

Temas de Biología y Geología del Noa

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Reportajes

El IBIGEO trabaja con una
comunidad educativa en
San Antonio de los Cobres

Artículos

Biorremediación

Tortugas terrestres



CONICET



I B I G E O

Temas de Biología y Geología del Noa

Revista Cuatrimestral de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Comité Editorial

Editora Responsable

Marisa Fabrezi *Ítem*, CONICET

Editores Asociados

Fernando Hingri *Ítem*, CONICET - UNSa

Alicia Kirschbaum *Ítem*, CONICET - UNSa

Fernando Lobo Gavola *Ítem*, CONICET - UNSa

Comité Científico

Federico Aguilón *Museo Argentino de Ciencias Naturales*

Leandro Alcalde *EPFL, CONICET-UNP*

Selvaile Arroyo *Comisión Nacional de Energía Atómica*

Selvaile Barroncano *CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales*

Analia Basero *Universidad Nacional de Salta*

Alfonso Bruni *Instituto de Estudios Ciénagas Argentinas, Universidad Federal de Goiás*

Brasil

Cristina Casaroli *Instituto de Desarrollo Rural, UNPa*

Dario Cardozo *CONICET - Universidad Nacional de Misiones*

Hugo Carrizo *Fundación Miguel Lillo*

Mónica Diaz *CONICET - Universidad Nacional de Tucumán*

Marcelo Figarino *Universidad Nacional de Mar del Plata*

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

Luz Fernández *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

David Flores *CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales*

Laura Gambiagi *WARSILA (CIT - Mendoza) - CONICET*

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

Johan Gomez Auger *Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías, Miguel Lillo INT*

Néstor Guzmán *Ítem, CONICET - UNPa*

Néstor Jagan *CONICET - Universidad de Buenos Aires*

Néstor Lachos *Universidad Nacional de Salta*

Esteban Lavilla *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

Fernando Lobo *Ítem, CONICET-UNPa*

Hugo López *Universidad Nacional de La Plata*

Adriana Mancano *OCyTTP, CONICET y UNED*

Oswaldo Mareo *Secretaría de Medio Ambiente, Provincia de Tucumán*

Natalia Merigall *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco*

Gladya Monasterio de Conas *Ítem, CONICET - UNPa*

Carolina Montero López *Ítem, CONICET*

Patricio Perovic *Asociación de Parques Nacionales*

Lionoré Planagumá Guzmán *Parque de la Cumbre, Dist. Cabañas*

Verónica Rojas *CONICET y Universidad Nacional de Salta*

Diego Saravia *Universidad Nacional de Salta*

Agustín Scazzetta *Ítem, CONICET - UNPa*

Gustavo Sirochi *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

Ana Laura Sorella *Administración de Parques Nacionales*

Albert Thierberg *INDA - CONICET, CIT-Mendoza*

Marcos Vera *Ítem (grupo Vinculado) - CONICET UNPa*

Aldo J. Vozzillo *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, CONICET UNMDP*

Emmanuel Vera *CONICET-Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernabéu Rivadavia"*

Florencia Vera Cardelli *CONICET - Fundación Miguel Lillo*

Natalie von Elmendorf *Plant Pest Diagnostic Center (California Department of Food*

& Agriculture), Sacramento, Estados Unidos

Roma Zettl Krotzner *Fundación Miguel Lillo*

Realización

Textos: Comité Editorial, Diseño y Diagramación: Eugenia Danfor

IBIGEO

INSTITUTO DE BIO Y GEOCIENCIAS DEL NOA

www.unsa.edu.ar/ibigeo

Fue creado como instituto de la Universidad Nacional de Salta comienzos de 2005 y como Unidad Ejecutora de doble pertenencia CONICET-UNSa en 2009. Tiene su sede en 9 de julio 14, Rosario de Lerma, Salta.

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

Porotos pallares (*Phaseolus coccineus*) cultivados en Cachi (provincia de Salta). Este cultivo es originario de la región de los Andes centrales. También bajo el nombre de porotos pallares se conocen otro tipo de legumbres (*P. lunatus*). Fotografías: Alfredo Pais

CONICET



I B I G E O

Temas de Biología y Geología del Noa

Contenidos

21 Editorial

31 Reportajes

El IBIGEO trabaja con una comunidad educativa en San Antonio de los Cobres

Artículos

81 *Biorremediación*, Carolina Zimics

161 *Tortugas terrestres*, Gerardo Gabriel Zacarias, Juan Manuel Díaz Gomez y Marcelo de la Fuente

301 Guía para autores y proceso editorial

Temas de Biología y Geología del Noa

Editorial

Es una alegría recuperar el contacto con nuestros lectores luego de un largo período de silencio en el que no pudimos publicar el número de 3 del volumen 5 (año 2015) de esta revista. Fueron múltiples las circunstancias por las cuales no cumplimos con la periodicidad, la más importante fue quizás la imposibilidad de acceder a la ubicación web donde era publicada. La situación se nos planteó en un principio como un obstáculo gravísimo, ya que de alguna manera toda la actividad del IBIGEO quedó silenciada por una cuestión operativa. Henry Estrada propuso habilitar "Ibigeo Conicet" en Facebook, una manera más informal de dar a conocer la actividad del Instituto hasta tanto una nueva página web institucional comenzara a funcionar. La decisión no fue fácil ya que no todos consideramos que la comunicación institucional pueda ser desarrollada a través de las redes sociales, pero como la necesidad no es paciente con el debate, el Ibigeo tuvo su espacio en Facebook en 2015.

La presencia en las redes sociales nos ofreció la posibilidad de contar con un vínculo que es muy arrigable, que nos permite interactuar con una comunidad que se interesa por lo que hacemos, que toma nota y se expresa sobre una información que puede ser relativa a un acontecimiento natural (por ejemplo el sismo de El Galpón), un actividad en el Instituto o los distintos temas de investigación que se llevan adelante. Es así que, aun cuando el Ibigeo ya cuenta con el nuevo sitio en la web, mantendremos el espacio en Facebook ya que es una herramienta más para dar visibilidad rápidamente a las actividades del Instituto. Desde esta Editorial invitamos a todos nuestros lectores a recorrer el sitio web y el sitio Facebook y hacemos llegar todos los comentarios, sean críticas y/o sugerencias, que nos ayuden a conservar y mejorar este vínculo que estamos construyendo.

Agradecemos a los autores de los artículos que acompañan este número, compartimos las experiencias de la Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología 2015 de un grupo de investigadoras del Ibigeo y les contamos que las tapas de los 3 números de Temas BGN OA 2016 serán dedicadas a unas plantas agrupadas bajo la denominación de Fabaceae (también Leguminosae). ¿Por qué? Porque la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó a 2016 como Año Internacional de las Legumbres con la idea de sensibilizar a la opinión pública sobre las ventajas nutricionales de estas plantas como parte de una producción de alimentos sostenible encaminada a lograr la seguridad alimentaria y la nutrición. Nuestras tapas estarán dedicadas a aquellas legumbres que son originarias de América.

Hasta pronto!

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

Marissa Fabrezi
Fernando Hongn
Alicia Kirschbaum
Fernando Lobo

Semana Nacional de la Ciencia y de la Tecnología, edición 2015

El IBIGEO en San Antonio de los Cobres

Todos los años el IBIGEO participa de la Semana Nacional de Ciencia y Técnica. En la edición 2015, un grupo de investigadoras del Instituto planearon realizar charlas con docentes y alumnos de una escuela de San Antonio de los Cobres en el marco de la Semana Nacional de la Ciencia y de la Tecnología. San Antonio de los Cobres es una localidad de la puna salteña, ubicada a 3600 msnm. El establecimiento contactado es Maestro Victorino Sosa, tiene régimen de verano, con clases que empiezan en septiembre y finalizan a mediados de junio. Cuando nos reunimos para concretar las fechas los docentes nos hicieron una contrapropuesta y solicitaron ayuda para poner en funcionamiento el laboratorio de Ciencias. En esta sección vamos a contar la experiencia desarrollada.



SOLEDAD VALDECANTOS

Doctora en Ciencias Biológicas, Investigadora CONICET-IBIGEO y Jefe de trabajos Prácticos, Universidad Nacional de Salta.

La visita a la escuela N° 4183, Maestro Victorino Sosa, de San Antonio surgió como una propuesta de llevar las actividades de la Semana de Ciencia y Técnica al interior de la provincia y especialmente a las escuelas cercanas a lugares donde desarrollamos nuestras investigaciones. Originalmente, la actividad que se organizó fue una charla con los docentes y alumnos sobre la fauna local de

la Puna, haciendo especial énfasis en la biología de lagartijas, pero la comunidad educativa nos propuso aprovechar el material de laboratorio que Nación les había enviado.

En base al equipamiento y la demanda de los docentes, diseñamos diferentes actividades que desarrollamos durante un día intenso de laboratorio. Las experiencias que preparamos fueron: el agua, sus propiedades, la importancia del agua, características de las soluciones, célula, las plantas etc. Para desarrollar las actividades hicimos dos visitas a San Antonio, revisamos el material y charlamos sobre las inquietudes de los docentes y el trabajo de laboratorio; con esas ideas regresamos a Salta para diseñar las experiencias. La jornada con los docentes se inició con la apertura de las cajas; el reconocimiento de cada uno de los elementos, armamos los microscopios, la lupa, les enseñamos a: enfocar, pipetear, medir volúmenes, medidas de seguridad, cuando se calientan soluciones, medir temperaturas, armar el destilador, etc.

Las actividades prácticas las preparamos en función de los temas que los maestros seleccionaron y fueron desarrolladas íntegramente por los propios docentes, nuestro objetivo fue que se apropiaran del laboratorio y se divirtan como los chicos, encontrando el gusto a las actividades de laboratorio.

Lo que me sorprendió particularmente, fue que no pensamos o planificamos una capacitación para los docentes para usar el material originalmente, pero el poder trabajar junto con ellos, mostrar cómo usar una pipeta, cómo armar un microscopio y hacerlo entre todos, pensar y diseñar experiencias sencillas para el aula intentando usar siempre material propio de la zona resultó una experiencia altamente gratificante para todos.

Creo que debería haber políticas conjuntas desde los diferentes ministerios para que cuando se entreguen este tipo de materiales prever también la capacitación, considerando para ello a investigadoras o docentes ya formados y que trabajen en los Ministerios o Universidad como parte de actividades de extensión. ¿Por qué nosotros nos enteramos de casualidad de esta necesidad de la Escuela? El ministerio cuando planificó entregar este material podría haber considerado además la capacitación para su uso. Por ejemplo, nos podrían convocar a los investigadores de Institutos o docentes de la Universidad que estén interesados en planificar y desarrollar actividades de capacitación para maestros y profesores como una tarea de extensión.



VIRGINIA MARTÍNEZ

Doctora en Ciencias Biológicas, Profesora Asociada, Universidad Nacional de Salta e Investigadora IBIGEO.

Cuando Soledad se acercó a la escuela para organizar la charla con los directivos, surgió el pedido de ayuda sobre cómo utilizar los materiales de laboratorio, que no hacía mucho tiempo habían llegado desde la Nación. Organizamos una visita para hacer un reconocimiento del equipamiento y fundamentalmente responder a las inquietudes de los docentes y directivos. Grande fue nuestra sorpresa al descubrir la cantidad y calidad del material e instrumental que forma parte del laboratorio de Ciencias enviado a las escuelas primarias.

El equipamiento cuenta con una lupa de calidad, cuatro microscopios monoculares de buena calidad (400 X, nada de juguete), lupas de mano, balanzas, abundante material de vidrio (pipetas, tubos de ensayo, vasos de precipitados, Erlenmeyer, balonas, equipos completos de destilación, termómetros de mercurio y alcohol), mecheros de alcohol, de gas, equipos de óptica, prismas, tensores, equipos para ondas y propagación de la luz, colección de rocas y minerales, colecciones paleontológicas; por mencionar lo más importante.

Con los maestros discutimos los contenidos de ciencias que debían abordar en la curricula y notamos el entusiasmo por utilizar ese material pero al mismo tiempo, el temor por manipular materiales desconocidos. Con los docentes seleccionamos los contenidos de biología, los agrupamos de manera de abordarlos de manera espiralada, yendo desde lo más simple, de modo que fuera abordado en los primeros grados y agregar aspectos en cada tema de manera de profundizar en los grados más avanzados.

En lo personal me resultó una experiencia muy interesante y enriquecedora, por dos motivos generales. El primero de ellos es que pudimos transferir a la sociedad de una manera concreta lo adquirido en la Universidad y lo que realizamos habitualmente en nuestro trabajo diario. El segundo fue conocer la realidad de los maestros en las escuelas públicas, muchas veces ajena a nosotros, y percatarme del gran entusiasmo y apertura que tiene el maestro de grado. Fue importante saber que las escuelas cuentan con material de laboratorio valioso para realizar experiencias en biología, química, física y geología provistas por el Ministerio de Educación de la Nación, pero al mismo tiempo reconocer que los docentes no cuentan con la posibilidad de capacitarse para hacer uso de ese material. La experiencia fue muy positiva, pensamos establecer un vínculo permanente con esta escuela y otras que así lo requieran.



VERÓNICA ALEJANDRA PAZ

Licenciada en Ciencias Biológicas, becaria Doctoral IBIGEO-CONICET

La idea fue que los docentes pudieran adquirir herramientas para reconocer y manipular los diferentes equipos y elementos y además que su uso sea acorde con la tarea que cada uno se propone. También se trabajó con los docentes aspectos relacionados con las normas de seguridad que deben regir en el laboratorio.

Esta fue mi primera experiencia como capacitadora, así que fue un gran desafío!! Lo que intentamos con este taller fue también fomentar un proceso de enseñanza-

aprendizaje más activo impulsando el espíritu crítico y que tanto docentes como estudiantes, desarrollen diferentes habilidades para crear diversas experiencias desde lo cotidiano.

La escuela consta de un laboratorio equipado para aproximadamente 20 alumnos. Los principales obstáculos con el que nos encontramos fue la falta de lugar para guardar de manera organizada los materiales de laboratorio. Se les sugirió, como ellos podrían mantener su laboratorio ordenado y que de esta manera el acceso al instrumental sea mucho más sencillo.

Igualmente se les sugirió vincular los contenidos que ellos esperan enseñar con la idiosincrasia y la cultura del grupo en particular. Y como nadie puede enseñar lo que no sabe, lo que no conoce y conocer no es suficiente ya que también hay que pensar para qué enseñarlo, cómo enseñarlo aquí cobra un papel especial la didáctica. Para mí el objetivo estuvo cumplido. Los docentes mostraron interés y fueron bastante participativos durante la jornada. Además también, estuvieron motivados hacia este tipo de trabajo experimental. Pero recordando que el aprendizaje debe ser significativo son ellos los que desde ahora deben construir y reelaborar la estructura de conocimientos y habilidades que poseen y las deben adecuar para resolver las necesidades del grupo con el cual trabajan.

ESCUELA Mtro. VICTORINO SOSA



LAS EXPERIENCIAS DE LOS DOCENTES

Temas BGNDA ¿Qué actividad diseñó en el aula con los alumnos? ¿Cómo trabajó a partir de la capacitación recibida?

Zulma Casimiro (docente de 7° grado): Trabajamos los estados del agua, cambios en la materia. Utilizamos el mechero y cubitos de hielo. En la próxima clase verán cortes de hojas y cebolla para empezar a trabajar la parte de célula.

Reyna Martínez (docente de 5° grado): El tema que trabajé fue "microorganismos". En primer lugar definimos a que nos referíamos con ese término. Y después fuimos al laboratorio y utilizamos los microscopios para ver los microorganismos del agua, del cabello y los que se encuentran debajo de las uñas. También les enseñé las partes del microscopio y como se debía utilizar.

Antonia Reyes (docente de 3° grado): Los chicos querían descubrir los estados del agua, porque lo sabían teórico, pero la práctica no. Congelaron agua en una botella. Traje una pava con agua. Y les pregunté qué es lo que les hace pasar del estado sólido al líquido respondieron el calor, porque vieron que el hielo estaba en el sol y el calor hizo que se descongelara. Pregunté también ¿qué es lo que hace pasar del estado líquido al sólido? ellos respondieron el frío, porque se dieron cuenta que el frío congela porque observan las montañas nevadas. Luego hicimos hervir el agua de la pava, y ahí observaron cómo pasa el líquido a gaseoso y como salía vapor.

Gabriela Guitián (docente de 6° grado): Vimos el tema Célula, se trabajó el laboratorio en el aula poniendo en práctica algunas de las orientaciones que ustedes nos dieron; se les enseñó las partes del microscopio y vieron partes de cosas que le trajimos del río.



Marcos Torres (docente de 4° grado): A partir de la capacitación algo que resultó novedoso fue el uso del microscopio, ustedes nos dieron las primeras herramientas en cuanto al uso y manejo, entonces yo lo llevé al aula si bien precisamente no lo hice en el laboratorio, hice experiencias sencillas, con las plantas, para que los chicos hagan representaciones de como la veían a simple vista y la diferencia de lo que uno experimenta cuando usan el microscopio, a los chicos les gustó y es algo a lo que hay que darle continuidad. Una alternativa era implementar el uso del microscopio en el recreo, para despertar la curiosidad en los chicos,



Rafael Copa (docente de 6° grado): Si, lindo. Usamos el microscopio. A los chicos les encanta. Quiero hacer otros experimentos como lo de los átomos que ustedes nos enseñaron, quiero implementarlo en los talleres, todos los días con un grado. Desde las 13:00hs hasta 14:30hs. Cada día un grado. Es un proyecto de la Escuela. El periodo que viene quiero dictar un taller de laboratorio, ya que tienen el laboratorio y tienen todo ahí. Me pareció interesante lo que recibimos y sumar lo que se puede hacer con el equipo de óptica.

Temas BGNOA ¿Cual fue la respuesta de los alumnos?

Zulma Casimiro: A los chicos les encantó. Hicimos como seis experiencias en el laboratorio y preguntaron qué instrumento era cada uno. Prendieron el mechero. Trabajamos también la experiencia de la tinta, la sal el azúcar, trabajé con jugos de color. Y utilizando la gradillas, tubos de ensayo pipeta. Los chicos plantearon hipótesis después dibujaron en sus carpeta las experiencias y también escribieron las conclusiones. Después que vinieron ustedes trabajamos mucho más. El tiempo nos falta por que el laboratorio está ocupado tiene que ser media hora en la ultima hora y preparar también nos llevó tiempo.

Rayna Martínez: Ellos estaban muy interesados en seguir viendo los microorganismos, querían traer agua del río, agua que estaba estancada en la calle y no lo pudimos hacer por falta de tiempo.

Antonia Reyes: Los alumnos estuvieron muy entusiasmados.

Gabriela Guñan: La respuesta de los alumnos fue positiva, porque a partir de estas experiencias los alumnos despiertan su curiosidad.

Marcos Torres: La respuesta de los alumnos fue la curiosidad y el deseo de querer seguir usando un recurso como el microscopio.



Temas BGNOA ¿Considera que este tipo de capacitación es más útil en su formación inicial o después cuando ya están en el ejercicio de la docencia?

Zulma Casimiro: Este tipo de capacitación es importante siempre. Hay docentes con muchos años de experiencia que nunca ocuparon el laboratorio, así que siempre son útiles.

Reyna Martínez: Esta capacitación es importantes al inicio, porque cuando se es nueva como maestra no sabemos con qué material se cuenta. A la hora de armar el proyecto anual uno tiene en cuenta que material va a ver y que material va utilizar.

Antonia Reyes: Esta capacitación es fundamental en la formación inicial entonces uno tiene experiencia desde entrada y nos orienta más a veces porque uno entra nula. Cuando un maestro se forma es mucho más necesario y también cuando está trabajando en el aula, porque va afianzando contenidos.

Gabriela Gullian: El docente cuando ingresa al aula no tiene experiencia por lo general y uno no sabe qué recursos o metodología utilizar a la hora de enseñar las ciencias naturales. Considero importante no solo capacitaciones de ciencias naturales si no otro tipo de capacitación, creo que desde el momento que se está formando el docente tiene que ir generando la experiencia o los conocimientos.

Marcos Torres: Este tipo de capacitaciones son útiles en ambos momentos, pero sobre todas las cosas dado el contexto, ya que nosotros no somos partícipes de otras capacitaciones como los docentes de la ciudad para nosotros, fue válido. Cuando ustedes nos capacitaron registramos fotos, videos y es un material que se lo comparte entre los docentes, este tipo de actividad se le debería dar más continuidad, ya que los docentes del interior a veces quedamos un poco lejos de capacitaciones por cuestiones de tiempo.

Rafael Copa: En las vacaciones buscaré material, bibliografía para hacer algunos experimentos que les encanta a los chicos con el carbón, bicarbonato, vinagre. Veo que al laboratorio se lo está usando como un aula más, y no se le da el uso de laboratorio. Con el taller que hicimos, se le daría ese uso y se buscaría otro lugar para poner a los docentes que den la clase de todas los días.

Artículos

Las plantas y su capacidad para remediar sitios contaminados

Carolina Zimicz¹

¹IBIGEO, CONICET. carolina.zimicz01@gmail.com

A lo largo de la historia, el hombre ha representado, y representa actualmente, un importante agente de contaminación. Si bien inicialmente la existencia de vastas superficies no intervenidas, le permitía disponer de ambientes libres de contaminación a los cuales trasladarse cuando las condiciones del sitio que habitaban se tornaban adversas, actualmente dicha posibilidad es muy limitada. Si bien uno podría pensar que frente a esta situación, los gobiernos hacen uso de los avances tecnológicos y las metodologías desarrolladas para restaurar o recuperar sitios contaminados, lo que sucede (tanto en Argentina como a nivel mundial) es algo diferente.

¿CUÁNDO HABLAMOS DE CONTAMINACIÓN?

Se considera que existe contaminación antrópica cuando la concentración de una sustancia supera los niveles naturales, provocando un impacto negativo en alguno de los componentes del sistema. Tomemos como ejemplo la contaminación producida por la industria del cuero: para poder transformar las pieles de los animales en cuero, las empresas que se dedican a esta actividad emplean grandes cantidades de cromo (un elemento que resulta tóxico para la salud humana). En aquellos casos en que la curtiembre (lugar donde se produce el cuero) no realiza un tratamiento adecuado a los desechos que produce y por ejemplo los libera a un arroyo o río cercano, se produce contaminación antrópica. En este caso, el impacto o efecto negativo sería la contaminación del arroyo o río y, el agua estaría representando el "componente" del "sistema" Tierra. Los niveles para designar un sustrato como contaminado dependen del elemento químico en cuestión (Cromo en el ejemplo anterior), el uso del mismo y la legislación del país considerado. A grandes rasgos, los contaminantes se clasifican en dos grupos: orgánicos e inorgánicos. En cuanto a las causas de la presencia de uno u otro tipo de contaminante en el ambiente, podemos decir que los primeros son principalmente el resultado de la acción antrópica (derrames, actividades militares, agricultura, ganadería, industria, etc.), mientras los segundos están presentes naturalmente en la corteza terrestre o la atmósfera y es el hombre quien propicia su liberación al ambiente a través de sus actividades, provocando la toxicidad resultante.

¿Qué tienen en común la industria de fundición de metales, la minería metalífera y los caños de escape de los autos? Las tres son actividades que generan contaminación con metales pesados, principalmente con Cadmio, Plomo y Zinc. Estos elementos, al igual que muchos otros, son absorbidos del suelo por las plantas, disminuyendo así el grado de contaminación.

Ahora bien, ¿qué hacemos una vez que la planta quitó el metal que estaba contaminando el suelo? Las plantas se cosechan y pueden ser utilizadas para producir energía, aceites o combustibles.

¿CÓMO PUEDEN AYUDARNOS LAS PLANTAS A RESOLVER EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN?

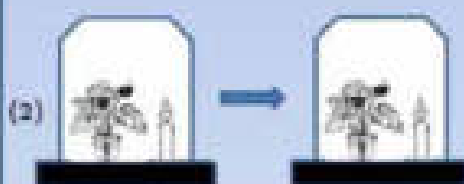
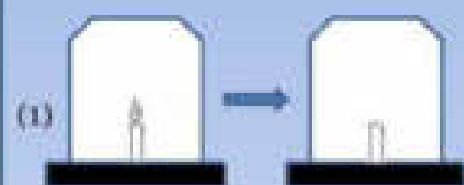
La tendencia natural que poseen las plantas a incorporar compuestos (por sus requerimientos básicos de elementos como Calcio [Ca], Magnesio [Mg], Hierro [Fe], etc.) constituye un aspecto positivo y negativo al mismo tiempo. Por un lado, representa un inconveniente para la salud humana cuando estamos en presencia de cultivos destinados a la alimentación, desarrollándose sobre tierras contaminadas con elementos como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), etc. Por otra parte, permite emplear a las plantas como una herramienta para la recuperación de suelos contaminados. Este aspecto, ha permitido el desarrollo de la fitorremediación como una tecnología que consiste en el empleo de plantas para el tratamiento de suelos, sedimentos y aguas contaminadas. Se basa en procesos que se dan en la naturaleza y mediante los cuales, tanto las plantas como los microorganismos asociados a sus raíces, degradan, secuestran o incorporan contaminantes.

UN POCO DE HISTORIA

Respecto al inicio y desarrollo de la fitorremediación, se cree que hace aproximadamente 300 años las plantas fueron propuestas para el uso en el tratamiento de aguas residuales. Durante el siglo XVIII los químicos Joseph Priestley, Karl Scheele, Antoine Lavoisier y el botánico Jan Ingenhousz demostraron que en presencia de luz las plantas son capaces de descontaminar la atmósfera. Posteriormente en 1885, Bamann encontró altas concentraciones de Zinc en las hojas de algunas plantas que crecían en suelos con alto contenido en este metal. En Rusia, durante los años 60 se realizaron estudios utilizando plantas para la recuperación de suelos contaminados con ra-

dionucleótidos. Finalmente, durante la década del 70 se reconoce la capacidad de las plantas para limpiar aguas y suelos contaminados y en los 90 se establece el concepto de fitorremediación como tal. Durante los últimos diez a veinte años, la fitorremediación ha ganado popularidad en lo que respecta a las agencias gubernamentales y las industrias, y esto se vincula principalmente al bajo costo de implementación que la técnica requiere. Por ejemplo, hace algunos años el costo estimado para remediar un metro de terreno contaminado con metales era de alrededor de 875 pesos, mientras que mediante métodos convencionales el costo era de 2500 pesos.

LOS ENSAYOS DE JOSEPH PRIESTLEY



Joseph Priestley, un químico inglés que vivió entre 1733 y 1804, se dio cuenta de que cuando colocaba una vela en un recipiente cerrado, la vela se apagaba en pocos segundos (1). Sin embargo, si en ese recipiente cerrado colocaba una planta, la vela seguía prendida por más tiempo (2). Finalmente, decidió poner un ratoncito en el recipiente donde había prendido la vela sin la planta y otro en el recipiente donde había prendido la vela y estaba la planta (3). Así pudo ver que el ratón se moría en el recipiente donde sólo había estado la vela y sobrevivía en el recipiente donde también estaba la planta.

ENTONCES, ¿CÓMO ACTÚAN LAS PLANTAS?

Las plantas extraen los contaminantes de un sustrato (aire, suelo o agua) a través de 6 mecanismos diferentes.

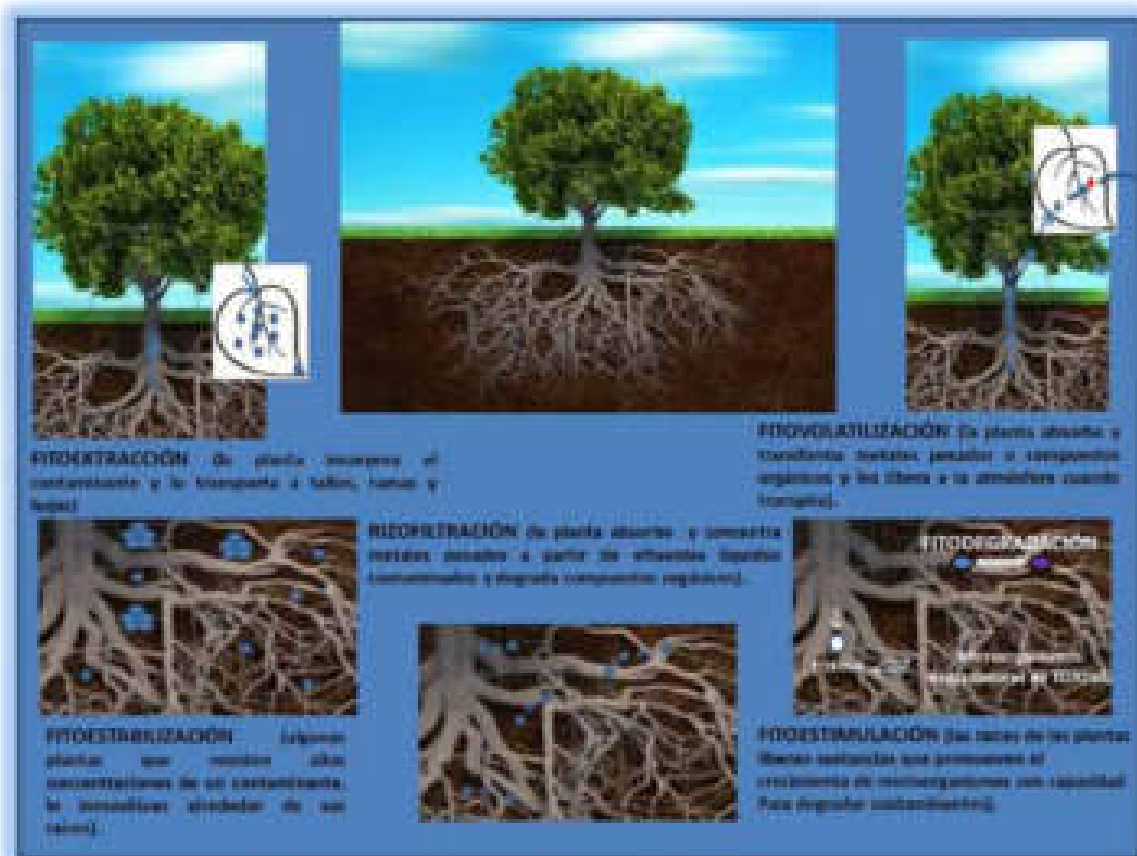


Figura 1. Principales mecanismos a través de los cuales las plantas pueden reducir la carga contaminante de un determinado sustrato.

Podemos separar estos mecanismos en dos grandes grupos: aquellos que involucran principalmente la zona de la raíz (fitoestabilización, rizofiltración, fitoestimulación y fitodegradación) y aquellos que se relacionan con tallo y hojas (fitoextracción y fitovolatilización). A la hora de diseñar un sistema de fitoremediación, los principales pasos a tener en cuenta y seguir son:



Figura 2. Pasos a seguir y tener en cuenta a la hora de plantar un esquema de fitoremediación.

Se conocen alrededor de 400 especies de plantas con capacidad para hiperacumular selectivamente alguna sustancia. En la mayoría de los casos, se trata de cultivos conocidos. Así, el girasol (*Helianthus annuus*) es capaz de absorber grandes cantidades de uranio depositado en suelos afectados por este elemento. Los álamos (género *Populus*) absorben selectivamente níquel, cadmio y zinc. También la pequeña planta *Arabidopsis thaliana*, de gran utilidad para los biólogos, es capaz de hiperacumular cobre y zinc. Otras plantas comunes que se han ensayado con éxito como posibles remediadoras son: la alfalfa (*Medicago sativa*), la mostaza (género *Sinapis*), el tomate (*Solanum lycopersicum*), la calabaza (género *Cucurbita*), el esparto (*Stipa tenacissima*), el sauce (género *Salix*) y el bambú (subfamilia *Bambusoidea*). Incluso existen especies vegetales capaces de eliminar la alta salinidad del suelo, gracias a su capacidad para acumular cloruro de sodio.

Si bien son muchas y variadas las especies empleadas en fitorremediación, todas comparten una serie de características que las hacen propicias para esta técnica: crecimiento rápido, alta producción de tejido vegetal, raíces profundas, facilidad en su cosecha, buena competitividad (aptitud para crecer y competir por la luz y el alimento en lugares donde crecen varias especies vegetales) y capacidad para crecer en lugares contaminados, entre otras.

Ahora bien, existe una serie de factores que inciden sobre la velocidad y efectividad del proceso de fitorremediación en sí:

1) Tipo de Contaminante: dependiendo de si el contaminante es orgánico o inorgánico, la captación por parte de la planta va a ser más o menos dificultosa.

Para poder entender mejor lo que sigue, vamos a explicar algunos conceptos. Las células de las plantas poseen una capa que recubre y protege su interior llamada membrana plasmática. Esta membrana posee estructuras conocidas como transportadores específicos, que cuando reconocen un compuesto en el exterior de la célula permiten ingreso al interior, pero cuando no lo hacen, el compuesto no puede ingresar. Sería como si la membrana tuviera pequeñas puertas que se encuentran cerradas, cuando el compuesto tiene la forma de la llave puede abrir esa puerta y entrar y cuando no, la puerta permanece cerrada. Pero también puede ocurrir que esta membrana sea un poco más permisiva y cuando hay muchas moléculas del compuesto en el exterior y pocas dentro de la célula, éstas atraviesan sin problema la membrana hasta que la cantidad dentro de la célula sea igual a la cantidad fuera.

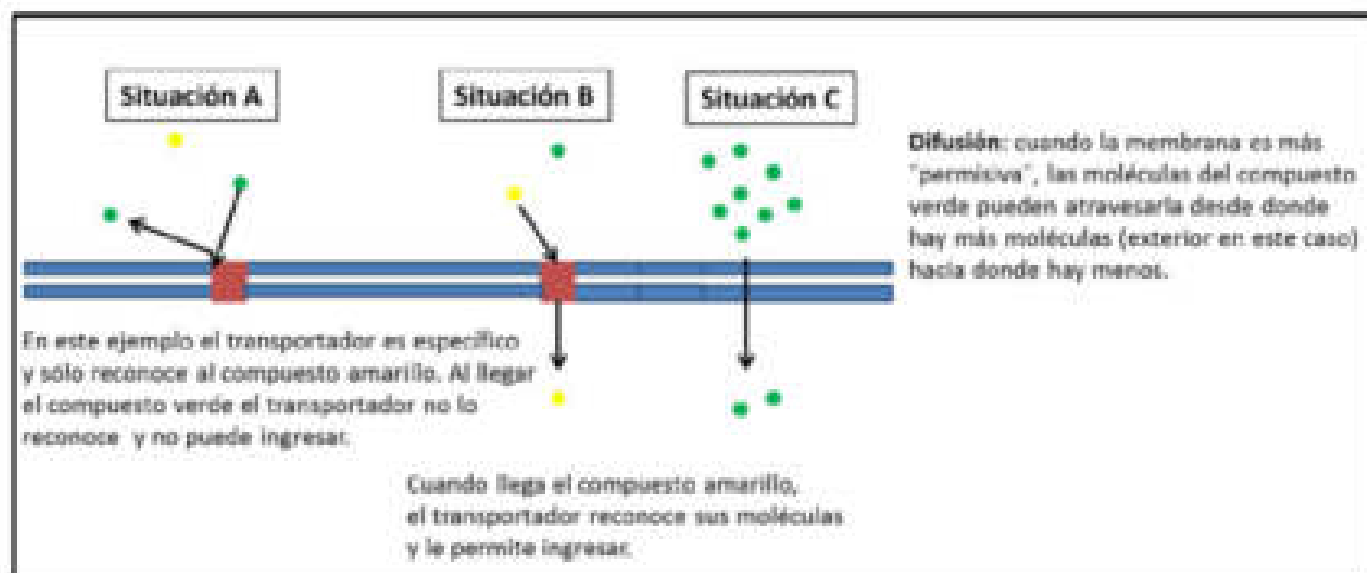


Figura 3. Esquema de una membrana plasmática, representando el transporte de moléculas mediante transportadores específicos y por difusión. Los círculos verdes, que no tienen un transportador específico en la membrana estarían representando a los contaminantes orgánicos, mientras que los amarillos que sí lo poseen representarían contaminantes inorgánicos.

Entonces para el caso de contaminantes orgánicos, que no tienen transportadores específicos en plantas e ingresan principalmente por difusión, tienden a ser menos tóxicos, no se acumulan a altos niveles y producen menos daño. En el caso de los contaminantes inorgánicos, al ser incorporados mediante procesos biológicos a través de los ya mencionados transportadores específicos presentes en la membrana plasmática (debido a que o bien son nutrientes o son similares a éstos, es decir tienen la forma de la llave o una muy parecida y que también abre la puerta), causan toxicidad a través de daños en la estructura celular y reemplazan otros nutrientes esenciales.

Teniendo en cuenta estas características diferentes, en aquellos suelos en los cuales coexisten ambos tipos de contaminantes, el desarrollo de vegetación y en consecuencia, el éxito de la fitorremediación, se ven muy limitados.

2) Biodisponibilidad del contaminante. Este aspecto depende fuertemente de:

i. Características Físico-químicas: aquellos contaminantes que no se disuelven en agua (son hidrofóbicos) se unen fuertemente a la materia orgánica, con lo cual ya no pueden ser absorbidos por las plantas. Los contaminantes que se evaporan fácilmente, pueden liberarse a la atmósfera sin transformaciones, mientras que los que no, son degradados por las plantas o secuestrados.

ii. Propiedades del suelo: los rasgos más importantes a tener en cuenta son su textura (cómo es el tamaño de las partículas de suelo, si grandes, medianas ó pequeñas), conductividad eléctrica (la capacidad del suelo para dejar pasar corriente eléctrica), materia orgánica (es decir, qué proporción de los compuestos que forman el suelo son orgánicos), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (en qué medida el suelo puede retener y liberar moléculas que tienen carga positiva) y estado nutrimental (sería algo así como una medida de si el suelo posee o no todos los nutrientes que las plantas van a necesitar para crecer) (Braddock *et al.*, 1997). Los suelos arcillosos (aquellos formados por partículas de tamaño pequeño y más compacto) retienen más agua que los arenosos (cuyas partículas son de tamaño más grande y se encuentran más separadas unas de otras) y tienen más sitios para unión de cationes, al igual que aquellos ricos en materia orgánica (humus). La biodisponibilidad de los contaminantes iónicos (es decir, qué tan libres están aquellos contaminantes que poseen carga positiva o negativa como para ser absorbidos por las plantas) está fuertemente influenciada por el pH del suelo.

Por último, los suelos contaminados desde hace mucho tiempo retienen más fuertemente los contaminantes que aquellos cuya contaminación ha sido reciente, motivo por el cual la fitorremediación se hace más difícil.

iii. Condiciones medioambientales: temperatura y humedad son los parámetros más importantes. Por ejemplo, para el caso de la humedad, algunos de los compuestos que se encuentran fuertemente retenidos cuando el suelo está seco, se disuelven en agua cuando llueve y de ese modo, son más fácilmente absorbidos por las plantas.

3) Interacciones planta-microorganismo: las plantas pueden por un lado, estimular (a través de la producción y liberación de sustancias) el crecimiento de la población microbiana capaz de remediar y, por otro, mediante la liberación de metabolitos secundarios (aquellos compuestos que produce la planta y que no son vitales para su crecimiento y supervivencia, es decir, si la planta dejara de producirlos no pasaría nada), activar la expresión de genes vinculados a la degradación de contaminantes o actuar como co-metabolitos (compuestos que ayudan al metabolito a cumplir su función) en dicha degradación. Por su parte, los microorganismos que viven en la zona de las raíces pueden estimular el crecimiento de las mismas e inhibir la proliferación de organismos patógenos. Tanto plantas como microorganismos pueden, al liberar sustancias al medio, modificar la biodisponibilidad del contaminante.

SI LA COMPARAMOS CON OTROS MÉTODOS DE REMEDIACIÓN, ¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITORREMEDIACIÓN?

Al analizar globalmente cuáles son los aspectos positivos y negativos vinculados al empleo de la fitorremediación como técnica para restaurar un determinado sustrato, las ventajas son claras. Primero cabe mencionar que al ser una tecnología sustentable (no requiere energía y permite reciclar agua, biomasa, nutrientes, entre otros), que produce menor cantidad de residuos secundarios y genera espacios verdes, posee una muy buena aceptación pública. En segundo lugar, nos permite descontaminar grandes superficies y puede realizarse tanto *"in situ"* (disminuyendo la diseminación de contaminantes a través del aire o el agua y evitando la excavación y el transporte de suelo con maquinarias de gran tamaño y peso) como *"ex situ"* (si bien es más costoso). Finalmente, es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos, aplicable a distintos tipos de sustratos (agua, aire, suelo, sedimentos) y sólo involucra prácticas agronómicas convencionales (fertilización, por ejemplo), actúa mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo (debido a la formación de una cubierta vegetal) y, quizá lo más importante a la hora de optar por emplear esta técnica, es que el costo asociado es de aproximadamente 7 a 10 veces menor (Chappell, 1998) que si se emplea un método convencional (como puede ser extraer porciones de suelo y *"lavarlos"*, de modo que el contaminante se disuelva en el agua utilizada y se vaya con ella, reponiendo luego el suelo).

Al considerar las limitaciones inherentes a la técnica, se destacan:

- El proceso se restringe a la zona de penetración de las raíces o a aguas poco profundas. De este modo, cuando la contaminación alcanza un nivel muy profundo, la fitorremediación se torna más complicada en estas zonas;

- La fitotoxicidad se vuelve limitante en áreas fuertemente contaminadas (si bien es posible adicionar enmiendas para amortiguar la toxicidad de suelos y permitir así el desarrollo de vegetación);

- Los tiempos requeridos para la eliminación del contaminante pueden ser prolongados;

- La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante en la captación. Es decir, cuando el contaminante está fuertemente retenido por el suelo (poco biodisponible), las plantas no pueden absorberlo fácilmente y por lo tanto, la fitorremediación se hace más difícil;

- No es universal, el empleo de una planta depende de varios factores típicos del lugar a tratar. Por ejemplo, si yo tengo una planta que puede absorber Plomo del suelo, pero que sólo crece en lugares con climas fríos, no me va a servir para remediar un suelo contaminado por plomo en un lugar en el que la temperatura suele tener valores de 25 a 30°C, ya que en estas condiciones la planta no va a crecer;

Finalmente, es importante tener en cuenta que se requiere una buena comprensión de cuáles son los productos resultantes de la fitodegradación y un buen control del sistema para evitar ya sea la proliferación de plagas (en el caso particular de sistemas acuáticos) como contaminaciones potenciales en la cadena trófica. Respecto a este último punto, los protocolos de fitorremediación contemplan que una vez transcurrido el tiempo necesario para la extracción del contaminante, se cosecha la biomasa y se incinera o da otro curso (reciclado de metales o fitominería, por ejemplo) dependiendo de la sustancia, evitando de este modo el pasaje a lo largo de la cadena alimentaria.

ALGO CONCRETO: EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Sauces para energía y fitorremediación

En el marco de un proyecto a nivel nacional que combinó la fitorremediación y la obtención de energía, se sembraron

en Suecia 16000 hectáreas con sauces en plantaciones bajas de corta rotación. La fase inicial de esta iniciativa consistió en sembrar 15000 esquejes por hectárea. A partir de ese momento, cada 5 años y en invierno, se recolecta la biomasa sobre el nivel del suelo. Esta biomasa tiene dos destinos alternativos: almacenamiento o producción de energía en centrales térmicas. Luego de la recolección, las plantas rebrotan con fuerza, por lo que no requiere de una nueva plantación. Se ha estimado que el ciclo vital económico es de aproximadamente 20 a 25 años y la producción por hectárea y año de 6 a 12 toneladas (dependiendo de las condiciones del terreno).

Durante cada ciclo de crecimiento la plantación se emplea para el tratamiento de aguas residuales, lixiviado de vertidos, aguas de escomenta de la industria maderera y fangos de cloaca y cenizas de madera (las cenizas de fondo se mezclan con los fangos y se aplican como fertilizantes que sustituyen a los inorgánicos convencionales). En todos los casos, simplemente se aplican los distintos desechos sobre el terreno mediante un sistema de riego.

Los resultados obtenidos hasta el momento superan en algunos aspectos las expectativas iniciales. Por ejemplo, para el tratamiento de aguas residuales - si bien se esperaba poder extraer cerca de 50 kg de Nitrógeno por hectárea y por año, el resultado alcanzó los 200 kg.

Situación Argentina

Si bien en nuestro país no se ven casos de aplicación tan concretos como el citado anteriormente, existen una serie de estudios y/o proyectos cuyo objetivo final es la implementación de la técnica para la resolución de problemas de contaminación específicos. Entre estos podemos citar:

- "Empleo del pasto cubano *Tithonia tubaeformis* en suelos contaminados con hidrocarburos": un grupo de investigación de la Universidad Nacional de Salta ha demostrado la capacidad de esta planta para la remoción de aceite usado de autos.

- "Proyecto INTI de prevención, identificación y remediación de problemas medioambientales": se evaluó el uso potencial de *Dicella americana* en restauración de suelos contaminados. De acuerdo a los datos obtenidos, *D. americana* sería una especie adecuada para la fitoestabilización de Zinc edáfico y para su fitoextracción en suelos enmendados con bioácidos (residuos que se obtienen del tratamiento de aguas residuales). Sin embargo, se han observado síntomas de toxicidad cuando las dosis de aplicación de bioácidos son elevadas.

- "Saneamiento de la Cuenca Matanza-Riachuelo": desde hace más de 20 años el grupo de Higiene y Sanidad de la Facultad de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Buenos Aires (UBA) viene investigando problemas asociados a la contaminación de distintos cursos de agua. Actualmente y en cooperación con la Cátedra de Química Analítica de la Facultad de Agronomía de la UBA y el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, se estudian la dinámica y toxicidad de contaminantes en la Cuenca Matanza-Riachuelo y ensayan posibles estrategias de fitorremediación.

- "Contaminación por boro: Estudio anatómico y capacidad fitoextractora de especies vegetales creciendo en el Valle de Lerma, Provincia de Salta": en este caso, que representa mi trabajo de tesis doctoral, se estudia entre otros aspectos la potencialidad de tres especies silvestres (*Nicotiana glauca* L., *Atriplex* sp. y *Brassica* sp.) para remediar suelos en los cuales las concentraciones de boro son elevadas. Se evalúa a través de cuál de los 6 mecanismos citados anteriormente actúan dichas especies y cuáles son los cambios morfo-anatómicos que el boro induce en las mismas.

"Contaminación por boro: estudio anatómico y capacidad fitoextractora de especies vegetales creciendo en el Valle de Lerma, Provincia de Salta".

Mi trabajo de tesis podría dividirse en dos partes.....

Por un lado, el estudio de cómo afecta la contaminación por boro a la estructura y las características de las plantas (*Nicotiana glauca*, *Atriplex* sp., *Brassica* sp. Y *Phaseolus vulgaris*). Para esto, por un lado se toman muestras de las plantas cuando crecen en lugares contaminados y se las compara con muestras de las mismas plantas que han crecido en suelos sin contaminación.

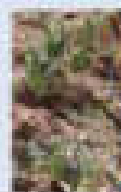
Por otro lado, se realizan experimentos en laboratorio para observar cómo es la germinación, el crecimiento y las características de las plantas cuando hay contaminación con boro y cuando no la hay.

Experimento realizado para estudiar la germinación, se colocan semillas en recipientes y a cada recipiente se le agrega agua con y sin boro.



Plántula de Poroto (*Phaseolus vulgaris*)

La segunda parte consiste en tomar muestras de plantas que crecen en suelos contaminados con boro y analizar cómo es la concentración de este elemento en las diferentes partes de la planta. Para poder hacer esto, se mide cuál es la concentración de boro en el suelo en el que creció la planta, en sus talcos y en sus tallos y hojas. Aquellas plantas que puedan absorber el boro del suelo y transportarlo a sus tallos y hojas, podrían ser utilizadas para remediar suelos con altas concentraciones de boro.



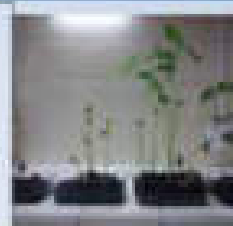
Tallos y hojas

Separamos la planta en Raíces

Se toman muestras de suelo.

Determinamos boro en las 3 porciones.

Plántulas de poroto creciendo en macetas. El objetivo es ver cómo la presencia o ausencia de boro modifica el crecimiento de las plantas.



RESUMIENDO

A lo largo de la historia, la abundancia de grandes extensiones de tierra, ha permitido el abandono de zonas con riesgo de contaminación o su reutilización con fines alternativos. Debido a esto, la remediación de suelos ha sido uno de los aspectos de la rehabilitación ambiental que menos interés ha recibido en el pasado. En los últimos años, el interés científico y social en las técnicas de fitorremediación se ha incrementado considerablemente debido a varias razones: extensa contaminación de suelos, avances en el conocimiento científico de los mecanismos y funciones de los organismos y ecosistemas, la presión de la opinión pública e intereses políticos y económicos.

Si bien la fitorremediación es una tecnología que se encuentra en desarrollo, tiene un enorme potencial para hacer frente a la creciente contaminación que el hombre genera. El hecho de ser una técnica que se ve muy influenciada por una gran diversidad de factores (características del suelo, condiciones climáticas, biodisponibilidad de contaminantes, etc.), no limita su aplicabilidad, sino que pone de manifiesto la necesidad de generar grupos de estudio multidisciplinarios que contemplen todos estos aspectos y brinden soluciones conjuntas. En este sentido, tampoco se plantea el empleo aislado de la fitorremediación como única alternativa para la recuperación de sitios contaminados, sino que se postula como una herramienta adicional que ayuda al saneamiento de dichas zonas. La comprensión de este aspecto es esencial, particularmente en áreas con un alto grado de contaminación en las cuales cuando se han aplicado técnicas de un solo tipo, en muchos casos han fracasado.

Se espera que en los próximos años, debido a su progresiva aceptación pública, mayor conocimiento y bajo costo, la fitorremediación se contemple en las acciones de los distintos gobiernos tendientes a recuperar sitios contaminados y se impulsen proyectos de investigación que permitan dilucidar aquellos aspectos sobre los cuales el conocimiento actual es limitado.

Literatura Citada

- Braddock, J. F., M. L. Ruth, P. H. Catterall, J. L. Walworth y K. A. McCarthy. 1997. Enhancement and inhibition of microbial activity in hydrocarbon-contaminated arctic soils: implications for nutrient-amended bioremediation. *Environ.Sci. Technol.* 31: 2078-2084.
- Chappell, US Environmental Protection Agency, 1998.

Literatura Sugerida

- Delgado-Lopez et al. Phytoremediation: an alternative to eliminate pollution. *Tropical an Subtropical Agroecosystems.* 14:597-612. 2011;
- Dimitriou I. Aronson P. Saucos para energia y fitorremediación en Suecia. Sitio FAO.
- Dietz A. C., Schnoor J. L. *Environmental Health Perspectives.* Vol.109.2001;
- LARENAS PARADA, Giovanna y DE VIANA, Marta L. Germinación y supervivencia del pasto cubano *Tithonia tubaeformis* (Asteraceae) en suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. *Ecol. austral.* (2005), Vol. 15, Nro.2, pp: 177-181;
- Pilon-Smith. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology.* 56: 15-39. 2005;
- Revista Nuestra Farmacia (Universidad de Buenos Aires). Sección Medio Ambiente. 2007-N°50;
- Libro de Resúmenes INTI 'Encuentro de Primavera 2009'.

Biología, Ecología, Paleontología y Filogenia de nuestra tortuga Chaqueña (*Chelonoidis chilensis*)

Pequeño pariente de las tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos

Gerardo Gabriel Zacarias^{1,2}, Juan Manuel Díaz Gómez¹, Marcelo Saul de la Fuente³

¹Instituto de Bio y Geociencias del Neco (CONICET-UNSa) y Facultad de Ciencias Naturales (UNSa)

²Cátedra de Diversidad Biológica IV, Facultad de Ciencias Naturales * ggzaleosciscarias@gmail.com jmandarwin@gmail.com

³Cátedra de Vertebrados, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Sede Regional Orán.

⁴IANIGLA-CONICET - Museo de Historia Natural de San Rafael, Provincia de Mendoza Argentina Parque Mariano Moreno S/N.

⁵mdeLaFuente1910@gmail.com.

La tortuga *Chelonoidis chilensis* es muy popular en nuestro país y en el mundo. Es también conocida como napota GataGat (lengua Qom Tapaqta), chitani (lengua Wichí), karumbé (Guaraní), Charapa (lengua Quechua) por los pueblos originarios de Argentina. En América del Norte y gran parte de Europa es conocida como tortuga chaqueña. María Elena Walsh le dedicó una canción llamada "Manuelita" que inspiró a la realización de una película animada que fue llevada al cine por García Ferré. Las tortugas *Chelonoidis chilensis* no solamente se encuentran distribuidas en Argentina, también se encuentran en Bolivia y Paraguay y habitan las regiones fitogeográficas del Chaco Seco y Monte con diferencias morfológicas y genéticas (cariotipo) importantes entre las poblaciones que habitan el Chaco Seco y el Monte.

Actualmente, el Chaco Seco y el Monte se ven afectados por la actividad humana que repercute severamente en las poblaciones de estas tortugas. El mascotismo y algunos mitos que existen en torno a las tortugas terrestres, ponen en peligro a la especie. El registro fósil de la tortuga chaqueña es escaso pero muy importante porque indica que *Chelonoidis chilensis* está en nuestro territorio desde hace dos millones de años. Es decir, convivió con fauna extinta como perezosos gigantes, gliptodontes, tigres dientes de sable, elefantes y caballos sudamericanos y tortugas terrestres gigantes, todas formas extintas. En América del Sur, *Chelonoidis chilensis* es la más pequeña de las especies agrupadas en el género *Chelonoidis* (del griego *Chelone*= tortuga) que reúne a la tortuga de patas rojas *Ch. carbonaria*, la tortuga de patas amarillas *Ch. idoniscolata* y las tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos. Más sorprendente es que evidencias morfológicas y genéticas dan como resultado que dentro del género *Chelonoidis* la tortuga *Ch. chilensis* son los parientes más cercanos de las tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos.



Imagen: *Chelonoidis chilensis* morfo paterii (una de las especies de tortugas chaqueñas) adelante y en el fondo *Chelonoidis nigra* (uno de los morfotipos de la especie de tortuga chaqueña).
Créditos: Foto Ch. nigra Dallas Krentz/Flickr (<http://laprensa.peru.com/tecnologia-ciencia/noticia-islas-galapagos-pepe-misionero-tortuga-gigante-30663>)

¿QUÉ ES UNA TORTUGA?

Una tortuga es un reptil (Saurópido) que posee una condición única entre los vertebrados: un caparazón formado por dos partes, llamadas espaldar (dorsal) y plastrón (ventral). El espaldar se forma a partir de la expansión de las costillas envolviendo a las cinturas escapulares, y el plastrón se originaría a partir de osteodermos ventrales (llamadas gastralias que, en Saurópodos actuales sólo persisten en los cocodrilos.) (Figura 1a).

Tanto el espaldar como el plastrón se encuentran formados por una capa interna de tejido dérmico (placas de hueso) y otra capa externa de tejido epidérmico (escudos, aunque por debajo de esta capa se encuentra piel y dermis que aún no forma hueso) donde se observan líneas de crecimiento y diferente coloración (Figura 1b).

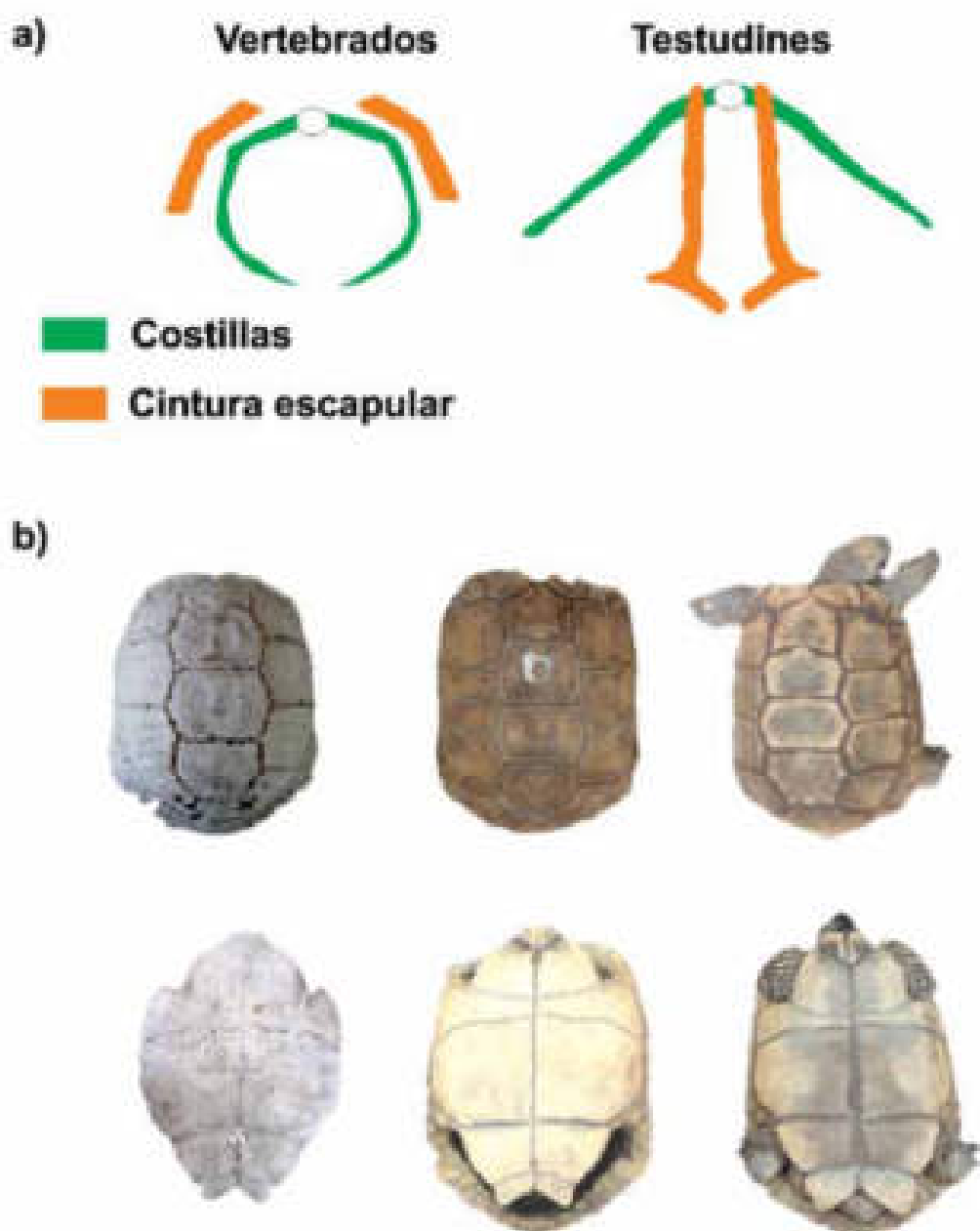


Figura 1. a) Plan corporal de un vertebrado en comparación con Testudines. b) arriba visto dorsal del caparazón y vista ventral del plastrón, izquierda parte ósea, centro parte de los escudos y derecha espécimen vivo de *Chelonia chilensis* morfo petersi.

¿CÓMO SE CLASIFICA A LAS TORTUGAS?

Las tortugas son vertebrados (poseen vértebras), tetrápodos (poseen cuatro extremidades) y amniotas (ver **Temas BGNQA**, vol 4 (2) 2014).

Tradicionalmente se relacionaba a las tortugas con un grupo extinto de reptiles conocido como Parareptiles (Anápsidos primitivos), por poseer al igual que éstos, un cráneo compacto sin ninguna abertura para la inserción de los músculos de la región temporal. Los científicos siempre discutieron si esta ausencia era primitiva (al principio no hubo abertura) o derivada (la abertura desapareció). Recientemente Schoch y Sues (2015) han aportado evidencias para sostener esta última hipótesis, a partir del hallazgo de un cráneo con dos aberturas para la inserción de músculos temporales en una tortuga basal (cráneo Diápsido). Este cráneo es similar al cráneo de una Tuatara actual (reptil parecido a una iguana, que habita islas pequeñas cercanas a Nueva Zelanda). La condición diápsida del cráneo, con dos aberturas en la región temporal con distintas modificaciones aparece en otros reptiles; Cocodrilos, Aves, Lagartos y Serpientes (también Dinosaurios y reptiles voladores como Pterosaurios). Este hallazgo indicaría que las tortugas comparten un ancestro común con los reptiles Diápsidos y no con especies extintas como los Parareptiles (Figura 2).

Las tortugas se denominan científicamente "Testudinata". En este gran grupo se incluyen tortugas extintas y actuales denominadas Testudines. Éstas se dividen en pleurodiras y cryptodiras según su forma de retracción del cuello y cabeza dentro del caparazón y de la relación de la cintura pélvica con el plastrón. Las pleurodiras son aquellas tortugas que guardan el cuello lateralmente o en "C" y que poseen una unión ósea entre las cinturas pélvicas y el plastrón. En las cryptodiras el cuello se retrae en "S" y su cintura pélvica se une al plastrón mediante ligamentos (Figura 3a y b).

Las pleurodiras son en la actualidad tortugas dulceacuícolas características del hemisferio sur, con representantes en África, América del Sur y Australia. En esta agrupación se encuentra la familia Chelidae (*Phrynops* y *Acanthochelys*), la familia Pelomedusidae (*Pelomedusa* y *Pelusios*)

y la familia Podocnemididae (*Erymnochelys*, *Peltocephalus* y *Podocnemis*). Las cryptodiras son tortugas que ocupan diversos ambientes, desde aguas de mares cálidos del planeta (como las tortugas marinas verdes Familia Cheloniidae: *Chelonia mydas*), hasta ambientes dulceacuícolas como la tortuga atigrada (Familia Emydidae: *Trachemys dorbignyi*) y otras que son terrestres como las tortugas de la Familia Testudinidae. En América del Sur, dentro de esta última categoría se encuentran, las tortugas del género *Chelonoidis*.

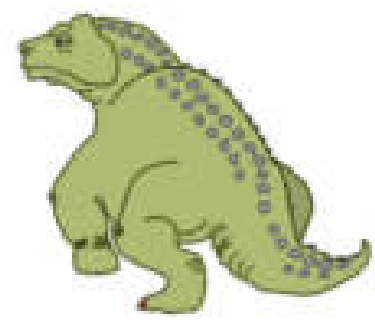
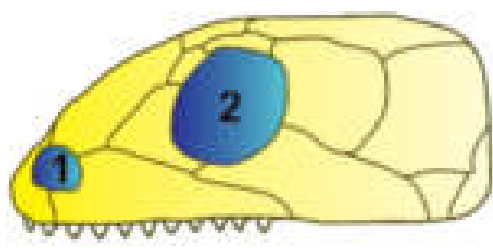
Las tortugas del género *Chelonoidis* agrupan a las famosas especies de tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos de caparazón oscuro (*Ch. abigdoni*, *Ch. hoodensis*, *Ch. chathamensis*, *Ch. donfaustoi*, *Ch. porteri*, *Ch. darwini*, *Ch. ephippium*, *Ch. elephantopus*, *Ch. guntheri*, *Ch. microphyes*, *Ch. vanderburghi*, *Ch. vicina* y *Ch. becki*, *Ch. phantastica*), a especies continentales coloridas como la tortuga de caparazón oscuro con manchas rojas a naranjas y de patas con la misma coloración (*Ch. carbonaria*) y la tortuga de caparazón y patas amarillas (*Ch. denticulata*). También dentro de este género se encuentra la tortuga de tierra con caparazón marrón amarillento, con sus variaciones de claro a más oscuras en las poblaciones del Norte al Sur (*Ch. chilensis*).

El tamaño adulto de las especies mencionadas del género *Chelonoidis*, varía desde las gigantes con una longitud recta del caparazón (Lrc) de 110 cm, 60cm en *Ch. denticulata*, 40 cm en *Ch. carbonaria* y 25cm en *Ch. chilensis*. Hay científicos que han observado individuos de *Ch. chilensis* con 40 cm.

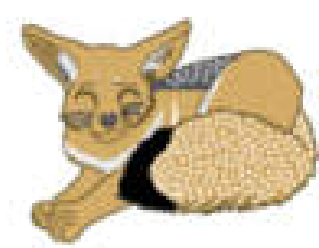
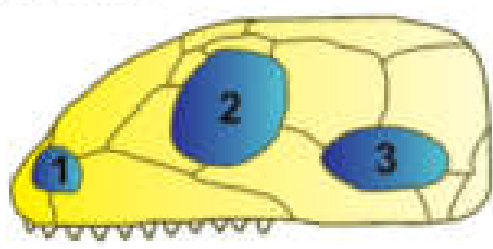
Las tortugas *Ch. carbonaria* y *Ch. denticulata* se distribuyen en la región Amazónica, aunque la tortuga de patas rojas llega hasta la provincia de Formosa.

Algunos autores han sugerido que las tortugas *Chelonoidis* de América del Sur estarían relacionadas con especies de tortugas terrestres africanas como por ejemplo: *Centrochelys sulcata* o *Kimixys belliana* (Lee et al., 2006).

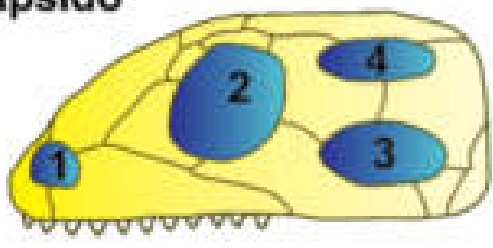
Anápsido



Sinápsido



Diápsido



- 1: orificios nasales
- 2: cuenca ocular
- 3: fenestra temporal
- 4: segunda fenestra temporal

Figura 2. Tipos de cráneos Amniotas. Anápsido: *Parapsaurus* (Parapsífil), Sinápsido: zorro gris *Lycalopex gymnocercus* (Mamífero), y Diápsido: *Ch. chilensis* tortuga patagónica.

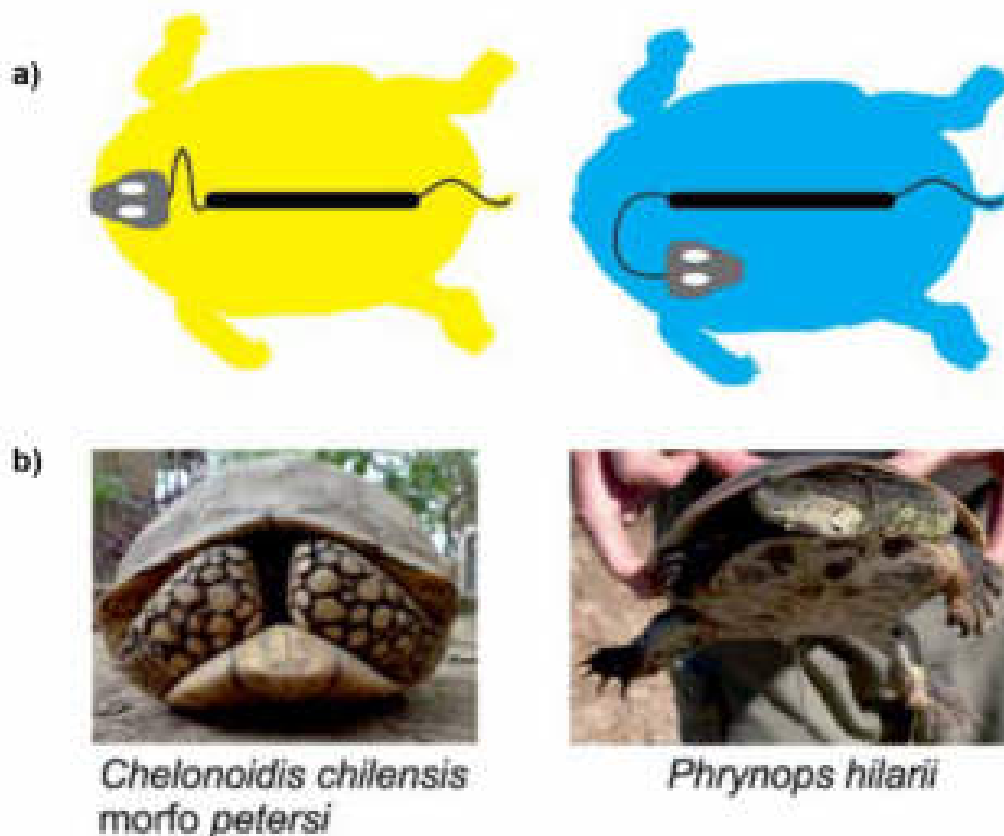


Figura 3. a) Esquemas de la intracción del cuello de Cryptodinas y Pleurodinas. b) Ejemplos de especies de Cryptodinas y Pleurodinas. Créditos: Foto Phrynops: Islam Alex Esmehan (www.fotoserve.com.ar).

¿EXISTE MÁS DE UNA ESPECIE DE TORTUGAS CHAQUEÑAS?

¿Existe más de una especie de tortugas Chaqueñas? En 1870 el herpetólogo inglés John Gray afirmó que en el extremo Sur de Sudamérica existe sólo una especie de tortuga chaqueña (*Chelonoidis chilensis*). En 1973 el zoólogo argentino Marcos Freiberg encontró dos especies más, en el Norte de Argentina *Chelonoidis petersi*, en el Centro *Chelonoidis chilensis* y en el Sur *Chelonoidis donoso-barrosi*. En 1988 la paleoherpetóloga María Fernández concluyó que eran son sólo dos especies; las poblaciones de la región Chaco corresponden a *Ch. petersi* y las que se distribuyen en la región Monte corresponden a *Ch. chilensis* (siendo sinónimo *Ch. donoso-barrosi*). También destacó, que las poblaciones de *Ch. petersi* poseen dos variedades, la variedad clara (amarillo uniforme en el caparazón y plastrón) y una variedad con areolas de marrón oscuro. Más tarde, estudios moleculares (Fritz et al., 2012) concluyeron que existe una sola especie, *Ch. chilensis*. Casi al mismo tiempo, Sánchez (Sánchez, 2012; Sánchez et al., 2015) demostraron que existen diferencias en el cariotipo (representación gráfica ordenada de los cromosomas en la metafase de mitosis o meiosis de la célula) en poblaciones del Chaco seco y del Monte. Por este motivo, varios científicos decidieron diferenciar a las poblaciones del Chaco seco (morfo "petersi") y las del Monte (morfo "chilensis"). La misma autora, en su tesis doctoral encontró que en Salinas Grandes (provincias de La Rioja, Córdoba y Catamarca) existe mezcla genética entre individuos de ambas poblaciones (híbridos).

¿DÓNDE VIVEN LAS TORTUGAS CHAQUEÑAS, CHELONOIDIS CHILENSIS?

La especie *Ch. chilensis* se distribuye en las provincias fitogeográficas del Chaco y Monte. El morfo "petersi" del Chaco seco (Argentina, Bolivia y Paraguay) posee las variedades de caparazón claro y con areolas de mamón oscuro (Figura 4 y 5), mientras que el morfo "chilensis" del Monte (Argentina), posee caparazón más oscuro (Figuras 4 y 6). Richard (1999) mencionó que *Ch. chilensis* construye madrigueras inclinadas donde puede introducir 1/3 de su cuerpo. También aprovecha las madrigueras de vizcachas (Mammalia: *Lagostomus maximus*) o de peludos (Mammalia: *ChaetophRACTUS vellerosus*).

Es importante destacar que la provincia fitogeográfica del Chaco es una región semiárida de vegetación heterogénea con grandes extensiones boscosas y otras de áreas abiertas con pastizales con un régimen de lluvias que varía entre 1000 mm anuales en el sector nororiental hasta unos 400 milímetros anuales en el sudoeste. En contraste, la provincia fitogeográfica del Monte es una región árida relativamente homogénea con vegetación baja (estepa) con un régimen pluvial que no supera los 200 milímetros anuales.

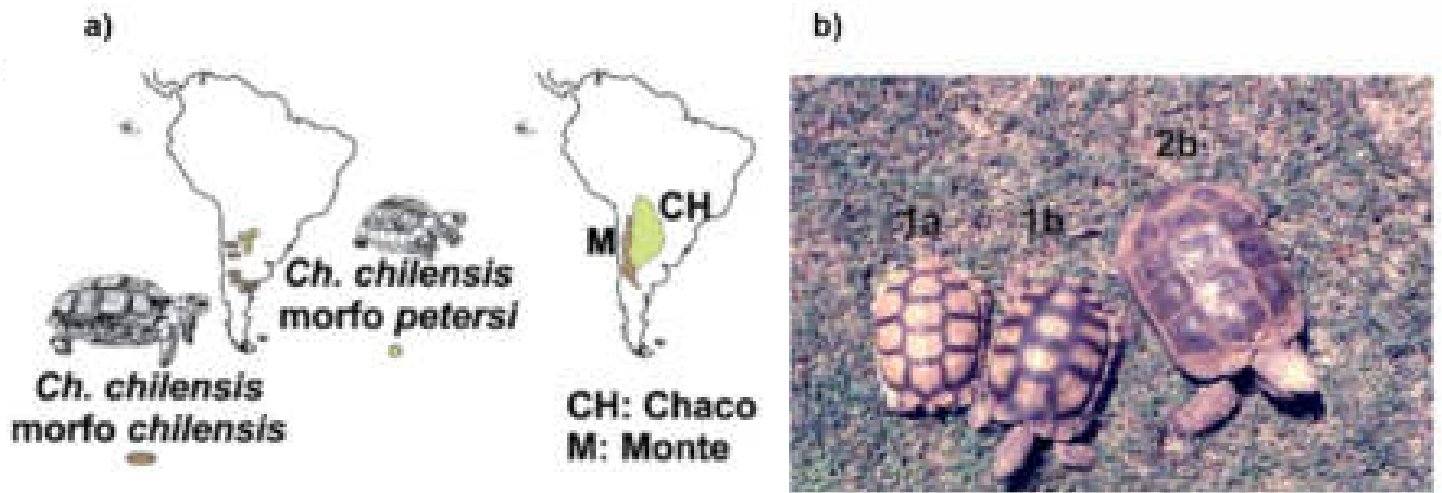


Figura 4. a) Izquierda, distribución de la especie *Ch. chilensis*, derecha mapa con la distribución de las regiones del Chaco y Monte, b) variedades morfológicas de la especie *Ch. chilensis*. Morfo *petersi* 1a variedad de caparazón claro y 1b variedad con anillos de marrón oscuro, 2b morfo chilensis con caparazón más oscuro. Nótese la diferencia de tamaño del morfo chilensis respecto de morfo *petersi*. **Créditos:** Fotos de morfo *petersi* y morfo chilensis, gentileza Enrique Richard.



Figura 5. *Chelonioidis chilensis morfo petersi*: izquierda distribución de la especie. Vista dorsal y ventral en los especímenes de la provincia del Chaco. a) la variedad clara amarillo uniforme en el caparazón y plastrón, b) variedad oscura con anillos de marrón oscuro (señalado por la flecha). c) *Ch. chilensis morfo petersi* en un ambiente degradado de la localidad de Fuerte Esperanza, en la provincia de Chaco, Argentina y d) *Ch. chilensis morfo petersi* en la localidad de Rivadavia, provincia de Salta. **Créditos:** Fotos c) Gustavo Marín y Enrique Derlindati (Delegación NDA, Administración de Parques Nacionales y Universidad Nacional de Salta, provincia de Salta), d) Roberto Neumann (INTA EEA Salta/INIA).

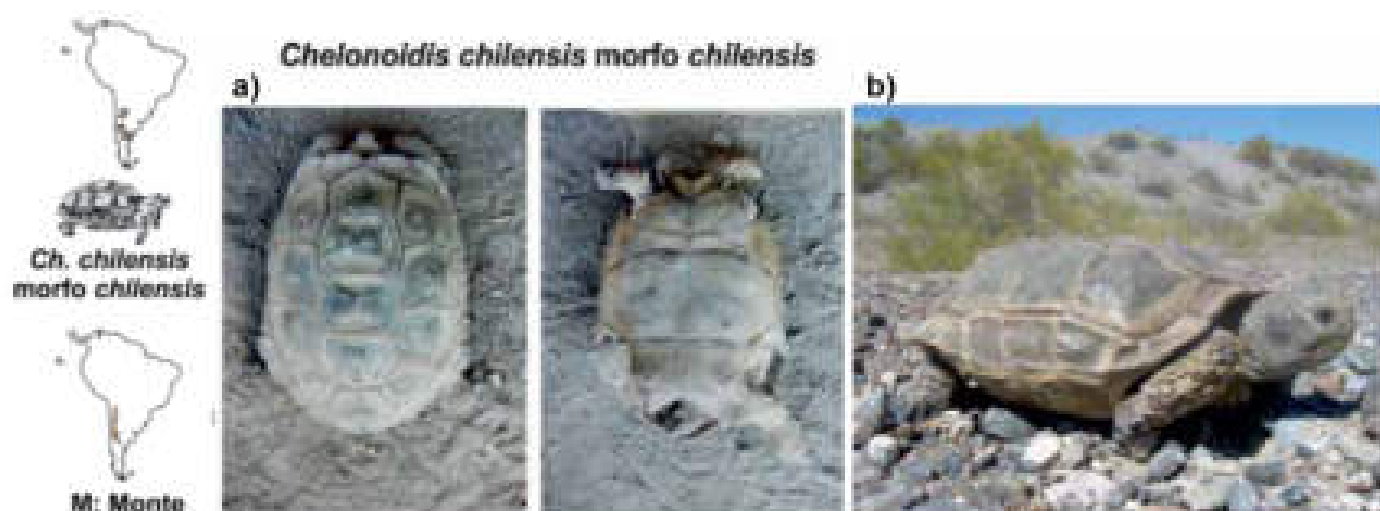


Figura 6. *Chelonoidis chilensis morfo chilensis*: izquierda distribución de la especie. a) Dorsal, Vista dorsal y ventral en los especímenes de la provincia de Mendoza. b) *Ch. chilensis morfo chilensis* en su ambiente del Monte, en la provincia de Río Negro. Créditos: Foto a) Marcelo de la Fuente, foto b) Marcelo Gavensky (<http://www.ecoingastris.org/site/images.php?id=2590>).

¿QUÉ CÓMEN LAS TORTUGAS CHAQUEÑAS (*CHELONOIDIS CHILENSIS*)?

La dieta de la tortuga chaqueña es herbívora, consumiendo tallos y frutos de cactáceas (*Opuntia sulphurea*, *Cereus aestivus*, *Perocactus tuberosus*), gramíneas (*Chloris castilloniana*, *Trichloris crinita*, *Alternanthera pugnans*, *Sphaeralcea miniata*, *S. mendocina*, *Portulaca grandiflora*) y vainas de leguminosas (*Prosopis flexuosa*). Varela y Bucher (2002) destacaron la importancia ecológica de las tortugas *Ch. chilensis* en los bosques de la provincia fitogeográfica del Chaco seco, porque contribuyen a la dispersión de semillas mediante el consumo de frutos de especies de árboles (*Ziziphus mistol*, *Prosopis nigra*, *Prosopis elata* y *Prosopis torquata*) y arbustos (*Celtis pallida*).

¿CÓMO IDENTIFICAMOS MACHOS DE HEMBRAS EN LA TORTUGA *CHELONOIDIS CHILENSIS*?

Se pueden identificar machos de hembras solamente en individuos adultos, porque los machos presentan (como en la gran mayoría de las tortugas) una concavidad en la región caudal del plastrón. Esta concavidad muy característica en los machos adultos, es útil al momento del apareamiento, ya que se acomoda al caparazón convexo de la hembra (Figura 7).

Las hembras poseen plastrones planos. En estadio adulto, en la especie *Ch. chilensis* la hembra posee mayor tamaño que el macho.

¿CUÁNTOS HUEVOS PONEN LAS TORTUGAS *CH. CHILENSIS* EN CADA PUESTA Y CUÁNTO TIEMPO VIVEN APROXIMADAMENTE?

Para construir el nido seleccionan sedimentos blandos o para ablandar el sedimento lo orinan. Mediante movimientos de las patas traseras, las hembras oviponen. Cabrera (1998) y Richard (1999, comunicación personal) describieron en cada puesta entre uno o hasta cuatro huevos en poblaciones chaqueñas y en poblaciones del Monte hasta nueve huevos. Es importante destacar, que es todo un "logro" que la tortuga pueda alcanzar la madurez sexual ya que previamente sufren intensa depredación de huevos y de juveniles, entre otras causas. Es posible que compensen estos inconvenientes, con una elevada longevidad. Richard (1999) postuló que las hembras adultas pueden llegar a vivir unos 45 años, lo que permitiría que al menos un descendiente reinicie el ciclo de vida.



Figura 7. Diferencia entre hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Ch. chilensis morfo petroni*.

¿CÓMO SON LOS JUVENILES?

Las formas juveniles poseen un caparazón en vista dorsal redondeada y en vista lateral aplanada (Figura 8). Los colores del caparazón varían de marrones verdosos a amarillos (les facilita mimetizarse con el ambiente para protegerse de los depredadores) mientras que el plastrón se mantiene en amarillo. Al nacer, poseen el diente del huevo (estructura córnea el mismo material que nuestras uñas) que con ayuda de movimientos del cuerpo, les ayuda a romper la cáscara del huevo para eclosionar. El diente del huevo que se ubica en el maxilar del pico, desaparece casi inmediatamente después de la eclosión. Cuando nacen, poseen en la región ventral el saco vitelino que luego se reabsorbe (Figura 8).

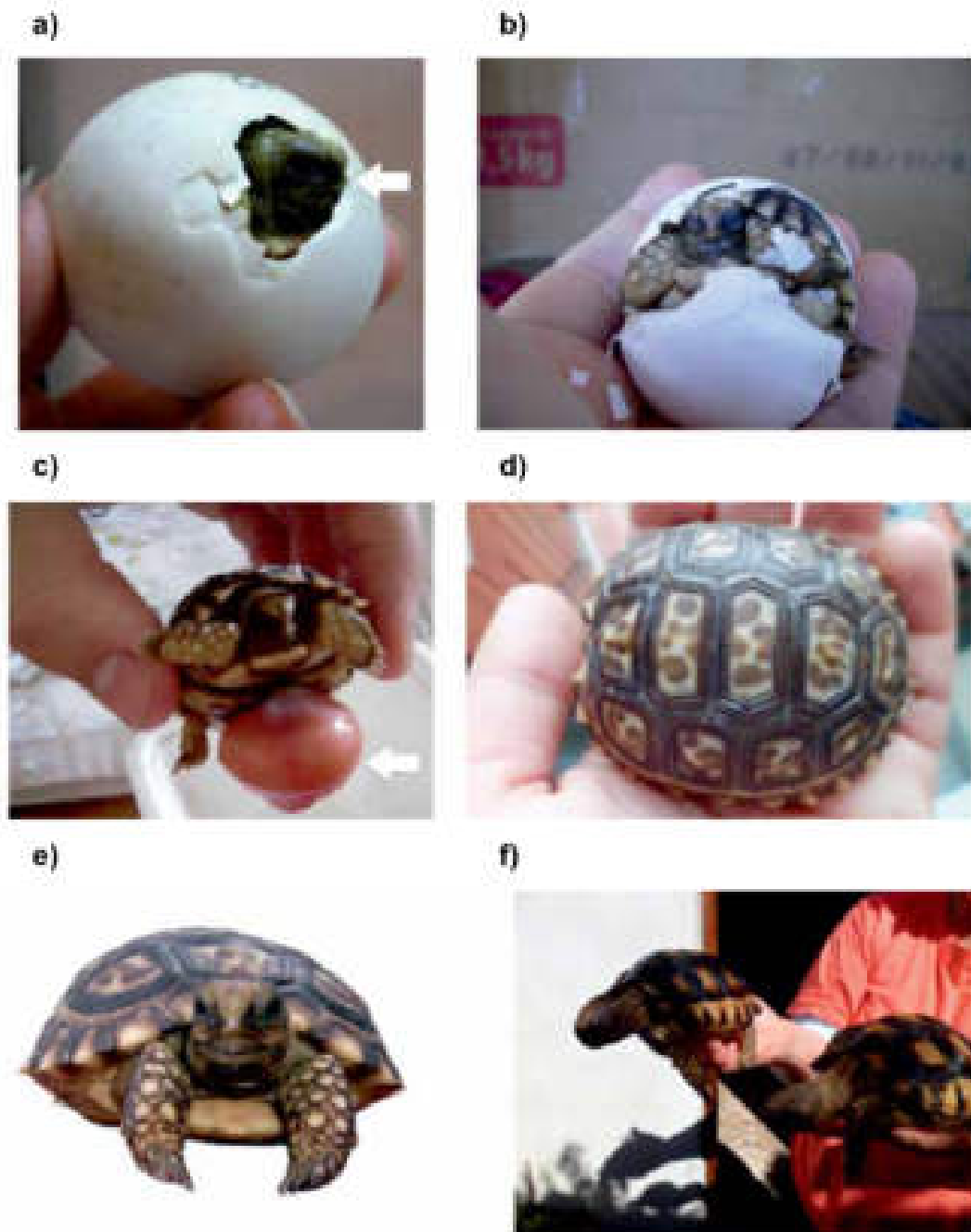


Figura 8. Fotos de juveniles de *Ch. chilensis miris petrosi*. a) Nótese el diente del huevo, b) nótese que por movimientos de la cabeza y patas, rompe el huevo para eclosionar, c) nótese el saco vitelino del juvenil después de haber eclosionado, d) nótese el caparazón más aplanado con variedades de colores marrones y amarillos e) vista frontal de un juvenil hembra de la variedad clara, f) juveniles de la variedad oscura. **Créditos:** Foto a) Bianca Pincini (Residencia Chaco).

EVIDENCIAS PALEONTOLÓGICAS DE LAS TORTUGAS CHELONOIDIS CHILENSIS

La Paleontología es la ciencia que estudia los organismos que habitaron el planeta Tierra en el pasado (por decir unas fechas, desde hace 10.000 años hasta millones de años atrás). Las evidencias Paleontológicas son los restos fósiles. Un fósil es toda evidencia de organismos vivos del pasado, que puede estar representado por un hueso, restos de piel, huellas, o estar incluidas en ámbar (como un mosquito en ámbar) o en hielo (como los mamuts en Siberia, Rusia). Por lo general, la evidencia paleontológica suele ser fragmentaria.

De la Fuente y Cabrera (1988) dieron a conocer restos fósiles fragmentarios asignables a *Ch. chilensis* de edad presumiblemente Pliocena encontrados en la provincia de Córdoba, lo que prueba que la especie habitaba la región hace por lo menos más de dos millones de años. Es importante destacar, que hace dos millones de años atrás, se encontraban mamíferos de gran porte con fauna actual, como perezosos gigantes (*Megatherium americanum*), glyptodontes (*Neosclerocalyptus paskoensis*, *Glyptodon clavipes*), tigres dientes de sable (*Smilodon populator*), mastodontes (*Notiomastodon platensis*) y caballos (*Amerhippus neogeus*) endémicos de América del Sur. También existieron tortugas terrestres gigantes continentales como *Chelonoidis australis* en el Plioceno (2.56 millones de años) y *Chelonoidis tutzae* en el Pleistoceno (entre 28 mil y 56 mil años). Es decir que *Ch. chilensis* convivió también con fauna extinta (Figura 9).

Cione et al. (2003) postularon una hipótesis (que posee consenso científico) denominada "la destrucción del Zig-zag" que brinda una explicación de la extinción de toda esta fauna (incluyendo las tortugas terrestres gigantes continentales). La hipótesis postula que las fluctuaciones climáticas (del tipo Zig Zag) disminuían las poblaciones cuando las condiciones eran adversas, en la situación contraria las poblaciones se incrementaban hasta los niveles biológicos estables. Este comportamiento de las poblaciones de las distintas especies que integraron esta megafauna en algún momento se "rompió" posiblemente por una prolongada edad de Hielo como la del Último Máximo Glacial o por la intervención de nuestra especie (*Homo sapiens*) en el momento donde las poblaciones se encontraban disminuidas.

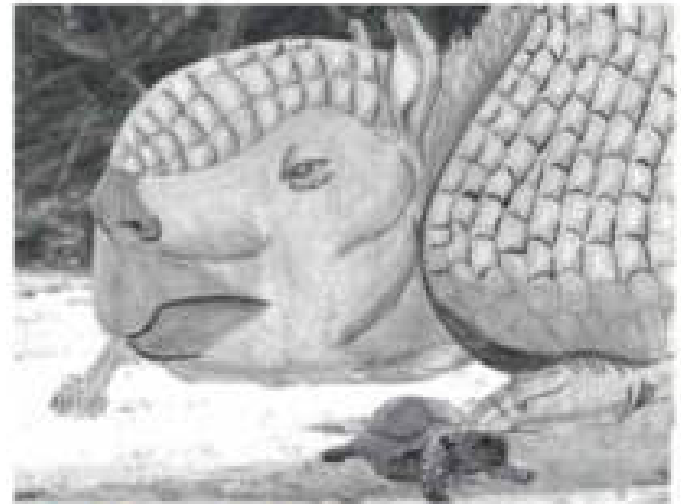


Figura 9. Recreación de *Ch. chilensis* morfi: patena conviviendo con fauna extinta, como por ejemplo *Neosclerocalyptus paskoensis* (una forma de *Glyptodontes* de mediano tamaño que habitó el Chaco durante el Pleistoceno).

Las fluctuaciones climáticas durante el Cenozoico (desde el Paleoceno hasta la actualidad) también podrían haber afectado el rango de distribución de especies que habitan actualmente América del Sur. Por ejemplo *Ch. denticulata* que habita selvas tropicales y subtropicales del Norte de América del Sur (Amazonia y parte de la selva Paranaense) aunque existen fósiles de hace 65 mil años (Pleistoceno Tardío) en lo que es hoy la provincia de Entre Ríos (Manzano et al., 2009).

A partir de nuestros análisis de la biogeografía de *Chelonoidis* (Zacarias et al., 2015) encontramos que para *Ch. chilensis* el área ancestral además de incluir las regiones Chaco y Monte podría haber alcanzado la Amazonia. Si bien aún no se han registrado fósiles asignados a *Ch. chilensis* en dicha región, de hallarse uno, podría sumar evidencia de que las condiciones ambientales fluctuaron en Amazonia desde ambientes áridos a húmedos durante gran parte del Cenozoico.

Existen otras hipótesis que brindan una explicación sobre las diferencias entre las poblaciones de *Ch. chilensis* del Chaco seco y Monte. Richard (1999) y Sánchez (2012) postularon que durante el Último Máximo Glacial las poblaciones del Sur de *Ch. chilensis* se redujeron. Esto podría haber provocado la diferenciación genética de las poblaciones del Monte respecto de las del Chaco seco aunque sin las condiciones de aislamiento necesario para que se interrumpa el flujo de genes (Sánchez, 2012).

¿SABÍAS QUE?

Ch. chilensis posee un nombre que pareciera indicar que es de origen chileno. Sin embargo esto no es correcto, la especie no se encuentra en Chile, de hecho en Chile no habita ninguna especie de tortuga, a excepción de las tortugas marinas que ocasionalmente llegan a costas chilenas. Un nombre más adecuado para indicar su procedencia geográfica habría sido por ejemplo *Cheloidis argentivensis*. Sin embargo, el error al nombrar esta especie se debe a una confusión del zoólogo inglés Gray en 1870, al ver que en la etiqueta del espécimen de tortuga decía Valparaíso, Chile. Sin embargo, ese espécimen fue colectado en la provincia de Mendoza, Argentina. Por razones de cercanía geográfica, fue enviado a Inglaterra desde el puerto de Valparaíso en lugar del puerto de Buenos Aires. Este error fue notado por el zoólogo inglés Philip Scudder en el mismo año pero las normas de la Nomenclatura Zoológica Internacional determinan que el nombre científico válido es aquel que primero se publicó.

AMENAZAS Y PELIGROS PARA LAS TORTUGAS CHELONOIDIS CHILENSIS

Los peligros y amenazas que enfrentan las tortugas *Ch. chilensis* son fundamentalmente la pérdida de su hábitat y el mascotismo (Figura 10).

La pérdida del hábitat de las tortugas se da principalmente por la expansión de la frontera agrícola, ganadera, forestal, urbana, proliferación de rutas, etc. (Torrella y Adamoli, 2005; Pol et al., 2009) Esto afecta a las poblaciones de tortugas al perderse la cobertura vegetal y la sombra que ésta produce, causando que las tortugas mueran por sobrecalentamiento ya que ambientes chaqueños pueden registrarse temperaturas de hasta 40°. La pérdida del ambiente genera que las tortugas contacten con zonas rurales o urbanizadas, que sumado a su comportamiento dócil y su facilidad de captura, las convierte en animales objeto de tráfico para mascotismo.

Las tortugas son animales silvestres que necesitan un ambiente amplio, en la naturaleza recorren distancias grandes (que uno no se imaginaría) en busca de alimento y pareja. Es frecuente que ocurran muertes de tortugas por atropellamiento de vehículos en las rutas y capturas.

En cautiverio, las tortugas *Ch. chilensis* pueden ser parasitadas (Figura 10 a), una práctica muy común cuando se encuentran con garrapatas, es extirpar las garrapatas con pinzas, lo que suele lastimarlas y provocarles infecciones (Figura 10 b). Muchas personas tienen tortugas conviviendo con perros o gatos, lo que no es recomendable, porque estos animales domésticos tienden a atacarlas en la mayoría de los casos, produciéndoles graves heridas (Figura 10 c). Ocurren muchas muertes de tortugas en cautiverio por enfermedades como consecuencia de la humedad (Figura 10 d). También ocurren muertes de tortugas por hormigas en los jardines, porque el ácido fórmico de estos insectos con el tiempo tiende a desintegrar el hueso de los caparazones y plastrones (Figura 10 e). También hay casos de tortugas muertas por incineración en la quema de hojarasca, ya que las tortugas suelen buscar refugio donde se acumulan hojas secas.

La supervivencia de las *Ch. chilensis* está relacionada con la necesidad de un año para desarrollarse y eclosionar, sumado a que el número de puestas de huevos son bajas (2 ó 9 huevos en general). Esta condición las vuelve muy vulnerables ante la captura de hembras adultas como mascotas.

Estudios de la abundancia de individuos de *Ch. chilensis* revelaron que la especie es vulnerable tanto por la pérdida de hábitat como por la captura ilegal (Sánchez et al., 2014).

A TENER EN CUENTA:

Lamentablemente la mayoría de los nombres dados a las tortugas terrestres que habitan el territorio de Argentina como "tortuga de jardín" tienen que ver con su cría en cautiverio. A su vez es importante aclarar que la distribución natural de la especie *Ch. chilensis* no alcanza la localidad de Pehuajó (Provincia de Buenos Aires), como la canción infantil de María Elena Walsh. Si alguien encuentra *Ch. chilensis* en Pehuajó o en París, es producto del tráfico ilegal de fauna.

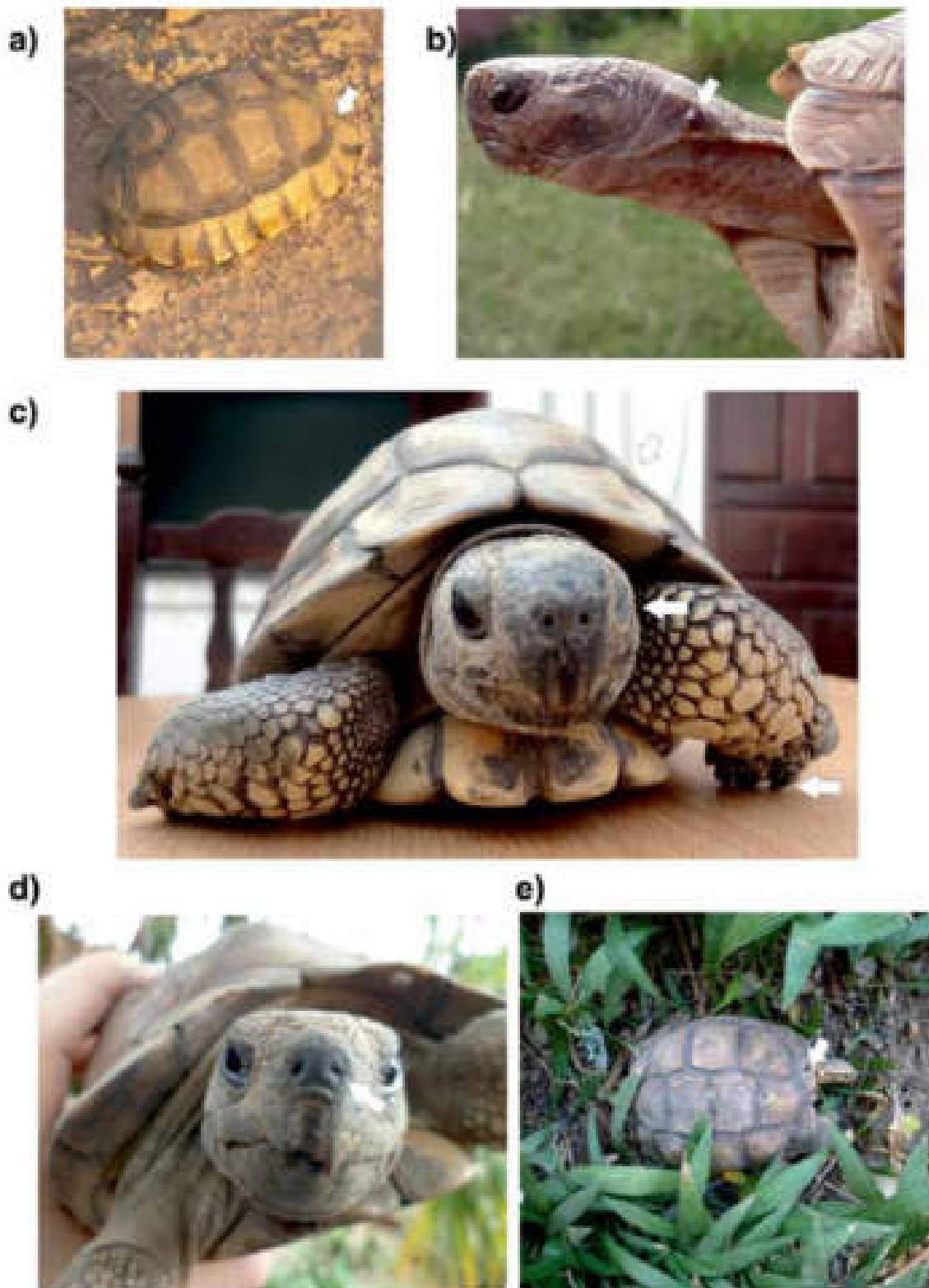


Figura 10. a) *Chelonicoides chlyensis* morfo *petersi* variedad oscura, con una garcapieta en el caparazón en el Impermeable de la provincia del Chaco (Localidad J.J. Castell). b) Individuo encontrado en la ruta nacional 81 de la provincia de Formosa llevado al autor (G.G. Zanón) por una persona quien provocó la herida en el cuello por la extracción de garcapietas. c) Individuo que fue cegado en el caparazón provocando la desaparición en general de escamas que forman las líneas de crecimiento, le cortaron las garras de las patas anteriores (otra de las formas de perder las garras, es que la tortuga camine en piso de concreto, que genere el desgaste de las garras) y también perdió el ojo izquierdo por ataque de un gato doméstico. d) Individuo con mozo, nótese que la fosa nasal izquierda se está obliterando por esta enfermedad producto de la humedad. e) Nótese el orificio en la placa periferica del individuo de *Ch. chlyensis* morfo *petersi* que fue atacado por hormigas en el jardín de su "propietario" con varias hormigueras cercanas. **Créditos:** Foto a) Soledad Palma (juradora de la Cátedra de Anatomía Comparada, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y de Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes capital).

MITOS ACERCA DE LAS TORTUGAS CHAQUEÑAS

Uno de los grandes mitos es que "las tortugas no toman agua". Si bien estas especies pueden soportar varios días sin tomar agua, no significa que puedan vivir sin ella; para ello también pueden consumir plantas que almacenan agua como cactus o tunas (plantas conocidas como suculentas).

Otro mito es que "a las tortugas les pesa el caparazón, por ese motivo son lentas". Es importante notar que el caparazón de las tortugas es liviano. Si tomamos en cuenta el peso de hueso seco, el caparazón resulta más liviano que otros huesos de la tortuga, como por ejemplo las extremidades, vértebras cervicales y caudales.

Algunas personas pintan el caparazón o les ponen ropa a las tortugas. Esto es muy perjudicial, ya que por medio

del caparazón absorben los rayos solares para calentar su cuerpo (porque son animales poiquilotermos). El caparazón y plastrón de las tortugas funcionarían de forma análoga a los paneles solares para calentarlas. Si una tortuga terrestre adquiere una temperatura más elevada pero hasta ciertos límites biológicos, su metabolismo y actividad se incrementa, pudiendo caminar grandes distancias, alimentarse y reproducirse. Caso contrario, en periodos invernales se alejatan.

Es usual que en cautiverio se les corten las garras a las tortugas para evitar que les lastimen al alzarlas (Figura 10 c). De esta manera se les priva de cavar y hacer sus madrigueras o meterse en la hojarasca utilizándola como refugio o para depositar sus huevos.

FILOGENIA (RELACIONES DE PARENTESCO Y EVOLUCIÓN) DE LAS TORTUGAS CHAQUEÑAS

Dentro del género de tortugas terrestres sudamericanas (*Chelonoidis*), las tortugas *Ch. chilensis* son los parientes más cercanos de las tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos (Figura 11). Es decir, comparten un ancestro en común.

De acuerdo a resultados del análisis filogenético basado en morfología en el que utilizamos especies actuales y extintas del género *Chelonoidis* (Zacarias et al., 2013), se encontraron en el grupo "chilensis" a las tortugas *Ch. chilensis* y las especies de tortugas terrestres de las Islas Galápagos junto con la especie fósil más antigua de Sudamérica hallada en Patagonia *Ch. gringorum* (edad Oligoceno tardío-Mioceno temprano, aproximadamente entre 28-23 Millones de años). Caccone et al (1999) encontraron que el ancestro común de este linaje habría vivido hace 6 a 12 Millones de años.

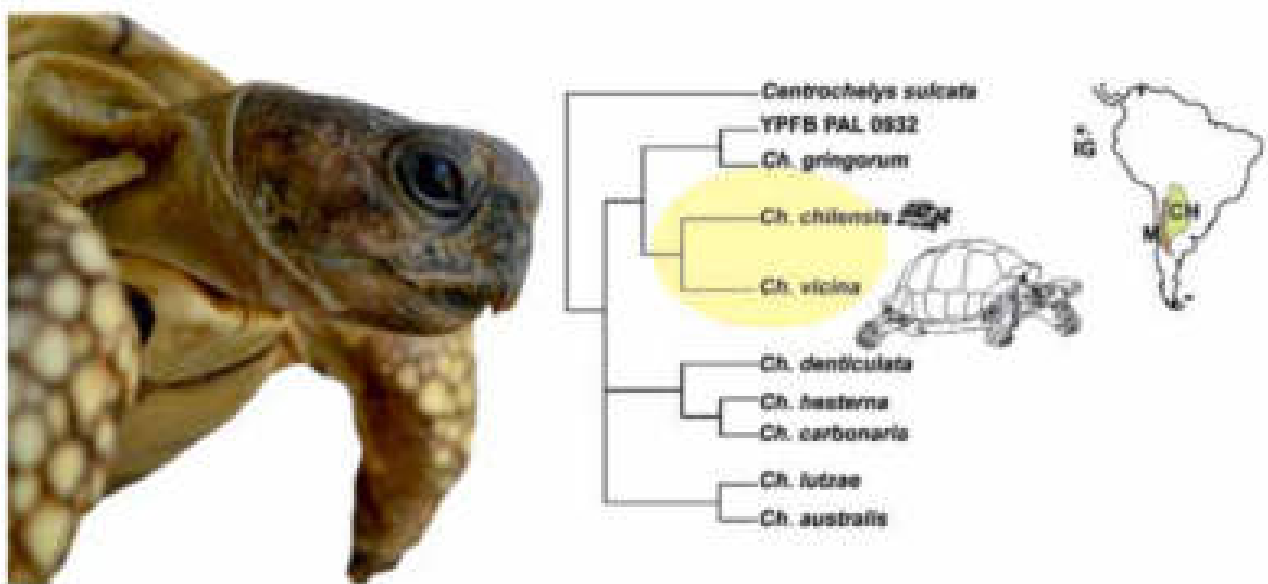


Figura 11 Diagrama o árbol de relaciones de parentesco (cladograma), en el que se destaca la relación estrecha entre las especies de tortugas chaqueñas con las tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos. Izquierda foto de *Ch. chilensis* morfo *patana*, Centro cladograma, derecha CH: Chile, M: Monte e IG: Islas Galápagos.

COMENTARIOS FINALES

El conocimiento de *Chelonoidis chilensis* ha avanzado en los últimos como también de la mayoría de las especies del género *Chelonoidis*, desde la morfología, la ecología y la genética. Esto nos motivó compartir esta información con un público general para que entendamos la importancia (ecológica y paleontológica) de esta pequeña tortuga tan familiar. Centramos nuestros esfuerzos para realizar la divulgación con terminología clara y con información actualizada de la especie con el objetivo de lograr en el lector "interés" y de esa manera, contribuir a la conservación de la tortuga chaqueña y reducir acciones perjudiciales de forma directa o indirecta. En este contexto, citaremos la frase del ecólogo africano Baba Dioum: "Al final conservaremos solo lo que amamos, amaremos solo lo que entendamos, entenderemos solo lo que nos enseñe".

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a María Luisa Costas, por la revisión y sugerencias en la elaboración de este artículo. También agradecemos la colaboración de Enrique Derlindati, Gustavo Maras, Enrique Richard, Roberto Neumann y Marcelo Gavensky. Hacemos extensivo nuestro agradecimiento a los revisores y la editora Marissa Fabrezi.

BIBLIOGRAFÍA

- Auffenberg, W. 1971. A new fossil tortoise, with remarks on the origin of South American Testudinines. *Copeia*, 1: 108–117.
- Cabrera, M.R. 1998. Las Tortugas Continentales de Sudamérica Austral. Córdoba, Talleres gráficos BR Copias, 115 p.
- Caccone, A., Gibbs, J.P., Ketmaier, V., Suatoni, E. & Powell, J.R. 1999. Origin and evolutionary relationships of giant Galápagos tortoises. *Evolution*, 96 : 13223–13228.
- Cione, A.L., Tonni, E.P. & Soibelzon, L. 2003. The Broken Zig-Zag: Late Cenozoic large mammal and tortoise extinction in South America. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5 (1): 1-19.
- de la Fuente, M.S. & Cabrera, M. 1988. Comentarios sobre las tortugas fósiles de Sierra Chica (provincia de Córdoba, Argentina). *Boletín de la Asociación Herpetológica Argentina*, 4, 65–74.
- Fernández, M.S. 1988. Las Testudinidae (Reptilia: Cheloni) argentinas: osteología, sistemática y distribución geográfica. Universidad Nacional de La Plata, Tesis doctoral, 276 p.
- Freiberg, M. A. 1973. Dos nuevas tortugas terrestres de Argentina. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, 46: 81–93.
- Fritz U., Alcalde L., Vargas-Ramirez M., Goode E.V., Fabious-Turoblin, D.U. & Praschag, P. 2012. Northern genetic richness and southern purity, but just one species in *Chelonoidis* complex. *Zoological Scripta*, 41:220-232.
- Gray, J.E. 1870. Notes on tortoises in the British Museum, with descriptions of some new species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1870:653-659.
- Le, M., Raxworthy, C.J., McCord, W.P. & Mertz, L. 2006. A molecular phylogeny of tortoises (Testudines: Testudinidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40: 517– 531.

Poi, R. G, Sergio R. Camin & Andrea A. Astiá. 2005. Situación Ambiental en la Ecorregión del Monte.

Poulakakis N, Edwards DL, Chiari Y, Garrick RC, Russe-
llo MA, Benavides E, Gregory J, Watkins-Colwell, Scott-
Glaberman, Washington, T., Gibbs, J.P., Linda J. Cayot
& Caccone, A. 2015. Description of a New Galapagos
Giant Tortoise Species (*Chelonoidis*: Testudines: Testudi-
nidae) from Cerro Fatal on Santa Cruz Island. *Plos One*,
10(10):0138779.

Richard, E. 1999. Tortugas de las regiones áridas de Ar-
gentina. Contribución al conocimiento de las tortugas
áridas de Argentina (*Chelidae* y *Testudinidae*) con espe-
cial referencia a los aspectos ecoetológicos, comerciales
y antropológicos de las especies de complejo chilensis
(*Chelonoidis chilensis* y *Ch. donoso-barrosi*) en la provincia
de Mendoza. LO L A (Literature of Latin America), Buenos
Aires. 200p.

Sánchez, J. 2012. [Variabilidad genética, distribución y
estado de conservación de las poblaciones de Tortugas
terrestres *Chelonoidis chilensis* (Testudines: Testudinidae)
que habitan en la República Argentina. Tesis doctoral, Uni-
versidad Nacional de La Plata. 135p. Inédito].

Sánchez, J., Alcalde, L., Bolzán, A.D., Sánchez, M.R. &
Lazcoz, M.D.V. 2014. Abundance of *Chelonoidis chilensis*
(Gray, 1870) within protected and unprotected areas from
the Dry Chaco and Monte Eco-regions (Argentina). *Herpe-
tozoa*, 159-169.

Sánchez, J., Alcalde, L. & Bolzán, A.D. 2015. First evidence
of chromosomal variation within *Chelonoidis chilensis* (Tes-
tudines: Testudinidae). *Herpetological Journal*, 25: 83-89.

Schoch, R.R. & Sues, H.D. 2015. A Middle Triassic stem-
turtle and the evolution of the turtle body plan. *Nature* (Lei-
ter), 1-11. doi:10.1038/nature14472

Torrela, S. A. & J. Adámoli. 2005. Situación ambiental de
la ecorregión del Chaco Seco. La Situación Ambiental Ar-

gentina 2005. A. Brown, U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J.
Corcuera Eds. *Fundación Vida Silvestre Argentina*, Buenos
Aires, 2006.

Varela, R.O. & Bucher, E.H. 2002. Seed Dispersal by *Chel-
onoidis chilensis* in the Chaco Dry Woodland of Argentina.
Journal of Herpetology, 36 (1): 137-140.

Zacarias, G.G., de la Fuente, M.S., Fernández, M.S. &
Zurita, A.E. 2013. Nueva especie de tortuga gigante del
género *Chelonoidis* Fitzinger, del Miembro inferior de la
Formación Toropí/ Yupol (Pleistoceno tardío/ lujanense),
Bella Vista, Corrientes, Argentina. *Ameghiniana*, 50 (3):
287-297.

Zacarias, G.G., Díaz Gómez, J.M. & de la Fuente, M.S.
2015. Reconstrucción de la Biogeografía Histórica de tor-
tugas terrestres Sudamericanas (Testudinidae: *Chelonoi-
dis*). XVI Congreso Argentino de Herpetología, 29 de Sep-
tiembre- 2 Octubre, 58p.

Créditos generales: Se menciona los autores que gentil-
mente colaboraron con las fotos para este artículo. Otras
fotos de otros autores, fueron descargados de internet.
Las demás fotos, dibujos y ediciones de las mismas son
autoría de Gerardo Gabriel Zacarias.

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 RTE.

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

Guía para autores y Proceso editorial

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 bigectemas@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 bigectemas@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, Índice 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.

