

# Temas de Biología y Geología del Noa

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

## Reportajes:

Javier Goldberg, 10 AÑOS DEL  
IBIGEO EN LA SEMANA NACIONAL  
DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

## Artículos

¿Qué es la ecomorfología?

El origen de los Mamíferos

# 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

### Editores Asociados

Fernando Hongri, *Ibigeo*, CONICET - UNSa

Alicia Kirschbaum, *Ibigeo*, CONICET - UNSa

Fernando Lobo Gaviola, *Ibigeo*, CONICET - UNSa

## Comité Científico

Federico Agnolín, *Museo Argentino de Ciencias Naturales*

Sebastián Arroyo, *Comisión Nacional de Energía Atómica*

Sebastián Blomnuevo, *CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales*

Affonso Brod, *Instituto de Estudos Socio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil*

Cristina Camardelli, *Instituto de Desarrollo Rural, UNSa*

Darío Cardoso, *CONICET - Universidad Nacional de Misiones*

Hugo Carrizo, *Fundación Miguel Lillo*

Mónica Díaz, *CONICET - Universidad Nacional de Tucumán*

Marcelo Fagiano, *Universidad Nacional de Río Cuarto*

Hugo Fernández, *CONICET-Fundación Miguel Lillo y Universidad Nacional de Tucumán*

Luis Fernández, *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

David Flores, *CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales*

Laura Giambiagi, *INICOLA (OCT - Mendoza) - CONICET*

Fernando J. Gomez, *OCTERNA - CONICET, Universidad Nacional de Córdoba*

Julian Gomez Augier, *Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo UNT*

Silvina Guzmán, *Ibigeo - CONICET - UNSa*

Silvia Japón, *CONICET - Universidad de Buenos Aires*

Héctor Lacrau, *Universidad Nacional de San Luis*

Esteban Lavilla, *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

Hugo López, *Universidad Nacional de La Plata*

Oswaldo Marini, *Secretaría de Minería, Provincia de Tucumán*

Nilda Menegatti, *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco*

Gladya Monasterio de Gonzo, *Ibigeo - CONICET - UNSa*

Carolina Montero López, *Ibigeo - CONICET*

Pablo Perovic, *Administración de Parques Nacionales*

Lluisenç Planagumà Guàrdia, *Parque de la Guàrdia, Olot, Catalunya*

Diego Saravia, *Universidad Nacional de Salta*

Agustín Scanferla, *Ibigeo - CONICET - UNSa*

Guillermo Scroochi, *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

Ana Laura Suruda, *Administración de Parques Nacionales*

Marcos Vaera, *Ibigeo (grupo Vinculado) - CONICET UNJu*

Aldo I. Vassallo, *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, CONICET-UNMDP*

Ezequiel I. Vera, *CONICET-Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*

Florencia Vera Candiotti, *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

Sonia Zierl-Kretzschmar, *Fundación Miguel Lillo*

## Realización

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

## IBIGEO

INSTITUTO DE BIO Y GEOCIENCIAS DEL NOA

[www.unsa.edu.ar/ibigeo](http://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

Cristal de una especie de mineral radiactivo llamado parsonsita que pertenece a la clase VIII que incluye fosfatos, arseniato y vanadatos. Su fórmula química es  $Pb_2(UO_2)(PO_3)_2 \cdot 2H_2O$ . La barra negra indica 1 milímetro.

Fotografía de Mauro de la Hoz.

# Temas de Biología y Geología del Noa

## Contenidos

24 | Editorial

### Reportajes

25 | Javier Goldberg, 10 años del IBIGEO en la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología

### Artículos

29 | ¿Qué es la ecomorfología? *María José Tulli, Félix B. Cruz y Virginia Abdala*

35 | Los mamíferos. Parte I. Orígenes. *Natalia Zimicz*

36 | Correo de lectores

36 | Novedades

36 | Guía para autores y proceso editorial

# Temas de Biología y Geología del Noa

## Editorial

El año 2014 ya ha cumplido su primera mitad y nos ha sorprendido gratamente, con la ayuda de la genética molecular, la justicia de nuestro país ha logrado restituir la identidad a 115 ciudadanos argentinos que fueron brutalmente privados de su historia por una dictadura salvaje e ignorante que quizás nunca se imaginó que la combinación de **ciencia, verdad y justicia** resultarían en el antídoto para la impunidad. Celebremos entonces que el número de identidades recuperadas siga creciendo.

En lo inmediato y como ya lo anticipamos en números anteriores, el **IBIGEO** se trasladará a su nueva sede en Rosario de Lerma, a unos 40 km de la ciudad Salta, donde dispondremos de un edificio adecuado y funcional y en él que se podrán planificar y plantear iniciativas de manera autónoma. El hecho de contar con la infraestructura propia para diferentes tipos de actividades va a potenciar las actividades del Ibigeo de manera significativa. Como un puntapié inicial, el próximo 1 y 2 de setiembre la nueva sede del Ibigeo hará su inauguración "académica" al desarrollar un taller de trabajo en el que investigadores y becarios del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica a la Producción (CICYTTP, Diamante, Entre Ríos); Instituto de Biodiversidad Neotropical CONICET – UNT e Instituto de Herpetología de la Fundación Miguel Lillo (ambos de Tucumán) y del **IBIGEO**, expondrán los resultados de las investigaciones realizadas en el marco del Proyecto PICT Bicentenario 616 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. En la próxima entrega esperamos contarles ya cómo fue la inauguración formal y acercarles fotos de los nuevos ambientes de trabajo.

Al publicar este número, ha finalizado la XII Edición de la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, un conjunto de actividades que pretende instalar temas y quehaceres científicos en ámbitos de educación no formal. Los integrantes del Ibigeo hemos contribuido entusiastamente en la propuesta y desarrollo de actividades desde la III Edición, en el año 2005 y **Temas BGNOA** propone hacer un balance de los 10 años de participación ininterrumpida a través de un reportaje a Javier Goldberg, quien pacientemente todos los años se encarga de "invitar" al Ibigeo a participar de la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología, lo que conlleva elaborar un presupuesto, organizar las distintas propuestas y hacer una agenda, buscar lugares para desarrollarlas, convocar a los participantes, atender imprevistos y realizar los informes y rendiciones ante el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Este reportaje es una manera de poner el acento en nuestro compromiso por incentivar la curiosidad científica a través de la divulgación.

Este número además está acompañado por dos artículos que desde aproximaciones diferentes nos pasean por lo que desde hace más de 200 años se conoce formalmente como EVOLUCIÓN biológica. Agradecemos a sus autores por aportes tan interesantes.

Esperamos que disfruten este número y como siempre, las críticas, comentarios y sugerencias también. Deseamos que se entusiasmen y envíen sus contribuciones, al final de la revista se encuentran las instrucciones de autores.

22 de agosto de 2014

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

Marissa Fabrezi  
Fernando Hongn  
Alicia Kirschbaum  
Fernando Lobo

## Reportajes

# El Ibigeo en la Semana Nacional de la Ciencias y la Tecnología

## Entrevista al Dr. Javier Goldberg

**Temas BGN** ¿Cómo y cuándo se involucró el Ibigeo con la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología?

**JG:** La propuesta llegó a la dirección del Museo de Ciencias Naturales en el año 2005 por parte de quien era presidente del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, Elvio Alanis, y varios de los integrantes del recientemente creado Instituto de Bio y Geociencias (que trabajábamos en dependencias del Museo) nos sumamos. La convocatoria llegó desde Nación ya que años anteriores se realizaba sólo en Buenos Aires. Al año siguiente la Universidad decide no participar de estas actividades (que retoma años después) y a partir de allí comenzamos a organizarlas nosotros junto con el apoyo de las autoridades del Museo de ese entonces y hasta el día de hoy las seguimos organizando ya desde el IBI-GEO. El primer año fue un poco complicado organizar con las escuelas y explicarles de qué se trataba la Semana, además del esfuerzo y aprendizaje que significó para varios de nosotros hacer divulgación científica, que no era tan común como ahora pero después fuimos aceitando el mecanismo. En algún momento intentamos coordinar con el Ministerio de Educación de la Provincia pero finalmente fue más fácil contactar nosotros mismos a diferentes establecimientos educativos e invitarlos a participar. En 2006 organizamos las actividades en una sola escuela y a partir de allí ya ampliamos nuestros objetivos y año a año incrementamos la cantidad de charlas, instituciones y alumnos. Gracias a la importancia que se le empezó a dar a la divulgación desde el MINCYT, por ejemplo con subsidios para organizar las actividades, hemos realizado charlas y talleres en distintas localidades de la Provincia de Salta además de la capital (Tartagal, Vaqueros, Rosario de Lerma, Ingeniero Hickmann, La Caldera, Alfarcito) y para distintos públicos (jardín de infantes, primaria, secundaria, terciario, universitario y público en general). La Semana de la Ciencia y la Tecnología nos llevó también a plantear una nueva línea de trabajo colectivo dentro del Instituto y así surgieron otras actividades como conferencias para los estudiantes universitarios en el campus y esta revista que ya transita el cuarto año de labor ininterrumpida.



**JAVIER GOLDBERG**

Biólogo de la Universidad Nacional de Córdoba (2003) y Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Tucumán (2009). Es actualmente Investigador Asistente de CONICET. Se incorporó al Ibigeo casi en el momento de su formación (2004) e inmediatamente se involucró en todas las actividades de divulgación planteadas desde ese Instituto. Desde 2005, es el responsable de proponer y coordinar la participación del IBIGEIO en cada edición de la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología que organiza el MINCYT.



#### **Temas BGN** **Noa** ¿Cómo se proponen las distintas actividades?

**JG:** Actualmente el sistema está funcionando muy bien. Hay una página web del Ministerio de Ciencia ([www.semanadelaciencia.mincyt.gov.ar](http://www.semanadelaciencia.mincyt.gov.ar)) donde aparecen fechas, instrucciones, etc. para los investigadores y cada coordinador carga las actividades que luego son (o deberían ser) distribuidas por cada provincia a los distintos establecimientos educativos. La realidad es que hoy nosotros nos encargamos de hablar con las escuelas, clubes de barrios, etc. Una vez que se publican las fechas límites para presentar las actividades y la fecha estipulada para la Semana de cada año, hacemos un llamado a los integrantes del Instituto y los invitamos a participar.

#### **Temas BGN** **Noa** ¿Se trata de potenciar ciertos temas que puedan tener que ver con situaciones especiales o tópicos paradigmáticos (deforestación, megaminería) que se instalan en la comunidad o no hay estrategias en este sentido?

**JG:** No hay una línea o un proyecto grupal en cuanto a dar una temática particular (bueno, si en el sentido de que todas están relacionada con las Bio y Geociencias) pero en general cada quien decide qué tema quiere dar, en qué modalidad (taller, charla, caminata, visita guiada) y para qué edad y coordina directamente con la institución participante. Esta modalidad nos ha resultado exitosa considerando que año a año participan alrededor de mil alumnos. Sin embargo, en algunos años varias actividades se centraron en temas que eran de actualidad en ese momento, como cuando fue el alud de Tartagal y organizamos un taller con los estudiantes de la Carrera de Agente Sanitario que se dicta en esa ciudad, que involucró charlas sobre problemáticas ambientales y sociales de la región y un "paseo" a través del microscopio por la biodiversidad. También otra charla sobre terremotos y riesgos sísmicos cuando en el año 2010 se registró un sismo fuerte cerca de la capital salteña.

#### **Temas BGN** **Noa** ¿Cómo se da a conocer la oferta de actividades y cómo se completa la agenda?

**JG:** Año a año informamos en la reunión de los integrantes del Instituto los resultados e invitamos a participar del año siguiente. No todos se suman con actividades (ni es obligatorio hacerlo, claro) pero ya hay un grupo de personas que venimos trabajando y participando constantemente y a veces se incorporan nuevos investigadores. Una vez que confirman con nombre y tipo de actividad, se cargan en la página web y luego se define fecha y lugar. Lamentablemente nunca conseguimos que el Ministerio de Educación de Salta nos apoye con la divulgación y cada investigador entonces decide en qué institución dar y los contacta. Desde el MINCYT

se envían posters a las Universidades y ministerios provinciales pero no recibimos llamados solicitando las actividades. De todas maneras, quienes participan proponiendo actividades rápidamente consiguen instituciones educativas interesadas y salvo el primer año cuando el Instituto de Educación Media de la Universidad nos falló (por un paro docente) y no aparecieron el día y hora estipulados, no tuvimos problemas en conseguir participantes. Salvo en casos excepcionales como mencioné antes, tipo el alud o un terremoto, la agenda es bien variada y abarca diferentes disciplinas dentro de la Biología y la Geología. Además el ir, dar la charla e interactuar con los alumnos te brinda posibles direcciones y nuevas ideas de hacia dónde apuntar a la hora de elegir un tema para el año siguiente.

**Temas BGNoa** En tu opinión ¿cuáles son los objetivos que año a año se alcanzan y cuáles podrían ser las metas a mediano plazo que el IBIGEO debería proponerse?

**JG:** El principal objetivo que se alcanza y de manera sobrada, es que desde el año 2005 hasta el presente hemos realizado actividades en el marco de la Semana de manera ininterrumpida. Además, claro, de haber dictado charlas y talleres en otras localidades fuera de la capital. Si bien algunos años hemos alcanzado un número increíble de alumnos (más de mil) e instituciones y otros un poco menores, entiendo que la tarea de participar ha ido por un buen rumbo. De hecho, nos fue grato leer que el Ministro Barañao nombra a nuestro Instituto en una entrevista por este motivo.

Las metas son las mismas, primero seguir participando (el nuevo edificio del IBIGEO cuenta con una sala de exposiciones que facilitará de alguna manera la logística) y luego convocar a que más investigadores del Instituto se sumen a las actividades, que no implican mucho tiempo de dedicación (una semana al año) pero sí compromiso.

**Temas BGNoa** ¿Puedes contar algunas experiencias positivas y negativas?

**JG:** Hubo dos experiencias similares que me marcaron y me animaron a seguir organizando y dando las actividades. Una ocurrió

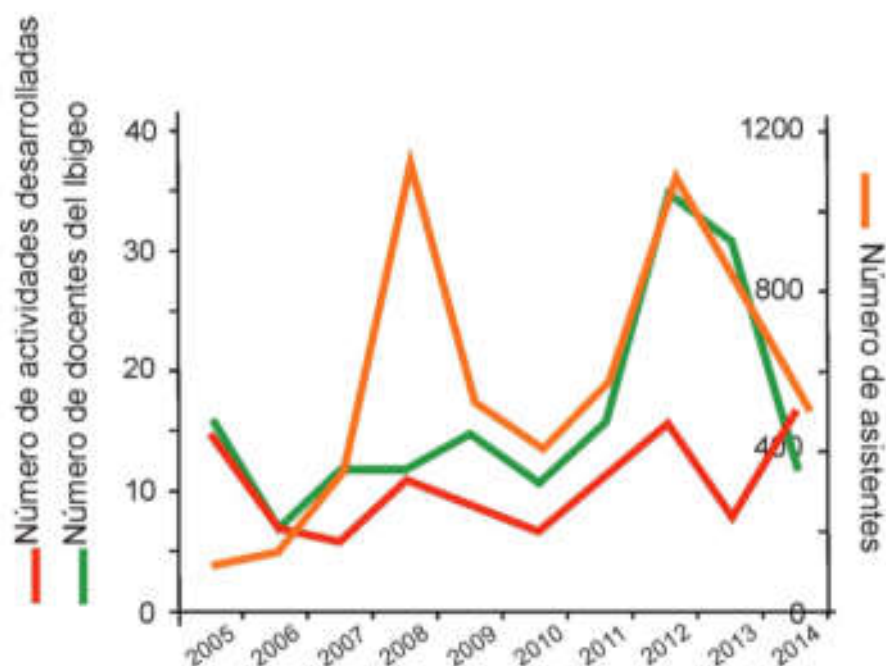


con una alumna de primaria del Hogar Escuela (escuela pupila que alberga alrededor de 400 alumnos) que nos preguntó cómo se hacía para ser biólogos como nosotros, para estudiar lo que nosotros estudiábamos, y charlamos un ratito sobre la Universidad (que no sabía que existía). El otro caso fue sobre una charla que organicé en una escuela técnica, dada por un disertante invitado, y al final uno de los alumnos, de 15 años, se acercó y preguntó si podía ir y colaborar en la Universidad con lo que el disertante investigaba. En ese sentido, creo que la Semana funciona, si despierta alguna pregunta, ganas de investigar, de hacer ciencia. También es positivo terminar la actividad con varios chicos abrazándote y dándote las gracias. Otra vez, también en el Hogar Escuela, organizamos unas charlas y nos pusieron en un salón donde trajeron 300 chicos para que escucharan, un tanto caótico pero al menos aprendimos a hablar ante una gran y exigente audiencia...

Siempre que los docentes y alumnos se "enganchan" con la actividad y participan activamente es positivo, no es siempre el caso y a veces resulta en un caos ciertamente pero no impide volver a probar.

### Temas BGNoa En el plano personal y profesional ¿Cuál es la razón que te motiva a mantener en pie la iniciativa?

JG: Personalmente, siempre me resulta grato todo el proceso, desde el elegir el tema, hacerlo novedoso, activo e interactivo y por supuesto la respuesta de los chicos y es este punto la principal razón por la cual participar. Quizás no les brindemos grandes conocimientos (o sí) pero sacarlos de una enseñanza formal en la que el docente explica y ellos atienden y dan la lección a un lugar donde participan, interactúan entre ellos, nos enseñan cosas, aprenden jugando y viendo es gratificante y más cuando son muy agradecidos de que hayas pensado en ellos (institución y alumnos). De hecho, también salimos aprendiendo nosotros. Es muy emocionante terminar la actividad y tener varios niños rodeándote, saludándote, agradeciéndote. Es una manera informal de contarle a la sociedad qué es lo que hacemos, cómo sabemos, cómo aprendemos, que hacer ciencia no es para geniecitos o locos sino para cualquiera que se empeñe en hacerlo bien, que no está mal interrogar, dudar, cuestionar, hacerse preguntas y ver cómo resolverías.



**Figura 1.** Gráfico que muestra la participación del IBIGEO en las actividades de la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología desde 2005. Las curvas se refieren a cantidad de alumnos que asistieron (en naranja) con picos en los años 2008 y 2012. En el año 2012 también hubo un pico en la oferta de actividades (rojo) y en la participación de miembros del IBIGEO. El gráfico muestra una tendencia positiva en nuestra oferta.



## Artículos

# ¿Qué nos dice la forma de un organismo acerca del lugar donde vive?

Maria José Tulli<sup>1</sup>, Félix B. Cruz<sup>2</sup> y Virginia Abdala<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CONICET, Instituto de Herpetología-Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, San Miguel de Tucumán (4000), Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) CONICET – UNCOMA, Bariloche, Río Negro, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Biodiversidad Neotropical, UNT - CONICET; Cátedra de Biología General, Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT Miguel Lillo 205, San Miguel de Tucumán (4000), Argentina.

Para contestar este tipo de preguntas se usa un programa de investigación que se conoce con el nombre de ecomorfología.

### ¿Qué es la ecomorfología?

La ecomorfología es una disciplina biológica que estudia la interacción entre el organismo y el ambiente, resaltando la importancia del comportamiento como nexo que permite distinguir qué cambios morfológicos representan una adaptación (Bock & von Wahlert, 1965).

La pregunta más general que se hacen los ecomorfólogos es si la forma de los organismos es un reflejo de su modo de vida. Los estudios ecomorfológicos predicen que hay una correlación entre el diseño (fenotipo o morfología) y la ecología de los organismos, de modo tal que las demandas mecánicas impuestas por los rasgos ecológicos actúen sobre la variabilidad morfológica del sistema implicado.

### ¿Qué es el diseño?

La palabra diseño se usa mucho en el contexto de la anatomía comparada para referirse a la disposición ordenada de los elementos estructurales de un organismo de modo de posibilitar su funcionamiento coordinado. Es un término útil en el marco de las más variadas disciplinas, desde el arte hasta la ingeniería industrial, pasando por la arquitectura. Desde todas estas perspectivas se asocia diseño a organización, economía (de materiales por ejemplo), equilibrio, armonía entre las partes, exactamente lo que se percibe en los sistemas que conforman un organismo vivo.

La morfología de un organismo se liga a la ecología debido a que determina el límite individual de la habilidad de los organismos de realizar todas las funciones diarias (Figura 1, Arnold, 1983, modificado por Huey & Kingsolver, 1989).



Figura 1. Diagrama de flujo que muestra la ruta a través de la cual la variación del fenotipo influye en el fitness de los organismos. El diseño (morfología-fenotipo) de un organismo afecta la ecología debido a que determina el límite individual de la habilidad de los organismos de realizar todas las funciones diarias.

## ¿QUÉ ES UN ANOLIS?

Los *Anolis* son lagartijas nativas del Caribe, América Central y del Sur. Constituyen uno de los géneros más diversos del mundo, con casi 400 especies descritas. Estas lagartijas son emblemáticas en los estudios ecomorfológicos desde hace más de 40 años, especialmente las caribeñas. Se ha mostrado que en cada isla de las Antillas Mayores (Española, Cuba, Jamaica y Puerto Rico) se han originado especies morfológica y ecológicamente diferentes y se ha denominado a cada una "ecomorfo" (Fig. 2; Losos, 2009)

Figura 2. Los ecomorfos (modificado de Losos, 2009)



## ¿POR QUÉ ESTUDIAMOS ECOMORFOLOGÍA EN LAGARTIJAS?

El estudio de la relación entre la morfología y la ecología se ha incrementado en este último tiempo, sobre todo en lagartijas. Las lagartijas se encuentran en hábitats diversos, desde terrestres abiertos, asociados a superficies rocosas o gravas, hasta arena eólica suelta o firme; pueden estar asociadas a zonas con vegetación densa, tales como pastos altos ralos, hierbas, arbustos y árboles, e incluso a ríos y océanos. Algunas formas están restringidas a un tipo de hábitat, otras en cambio, pueden encontrarse en un amplio rango. Además, el uso creciente de lagartijas en este tipo de estudios podría atribuirse a la facilidad para colectarlas, observarlas, manipularlas y así poder tomar tanto registros morfológicos, como de capacidades, habilidades o desempeño (performance), por ejemplo máxima fuerza ejercida, máxima velocidad de carrera, e incluso las ecológicamente relevantes (habilidad para trepar una superficie vertical, correr, nadar, aceleración, etc.).

## ¿QUÉ SIGNIFICA DESEMPEÑO Y ADECUACIÓN EN ECOMORFOLOGÍA?

Se entiende por máxima performance o máximo desempeño a la capacidad de un organismo de realizar una función particular con su máximo rendimiento.

Por su parte, adecuación o *fitness* en el sentido darwiniano queda definido como la habilidad de los individuos de sobrevivir y reproducirse en un ambiente determinado, y en transmitir sus genes a la generación siguiente en este ambiente. El desempeño locomotor en un hábitat particular es un componente muy importante del *fitness* (adecuación) de los organismos.

## ¿POR QUÉ ECOMORFOLOGÍA EN LIOLAEMUS?

En nuestro país existe un género de lagartijas que, a semejanza de *Anolis*, presenta una gran diversidad y explota una gran variedad de hábitats: *Liolaemus*. Sus especies están ampliamente distribuidas en todas las regiones áridas y semiáridas de América del Sur, abarcando un amplio rango de climas, desde Perú, su distribución más boreal, hasta Tierra del Fuego, la más austral. *Liolaemus* es uno de los géneros de lagartijas iguánidas más rico y diverso del mundo, con casi 257 especies descritas (Abdala & Quinteros, 2014) y junto con *Phymaturus* (con 27 especies descritas) y *Ctenoblepharys* constituyen el linaje de los Liolaemini (Lobo et al., 2010; Morando et al., 2013).

## ¿CÓMO ESTUDIAMOS ECOMORFOLOGÍA EN *LIOLAEMUS*?

Las especies se seleccionan para su estudio de acuerdo a su variabilidad ecológica, ya que presentan tanto formas altamente especializadas para vivir en la arena (e.g. *Liolaemus cuyanus*, Fig. 3a) y en las hendiduras de las paredes rocosas (e.g. *Liolaemus baguali*, Fig. 3b) como generalistas, es decir que viven en cualquier parte (e.g. *Liolaemus koslowskyi*, Fig. 3c). Solamente dos especies son arborícolas, *Liolaemus tenuis* y *L. pictus* (Fig. 3d, e). Luego de analizar qué características deben estudiarse para comprender la capacidad para vivir en los diferentes hábitats, se obtienen los datos morfológicos, por ejemplo el largo hocico-cloaca (LHC), la medida de los dedos de la mano/pata (DI-V, d1-5), medidas del antebrazo (LR), brazo (LH), muslo (LF), pierna (LT), etc. (Fig. 4). Incluso se toman datos de morfología interna tales como la medida de músculos y tendones importantes en la locomoción (Fig. 5). Para la obtención de las variables morfológicas suelen utilizarse ejemplares depositados en colecciones biológicas. Además en ocasiones hay que realizar experimentos con animales vivos, por ejemplo para conocer a qué velocidad corren, cuál es la máxima fuerza de sujeción al sustrato que son capaces de ejercer, etc. Se usan pistas de carrera para medir la velocidad de las lagartijas (Fig. 6a) y dinamómetros para obtener la fuerza de sujeción (Fig. 6b). Con todos estos datos se completan matrices o planillas que luego son analizadas con una metodología estadística muy específica. En todos los casos de estudios con animales vivos, se deben respetar las normas éticas nacionales e internacionales que exigen no hacerlos sufrir, mantenerlos en condiciones de higiene y alimentación adecuadas, etc.



Figura 3. Uso de hábitat en *Liolaemus*. A. *Liolaemus cuyanus* en arena. B. *Liolaemus baguali* en roca. C. *L. koslowskyi* sobre el suelo. D. *L. tenuis* sobre los árboles. E. *L. pictus* sobre los árboles.



Figura 4. Lo que medimos por fuera (morfología extrema).

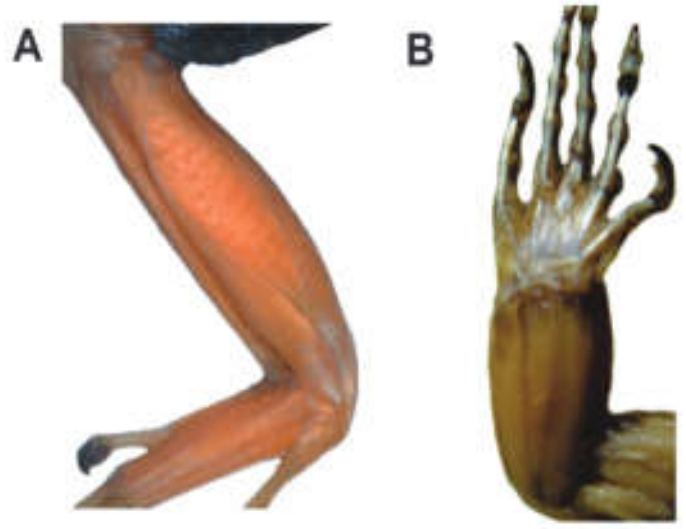


Figura 5. Lo que medimos por dentro (morfología interna).  
 A. Miembro posterior. B. Miembro anterior.

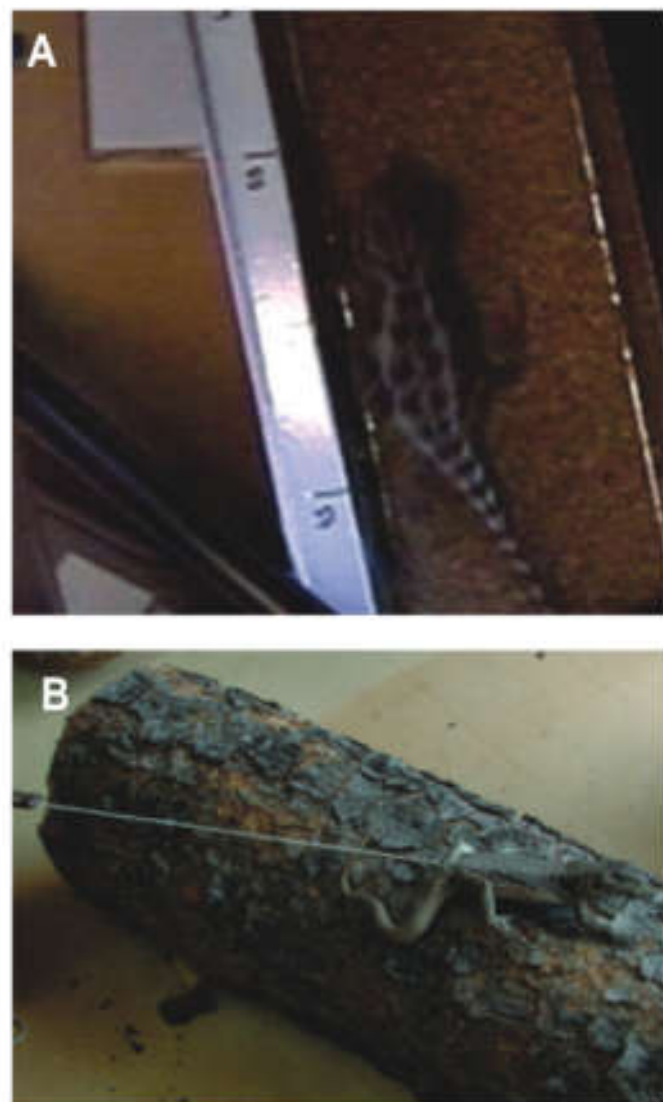
### ¿QUÉ ENCONTRAMOS?

Los estudios ecomorfológicos que hemos realizado en este grupo han buscado identificar rasgos morfológicos claramente asociados a aspectos ecológicos tales como el uso del hábitat. Nuestros resultados nos indican algunas tendencias. Así por ejemplo, las lagartijas saxícolas, llamadas así por vivir en sustratos rocosos como *Liolaemus petrophilus*, no son buenas corredoras, aunque ejercen mucha fuerza de sujeción sobre superficies rugosas. Probablemente esto se deba a que para trepar una pared rocosa vertical o afloramiento rocoso, el cuerpo debe mantenerse cerca del sustrato (Biewener, 2003; Tulli et al., 2011). Por su parte, las especies arenícolas y zambullidoras como *Liolaemus cuyanus* o *L. fitzingeri*, presentan uñas muy largas y bajas y un pie grande, rasgos que evitan que se hundan en la arena y les permiten correr a mayor velocidad, aumentando la superficie de contacto con el suelo arenoso

(Tulli et al., 2009, 2012). Las especies que viven en zonas de terreno duro, como la terrestre generalista *Liolaemus koslowskyi*, se mueven con facilidad sobre cualquier tipo de sustrato horizontal, a pesar de carecer de modificaciones apreciables en los segmentos distales de sus miembros. Esta homogeneidad morfológica da sustento a su inclusión en la categoría de generalistas, e indica que la locomoción en terrenos duros no implica un gran desafío para este grupo ecológico, lo que explicaría la falta de adaptaciones particulares en sus patas (Tulli et al., 2012). Entre las formas arborícolas hemos identificado modificaciones en la anatomía interna de los miembros asociadas al tamaño de la percha, dado que existen especies que viven en árboles de perchas de diámetro grande y especies que viven en árboles de perchas estrechas o de diámetro pequeño. Nuestros estudios han mostrado que *Liolaemus* pertenece a la primera categorización junto con otras formas tales como Iguana, *Urostrophus*; mientras que *Anolis* y *Polychrus* se encuentran entre las formas incluidas en la segunda categoría (Abdala et al., 2014).

Si comparamos nuestros resultados en *Liolaemus* con lo que sabemos de *Anolis* encontramos notables diferencias. Si bien ambos géneros se componen de una gran cantidad de especies, la respuesta a los desafíos ambientales es contrastante. *Anolis* muestra morfologías de su aparato locomotor que se pueden asociar claramente al lugar donde viven. Por el contrario, las lagartijas del género *Liolaemus* presentan menos variación morfológica en los miembros, explicada mayormente por su historia filogenética. La reconstrucción del estado ancestral de los caracteres indica que a pesar de la inercia o poca variabilidad morfológica, los clados (linajes) han radiado dentro de los hábitats específicos en relación sólo a dos variables: la altura y la longitud de las uñas (Tulli et al., 2009). La inercia filogenética podría ser responsable de la marcada homogeneidad morfológica que caracteriza al género *Liolaemus* y que ha sido reportada previamente en relación a otros rasgos (Abdala & Moro, 2006).

Dado que la variabilidad morfológica en las lagartijas de *Liolaemus* parece estar restringida por la filogenia a patrones altamente conservativos, se puede postular para el grupo una morfología del tipo "aprendiz de todo y maestro en nada" (Goodman et al., 2007). Es decir, no hacen falta cambios particulares en su morfología para explotar



**Figura 6.** Las medidas de desempeño o performance. **A.** En una pista de carreras. **B.** Con un dinamómetro.

cualquier sustrato, encontrarse en una gran variedad de hábitats, exhibir una extraordinaria diversidad ecológica y una amplia distribución geográfica (Tulli et al., 2009; Lobo et al., 2010). Estos resultados son congruentes con otros estudios realizados en base a la morfología interna, incluyendo los músculos y tendones (Tulli et al., 2011b; Abdala et al., 2014) y externa, tales como la morfología de las uñas en lagartijas Iguánidas en general (Tulli et al., 2009), ya que en ambos casos la filogenia es la mejor explicación para la variabilidad morfológica observada.

---

## Literatura citada

- Abdala C., Quinteros S. 2014. Los últimos 30 años de estudios de la familia de lagartijas más diversa de Argentina. Actualización taxonómica y sistemática de Liolaemidae. Cuad Herpetol (en prensa).
- Abdala V., Moro, S. 2006. Comparative myology of the forelimb of *Liolaemus* sand lizards (Liolaemidae). Acta Zool Stockholm 87: 1 – 12.
- Abdala V., Tulli MJ, Russel AP, Powell LG, Cruz F. 2014. Anatomy of the crus and pes of Neotropical iguanian lizards in relation to digitally based grasping capabilities. Anat Rec 297: 297 – 409.
- Arnold SJ. 1983. Morphology, performance and fitness. Am Zool 23: 347 – 361.
- Biewener AA. 2003. Animal Locomotion. Oxford University Press, Oxford.
- Bock WJ, von Wahlert G. 1965. Adaptation and the form – function complex. Evolution 19(3): 269 – 299.
- Goodman BA, Krockenberger AK, Schwarzkopf L. 2007. Master of them all: performance specialization does not result in trade-offs in tropical lizards. Evol Ecol Res 9: 527-546.
- Huey RB; Kingsolver JG. 1989. Evolution of thermal sensitivity of ectoterm performance. Trends Ecol Evol 4: 131 – 135.
- Lobo F, Espinoza RE, Quinteros S. 2010. A critical review and systematic discussion of recent classification proposals for liolaemid lizards. Zootaxa 2549: 1-30.
- Losos JB. 2009. Lizards in an Evolutionary Tree. Ecology and Adaptive Radiation of Anoles. Berkeley: University of California Press.
- Morando M, Avila LJ, Perez CHF, Hawkins M, Sites Jr JW. 2013. A molecular phylogeny of the lizard genus *Phymaturus* (Squamata, Liolaemini): Implications for species diversity and historical biogeography of southern South America. Mol Phyl Evol 66: 694-714.
- Tulli MJ, Cruz FB, Herrel A, Vanhooydonck B, Abdala V. 2009. The interplay between claw morphology and habitat use in neotropical iguanian lizards. Zoology 112:379-392.
- Tulli MJ, Abdala V, Cruz FB. 2011. Relationships among morphology, clinging performance and habitat use in Liolaemini lizards. J Evol Biol 24:843-855.
- Tulli MJ, Herrel A, Vanhooydonck B, Abdala V. 2011b. Is phylogeny driving tendon length in lizards? Acta Zool 93: 319-329.
- Tulli MJ, Abdala V, Cruz FB. 2012. Effects of different substrates on the sprint performance of lizards. J Exp Biol 215:774-784.

# Los mamíferos. Parte I. Orígenes

Zimicz Natalia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IBIGEO, CONICET. natalia.zimicz@gmail.com

Esta contribución es la primera entrega de una serie de artículos que intentan dar a conocer los mayores hitos en la evolución de los mamíferos, particularmente aquellos de América del Sur.

## LOS INICIOS

Hace poco más de 300 millones de años antes del presente, unos pequeños animales lagartiformes salían de sus escondrijos en la base de troncos caídos, en busca de insectos y gusanos para alimentarse. Estos pequeños tetrápodos (vertebrados con cuatro patas) ponían sus huevos fuera del agua, y aunque esto parezca un dato trivial, de ninguna manera lo fue. Estos minúsculos animales fueron los primeros amniotas (Figura 1) y a ellos deben (y debemos) su existencia tres de los mayores grupos de tetrápodos: los "reptiles"; las aves y los mamíferos. A pesar de ser muy exitoso, este innovador grupo de vertebrados tuvo que sobreponerse a un sinfín de contratiempos, entre ellos la gran extinción de finales del Pérmico (250 ma.) que diezmó a más del 80 por ciento de las especies vivientes del planeta. Sin embargo, con una herramienta clave como el huevo amniota, un cráneo súper liviano y un cuerpo pequeño y escurridizo, los primeros amniotas se las ingenieron para sobrevivir y dieron origen a dos grandes grupos de tetrápodos: los saurópsidos (tortugas, lagartos y dinosaurios) y los **sinápsidos**, siendo este último linaje el conducente a los mamíferos.

Hubo dos linajes de sinápsidos, los **pelicosaurios** que se extinguieron a finales del Pérmico y los **terápsidos** que sobrevivieron a la gran extinción permo-triásica. Estos animales eran de tamaño pequeño a grande y los hubo tanto herbívoros como carnívoros e insectívoros. Los terápsidos mostraban ciertas innovaciones respecto de los sinápsidos tempranos como una expansión de la musculatura mandibular, un incremento en el tamaño del cerebelo y una postura erecta. Los terápsidos fueron muy diversos y en esa variedad de formas se encontraban los **cinodontes** (Cynodontia) en la línea ancestral



Figura 1. Figura modificada de Raven (2005)

de los mamíferos. Los cinodontes se originaron en el Triásico temprano (245-250 Ma.) y fueron también muy diversos. Estos animales tenían varios rasgos premonitorios del plan corporal mamaliano. Sus dientes poscaninos estaban diferenciados por su forma, tenían

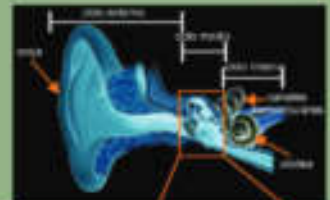
un paladar secundario óseo que les permitía separar la cavidad nasal de la boca, mostraban una reducción de los huesos postdentarios, un alargamiento del hueso dentario que tenía además un cóndilo y una fosa masetérica, y tenían una postura erecta de sus miembros.

### ¿Qué es un mamífero?

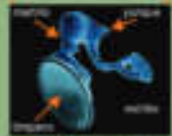
Los humanos somos mamíferos. Pero si tuviéramos que definirnos como tales, ¿cuáles serían los rasgos diagnósticos que utilizaríamos para diferenciarlos por ejemplo de una lagartija o de una gallina? Podríamos empezar diciendo que tenemos el cuerpo en gran medida cubierto de pelos, que tenemos orejas, que nuestras embriones se desarrollan en el interior de nuestro cuerpo, que tenemos glándulas mamarias y producimos leche para amamantar a nuestras crías, que podemos sudar y tenemos sangre caliente, que nuestro cerebro es grande en relación a nuestro cuerpo.



Siendo un poco más rigurosos podríamos observar el interior de nuestro cuerpo y diríamos por ejemplo, que tenemos un corazón con cuatro cámaras, que nuestros pulmones tienen alveolos, que tenemos un diafragma muscular, que somos homeotermos (tenemos temperatura corporal constante) y endotermos (regulamos la temperatura mediante la producción de calor interno).



Pero ¿qué sucede con animales tan raros como el ornitorinco que pone huevos pero tiene pelos y que tiene hocico pero parece un pico de pato? ¿Es un mamífero? La respuesta es sí. Hay una serie de rasgos diagnósticos que compartimos todos los mamíferos y se observan mayormente en las partes duras (esqueleto) de nuestro cuerpo.



Los mamíferos tenemos un sólo hueso en la mandíbula (el dentario) que se articula al cráneo con el hueso escamoso; tenemos dos cóndilos occipitales; un paladar secundario osificado; tres huesecillos en el oído medio (martillo, yunque y estribo); una dentición heterodonta (nuestros dientes se diferencian en forma y función) y díodonta (tenemos reemplazo dentario, dientes de leche y permanentes); tenemos los huesos de la pelvis fusionados y la mayoría tenemos 7 vértebras cervicales.

Los rasgos del aparato craneo-mandibular son especialmente importantes porque, a diferencia de las partes blandas, pueden corroborarse en el registro fósil.





## CONCEPTOS Y DEFINICIONES

### MAMÍFEROS

Los **mamíferos** son un grupo de vertebrados que incluye a los monotremas (ornitorrincos y echidnas), los marsupiales (comadreja, canguros) y los placentarios (ratones, elefantes, humanos). La definición y extensión del concepto de mamífero (**Mammalia** en la jerga científica) es en cierta medida arbitraria. Aunque parece bastante simple distinguir un mamífero actual de un reptil o de un anfibio (Figura 2) cuando intentamos trasladar esa definición al registro fósil se presentan problemas tales como: ¿cuáles son los caracteres verdaderamente diagnósticos de la Clase Mammalia? ¿Cuántos de esos caracteres deben estar presentes en un animal fósil para considerarlo un mamífero? ¿Es crucial la determinación del conjunto de rasgos mamalianos o simplemente debemos aceptar que el concepto de Mammalia es cambiante conforme aumenta nuestro conocimiento del grupo? Los biólogos evolutivos han debatido largamente al respecto y se puede decir que en la actualidad hay dos conceptos ampliamente aceptados. El más amplio incluye dentro de Mammalia a los mamíferos actuales más todas las formas fósiles del Mesozoico (excluyendo a los cinodontes). El menos amplio, incluye a los mamíferos actuales, su ancestro común más próximo y una serie de formas extintas intimamente relacionadas (Figura 3). Este último concepto es utilizado en esta reseña y considera a las formas tempranas del Triásico como mamíferiformes (**Mammaliaformes** en la terminología biológica) (Figura 3).

### MAMÍFEROS MESOZOICOS

Se conoce como mamíferos mesozoicos a todos los mamíferos y animales cercanamente emparentados que vivieron durante la Era Mesozoica. Estos animales fueron **nocturnos** y de **tamaño pequeño** que, salvo algunas excepciones, no superaban los 500 gramos de masa corporal. Contrariamente a lo que sucedió con los dinosaurios, los mamíferos se originaron a partir de formas de tamaño mediano a grande (terápsidos) y fueron progresivamente disminuyendo su tamaño a lo largo de la Era Mesozoica. Como consecuencia de su pequeño tamaño, los mamíferos mesozoicos deben haber tenido altas tasas metabólicas, altas tasas de reproducción (tenían muchas crías) y periodos de vida cortos (vivían en promedio un año). Estos animales fueron todos **cuadrúpedos** y sus miembros se disponían lateralmente, no debajo del cuerpo

como en los mamíferos actuales. Sus hábitos de locomoción fueron **arborícolas** o **terrestres** y **cavadores**. La presencia de pelo (que se ha preservado en algunos fósiles en forma de impresiones) y las **glándulas cutáneas** asociadas fue un rasgo probablemente común en estos mamíferos. El pelo es un requisito fundamental para el aislamiento térmico y la regulación de la temperatura corporal, un carácter muy importante de los mamíferos actuales. La presencia de pelo implica a su vez, la presencia de glándulas sebáceas y sudoríparas para lubricar el pelo y promover la pérdida de calor. El cráneo y la mandíbula experimentaron progresivamente una serie de transformaciones desde el patrón ancestral de los sinápsidos hasta el de los mamíferos. La mandíbula de los sinápsidos estaba formada por el dentario y un grupo de huesos postdentarios mientras que la articulación al cráneo se daba por medio de los huesos articular y cuadrado (Figura 4). En los mamíferos, la mandíbula está formada sólo por el hueso **dentario** y la articulación al cráneo ocurre entre el **dentario** y el **escamoso**. En la transición sinápsidos-mamíferos, los huesos postdentarios migraron hacia el cráneo y pasaron a formar parte del oído medio (Figura 4). Los linajes mesozoicos de mamíferos muestran diversos grados en la adquisición de estos caracteres. Los mamíferos actuales tienen una morfología dentaria **tribosfénica** (la corona de sus muelas está formada por conos, crestas y cuencas) que les permite cortar y machacar (masticar) el alimento de manera simultánea durante la oclusión (encastre). La adquisición de este patrón ocurrió progresivamente a partir de un patrón ancestral en el que los dientes tenían una única cúspide y no tenían cuencas, por lo tanto sólo servían para cortar. La **masticación** del alimento es un rasgo típico de los mamíferos que tiene enormes implicancias metabólicas ya que permite maximizar la extracción de nutrientes y explotar además, una enorme variedad de tipos alimenticios.

### RADIACIONES MESOZOICAS

La evolución de los mamíferos durante el Mesozoico puede sintetizarse en tres eventos de radiación:

**Radiación Triásica.** A partir de un grupo de cinodontes carnívoros se originaron en el Triásico medio (229-245 Ma.) los **mamíferiformes** (animales con aspecto de mamíferos)(Figura 3). Los

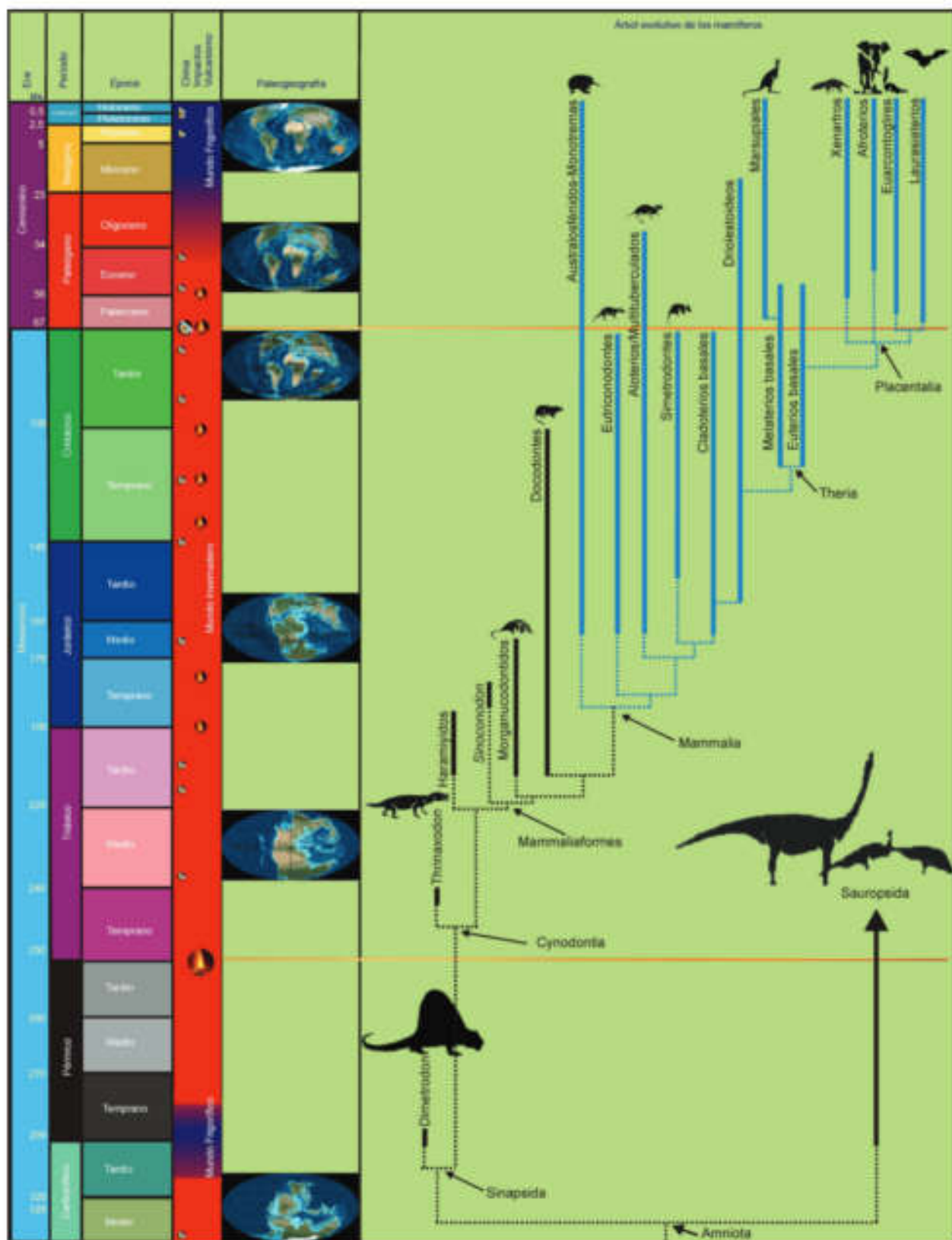
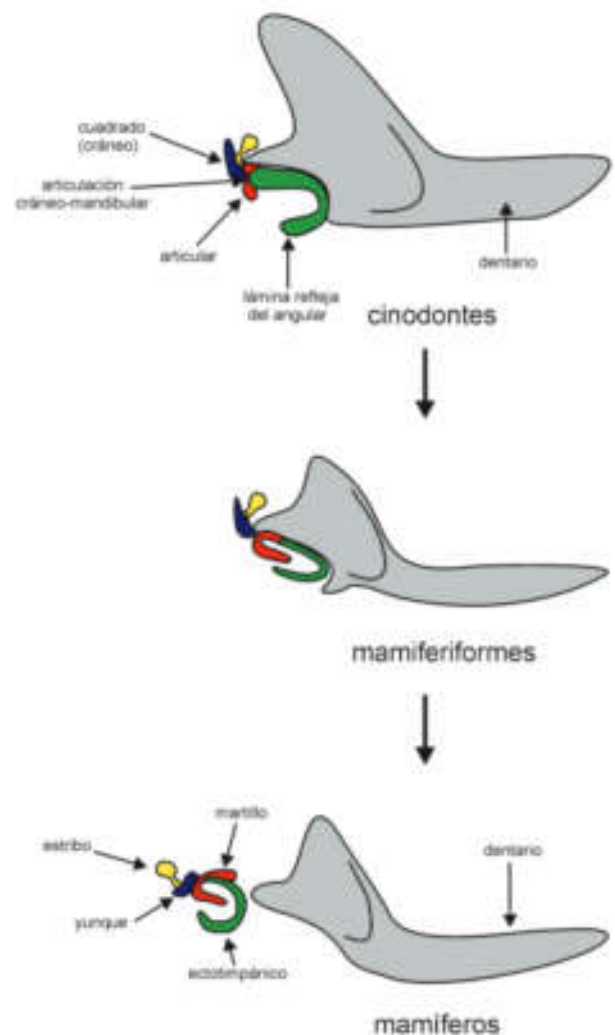


Figura 3. Escala de tiempo geológico con los cambios en la paleogeografía global y el árbol evolutivo de los mamíferos. La escala temporal y las reconstrucciones paleogeográficas fueron producidas con TSCreator (<http://www.tscreator.org>).

primeros mamíferiformes fueron animales de pequeño tamaño (20-40 gramos), con un cerebro grande, un buen desarrollo del oído y el olfato, fueron ágiles y nocturnos, insectívoros y carnívoros. Estos animales tenían una **doble articulación** entre el cráneo y la mandíbula (por un lado, la articulación reptiliana entre el hueso cuadrado y el articular y por otro lado, la articulación entre el hueso dentario y el escamoso). Estos animales tenían reemplazo dentario **difiodonte** (dientes permanentes que reemplazan a los de leche) y una **oclusión** (encastramiento) precisa entre los molares superiores e inferiores. Los mamíferiformes tenían **pelo** y secretaban leche, probablemente a partir de unas **glándulas cutáneas** primitivas que antecederían a las glándulas mamarias. Estos animales nacían probablemente de un huevo (eran **ovíparos**), en un estado muy inmaduro, y la leche materna habría sido un factor fundamental para completar el desarrollo del embrión. Este tipo ancestral de reproducción está aún presente en los monotremas actuales. Los grupos más representativos de esta radiación fueron los morganucodóntidos, docodóntidos, kuenotéridos y sinocondóntidos entre otros.

**Radiación Jurásica.** Los verdaderos mamíferos o **Mammalia**, surgen probablemente en el Jurásico temprano (170-199 Ma.) (Figura 3). Los rasgos esenciales que definen el grupo son la presencia de **tres huesecillos en el oído medio**, un elemento óseo principal en la mandíbula (el dentario) y una **única articulación** cráneo-mandibular entre los huesos dentario y escamoso. En este grupo se incluyen una gran variedad de formas que retienen caracteres primitivos como la presencia de huesos postdentarios reducidos. Los grupos más distintivos de esta radiación fueron los multituberculados (muelas con muchas cúspides o conos acomodados en cuatro hileras), los triconodontes (muelas con tres conos alineados), los simetrodontes (muelas con tres cúspides formando un triángulo simétrico), los cladoterios y los australosfénidos (incluye a los monotremas y sus parientes extintos).

**Radiación Cretácica.** Los mamíferos que aparecen en el cretácico son los ancestros directos de marsupiales y placentarios (**Theria**). El rasgo fundamental que los define es la adquisición de una **dentición tribosfénica** y por lo tanto de la capacidad de masticar eficazmente el alimento. Los marsupiales y placentarios como tales, aparecen luego del límite Cretácico-Paleógeno y experimentan una explosión adaptativa aprovechando todos los nichos ecológicos vacantes luego de la desaparición de los dinosaurios.



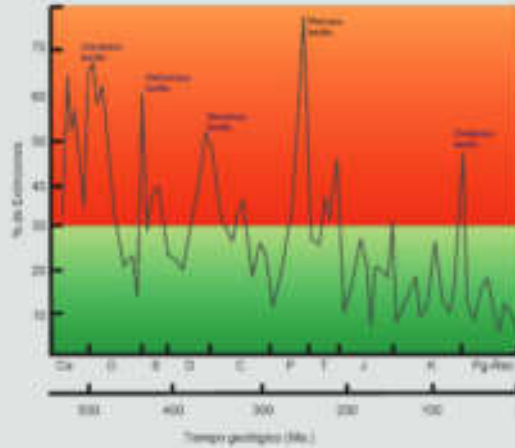
**Figura 4.** Evolución del oído en los mamíferos. Se muestra la reducción progresiva de los huesos postdentarios y su migración hacia el oído medio.

## DISTRIBUCIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS

La Era Mesozoica tuvo una extensión de 183 millones de años. Durante ese prolongado lapso de tiempo, la configuración geográfica de los continentes experimentó una serie de modificaciones como consecuencia de la deriva continental. Hacia el Triásico temprano, los continentes estaban unidos en una gran masa terrestre denominada Pangea (Figura 3). Esta gran masa continental comenzó entonces a fragmentarse en el Jurásico temprano formando dos supercontinentes menores, Gondwana y Laurasia (Figura 3). El primero de ellos comenzó a moverse hacia el polo sur y a fragmentarse en sus

### Extinciones

La historia de la vida es un continuo de apariciones y desapariciones de especies y grupos de especies a lo largo del tiempo. Las especies tienen un periodo de persistencia aproximado de entre 0,5 y 1,5 Ma, luego del cual desaparecen y son reemplazadas por otras nuevas. La desaparición continúa a lo



Para que un evento de extinción se considere masivo, al menos el 30% de las especies vivientes en un periodo dado deben desaparecer bruscamente. Independientemente de las causas de tales catástrofes, las extinciones masivas no son selectivas en cuanto al tipo de especie o roles ecológicos afectados y provocan literalmente una limpieza en la diversidad biológica. Posteriormente, cuando la biota se reacomoda, quedan vacantes una enorme cantidad de nichos ecológicos que serán aprovechados por las especies sobrevivientes.

Son cinco las mega-extinciones de la historia. La de mayor magnitud fue la del **Pérmico tardío** que provocó la desaparición del 50% de las familias y entre el 80-96% de las especies vivientes. La causa parece haber sido una gran actividad volcánica que habría generado un efecto invernadero devastador. Los grandes depósitos permo-triásicos de basaltos en Siberia

partes individuales (América del Sur, África, India, Australia y Antártida), mientras que el segundo comenzó a moverse hacia el norte y a dividirse en placas menores (América del Norte, Europa+Asia). Hacia inicios del Cretácico, Gondwana y Laurasia estaban completamente separadas, aunque conexiones intermitentes entre América del Sur y del Norte habrían posibilitado el flujo de faunas entre ambos continentes.

En este contexto geográfico evolucionaron las faunas de mamíferos mesozoicos. La radiación Triásica tuvo lugar en todo Pangea y esto se evidencia en la distribución global de los fósiles de mamíferiformes. Los mamíferiformes triásicos fueron mayormente cosmopolitas. Los morganucodóntidos y docodóntidos han sido hallados tanto en territorios de Laurasia (Europa, América del Norte, Groenlandia, China) como de Gondwana (África e India) mientras que los sinoconodóntidos provienen de la China. La radiación Jurásica tuvo lugar en un contexto de fragmentación de Pangea. La distribución de los fósiles refleja esta geografía cambiante y se observan algunos grupos cosmopolitas y otros de distribución acotada. Los eutri-

conodotes, multituberculados, simetrodotes y driolestoides fueron cosmopolitas hallándose especímenes fósiles en casi todos los continentes. Los australosfenidos, como su nombre lo indica fueron mamíferos originados en el hemisferio sur, es decir que se originaron en Gondwana y no se dispersaron hacia Laurasia al igual que los Gondwanaterios, un grupo de mamíferos australes de relaciones filogenéticas inciertas. Finalmente, la radiación Cretácica tuvo lugar en un contexto de fragmentación de las masas continentales de Gondwana y Laurasia. Los terios cretácicos (ancestros de los marsupiales y placentarios) se habrían originado en Asia y desde allí se dispersaron, vía Europa hacia América del Norte para luego arribar a territorio sudamericano a inicios del Cretácico tardío. A la llegada de los terios, América del Sur estaba poblada por mamíferos gondwánicos (australosfenidos y gondwanaterios) y algunas formas de origen pangeico (simetrodotes y multituberculados). Este conjunto de mamíferos más los terios inmigrantes, habría sido el stock inicial a partir del cual evolucionó la fauna de mamíferos sudamericanos de la Era Cenozoica.

## ESPERANDO EL IMPACTO

Los inicios de la era Cenozoica están determinados por la gran extinción del Cretácico-Paleógeno (K-Pg) causada probablemente por el impacto de un gran asteroide (Figura 5). Aunque esta no fue de la magnitud de la Permo-Triásica, es una de las cinco mayores extinciones de la historia y en ella desaparecieron de la faz del planeta el 50% de las especies vivientes. Como otrora ocurriera con los amniotas tempranos, los mamíferos debieron sobreponerse a este evento catastrófico. Cuáles fueron los rasgos ventajosos que les permitieron a este grupo de vertebrados sobreponerse a un evento tan drástico como la extinción K-Pg? La respuesta es que probablemente la totalidad de rasgos morfológicos diagnósticos de los mamíferos contribuyeron a la adquisición de un carácter esencial para la supervivencia en los hostiles ambientes del Cretácico tardío: la homeotermia.

Los mamíferos regulamos nuestra temperatura corporal y para ello hacemos uso de diversos órganos y sistemas de órganos. La posesión de un paladar secundario osificado permite separar las cavidades bucal y nasal que, a su vez permite desarrollar un sistema turbinal que es fundamental para calentar el aire frío que ingresa a los pulmones. Por otro lado, el paladar facilita la tarea de comer y respirar simultáneamente. El adecuado procesamiento de los alimentos, es decir la masticación, posibilita extraer el máximo de nutrientes contenidos en los alimentos y transformarlos en energía como así también incrementa la variedad de los mismos que se pueden ingerir. Ya se mencionó antes el rol fundamental que la dentición tribosfénica tiene en la masticación. La posesión de pelos para alcanzar el aislamiento térmico y de glándulas sudoríparas para disipar el calor está en relación directa con la homeotermia. Todos estos rasgos estaban ya presentes en los mamíferos cretácicos, y sumados al pequeño tamaño corporal, la elevada tasa de reproducción, la posesión de glándulas mamarias para producir el alimento de las crías, la posesión de un oído medio altamente eficaz en la amplificación de los sonidos y la habilidad para cavar madrigueras, habrían conformado el stock de atributos que les otorgó a los mamíferos la capacidad de superar las dramáticas instancias de la extinción K-Pg.

Pareciera entonces, que los mamíferos estuvieron allí, en aquellas lejanas noches cretácicas, agazapados a la sombra de los dinosaurios, esperando el impacto, para luego salir a la luz y mostrar en todo su esplendor su verdadero potencial. Sobre la radiación cenozoica temprana de los mamíferos se trata la siguiente entrega (Los Mamíferos Parte II).

---

## LECTURAS SUGERIDAS

Bonaparte, J. 1997. El Triásico de San Juan y La Rioja, Argentina y sus dinosaurios.

Bonaparte, J. & Migale, L. 2010. Protomamíferos y mamíferos mesozoicos de América del Sur.

Martinelli, A., Forasiepi, A.M. & Rougier, G. Australosfénidos: parientes cercanos de los enigmáticos monotremas. *Ciencia Hoy*, 104: 52-62.

Kielan-Jaworowska, Z, Cifelli, R & Luo, Z-X, 2004, *Mammals from the Age of Dinosaurs: Origins, Evolution and Structure*, Columbia University Press, New York.

Luo, Z-X, 2007, 'Transformation and diversification in early mammal evolution', *Nature*, 450:1011-1019.

Raven, P. 2005. *Biology*. McGraw-Hill Education, India.

Rougier, G. 2002. Mesozoic Mammals. *Encyclopedia of Life Sciences*. Macmillan publishers Ltd, Nature Publishing Group / [www.els.net](http://www.els.net)

## 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](mailto:ibigeotemas@gmail.com) indicando como asunto: correodelectores.

## Novedades

Concurso de Arte Público "Murales de Ciencias" Organizado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología del Gobierno de la Provincia de Salta y el Instituto de Bio y Geociencias del NOA (Centro Científico Tecnológico - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Ver las bases en [www.edusalta.gov.ar](http://www.edusalta.gov.ar) y [www.unsa.edu.ar/ibigeo/](http://www.unsa.edu.ar/ibigeo/)

## 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.

## Guía para autores y Proceso editorial

**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](mailto: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](mailto:ibigeotemas@gmail.com) indicando como asunto: archivopeso.

## Guía para autores y Proceso editorial

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, Índice de Contenidos) será difundida a través del portal del Ibigeo: [www.unsa.edu.ar/ibigeo/](http://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.



