Cryptochlorophyllous* spores in ferns: Nongreen spores that contain chlorophyll. International Journal of Plant Sciences, 172: 1110–1119.

Walker T. G. 1985. Some aspects of agamospory in ferns the Braithwaite system. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 86B: 59–66.

Warne T. R. y L.G. Hickok. 1989. Evidence of a gibberellin biosynthetic origin of *Ceratopteris* antheridiogen. Plant Physiology, 89: 535–538.

Whittier D. P. 1964. The Influence of Cultural Conditions on the Induction of Apogamy in *Pteridium gametophytes*. American Journal of Botany, 51: 730–736.

# Ambientes termales: evidencias de actividad biológica en sistemas termales fósiles (vetas epitermales) y actuales en la laguna Incachule, Puna Salteña

**Natalia Salado Paz***
***IBIGEO-CONICET, Museo de Ciencias Naturales y Facultad de Ciencias Naturales-UNSa**

El agua es el mayor constituyente del planeta Tierra, cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre y está representado por los océanos, ríos, lagos, lagunas y masas glaciares. Además es un componente primordial para los organismos vivos. En nuestro planeta se encuentra en los tres estados: sólido en las masas de hielo polar, glaciares de montañas y en suelos congelados (permafrost); líquido en los océanos, ríos, lagunas y entrampado en los poros de las rocas; y en estado gaseoso en la atmósfera y en las emisiones volcánicas.

En algunos regiones del planeta, donde las condiciones físico-químicas del agua harían impensable la existencia de seres vivos, existen formas de vida muy simples que reflejan cómo fueron las condiciones del planeta hace millones de años.

El planeta Tierra se formó hace aproximadamente 4.600 millones de años. La presencia de rocas sedimentarias de 3.800 millones de años (Jack Hill, Australia) indicaría que la hidrosfera y la atmósfera habrían sido estables para ese tiempo. Pero nos preguntamos ¿de dónde proviene el agua? Numerosos estudios demuestran que el agua se originó por la desgasificación del manto y en menor grado por impactos de meteoritos. Por otra parte, los volcanes emiten una considerable cantidad de agua a la atmósfera, pero la mayor parte del agua es reciclada del manto. También se ha postulado que gran proporción del agua procede de separación directa de magmas. Algunos estudios indican que los meteoritos que colisionaron con la Tierra, en la etapa de formación terrestre, entre los 4600 y los 4200 millones de años pudieron aportar agua mediante su deshidratación y la de las rocas superficiales de la Tierra sobre las que impactaron. Posteriormente a estos eventos, el agua se fue acumulando en estado líquido, formando pequeños océanos primitivos que, al cambiar las condiciones atmosféricas y disminuir los gases de efecto invernadero (principalmente el dióxido de carbono) dieron lugar a los grandes volúmenes de agua de los océanos.

En la actualidad, el vulcanismo subaéreo y submarino es el proceso geológico responsable en mayor grado de la transferencia de agua, volátiles y otros componentes desde el interior del planeta a la atmósfera.

Relacionadas a las primeras etapas de formación de los océanos, algunas teorías del origen de la vida sugieren que las primeras moléculas orgánicas fueron sintetizadas en soluciones acuosas y que las formas vivas más primitivas tuvieron lugar cerca de los sitios con exhalaciones hidrotermales. Los estromatolitos (estructuras órgano-sedimentarias laminadas formadas por comunidades de microbios fotosintéticos y heterótrofos y su interacción con procesos sedimentarios) han sido reconocidos como las formas de vida más antiguas desarrolladas en la tierra, las cuales permitieron transformar la atmósfera de un ambiente hostil a un ambiente apto para la vida tal como lo conocemos hoy.

En el presente existen numerosos ejemplos que denotan la íntima relación de organismos extremófilos (seres que viven en condiciones únicas donde se pensaba que no era posible la vida) y medios termales. Por esta razón, haremos una breve introducción sobre los ambientes termales, mostrando donde se forman y de donde proviene la fuente de calor para luego enfatizar en un ejemplo de la Puna Central, en el cual se han encontrado evidencias de actividad biológica en rocas de edad miocena con mineralización y formadas a partir de aguas termales, y presencia de algas y estructuras órgano-sedimentarias, en el área de Incachule.

## AMBIENTES TERMALES

El término geotérmico o geotermal hace referencia a un sistema compuesto por un fluido y una roca caliente. Los sistemas geotermales e hidrotermales activos ocupan los mismos ambientes tectono-magmáticos. Estas zonas, a su vez coinciden en la mayoría de los casos con los márgenes constructivos o destructivos de placas litosféricas (Hongn y García, 2011). Una de las zonas volcánicas más importante del planeta

**Figura 1.** Mapamundi, en amarillo las áreas con alto potencial geotérmico las cuales coinciden con la zona de mayor actividad volcánica y zonas hidrotermales.

es el cinturón cincumpacífico, que sigue aproximadamente los márgenes del Océano Pacífico, en la cual se encuentran cerca del 60% de los volcanes del mundo (Figura 1).

En general las áreas geotérmicas se asocian a zonas con actividad volcánica, donde el calor es producido por magmas (roca fundida a profundidad). Existen también ejemplos de emanaciones de aguas calientes no asociadas a volcanes, como los de las termas del Río Hondo (Santiago del Estero) y las termas del Rosario de la Frontera (Salta) entre las más conocidas. El calor producido en los sistemas geotérmicos puede usarse como recurso energético natural y explotados para el turismo, muchas veces con fines medicinales. Cuando el calor generado alcanza temperaturas entre 400º a 150º C se lo aprovecha como energía para producir electricidad. Entre los rangos de temperatura de 150º a 50º, la energía se obtiene para hacer funcionar pequeñas usinas y para usos diversos en agricultura y en invernaderos. Cuando la temperatura es menor, entre los 50º a 20º se usa para calefacción urbana.

El término hidrotermal hace referencia a todos los fenómenos de aguas naturales calientes en la corteza terrestre. Comúnmente el término es usado para caracterizar a la actividad de géiseres, fumarolas, barros y manantiales calientes, etc. comunes en áreas volcánicas como Yellowstone Park (EEUU), Islandia, Nueva Zelanda y poco comunes en otros ambientes que pueden hospedar actividad hidrotermal relativamente baja (Henley,1985). El agua subterránea que emerge a la superficie en corrientes tranquilas se denomina manantial termal, con temperaturas no demasiado alejadas del punto de ebullición del agua (Figura 2A).

En algunas localidades se producen emisiones periódicas de chorros de vapor y agua caliente a través de aberturas que reciben el nombre de géiseres (Figura 2B), tales como los del Tatio en la Puna de Atacama (Chile). El agua caliente emitida por los manantiales termales y por los géiseres es en su mayor parte agua freática que se ha calentado por contacto con las rocas, a su vez calentadas por conducción a partir de un magma situado debajo. Algunas zonas geotérmicas poseen aberturas llamadas fumarolas, por las que únicamente se emite vapor caliente (Figura 2C).

Los fluidos hidrotermales pueden ser definidos como soluciones acuosas calientes, con temperaturas entre 5º a 500Cº que contienen solutos comúnmente precipitados por cambios en las propiedades de la solución a través del espacio y el tiempo (Pirajno, 2009).

**Figura 2.** A) Manantial termal en la zona volcánica del Tatio, Chile. B) Geiser de la zona volcánica de Islandia. C) Fumarolas en la zona volcánica del Tatio, Chile.

El agua de soluciones hidrotermales puede ser derivada de las siguientes fuentes: agua de mar, meteórica, connata, metamórfica, juvenil o magmática. Muchas de las soluciones hidrotermales son mezclas de dos o más de estas fuentes las cuales se definirán a continuación.

**El agua de mar:** ocupa gran volumen penetrando varios kilómetros debajo del lecho marino en las zonas abisales profundas, alrededor de las dorsales oceánicas. Como resultado, se calienta y se torna altamente enriquecida en metales aportados por el magmatismo submarino y posteriormente se descarga en el fondo del mar generando un depósito mineral producido por aguas termales.

**Las aguas meteóricas:** incluyen el agua de lluvia, lagos, ríos y subterránea. Estas pueden penetrar dentro de la corteza y ser calentadas, mineralizadas por la disolución de elementos metálicos y no metálicos de las rocas que están en contacto y luego emerger como aguas calientes

**Agua connata o de formación:** es el agua que queda atrapada en los intersticios o poros entre los granos de sedimentos que se acumulan en diferentes ambientes como océanos, ríos, lagunas y dunas.

**Las aguas metamórficas:** son derivadas de la deshidratación de minerales durante el proceso de metamorfismo que se produce por la presión y la temperatura que afecta a rocas preexistentes.

**Las aguas magmáticas o juveniles** son aquellas que se separan a partir de una masa fundida durante el enfriamiento de un magma, generando un sistema magmático-hidrotermal, que es quizás el agente más poderoso para formar depósitos de minerales metálicos. Además de agua, otros componentes volátiles pueden estar presentes en el magma (ácido sulfhídrico, dióxido de carbono, dióxido de azufre, boro, flúor, ácido clorhídrico, entre otros) por lo que el contenido de agua de los magmas varía aproximadamente entre 0,2–6,5% en peso. La presencia de estos volátiles es importante para el transporte en solución de las diferentes especies metálicas que pueden ser precipitadas formando minerales. Algunos geólogos limitan el concepto de agua juvenil a las derivadas de rocas del manto.

La circulación de los fluidos hidrotermales en el planeta da lugar a la creación y desarrollo de los sistemas hidrotermales que de acuerdo con la temperatura y profundidad se clasifican en epitermales, mesotermales e hipotermales.

Un sistema epitermal es un sistema formado por fluidos hidrotermales superficiales (0–1000 metros) a baja temperatura (hasta 300ºC). De la actividad de emanación y circulación de agua caliente, resulta una zona en la que ocurre alteración de las rocas y a la vez formación de nuevos minerales otorgando al conjunto alterado-mineralizado colores llamativos, generalmente con tonalidades blancas amarillentas a verdosas. La pérdida de temperatura y cambios del pH durante el recorrido del agua provoca la precipitación de los nuevos minerales. Los cambios bruscos en la temperatura y composición de los fluidos durante su ascenso generan que los minerales de elementos metálicos ocurran comúnmente en las zonas de canales y conductos. Los metales pueden ser plomo, plata, zinc, mercurio, antimonio, entre otros.

El estudio de estos depósitos minerales fósiles que han quedado preservados en el pasado geológico ha revelado su relación con los sistemas geotermales superficiales ya que se encuentran los mismos rasgos que caracterizan a las actividades actuales de géiseres, fumarolas y circulación de aguas calientes hospedados en terrenos volcánicos terciarios en la región circumpacífica (Henley, 1985).

## FUMAROLAS HIDROTERMALES Y EL ORIGEN DE LA VIDA

**Figura 3.** A) Distribucion mundial de localidades con fumarolas hidrotermales submarinas. B) Detalle de fumarola hidrotermal. Ambas imágenes obtenidas de Martin *et al*., 2008.

La teoría más conocida para el origen de los componentes orgánicos está basada en la "sopa prebiótica". Un reconocido bioquímico ruso, Alexander Oparin, desarrolló las primeras teorías sobre el origen de la vida en 1922. Oparin estimaba que en los primeros momentos de la historia de la Tierra, la atmósfera no contenía oxígeno por lo que la vida habría comenzado como sustancias orgánicas simples con organismos que utilizaban como alimento sustancias inorgánicas como el dióxido de carbono, similares a los organismos autótrofos actuales. La teoría recibió soporte con la demostración experimental realizada por Miller en 1953 quien preparó una mezcla de gases reductores (metano, amoníaco e hidrógeno) en un matraz y luego la sometió durante una semana a descargas eléctricas. Del análisis de los compuestos resultantes pudo comprobar que se habían obtenido, entre otras sustancias, aminoácidos, que son las moléculas orgánicas fundamentales para la formación de proteínas (Reguant Serra, 2005). Sin embargo, la condensación y polimerización de estas moléculas precursoras requieren algún mecanismo energético para las transformaciones y reacciones metabólicas que Miller ideó con mecanismos que simulaban rayos.

Hace aproximadamente 30 años, se descubrieron fumarolas submarinas donde habitan importantes comunidades de microbios. Sin duda, este hallazgo revolucionó la teoría del origen de la vida por ser ambientes inhóspitos donde se pensaba que no se podía desarrollar la vida. Por otra parte, los ambientes hidrotermales activos de aguas profundas se asemejan a la Tierra primitiva, debido a que sistemas similares existieron tan pronto como había agua acumulada en los primeros océanos primitivos hace más de 4.200 millones de años.

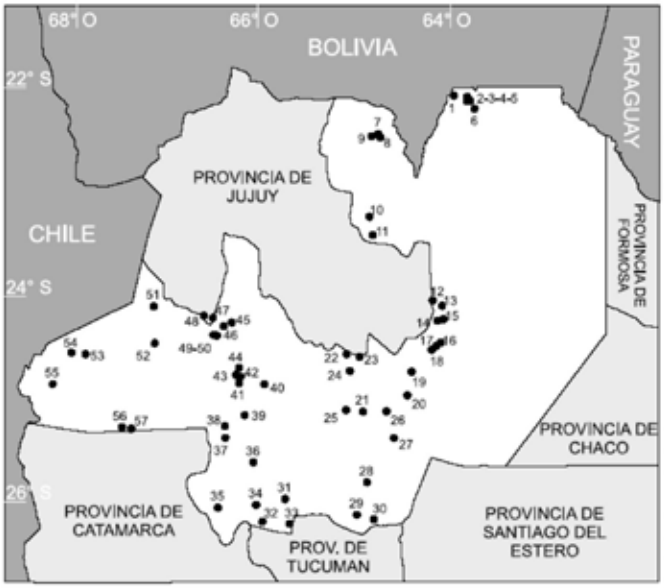
Los ecosistemas de fumarolas se albergan en conductos hidrotermales donde la fuente de energía se deriva principalmente del vulcanismo de las dorsales centro-oceánicas. Las chimeneas de sulfuros a 360°C son ambientes que presentan equivalencia con la Tierra primitiva, con gases reactivos, elementos disueltos y energía térmica (Martin *et al*., 2008).

Las fuentes hidrotermales se producen en las zonas del fondo marino y tienen una amplia distribución mundial. Los sistemas de conductos hidrotermales se han descubierto en numerosos puntos del fondo marino (Figura 3). En las zonas de extensión como las dorsales, las cámaras de magma que contienen roca fundida (800–1.200 °C) descargan lavas en el fondo del océano; la periodicidad o frecuencia de las erupciones es variable, en algunos casos ocurren cada decenas de años, en otros están separadas por lapsos de más de 50.000 años. Estas erupciones producen los fumarolas negras que albergan densas y diversas comunidades biológicas (Martin *et al*., 2008).

El descubrimiento de estos sistemas hidrotermales ha cambiado profundamente la forma de ver la historia geológica, geoquímica y ecológica de la Tierra. Las chimeneas son abundantes en el suelo de los océanos y son una importante fuente de muchos elementos y compuestos orgánicos que se transfieren a la hidrosfera. Los organismos que habitan en las chimeneas hidrotermales pueden vivir sin el aporte de la radiación solar y con relaciones simbióticas que convierten el calor, el metano ($CH_4$) y compuestos del azufre en energía para los procesos metabólicos. Además utilizan energía química provista por reacciones de oxido-reducción, las cuales aceleran mediante su actividad enzimática.

# MANANTIALES TERMALES DE LA PUNA

El esquema tectónico de la cordillera de los Andes, con cuerpos magmáticos emplazados en niveles superiores de la corteza que generan áreas térmicamente anómalas lo transforma en un sector de recursos geotérmicos de alta y baja temperatura. En la Puna salteña, la actividad geotérmica ha sido reconocida ampliamente, donde algunas expresiones de baja temperatura se explotan con fines turísticos (Aguas de Pompeya, Baños de Incachule). Las fuentes de calor de estos manantiales calientes son magmas asociados al intenso vulcanismo implantado en la región.




Manifestaciones termales de la provincia de Salta. (Tomado de Catalogo de Manifestaciones Termales de la República Argentina, SEGEMAR, 2003)

1- Río Itaú
2- Río Carapari
3- Río Itangué
4- Arroyo Agua Blanca
5- Río Itaqué
6- Tobontirenda
7- Río San José
8- Baños de Lipeón
9- El Cayotal
10- Río Paraní
11- Arroyo Agua Blanca
12- Arroyo Laurel
13- Puesto La Laguna
14- Arroyo Las Tortugas
15- Chorro de Mealla
16- Manantial El Gallo
17- Pozo Rio Dorado 1
18- Barrialito
19- El Espinillo
20- Pozo Candelaria
21- Baños de Lumbrera
22- Baños El Sauce Colorado
23- Aguas Calientes
24- Baños El Saladillo
25- El Coro
26- Pozo Las Cañas 282-U-1
27- Baños El Galpón
28- Termas de Rosario de La Frontera
29- Baños El Ceibal
30- Morenillo
31- La Punilla
32- Cerro Cajón
33- Puesto Aguadas
34- Puesto La Cueva
35- Luingo
36- El Carmen
37- Cuchiyaco
38- Agua Caliente La Hoyada
39- La Playa
40- El Potrero
41- Santa Elena
42- La Salinita
43- Quebrada del Porongo
44- Quebrada Paya
45- Baños de Pompeya
46- Baños de Incachule
47- Tocomar
48- Antuco
49- Baños de Pastos Grandes
50- Aguas Calientes de Corral
51- Salar de Rincón
52- El Macón
53- Vega Salar Arizaro
54- Socompa
55- Salar Llullaillaco
56- Vega Antofalla
57- El Hervidero

El Departamento de Geotermia del Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) realizó un mapa que recopila todos los sitios con manifestaciones termales de la provincia de Salta en el cual se encuentra la zona de estudio (Figura 4, dato 46).

El manantial termal de Incachule se encuentra localizado al oeste de la provincia de Salta, a 23 km de la localidad de San Antonio de los Cobres, aproximadamente a 4400 m.s.n.m. Es una pequeña laguna de 10x5 m2 de superficie alojada en el borde oriental de la caldera volcánica miocena del Cerro Aguas Calientes. El tamaño de la laguna varía según las estaciones de lluvia (Figura 5 A y 5B) el cual disminuye considerablemente en los períodos de sequedad. La temperatura del agua ha sido medida en rangos de hasta 53ºC, con pH cercanos a la neutralidad (pH 6,5–6,8). En este cuerpo termal, se observan algas verdes con formas alargadas, que por sectores simulan estructuras burbujeantes (Figs. 6A y 6B) asociadas a sedimentos de colores rojizos debido a la presencia de óxidos de hierro.

Por otra parte, la actividad química del agua calentada disolvió cantidades importantes de carbonatos, que al enfriarse rápidamente, precipitó material mineral acumulado cerca del manantial termal en forma de costras calcáreas (Figura 7A y 7B).También se distinguen estructuras órgano-sedimentarias laminadas (estromatolitos) que se producen por la precipitación química de carbonato de calcio mediante la intervención de cianobacterias (Figura 7C y 7D).

**Figura 4.** Mapa de la provincia de Salta con las manifestaciones termales estudiadas por el Departamento de Geotermia del Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). El punto 46 corresponde a la zona de estudio.

**Figura 5.** Laguna Incachule. A) En estación de lluvia (diciembre). B) En estación seca (Abril).

En aéreas aledañas a la laguna, aproximadamente a 100 m de los baños de Incachule afloran depósitos de antimonio ($Sb_2S_3$) epitermales fósiles, con mineral en vetas y diseminado (Kirschbaum y Murray, 2011). Los sulfuros habrían sido depositados a partir de un fluido caliente rico en sílice a temperaturas de 200ºC aproximadamente. Las muestras analizadas contienen antimonita ($Sb_2S_3$) alterada en un mineral blanquecino cubierta por costras negras y cuarzo ($SiO_4$) (Figura 8). Los minerales blanquecinos han sido determinados por Rayos X como Lewisita ($CaSb_2O_5(OH)_2$) y para mayor detalle se obtuvieron imágenes de alta resolución mediante microscopio electrónico de barrido en el Laboratorio de Microscopia Electrónica (LASEM) de la Universidad Nacional de Salta. Dichas imágenes revelaron la presencia de organismos fósiles asociados a la mineralización. Estos organismos poseen estructuras en cadenas tipo cocoides (esferoidales) revelando actividad biológica asociada a los depósitos de antimonio. Esta observación, si bien representativa de una pequeña porción del depósito, sugiere antiguos cuerpos de agua termal que permitieron alojar estos organismos (Figs. 9A–F).

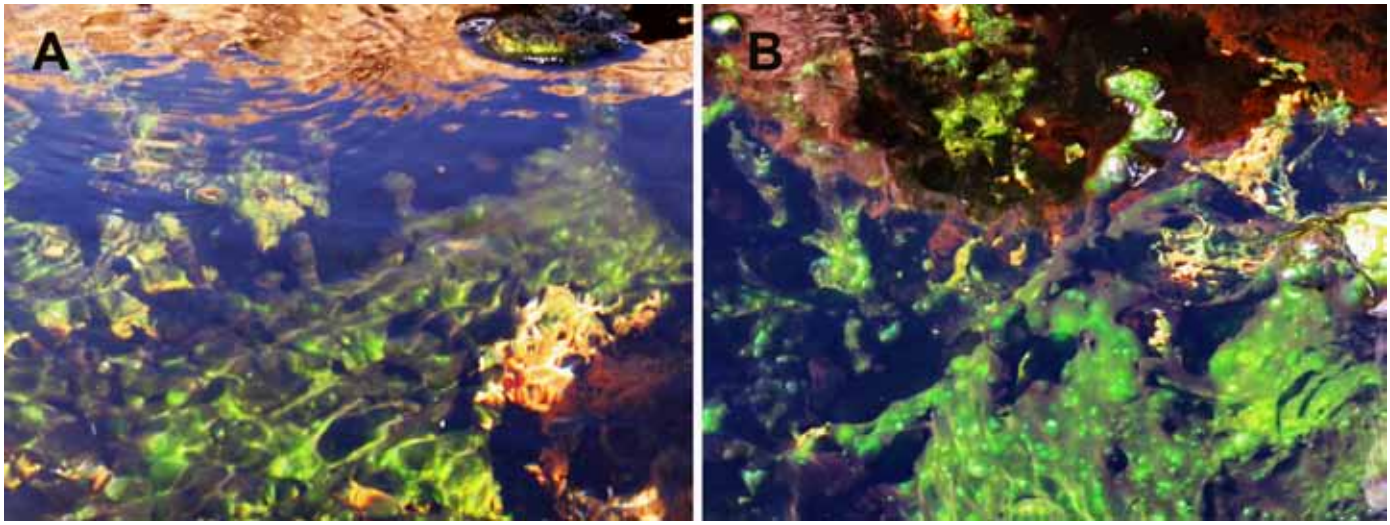



**Figura 6. A y B)** Algas verdes actuales en las emanaciones termales con formas columnares, alargadas y con apariencia de burbujas.

**Figura 7.** A) Costras calcáreas actuales por donde circulan los fluidos calientes. B) Costras calcáreas por donde, en la actualidad, no circulan fluidos. C y D) Estructuras órgano-sedimentarias laminadas.

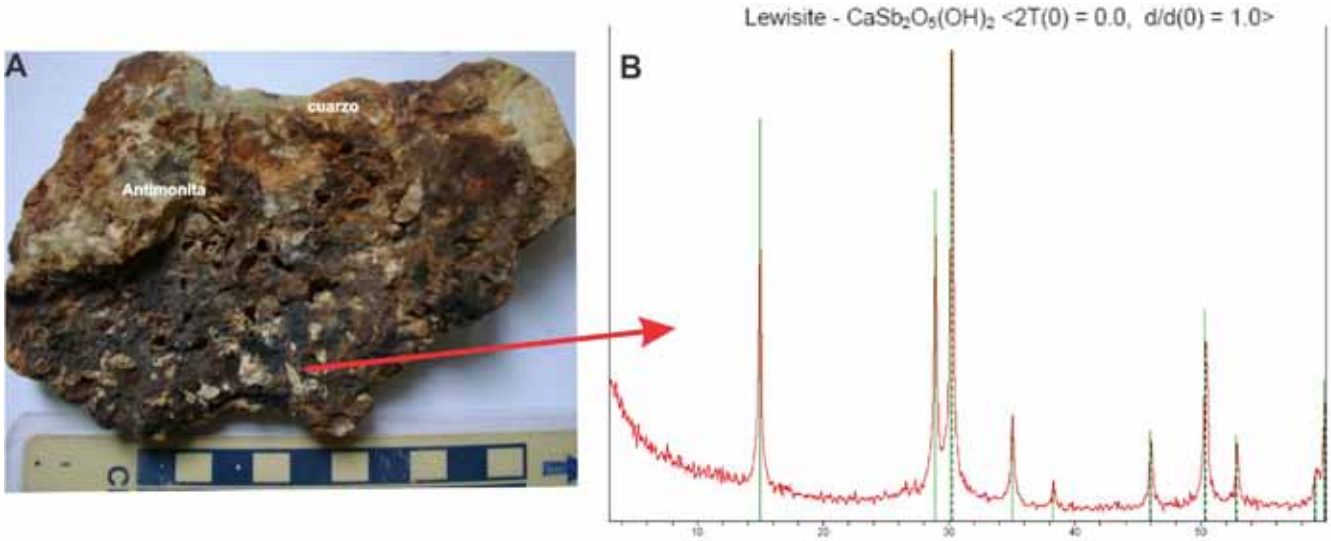



**Figura 8.** A) Roca compuesta principalmente por cuarzo, cristales remanentes de antimonita (SbS), minerales blanquecinos (lewisita) y costra negrusca. B) Difracción de Rayos X determinando el mineral lewisita ($CaSb_2O_5(OH)_2$.

**Figura 8.** C) Detalle de cristales de antimonita (SbS). D y E) Imágenes en microscopio electrónico de barrido de los cristales blanquecinos.

**Figura 9.** A –F) Imágenes de microscopio electrónico de barrido en costra negrusca, mostrando organismos que constituyen cadenas cocoides (esferoidales) típicas de las cianobacterias.

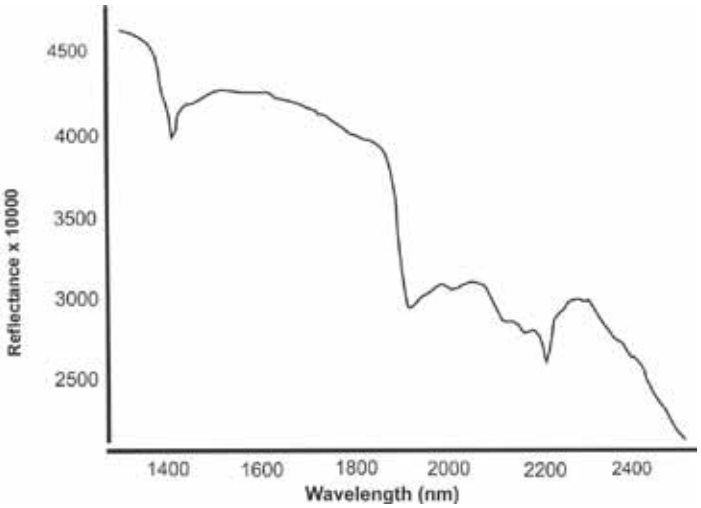



**Figura 10.** Roca ignimbrita de coloración blanquecina debido a la alteración por fluidos hidrotermales y su espectrometría de reflectancia (SWIR) mostrando la determinación mineralógica compuesta por mezcla de illita con amonio 80% y alunita con amonio 20%.

La actividad termal de esta zona está asociada a las etapas finales del magmatismo de la caldera del Cerro Aguas Calientes. Es decir, al formarse la caldera arrojó grandes volúmenes de ignimbrita como nubes piroclásticas, entre los 17,15 y 10,3 millones de años. La cámara magmática siguió emitiendo calor, permitiendo al agua que ingresaba por grietas y poros, calentarse y dar lugar a los depósitos fósiles y a la actividad termal actual en la laguna de Incachule. Probablemente, la actividad termal fue mucho mayor en épocas pasadas, hecho que es puesto en evidencia por los sistemas epitermales fósiles y la abundancia local de costras calcáreas con estructuras de algas en la zona.

Los estudios de espectrometría de reflectancia (SWIR) realizados por Godeas (2010), caracterizaron a rocas alteradas hidrotermalmente con la asociación mineralógica compuesta por adularia e illita con amonio (Figura 10). El amonio es aportado por la materia orgánica contenida en las rocas de caja de las mineralizaciones metalíferas u otras que se encuentran en las cercanías de los depósitos por donde circulan los fluidos hidrotermales (Godeas y Litvak 2006). En este estudio se sugiere que el amonio encontrado en rocas alteradas hidrotermalmente podría derivar de la misma actividad termal, que produce la energía y el medio químico para favorecer la vida de organismos tales como cianobacterias que comparten con algunas otras bacterias la habilidad de tomar el $N_2$ del aire y reducirlo a amonio ($NH_4$).

## ¿QUE ES UNA CIANOBACTERIA?

Las cianobacterias son bacterias (dominio Bacteria) conocidas como algas verdes-azuladas por su coloración, también se conocen como cianofitos. Las cianobacterias son organismos fotosintetizadores, es decir, capaces de tomar la energía solar y transformarla en energía química. Las cianobacterias comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar $N_2$ atmosférico como fuente de nitrógeno, facilitan la precipitación del carbonato cálcico dando lugar a las estructuras organo-sedimentarias (estromatolitos). Representan un indicador del comienzo de la vida en la tierra, los datos más antiguos encontrados en Warrawoona (Australia) representan estromatolitos fósiles de hace 3500 millones de años.

También se han hallado algas antiguas (*Grypania spiralis*) en rocas de unos 2200 millones de años en Michigan (Estados Unidos) que correspondería al primer organismo del dominio Eukarya.

La presencia de las cianobacterias es muy importante para la historia y diversificación de la vida en la tierra. En los inicios, la proto-atmósfera era rica en dióxido de carbono, las cianobacterias captaban el dióxido de carbono y lo transformaban en oxígeno permitiendo la rápida oxigenación de la atmósfera, así comenzó a formarse la capa de ozono y comenzó a evolucionar el ambiente allanando el camino para la aparición de organismos multicelulares. Sin embargo la vida existía sin oxigeno pues hay evidencias de que reducción bacteriana de sulfatos, reducción y oxidación de hierro y metanogénesis ya eran metabolismos activos e importantes en la biosfera primitiva.

Los ambientes termales son lugares aptos para el desarrollo de la vida, tal como ha sido registrado en el pasado geológico por organismos primitivos en rocas antiguas y como podemos observar en la actualidad en los volcanes submarinos y fumarolas superficiales. En los últimos años se han descubierto diversos tipos de organismos, a los cuales se los denomina extremófilos, que viven en condiciones extremas de temperatura. En la Puna, en Laguna Socompa y Tolar Grande, se han encontrado estromatolitos que viven en lagunas de altura. Si bien no están asociados a lagunas termales, son los primeros estromatolitos vivientes hallados en regiones altas (por encima de los 3000 metros sobre el nivel del mar). En el ejemplo de Incachule podemos observar organismos que vivieron en un sistema termal de baja temperatura, en un pasado no muy lejano y estructuras algales que viven en la actual laguna termal, como ejemplos de vida en medios donde solíamos creer que no era posible encontrarla.

## Literatura citada


Godeas, M., 2010. Estudio de muestras mediante el método de espectrometría de reflectancia SWIR. Chorillos, distrito La Poma (Salta). SEGEMAR, Instituto de Geología y Recursos Minerales. Inédito. 2 páginas. Buenos Aires.

Godeas, M., V. Litvak. 2006. Identificación de anomalías de amonio por espectrometría de reflectancia: implicancias para la exploración Minera. Revista de la Asociación Geológica Argentina,.61: 438–443.

Henley R., 1985. The geotermal framework of epithermaldeposits. Reviews in Economic Geology. Geology and geochemistry of epithermal systems, 2: 1–21.

Hongn F.D., V. García. 2011. Tectónica de Placas. Temas de Biología y Geología del NOA, 1: 21–31.

Kirschbaum A.M.,J. Murray. 2011. Mineria y aguas acidas: contaminacion y prevención. Temas de Biología y Geología del NOA, 1:40–51.

Martin W. J. Baross, D. Kelley, M. Russell.. 2008. Hydrothermal vents and the origin of life. Nature Reviews, Microbiology. Volume 6:805–814.

Miller S. L. 1953. Production of amino acids under possible primitive earth conditions. Science 117 (3046): 528–9.

Pesce A., F. Miranda.2003. Catálogo de manifestaciones termales de la Republica Argentina. Vol.1 Región Noroeste. SEGEMAR, ANALES 35. Buenos Aires.

Pirajno F. 2009. Hydrothermal Processes and Mineral systems. Geological survey of Western Australia. Editorial Springer.

Reguant Serra S. 2005. Historia de la tierra y de la Vida. Editorial Ariel, España.

# Conociendo nuestros murciélagos: el moloso cola gruesa chico

**JC Bracamonte***
*** IBIGEO – CONICET y Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina (PCMA)**

Pertenece a la familia de los murciélagos cola de ratón (Molossidae: Chiroptera) y es uno de los murciélagos más representativos y mejor distribuidos en el país. Es una especie de tamaño pequeño que habita ambientes naturales y que además aprendió a convivir cómodamente con nosotros en las ciudades donde podemos encontrarlo escondido en pequeñas grietas de los edificios esperando la noche para salir a alimentarse en la seguridad de la oscuridad. Hoy conoceremos más sobre el moloso cola gruesa chico, una más de las 63 especies que encontramos en Argentina.

Los murciélagos de la familia Molossidae conocidos comúnmente como murciélagos cola de ratón (por tener la cola larga y libre similar a los ratones) es una de las más especiosas y ampliamente distribuidas (Simmons 2005). Las especies de esta familia habitan todos los continentes del planeta y han logrado adecuarse bastante bien a los ambientes altamente modificados por el hombre como las ciudades. Molossidae está representada en Argentina por 18 especies entre las que se pueden encontrar algunas muy pequeñas como moloso pigmeo (*Molossops temminckii*; 5-7 grs.) hasta algunas de las más grandes como moloso orejón grande (*Eumops perotis*; 80 grs.; Barquez y Díaz 2009) y entre estas podemos encontrar a nuestro personaje: *Molossus molossus* (Pallas, 1766) o moloso cola gruesa chico.

El moloso cola gruesa chico tiene una distribución que abarca enteramente el Neotrópico, desde el norte de Méjico hasta Uruguay y el centro de Argentina (Figura 1). Pocas especies han logrado adaptarse a los ambientes urbanos como el moloso cola gruesa chico ya que es común en numerosas ciudades (Alberico *et al*. 2005) e incluso del norte de nuestro país (Barquez *et al*. 1999).

Entre sus características generales podemos mencionar que es de tamaño pequeño y menor a su congénere el moloso cola gruesa grande (*Molossus rufus*) el cual pesa el doble y es normalmente de coloración más oscura (Barquez *et al*. 1999). La longitud total del cuerpo varía entre 89 y 104 mm que es lo que mide el puño de una persona adulta. La longitud del antebrazo (una de las medidas más importantes para identificarlo) puede tener entre 35 y 43 mm de largo. El pelaje es suave, corto y la coloración del dorso puede tomar diferentes tonos que van desde pardo grisácea a pardo rojiza con el vientre siempre más pálido que el dorso. Sus orejas son

**Figura 1**: Mapa de distribución de *Molossus molossus*. La zona amarilla delimita la distribución en Sudamérica.

relativamente medianas juntándose en la parte media de la frente. En su hocico se puede ver un borde recto elevado llamado "quilla" bastante evidente. Sus alas son largas y delgadas y al igual que el uropatagio (membrana que une la cola y patas) son oscuras, casi negras. Como su nombre lo dice posee la cola gruesa y corta. Puede confundirse con el moloso común (*Tadarida brasiliensis*) pero este tiene los labios arrugados mientras en *Molossus molossus* son lisos y tiene además coloración más parda.

Ocupa huecos de árboles y grietas en ambientes naturales como refugios pero además está muy asociado a construcciones humanas. Puede usar los cielorrasos, desvanes o las grietas y dilataciones para amortiguamiento de movimientos telúricos que algunos edificios pueden tener, donde forma grupos de cientos de individuos y hasta llega a compartir el refugio con otras especies (Alberico *et al*. 2005). En nuestro país se sabe que puede guarecerse en arboles (Barquez *et al*. 1999) y en casas (observación personal) que encuentra bastante cómodos.

Los murciélagos dependen del vuelo en importantes aspectos de su vida como trasladarse o alimentarse por lo que la morfología del ala nos puede decir muchas cosas acerca del tipo de vuelo y por donde se mueven. En el caso del moloso, la forma del ala le permite volar velozmente y con cierta agilidad con lo cual accede a un amplio rango de presas aunque no cerca de la vegetación y obstáculos por la poca agilidad que posee. Se alimenta exclusivamente de insectos a los que captura en el aire con la ayuda de la ecolocación con la que detectan, localizan y discriminan por tamaños (Mora *et al*. 2004). Pueden incluir insectos de diferentes durezas y a pesar que se especializan en los de consistencia blanda como polillas (Freeman 1979), su robustez craneana también le permite comer aquellos duros (Muñoz y Molinari 2000). Entre sus presas se pueden mencionar escarabajos, moscas (Howell and Burch 1974), avispas, chinches (Ramírez *et al*. 2009), libélulas, grillos, cigarritas (Willig *et al*. 1993) y las ya mencionadas polillas muchas de las cuales son pestes de cultivos (Cleveland *et al*. 2006). Por esto último es que podría ser un importante controlador de insectos plaga ya que consume gran cantidad cada noche.

En cuanto a datos de reproducción, las hembras de esta especie pueden pasar dos períodos reproductivos por año y hasta tres en zonas tropicales (Fabián & Marques 1989, Alberico *et al*. 2005). En Argentina un período sería entre septiembre y enero ya que se encontraron hembras preñadas en octubre y noviembre en la provincia de Salta y a finales de enero en Formosa, además de machos en etapa de reproducción en mayo (Barquez *et al*. 1999). Mientras que en Paraguay se reportaron hembras preñadas en septiembre y noviembre (Myers y Wetzel 1983). En un trabajo reciente en la Reserva Nacional Formosa se encontró una colonia con hembras con crías en noviembre (Figura 2; Bracamonte datos sin publ.).

**Figura 2:** Hembra de *Molossus molossus* con cría. Las hembras cargan a sus crías en vuelo en los primeros días de nacidas a pesar que estas pueden alcanzar un 40% del peso de la madre. Fotografía Cesar Bracamonte.

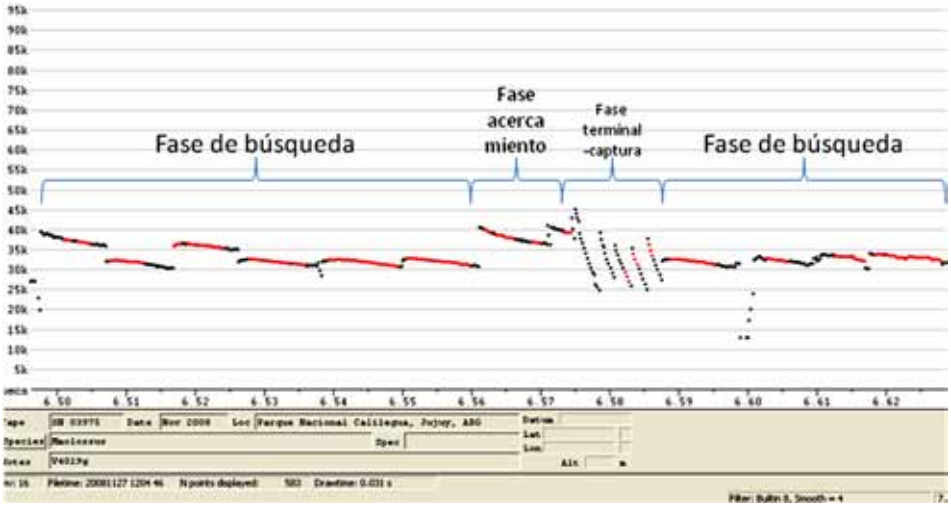



**Figura 3:** Llamadas de ecolocación de *Molossus molossus*. Grafico de frecuencia (kHz) versus tiempo (en milisegundos) generadas en el software Analook donde se pueden apreciar las llamadas emitidas en las tres fases: búsqueda, acercamiento y terminal al final de la cual puede ocurrir la captura de la presa antes de volver a la fase de búsqueda nuevamente.

**Ecolocación:** Es el sistema de orientación usado por gran parte de los murciélagos para orientarse y buscar su alimento. Consiste en emitir un pulso de sonido de alta frecuencia (casi inaudible para las personas) y esperar el retorno del eco de ese pulso al chocar con un objeto u obstáculo. En base a esto ellos pueden calcular distancias y formas, incluso el oído es tan sensible que, hasta detectan la textura de los objetos por medio de la ecolocación. El moloso cola gruesa chico emite pulsos de sonidos que rondan la frecuencia de los 30-35 kHz (una persona adulta con buena audición solo escucha sonidos de hasta 15-20 kHz; Figura 3). El repertorio de vocalizaciones de *M. molossus* lo coloca entre las especies de murciélagos con los niveles más altos de la plasticidad en su sistema de ecolocación (Mora *et al*., 2004). Aunque algunos autores (p. ej., Kössl *et al.* 1999) han sugerido que esta "plasticidad", puede ser simplemente llamadas que difieren de las llamadas estándar (por ejemplo, llamadas emitidas al dejar el refugio, de desplazamientos, etc.).

Algunos murciélagos molósidos usan llamadas alternando frecuencias (Heller 1995; Fenton et al., 1998; Kössl et al., 1999; Kingston *et a*l. 2003). Entre ellos, *Molossus molossus*, es la única especie para la que hay datos neurofisiológicos disponibles y que dejan ver que posee los requisitos neuronales para el procesamiento en paralelo de las dos bandas de frecuencia (Mora *et al*., 2004). Esto podría funcionar como una pre-adaptación facilitando la separación de funciones entre vías auditivas especializadas para el procesamiento de diferentes señales.

## ESTADO DE CONSERVACIÓN

A nivel internacional esta especie está categorizada como de "Preocupación menor" principalmente debido a que tiene una amplia distribución (Barquez *et al*. 2008). Además está bien representada en diferentes áreas protegidas y a pesar que no hay datos sobre su tendencia poblacional, no hay evidencias de que sus poblaciones estén disminuyendo. A nivel nacional tiene la misma categorización establecida por la Sociedad Argentina para el Estudios de los Mamíferos (SAREM; Díaz y Ojeda 2000). Aquí en nuestro país son comúnmente registradas en muestreos por lo que se presume que su tendencia poblacional sería estable (Observación personal).

## CONCLUSIÓN

Esta especie al igual que las demás 62 especies que habitan nuestro país llevan a cabo importantes servicios ecosistémicos. En el caso de los insectívoros, el más importante es la regulación de las poblaciones de insectos que mantienen al margen predando sobre ellas noche a noche. De esta manera evitan grandes pérdidas económicas en el rubro agrícola (Cleveland *et al*. 2006, Gándara *et al*. 2006) y limitan la herbivoría en ambientes naturales (Kalka *et al* 2008); además de consumir insectos que son potenciales vectores de enfermedades (Romano *et al*. 1999). Por todo esto tanto el moloso de cola gruesa chico como las demás especies merecen nuestro cuidado para asegurar estos procesos y la conservación de sus poblaciones a largo plazo.

## Referencias citadas


Alberico, M., C. A. Saavedra y H. García-Paredes. 2005. Murciélagos caseros de Cali (Valle del Cauca - Colombia ). Zoología 27: 117–126.

Barquez, R. M. y M. M. Díaz. 2009. Los murciélagos de argentina: Clave de identificación (Key to the bats of Argentina). PCMA Publicaciones especiales Nº 1, Ediciones Magna, 84 pp.

Barquez, R. M., M. A. Mares y J. K. Brown. 1999. The bats of Argentina. Special Publications. Museum of Texas Tech University. Number 42. 275pp.

Barquez, R., Rodriguez, B., Miller, B. y Diaz, M. 2008. *Molossus molossus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.2. <http://www.iucnredlist.org/>. Downloaded on 07 July 2012.

Cleveland, C. J., M. Betke, P. Federico, J.D. Frank,T.G. Hallam, J.D. L. Horn, *et al*. 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. Front Ecol Environ 4: 238–243.

Díaz, G. B. y R. A. Ojeda (Eds). 2000. Libro Rojo de Mamíferos Amenazados de la Argentina. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos (SAREM), Argentina. Pp. 106.

Fenton, M. B., I. L. Rautenbach, J. Rydell y H. T. Arita. 1998. Emergence, echolocation, diet, and foraging behavior of Molossus ater (Chirpotera: Molossidae). Biotropica 30: 314–320.

Freeman, P. W. 1979. Specialized insectivory: beetle-eating and moth-eating molossid bats. Journal of Mammalogy 60: 467–479.

Gándara G., A.N. Correa Sandoval, Cienfuegos, C. A. H. 2006. Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos Tadarida brasiliensis como controladores de plagas en el norte de México. Cátedra de Integración Económica y Desarrollo Social. Working Paper No . 2006-5. Pp. 18.

Heller K.G. 1995. Echolocation and body size in insectivorous bats: the case of the giant naked bat Cheiromeles torquatus (Molossidae). Le Rhinolophe 11: 27–38

Howell, D. J. y D. Burch. 1974. Food habits of some Costa Rican bats. Revista de Biología Tropical, 21: 281–294.

Kalka, M. B., A.R. Smith y E. K. V. Kalko. 2008. Bats Limit Arthropods and Herbivory in a Tropical Forest. Science, 320: 71.

Kingston, T., G. Jones, Z. Akbar, Y T.H. Kunz. 2003. Alternation of echolocation calls in 5 species of aerial-feeding insectivorous bats from Malaysia. Journal of Mammalogy 84: 205–215.

Kössl, M., E. Mora, F. Coro y M. Vater. 1999. Two-toned echolocation calls from *Molossus molossus* in Cuba. Journal of Mammalogy 80: 929–932.

Mora, E. C., S. Macías, M. Vater, F. Coro y M. Kössl. 2004. Specializations for aerial hawking in the echolocation system of *Molossus molossus* (Molossidae, Chiroptera). Journal of Comparative Physiology A 190: 561–74.

Muñoz, M. y J. Molinari. 2000. Insectos presa de los murciélagos Molósidos Eumops perotis y *Molossus molossus*. Pp: 223–228. En: Ecología Latinoamericana. Actas del III Congreso Latinoameticano de Ecología. Pefaur, J. E. (ed.). Univ. Los Andes-Cons. Publ. CDCHT, Mérida.

Myers, P. y R. M. Wetzel. 1983. Systematic and Zoogeography of the bats of the Chaco Boreal. Miscelaneous Publications. Museum of Zoology, University of Michigan, N° 165. 59 pp.

Romano, M. C., J. I. Maidagan y E. F. Pire. 1999. Behavior and demography in an urban colony of Tadarida brasilensis (Chiroptera: Molosidae) in Rosario, Argentina. Revista de Biología Tropical. 47: 1121–1128.

Simmons, N.B., 2005. Order Chiroptera. In: Wilson, D.E., Reeder, D.M. (Eds.), Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Willig, M. R., G.R. Camilo y S. J. Noble. 1993. Dietary overlap in frugivorous and insectivorous bats from cerrado habitats of Brazil. Journal of Mammalogy 74: 117–128.

# Correo de Lectores

La Sección Correo de Lectores de Temas de Biología y Geología del Noa es un espacio que nos permitirá interactuar con nuestra comunidad de lectores. Invitamos a enviar críticas y comentarios sobre los temas publicados en la revista y también a sugerir otros de interés. Por razones de claridad o espacio, las cartas deberán tener una extensión máxima de 300 palabras, deberán incluir nombre, dirección y teléfono del remitente. Las cartas para esta sección pueden enviarse por e-mail a ibigeotemas@gmail.com indicando como asunto: correodelectores.

# Guía para autores y Proceso editorial

Entre los objetivos principales del IBIGEO, la promoción y difusión del conocimiento científico es una de las tareas que emprende a través de la Revista Temas de Biología y Geología del Noa. Por esta razón, la activa participación con contribuciones de docentes e investigadores de diferentes centros académicos del país es importante para lograr una ciencia al alcance de todos.

Temas de Biología y Geología del Noa publicará las siguientes categorías de contribuciones:

ARTÍCULOS: Consistirán en trabajos que expliquen un tema directa o indirectamente relativo a las Ciencias Naturales y los resultados de las investigaciones sobre el mismo; o introduzcan a los lectores sobre la puesta en funcionamiento de equipamientos y tecnologías novedosas y sus potenciales usos y aplicaciones en laboratorios del país y en especial de nuestra región Noa; o revisen aspectos poco conocidos de la historia del conocimiento. Tendrán una extensión máxima de 5000 palabras.

NOTAS: Incluirán informes sobre avances científicos o tecnológicos; o algún aspecto del conocimiento o sus aplicaciones con impacto social, o bien la presentación de cambios o innovaciones que puedan ser de interés en la enseñanza de determinados temas científicos. Tendrán una extensión máxima de 2500 palabras.

PUNTOS DE VISTA: Comprende los fundamentos de una idea o argumentación a partir de una síntesis del estado actual del conocimiento de un tema en el que pueden existir distintas posiciones conceptuales. Tendrán una extensión máxima de 2500 palabras.

Todos los artículos deben tener un título corto y concreto, los nombres de los autores y su lugar de trabajo, por orden de participación en la contribución y un texto que debe ser claro, con un planteo sobre el tema que se aborda y su importancia, con extensiones máximas como se mencionó anteriormente.

Las contribuciones deben ser redactadas considerando que sus destinatarios no son especialistas y para ello se debe evitar el uso de términos técnicos y cuando esto sea imposible definir con precisión pero de manera sencilla, el significado de los mismos. También se debe evitar el empleo de palabras extranjeras cuando existen equivalentes en castellano, o neologismos y/o expresiones de moda. En caso del uso de fórmulas matemáticas, químicas, físicas o gráficos estadísticos, proporcionar en lo posible las explicaciones complementarias que sean necesarias. Utilizar el sistema internacional de unidades. Incluir citas bibliográficas que sean relevantes al tema analizado, preferentemente obras que sean accesibles, evitando solo trabajos del autor, informes técnicos o artículos en revistas especializadas y en lo posible, acotarlas a un máximo de diez referencias.

El manuscrito consistirá de un archivo incluyendo el texto, en formato Word o RTF.

Las ilustraciones constituyen un aspecto fundamental en el artículo de divulgación científica. Los gráficos, dibujos, fotografías y láminas deben ser muy claros y elocuentes para complementar y resaltar los contenidos desarrollados. Utilizar en lo posible, ilustraciones originales, indicando siempre la autoría de la misma. No se recomienda incluir en los trabajos imágenes descargadas de Internet, pero cuando ello fuera inevitable asegúrese que su reproducción está permitida y que tenga una buena resolución. El autor de un artículo deberá solicitar la autorización correspondiente en caso de incluir ilustraciones que sean reproducciones de imágenes libros y/o revistas. Las ilustraciones deberán ser preparadas en formato digital, en forma de archivos .jpg, con una definición mínima de 300dpi (puntos por pulgada) para un tamaño de 20 x 30cm. Las ilustraciones deben llevar su correspondiente explicación como leyenda y se incluirán en un archivo separado del texto en formato Word o RTF. Se recomienda a los autores que organicen sus manuscritos teniendo en cuenta que las figuras no deberán representar más del 70% del artículo.

Los manuscritos pueden enviarse por e-mail a ibigeotemas@gmail.com indicando como asunto: contribuciones. En el cuerpo del mensaje incluir un detalle de los archivos que componen el envío y los datos de contacto del autor. Para archivos de más de 8MB consultar por e-mail a ibigeotemas@gmail.com indicando como asunto: archivopesado.

El Comité Editorial será el responsable de garantizar la calidad de los artículos que integrarán cada volumen de la revista. Para dar curso a un manuscrito deberá determinar su pertinencia y si éste está en una etapa incipiente de elaboración, intermedia o es una obra madura. Esto constituirá un primer paso en la evaluación. Cuando el Comité Editorial apruebe una primera versión, se continuará con la revisión a cargo de expertos en el tema y dentro de lo posible, con experiencia en divulgación científica. De esta manera, se garantizará que tanto los contenidos como la calidad en general puedan ser enriquecidos a través de sus comentarios y sugerencias.

Durante los dos primeros años de vida de la publicación se evitará convocar como revisores a miembros del Ibigeo ya que ellos serán los responsables de generar la mayoría de las contribuciones. El Comité Editorial dispondrá de una nómina de especialistas por disciplinas y temas que hayan aceptado actuar como Comité Científico con el compromiso de hacerlo en tiempos razonables según la extensión de las obras. Los revisores tendrán la posibilidad de arbitrar sin identificarse ante los autores si bien se promoverán las revisiones con identificación. Con respecto al proceso de revisión, el Comité Editorial podrá solicitar una segunda instancia de revisión si las opiniones son muy dispares. En cada revisión, los evaluadores podrán recomendar la aprobación tal como fue enviado el manuscrito, cambios menores, cambios mayores (sujetos a una segunda revisión) o el rechazo. Sobre esta recomendación el Comité Editorial tendrá la decisión final. En cualquiera de los casos, el Comité Editorial debe fundamentar su opinión. Los autores podrán aceptar o rechazar las críticas y sugerencias exponiendo sus razones y los editores deberán asumir o no el hecho de aprobar una obra sin las correcciones sugeridas por los revisores.

Una vez que la obra ha sido aceptada para su publicación, el Comité Editorial iniciará el proceso de diseño y diagramación de los artículos, selección de copetes, frases destacadas, ubicación de cuadros e ilustraciones para lo cual se solicitará la aceptación final del autor.

El Comité Editorial seleccionará sobre la base de las contribuciones aceptadas, aquellas que serán incluidas en cada número, tratando de ofrecer un conjunto armónico de temas en distintas áreas del conocimiento y/o reunir en un solo número una serie de artículos en un tema especial, por lo tanto la publicación de los trabajos no necesariamente seguirá el orden de su aceptación.

Toda la información relacionada con la publicación de **Temas de Biología y Geología del NOA** (Objetivos, Comité Editorial, Normas de autor, Indice de Contenidos) será difundida a través del portal del Ibigeo: www.unsa.edu.ar/ibigeo/ Cada número de **Temas de Biología y Geología del NOA** podrá ser descargado como un archivo de extensión .pdf ya sea con una resolución baja para ver en pantalla o con alta resolución para imprimir o bien los artículos estarán disponibles individualmente.