

TEMAS DE **BIOLOGÍA** Y **GEOLOGÍA** DEL NOA

ISSN 1853-6700

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

BITÁCORA

Residencias médicas en tiempos de pandemia

ARTÍCULOS

Peces bajo tierra

La naturaleza al extremo

Rastreando el origen de los canguros

TESIS IBIGEO 2020

Aplicación del método magnetotelúrico en la caracterización del área geotermal Tuzgle-Tocomar (Puna Central, provincias de Salta y Jujuy)

Diversidad Taxonómica y Relaciones Filogenéticas del grupo *Liolaemus elongatus* (Iguania: Liolaemidae)

Evolución estructural del Paleozoico al Cenozoico en la Quebrada del Toro entre Alfarcito y Chorrillos, Cordillera Oriental, Salta

20 nm

CONICET



I B I G E O

TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Volumen 10, Número 1 Abril 2020

ISSN 1853-6700

Comité Editorial

Carolina Montero. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Silvia Quinzio. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

EDITORIAL

Pág. 1. Editorial

BITÁCORA

Pág. 2- COVID-19. Residencias médicas en tiempos de pandemia

Hongn D, Jabiff F

ARTÍCULOS

Pág. 5 - Peces bajo tierra

Alonso F, Calviño PA, Serra WS, García I

Pág. 27 - Naturaleza extrema: temperatura, humedad y lluvias en el Chaco salteño

Fabrezi M, Alvarado L

Pág. 36 - Rastreado el origen de los canguros. Posibles huellas en América del Sur

Mansur LE, Zimicz N

TESIS IBIGEO 2020

Pág. 43- Aplicación del método magnetotelúrico en la caracterización del área geotermal Tuzgle-Tocomar (Puna Central, provincias de Salta y Jujuy)

Geól. Ahumada MF

Pág. 45 - Diversidad Taxonómica y Relaciones Filogenéticas del grupo *Liolaemus elongatus* (Iguania: Liolaemidae)

Lic. en Biol. Ruíz MS

Pág. 47 - Evolución estructural del Paleozoico al Cenozoico en la Quebrada del Toro entre Alfarcito y Chorrillos, Cordillera Oriental, Salta

Geól. Villagrán CA

Imagen de tapa

Imágen de microscopía electrónica del virus SARS-CoV-2, el agente etiológico de COVID-19. La fotografía se realizó por microscopía electrónica de transmisión del virus SARS CoV-2 por coloración negativo con ácido fosfotungstico con una magnificación de 250.000 x. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-anlis-malbran-capto-la-primera-foto-del-nuevo-coronavirus-que-circula-en-argentina>

I B I G E O

IBIGEO INSTITUTO DE BIO Y GEOCIENCIAS DEL NOA

<https://ibigeo.conicet.gov.ar/>

CCT-Salta-Jujuy

9 de julio 14

Rosario de Lerma-4405 (Salta)
República Argentina

Es una Unidad Ejecutora de doble pertenencia CONICET-Universidad Nacional de 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 con-ferencias, 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.

CONICET



I B I G E O

Editorial

Estimados lectores,

Este nuevo número de Temas de Biología y Geología del NOA nos encuentra a todos en una situación excepcional de pandemia mundial. La enfermedad respiratoria causada por el coronavirus COVID-19 con un brote epidemiológico tuvo origen en la ciudad de Wuhan, China, en donde el primer caso se registró el 8 de diciembre de 2019, pero este virus presenta una propagación y velocidad de contagio inusitada, siendo mucho más infeccioso que otros coronavirus como el SARS (Síndrome Respiratorio Agudo Severo). En marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la Pandemia mundial y a la fecha hay casi un millón de contagios a nivel mundial.

Así, la edición de este nuevo número nos encontró en condiciones de aislamiento social, preventivo y obligatorio, llamado comúnmente cuarentena, decretada por el Gobierno Nacional a partir del día 20 de marzo. Si bien bajo esta inusual condición a la que toda la sociedad argentina ha tenido que acomodarse, hemos recibido la colaboración de todos los autores para este nuevo número, nuestro enorme agradecimiento a todos ellos.

Este número contiene artículos de biólogos y paleontólogos del IBIGEO y colaboradores de otras instituciones, bitácora e incorpora una nueva sección, Tesis doctorales IBIGEO, en ella y a lo largo del año acercaremos a los lectores los resúmenes de las tesis finalizadas en 2020 por los becarios doctorales del IBIGEO. Consideramos es una buena manera de hacer visible la labor de los becarios, acercar a los lectores sus temas de trabajo y hacerles conocer a nuestros nuevos doctores.

Esta editorial además, quiere especialmente agradecer la enorme labor de Marissa Fabrezi como editora de Temas de Biología y Geología del NOA llevada a cabo durante 9 años ininterrumpidos, con una enorme dedicación en cada número de la revista haciendo de Temas un orgullo y una gran satisfacción para toda la comunidad ibigeista.

La imagen de tapa es nuestro homenaje a los investigadores del Instituto Malbrán, que sin descanso y aún en condiciones subóptimas de trabajo debido al abandono del Sistema Científico y Tecnológico durante los últimos años, trabaja de manera incansable por mejorar la situación sanitaria de todos los argentinos.

Esperamos que disfruten la lectura de este nuevo número, en tiempos de cuarentena viene bien un poco de lectura ajena al COVID-19.

Comité Editorial de
Temas de Biología y Geología del NOA
Carolina Montero
Silvia Quinzio

Residencias médicas en tiempos de Pandemia

La COVID-19 es la enfermedad infecciosa causada por el coronavirus descubierto más recientemente. Tanto el nuevo virus como la enfermedad eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre de 2019. Este virus posee un alto nivel de contagio por lo que la COVID-19 tuvo una rápida expansión a nivel mundial.

En Marzo de 2020 la OMS (Organización Mundial de la Salud) declaró la Pandemia por COVID-19, siendo una emergencia sanitaria y social mundial que requiere una acción efectiva e inmediata de los gobiernos, las personas y las empresas.

En Argentina el primer caso de infección se reportó el día 3 de marzo a partir de cual el gobierno nacional comenzó a planificar y tomar ciertas medidas de prevención que, ante la rápida expansión de la COVID-19 a nivel mundial, determinó y decretó la medida de Distanciamiento Social, Preventivo y Obligatorio como única estrategia efectiva para prevenir la propagación local de la enfermedad. La medida se mantiene vigente desde el día 19 de Marzo en toda la extensión del territorio Argentino.

Diana Hongn y Fernando Jabiff¹

¹Médica y médico de la Universidad Nacional de Tucumán. Residentes en Clínica Médica.

Nuestros nombres son Diana y Fernando, tenemos 26 años y somos médicos. El año pasado iniciamos nuestra formación de posgrado, puntualmente una residencia en Clínica Médica. Escribimos este pequeño texto, para contarles nuestra experiencia como profesionales de la salud en esta situación excepcional que todos estamos enfrentando.

Como se imaginarán, no hace demasiado tiempo que ejercemos la medicina, en ese corto lapso nos encontramos con una situación que resulta nueva y desafiante para todos. Y cuando decimos todos, somos todos. Los que trabajan en salud, los que trabajan en comercios, los que hacen docencia, los que investigan, los que viajan, los que ahora son jubilados, los que van a la escuela, a la universidad, los que nos gobiernan, TODOS sin distinción.

Querémos contarles como nos estamos organizando en el lugar donde trabajamos y como vivimos nosotros esta circunstancia. Se implementó una modalidad en la cual la mitad del personal trabaja durante 15 días, mientras la otra mitad permanece en cuarentena y así alternamos. La idea es que trabajemos en grupos reducidos, lo cual implica mayor carga de trabajo, con el objetivo de, por una parte, reducir la cantidad de personal expuesto (tanto como medida de protección para los empleados del servicio como para los pacientes que allí se atienden) y por otra, poder reducir la circulación comunitaria de personas potencialmente expuestas a la infección. La organización de las rotaciones con estos tiempos se desprende de los días en que puede desarrollarse la infección tras el contacto con el virus.

Se asignaron cohortes de pacientes infectados o con sospecha de infección a diferentes sectores con el fin de disminuir la circulación intrahospitalaria. Para atender a esos pacientes, utilizamos los equipos de protección personal de máxima seguridad (barbijos N95, antiparras, máscaras, cofias, camisolines hemorrepelentes). En tanto, en el resto del hospital, mantenemos la norma de utilizar barbijos quirúrgicos constantemente. Decidimos suspender o reorganizar actividades como ateneos o clases con el fin de evitar la aglomeración de personal.

Además, se redujeron todas las prácticas ambulatorias que fueron posibles. Para continuar con la atención médica a pacientes ambulatorios, se desplegó un sistema de telemedicina con el fin de que solo asistan al hospital aquellos que realmente lo necesitan.

Las políticas de trabajo en tiempos de pandemia son sumamente dinámicas, tal como la situación nos lo exige. El trabajo articulado entre los diferentes servicios y trabajadores del hospital es crucial para poder conocer todas las dificultades y propuestas que van surgiendo a medida que la pandemia transcurre.

Esta situación nos pone a prueba en muchos sentidos. Muchos tuvimos que posponer nuestras vacaciones, otros tuvieron que finalizarlas antes. Estamos frente a un evento desconocido para nosotros, fuente de dudas y ansiedades. También de frustraciones, ya que muchas de las conductas que ayer se implementaron, hoy no son las recomendadas. Tampoco queremos olvidarnos del temor de muchos, ya que sentimos que podemos ser una fuente de contagio para la gente que nos rodea. Esta mezcla de sentimientos muchas veces genera roces y conflictos, pero creemos que todos tratamos y debemos sobreponernos para no contribuir al caos que amenaza el funcionamiento de cualquier sistema.

Estamos convencidos de que la prevención es nuestra mejor arma contra el virus. Las medidas de distanciamiento social nos han permitido prepararnos de la mejor manera para un suceso extraordinario. Sentimos que debemos seguir apelando al sentido de

responsabilidad de todos los ciudadanos. Intentamos ser conscientes de las dificultades que el aislamiento social implica para muchas personas, y creemos firmemente que cuanto más seriamente asumamos este compromiso, más rápida será la normalización de las actividades y mejores los resultados.

Agradecemos todas las muestras simbólicas de afecto que nos han acercado, pero mucho más agradecemos el gesto de seguir quedándonos en nuestras casas.



A la izquierda Diana y a la derecha Fernando en primer plano y otro residente con los equipos de protección personal de máxima seguridad

Peces bajo tierra

Peces estacionales que pueden pasar la mayor parte de su vida enterrados, joyas de nuestra naturaleza.

Felipe Alonso^{1,2}, Pablo A. Calviño², Wilson Sebastián Serra^{2,3}, Ignacio García^{2,4}

¹Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO-CONICET-UNSa)

²Grupo de investigación y Conservación de Killis (GICK)

³Sección Ictiología, Dpto. de Zoología, Museo Nacional de Historia Natural, Montevideo, Uruguay

⁴Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA-CONICET)

Probablemente el último lugar en el que uno esperaría encontrar un pez es fuera del agua, y mucho menos enterrado bajo tierra. Sin embargo, hay unos peces que viven en charcas de lluvia que se secan completamente durante largos periodos y sobreviven gracias a que tienen huevos que resisten el desecamiento enterrados en el fondo del charco. Con las llegadas de las lluvias estas charcas se llenan de agua y pequeños peces de colores eclosionan de huevos que yacían "dormidos" bajo tierra a la espera de las lluvias. Por esta razón muchas veces la gente asume que estos peces caen del cielo con la lluvia.



Figura 1. Un huevo de un pez estacional entre restos de materia orgánica que forman el fondo del charco. Los "peces anuales" o "estacionales" pertenecen al grupo de peces aploqueiloideos (Orden Cyprinodontiformes, suborden Aplocheiloidei) que comprende 3 familias y más de 600 especies, tanto estacionales como de aguas permanentes. Estos peces también son conocidos por los acuaristas como "killis" (en inglés "killifish").

Las especies estacionales se encuentran en las llanuras de África (familia Nothobranchiidae), y Sudamérica (familia Rivulidae). La evolución ha dotado a estos peces tan particulares de una serie de adaptaciones notables que les han permitido conquistar ambientes inalcanzables para la mayoría de los peces, lo que explica su éxito evolutivo en términos de su gran número de especies. Posiblemente su característica más notable reside en sus huevos. Cuando éstos están enterrados el desarrollo embrionario queda detenido en un estado conocido como diapausa, que se divide en 3 etapas. Estas son estados de muy baja actividad metabólica, celular y de desarrollo que son mediados por factores ambientales que desencadenan el inicio y fin de cada etapa. Estas diapausas son de duración variable y pueden ocurrir o no (ser facultativas u obligatorias). En ocasiones los embriones pueden evitar todas las diapausas a los que se denominan “embriones de escape”. Como la duración de las diapausas es variable, no todos los huevos se encuentran en el mismo estado de desarrollo y por ello cuando un charco se llena de agua, no todos los huevos presentes en el mismo eclosionan, y muchos quedan en diapausa. Esta estrategia reproductiva garantiza que, si el charco se seca muy pronto y los peces no llegaron a reproducirse, un conjunto de huevos “de reserva” eclosionará en el siguiente evento de inundación evitando que los peces se extingan en ese ambiente. Este tipo de estrategia reproductiva se conoce en Biología como una “apuesta de cobertura” que en criollo se puede traducir como “no poner todos los huevos en la misma canasta” o, en este caso, en la misma lluvia. Esto es una adaptación a condiciones ambientales estresantes y poco predecibles. Por otra parte, los huevos presentan la parte externa (corion) notablemente engrosada, lo que evita su desecamiento y les permite tolerar la fricción mecánica al estar enterrados, por lo que se los puede manipular tranquilamente con la yema de los dedos sin romperlos.



Figura 2. Un embrión de *Austrofundulus limnaeus* Schultz 1949, una especie estacional de Venezuela. Foto: Jason Podrabsky

Al llegar las lluvias el corion, la parte externa de los huevos, se ablanda y en sólo algunas horas los embriones salen del huevo y emergen del barro, abriéndose paso a través del sustrato de forma retrógrada con sus colas.

Algo notable es que la capacidad de tener huevos que entran en estado de diapausa dentro de este grupo de peces no responde a un único evento evolutivo, sino que ha evolucionado de forma independiente, es decir de forma convergente, al menos seis veces durante la evolución de los Cyprinodontiformes, particularmente dentro del suborden Aplocheiloidei. Sin embargo, esta característica es poco frecuente en la evolución de los vertebrados por fuera de este grupo, aunque sí dentro de otros grupos animales como insectos y crustáceos. Esta evolución convergente en los peces estacionales supone algún tipo de preadaptación o conjunto de características que facilitaron evolutivamente la aparición múltiples veces en la evolución de estas características particulares en este grupo de peces.



Figura 3. Larvas de *Austrolebias* de apenas algunos milímetros que eclosionaron con la lluvia del día anterior, a fines del verano en la región pampeana.

A su vez, estos peces tienen un crecimiento extraordinariamente rápido asociado a altísimas tasas metabólicas y en consecuencia alcanzan muy rápidamente la madurez sexual, siendo, de hecho, un killi africano (*Nothobranchius furzeri*) el vertebrado que más rápido la alcanza en tan solo 14 días luego de la eclosión del huevo. Pero esa vida frenética y alto metabolismo tienen un costo y es que estos peces también envejecen muy rápido, pudiendo tener individuos que en sólo algunos meses presentan signos típicos de envejecimiento tales como pérdida de masa muscular, curvatura del esqueleto, y aparición de tumores. Por esta razón estos peces se han vuelto un modelo de punta para estudiar el envejecimiento en vertebrados, ya que son fáciles de criar en laboratorio, requieren poco espacio y en poco tiempo se pueden obtener ejemplares ancianos para su estudio.

Debido a este conjunto de características biológicas singulares relacionadas a la vida en ambientes acuáticos extremos, estos peces se han vuelto modelos biológicos sumamente interesantes para diversas disciplinas y cada vez atraen más la atención de diversos grupos de investigación en campos tan diversos como la embriología, la biología molecular, la fisiología, el comportamiento, la genética de poblaciones, la ecología, senescencia (envejecimiento) y la evolución.



Figura 4. La vida de estos pequeños peces se puede medir en meses. Hacen todo rápidamente: eclosionar, madurar, reproducirse e incluso envejecer. En la foto un ejemplar anciano de *Nothobranchius furzeri*, un género africano que alcanza la madurez sexual en sólo 2 de semanas, siendo el vertebrado más rápido en hacerlo y que en sólo un par de meses ya son ancianos, pierden masa muscular, se les encorva la columna, desarrollan cataratas en sus ojos y frecuentemente tienen tumores. Son uno de los modelos más promisorios de estudios de envejecimiento. (Foto de Radim Blazek)

Los peces estacionales de Argentina y sus ambientes

En el Neotrópico, los peces estacionales están representados dentro de la familia Rivulidae, aunque no todos los miembros de esta familia son estacionales como ya mencionamos. En Argentina están presentes 6 géneros de la familia Rivulidae, 5 de los cuales son estacionales (*Austrolebias*, *Pterolebias*, *Neofundulus*, *Papiliolebias* y *Trigonectes*) con 16 especies válidas, y una sola especie de aguas permanentes, *Melanorivulus punctatus* (Boulenger, 1895) que no posee huevos de resistencia.

Regiones biogeográficas y características ecológicas de los peces estacionales en Argentina

Dentro de Argentina los peces estacionales se encuentran dentro de la llanura chacopampeana, por debajo de los 350m snm (sobre nivel del mar). Esta planicie sudamericana, una de las mayores del mundo, parte de Argentina, Bolivia, Brasil, Uruguay y Paraguay, presenta un relieve de formas bastante planas, sin formas sobresalientes y un suave declive desde el noroeste hacia el sudeste. Dentro de esta planicie, podemos distinguir dos grandes regiones en dónde habitan los peces estacionales, la región Pampeana y la región Chaqueña. Cada una de estas regiones presenta especies endémicas y en algunos casos algunas especies compartidas de peces estacionales.



Figura 5. *Melanorivulus punctatus*, arriba macho y abajo hembra, es la única especie no estacional de la familia Rivulidae presente en Argentina.

Región Chaqueña

Esta región está al norte de la región Pampeana y es más seca que esta última. Se caracteriza por la presencia de bosques, pastizales y humedales. Corresponde a una cuenca la cual fue rellenada por los sedimentos provenientes de la erosión de los macizos vecinos. Las precipitaciones decrecen de este a oeste en esta región. La misma puede a su vez subdividirse en 2 regiones:

Chaco occidental (o semiárido)

Está en la porción oeste del chaco, abarcando el este de Salta, Norte de Santiago del Estero y Oeste de Formosa y Chaco. Las precipitaciones se concentran casi exclusivamente en verano, entre diciembre y marzo aproximadamente y rondan los 300 a 500mm anuales. Esto determina que el ciclo de los charcos estacionales en esta zona empiece entre diciembre y enero y los mismos se secan entre marzo y abril por lo general. En esta zona la mayor parte del año (9 meses de abril a diciembre) los charcos estarán secos. Es el periodo de sequía más largo entre los peces anuales. Las especies presentes aquí son *Austrolebias vanderbergi*, *A. monstrosus*, *A. wichi*, *Trigonectes aplocheiloides*, *Neofundulus paraguayensis* y *Papiliolebias bitteri*.



Chaco oriental

Se registran mayores precipitaciones anuales que en el chaco occidental y el verano es relativamente seco (850 y 1350 mm), con periodos bimodales de lluvia cuyos picos están en otoño y primavera, mientras que el invierno es relativamente seco con temperaturas moderadas. Este patrón de precipitación es el mismo hacia el sur, en la región pampeana, con la diferencia principal radicada en que la temperatura en general es menor y la cantidad de precipitaciones va aumentando hacia el sur. Esto determina que los charcos estacionales del distrito del Chaco Oriental tienden a llenarse en otoño y primavera y secarse en invierno y verano. Es decir que en esta zona es muy común que haya más de un ciclo de llenado y secado por año. En esta zona las especies presentes son *A. bellottii* y *A. nigripinnis*, (compartidas con la región pampeana), *N. paraguayensis* (compartida con la región del chaco occidental), *Pterolebias longipinnis* (la especie estacional de mayor distribución mundial que llega hasta el Amazonas) y *Austrolebias toba*, *A. patriciae* y *Trigonectes balzani*, (endémicas de esta región).

Región Pampeana

De manera similar al Chaco Oriental, en las zonas de inundación en la región pampeana, se observan dos ciclos de llenado anuales, pero asociados a una mayor precipitación y una menor temperatura lo que puede unir los ciclos de primavera y otoño en un único ciclo con sólo secado parcial en invierno, dependiendo del año, o secado total en invierno y en verano. Esto determina un continuo ecológico relativo entre la planicie de inundación de los ríos Paraguay y Paraná con especies como *Austrolebias nigripinnis* y *A. bellottii* que habitan en casi toda esta área, mientras que otras especies como *Pterolebias longipinnis* se encuentran en la porción más cálida de este continuo a partir del Norte de la provincia



Figura 8. Ciclo de un charco de la región Pampeana. Se caracteriza por poseer dos periodos húmedos en otoño y primavera donde los charcos se encuentran con agua. Dependiendo del año y del tamaño del charco estos pasan por un desecamiento parcial o total durante el invierno en tanto por lo general los mismos se secan durante el verano para llenarse nuevamente al final de este o comienzos del otoño.

Especies de Argentina

A continuación se describen las especies de peces estacionales de nuestro país con algunas de sus características más destacables. Los “peces anuales” o “estacionales” pertenecen al grupo de peces aplocheiloideos (Orden Cyprinodontiformes, suborden Aplocheiloidei) que comprende 3 familias y más de 600 especies, tanto estacionales como de aguas permanentes. Estos peces también son conocidos por los acuaristas como “killis” (en inglés “killifish”).

Género *Austrolebias*

Los machos en general son más grandes, coloridos y tienen la base de las aletas dorsal y anal más largas que las hembras. Es el género más abundante de peces estacionales de Argentina.

Austrolebias bellottii
(Steindachner, 1881)

Se distribuye en la región pampeana y el chaco oriental (húmedo), desde el sur de la provincia de Buenos Aires hacia el norte hasta el centro éste de la provincia de Formosa, a ambos lados de los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay. En la provincia de Buenos Aires, se suele denominar con el nombre de "palometa azulada" o "azulejo". Se caracteriza por el color verde azulado de los machos de cuerpo relativamente alto y comprimido lateralmente. Las hembras son de color amarronado pudiendo presentar manchas o bandas de color marrón oscuro a casi negro. Posee un tamaño mediano para el género, de alrededor de 8 cm de largo (las hembras más pequeñas).



Austrolebias vanderbergi
(Huber, 1995)

Especie endémica del chaco occidental (semiárido). Cercanamente emparentada a *A. bellottii*, de aspecto similar a ésta. Se diferencia de esta especie por presentar una serie de escamas en la base de la aleta anal, pequeñas espinas óseas en la misma aleta y una coloración grisácea a verde claro del cuerpo. Hembras similares a las de la especie anterior. Posee un tamaño mediano para el género de alrededor de 9 cm de largo (las hembras más pequeñas).



Austrolebias robustus
(Günther, 1883)

Esta especie es endémica de la región pampeana y exclusiva de la provincia de Buenos Aires. Es una especie poco colorida de color marrón verdoso. Las hembras son de color marrón con un patrón marmolado y suelen presentar algunas manchas más oscuras en el pedúnculo caudal.



Austrolebias elongatus
(Steindachner, 1881)

Es el pez estacional de mayor tamaño del mundo, pudiendo alcanzar los 22 cm de largo y una de las pocas especies ictiófagas (que come otros peces) dentro de este grupo. Su distribución abarca desde Gualaguaychú, en Entre Ríos, presente a ambos márgenes del Río Uruguay, y la zona de Zárate en la Pcia. de Buenos Aires hasta el sur de Buenos Aires. Los machos son de color gris claro, las hembras de color pardo grisáceo con manchas grises irregulares en el cuerpo.



Austrolebias monstrosus

(Huber, 1995)

Especie endémica del chaco occidental (o semiárido). Junto con *A. elongatus* son las únicas dos especies ictiófagas de Argentina. Similar a esta especie, pero presenta un color gris plateado de fondo con bandas gris oscuras verticales en el cuerpo, tanto en machos como hembras. Su tamaño máximo registrado alcanza los 15 cm.

*Austrolebias nigripinnis*

(Regan, 1912)

Una de las especies más vistosas del género. De pequeño tamaño (4,5cm). Los machos presentan un color negro de fondo con pequeñas manchas iridiscentes celeste verdosas que forman líneas verticales sobre el cuerpo. El borde distal de la dorsal presenta una banda iridiscente. Se caracteriza por la pupila naranja del ojo y la banda infraorbital más grande que la pupila. Las hembras son de color marrón con un patrón manchado marrón más oscuro. Tiene una gran distribución, desde la zona de La Plata hasta Plata hasta el sur de Misiones y Formosa.



Austrolebias alexandri
(Castello y López, 1974)

Una especie colorida de mediano tamaño (9 cm). Los machos presentan un color de fondo que va del celeste iridiscente al celeste verdoso, con una serie de bandas grises verticales características de esta especie. Otra característica distintiva es la presencia de una mancha negra en la base del primer radio de la aleta dorsal, tanto en machos como en hembras. Iris gris. Hembras de color pardo con manchas grises irregulares sobre el cuerpo, pueden presentar algunas más oscuras en el centro. Esta especie se encuentra a ambos márgenes de la cuenca del Río Uruguay, en Corrientes y Entre Ríos, del lado argentino.



Austrolebias patriciae
(Huber, 1995)

Especie endémica (exclusiva) del chaco oriental (o húmedo), de tamaño mediano (4 cm). Los machos tienen una coloración verdosa con reflejos violáceos característicos y el borde de las aletas anal y dorsal aserrado. Perfil dorsal de la cabeza convexo. El origen de la aleta dorsal por detrás del origen de la aleta anal. Manchas blancas iridiscentes de tamaño mediano sobre las aletas. Iris rojizo. Hembras marrón grisáceo con manchas oscuras a veces iridiscentes.

Austrolebias wichi

Alonso, Terán, Calviño, García, Cardoso
& García, 2018

Especie endémica del chaco occidental (o semiárido), de tamaño pequeño (5 cm). Similar a *A. patriciae*, de la que se diferencia por presentar el perfil de la cabeza cóncavo, y el origen de la aleta dorsal por delante del origen de la aleta anal. Aletas impares con pequeños puntos blancos iridiscentes. Los machos tienen una coloración verde oscuro con reflejos violáceos característicos y el borde de las aletas anal y dorsal no es aserrado. Iris rojizo. Hembras similares a la de la especie anterior.

*Austrolebias toba*

Calviño, 2006

Especie endémica del chaco oriental (o húmedo), de tamaño mediano (4 cm). Los machos son de color verdoso sobre un fondo gris. Presenta una banda blanca iridiscente longitudinal sobre la aleta dorsal en su porción media y las aletas pectorales de color verde. Hembras similares a las de *A. nigripinnis* y *A. alexandri*.

Otros géneros

Trigonectes balzanii (Perugia, 1891)

Especie endémica del chaco oriental (o húmedo), de tamaño mediano a grande (16 cm). Presentan una coloración de fondo verdosa con 3 líneas pardas longitudinales en la parte posterior del mismo y 5 en la anterior. La base de la aleta dorsal es menor a la base de la aleta anal. Los machos tienen las aletas anal, dorsal y caudal con manchas pardas redondeadas e irregulares mientras que las hembras tienen las aletas hialinas con algunas pequeñas manchas pardas. En machos, parte ventral de la aleta caudal y aletas pélvicas y anal, color naranja a fucsia, con la base de esta última color amarillo.



Trigonectes aplocheiloides

(Huber, 1995)

Especie endémica del chaco occidental (o semiárido), de tamaño medio (10 cm). La base de la aleta dorsal es menor a la base de la aleta anal. Los machos presentan un color gris verdoso sobre el cuerpo y las aletas pélvicas, parte ventral de la aleta caudal y la aleta anal de color rojo a naranja, con la base de esta última con una franja amarilla. Las hembras son de color gris verdoso y las aletas hialinas (sin color).



Neofundulus paraguayensis
(Eigenmamm y Kennedy, 1903)

Es la única especie compartida entre el chaco oriental (o húmedo) y el chaco occidental (o semiárido). Tiene una gran variabilidad de patrones de coloración. Presentan una coloración de fondo que va de gris verdoso a amarillento, con 3 líneas grises longitudinales en la parte posterior del mismo y un mayor número en la anterior. Presentan una banda longitudinal



en la base de la aleta anal con bordes oscuros que en los machos es naranja o amarilla y en las hembras es más clara. Los machos presentan las aletas pélvicas de color naranja. Aleta caudal con manchas naranjas, que pueden formar o no una medialuna y manchas blancas irregulares. Algunos ejemplares presentan una mancha gris oscura por detrás de la cabeza.

Pterolebias longipinnis
Garman, 1895

Es el pez estacional con mayor distribución del mundo. Se encuentra desde la desembocadura del Amazonas a Bolivia y en Argentina ha sido registrada en el chaco oriental (húmedo) y el registro más austral corresponde a una isla frente a la ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe. De tamaño mediano a grande (12 cm). Hembras de color gris y aletas hialinas. Machos, con una gran variabilidad de coloración, por lo general de cuerpo color pardo con algunos pequeños puntos dorado iridiscente



y aletas alargadas y puntiagudas de color ladrillo con pequeñas manchas pardas subcirculares e irregulares. Algunos ejemplares presentan algunas manchas rojas por detrás de la cabeza.

Papiliolebias bitteri

Costa, 1989

Especie endémica del chaco occidental (o semiárido), de pequeño tamaño (5 cm). Los machos son muy vistosos, con aletas azules o celestes. Tienen una banda blanca en la base de la aleta anal con 4 o 5 manchas pardas subcuadradas. Presentan una mancha azul arriba de la apertura branquial detrás de la cabeza. Opérculo amarillo con un reticulado marrón. Cuerpo amarillo verdoso con la parte dorsal gris. Las hembras de color gris y aletas hialinas.



¿Peces anuales o estacionales?

Como vimos anteriormente es común que haya más de un ciclo de llenado y secado de los charcos. Por esta razón es que el tradicional nombre de peces “anuales” no resulta apropiado para estas especies y preferimos el uso de peces estacionales. Por otra parte, en algunos años hemos observado en la región pampeana casos en los que los charcos pueden llegar a estar más de un año con agua (en años con muchas precipitaciones y charcos de grandes tamaños) por lo que los ciclos tampoco son estrictamente anuales.

¿Podemos encontrar peces estacionales en aguas permanentes y viceversa?

En los charcos estacionales muchas veces aparecen especies de aguas permanentes. En general se trata de especies con capacidad de respirar aire atmosférico o tolerar bajas concentraciones de oxígeno y con mucha capacidad de dispersión que llegan desde ambientes permanentes aledaños, generalmente con escorrentías superficiales asociadas a lluvias fuertes. Las más comunes son las Tarariras (*Hoplias*, *Hoplerythrinus*, *Erythrinus*), cascarudos (*Callichthys*, *Hoplosternum*, *Lephtoplosternum*), el bagre sapo (*Rhamdia quelen*) y algunas mojarra (*Cheirodon interruptus*, *Astyanax lacustris*, *Hyphessobrycon anisitsi*) y madrecitas (*Cnesterodon*, *Phalloceros*), encontrándose en muchos casos también la especie exótica invasora “mosquito fish” (*Gambusia* spp.). Sin embargo cuando el charco se seca estos peces morirán indefectiblemente, reseteándose el mismo y liberando a los peces estacionales de la competencia y de los depredadores.



Figura 8. Un bagre (*Rhamdia cf. quelen*) atrapado en una charca temporaria casi seca. Este fenómeno “resetea” las charcas de especies de aguas permanentes y elimina depredadores y competidores de los peces estacionales.

Por otra parte, en algunas ocasiones pueden encontrarse peces estacionales en aguas permanentes. Esto tiene un valor ecológico y evolutivo fundamental ya que la principal vía de dispersión y colonización de nuevos ambientes por parte de los peces estacionales es a través de los cuerpos de agua permanentes, generalmente durante las épocas de aguas altas. Por esta razón los ambientes temporales que habitan frecuentemente se encuentran asociados a planicies de inundación de ríos o arroyos permanentes.

Transporte de huevos de peces en las patas de las aves ¿Mito o realidad?

Existe un mito bastante extendido de que los huevos de los peces son trasladados en las patas de las aves. Sin embargo, esto es desmentido por la biogeografía ya que, si observamos la distribución de las especies, muchas de ellas están restringidas a un único charco o a microcuencas y si este fenómeno fuera efectivo no se observarían estos microendemismos.



Figura 9. Río de Oro, provincia de Chaco. En este arroyo de aguas permanentes además de los peces típicos de estos arroyos registramos un gran número de *Pterolebias longipinnis*, la especie estacional de mayor distribución mundial y que habitualmente coloniza ambientes permanentes.

Acuarismo

Existen algunas características fundamentales de esta familia que hacen que muchos de estos peces de acuario estén entre los más populares en todo el mundo: la primera es el diversificado y llamativo patrón de color que exhiben los machos y la segunda es, en el caso de las especies estacionales, su particular tipo de reproducción que facilita el intercambio de huevos entre acuaristas de todo el mundo. A partir del año 2000, se produjo una gran difusión de estos peces en Argentina, producto del nacimiento del Killi Club Argentino (KCA), una asociación de acuarismo de la que surgió un grupo de entusiastas que inició un amplio relevamiento de esta familia en territorio argentino, y aportó observaciones al estudio de la ecología y el comportamiento de estas especies, sobre todo generando una fuerte difusión de estos peces en Argentina. Es así como algunos de los que comenzamos como miembros de este grupo, dentro de una asociación de acuaristas, decidimos dar un paso más allá y formar luego el Grupo de Investigación y Conservación de Killis (GICK) integrado por científicos y especialistas en este grupo de peces.

Acuarismo responsable

El acuarismo puede ser una amenaza o un aliado de la conservación. Es importante fomentar un acuarismo con principios que sirva como un medio para generar conciencia en la sociedad sobre la importancia de conservar estos peces y sus ecosistemas difundir estas especies y apoyar económicamente proyectos de conservación e investigación de estas especies, como de hecho ya ocurre con algunas asociaciones de acuaristas a lo largo del mundo. Los killis, y las especies estacionales en particular, son especies que por su tamaño y características pueden reproducirse relativamente fácil en acuario, si bien tienen algunas especificaciones muy particulares una vez cumplimentadas se logra la reproducción de la mayoría de las especies sin problemas. Por esto es importante que los acuaristas puedan reproducir estos peces en cautiverio para evitar su extracción de los ambientes naturales y que se comprometan a no comprar peces salvajes y tratar de evitar su extracción de la naturaleza. A su vez, el conocimiento que genera el acuarismo sobre la biología de estas especies mediante la acumulación de experiencias de cría y mantenimiento en acuarios, pueden resultar fundamentales a la hora de conservar estas especies o estudiarlas en laboratorio, dónde hay excelentes ejemplos en otros grupos de peces. Por esta razón es importante fomentar un acuarismo responsable y con conciencia ambiental, lejos del coleccionismo y más cerca de la naturaleza.



Figura 10. Acuarios emulando ambientes de peces estacionales de la región pampeana en una exposición realizada en el Museo Argentino de Ciencias Naturales.

Estado de conservación de las especies de peces estacionales en Argentina

En los últimos 12 años se perdieron 2,8 millones de hectáreas de bosques nativos en Argentina según Greenpeace. El avance de la frontera agropecuaria ha sido descomunal en Argentina, en especial en la región chaqueña, donde sólo durante el último año (2019) se han desmontado unas 80 mil hectáreas, con la provincia de Chaco a la cabeza, donde se desmontaron 130.000 hectáreas en los últimos 4 años. Según un informe de la Fundación Refugio, más de un millón de hectáreas de bosque chaqueño fueron taladas en la provincia de Salta en el periodo 2004-2015. Esto nos da una idea del gran impacto de estas actividades en esta región en particular. Por sus características biológicas los peces estacionales son particularmente vulnerables a las perturbaciones ambientales. Como viven en humedales estacionales de poca profundidad es muy común que estos ambientes sean canalizados o rellenados para su utilización agrícola, lo que se ve reflejado en una disminución considerable de los ambientes disponibles para estas especies. Además, en el caso de los monocultivos, como la soja, hemos observado una suerte de “esterilización” de los ambientes aledaños a estos cultivos y la desaparición total de los peces estacionales, incluso cuando esos ambientes no están dentro de un campo de cultivo sino aledaños al mismo, ya que los agroquímicos utilizados escurren hacia las depresiones que se forman del terreno, donde se observa una pérdida total de la vegetación acuática y casi nula vida acuática.



Figura 11. Ambiente temporario del chaco salteño donde había peces estacionales y que luego de la implantación de soja quedó “esterilizado”, sin plantas acuáticas, ni peces ni invertebrados.

En particular hay una especie que hemos descrito recientemente en el Chaco salteño, al norte de la cuenca del Bermejo cerca de la localidad de Padre Lozano, a la que hemos bautizado *Austrolebias wichi*. Si bien hemos realizado numerosos relevamientos en esa zona desde el año 2005, esta especie la hemos ubicado en un único charco, que es un paleocauce (antiguo cauce del río que se llena con agua de lluvias), que está rodeado por plantaciones de soja y monocultivos. En los últimos años hemos registrado muy pocos ejemplares de esta especie en este ambiente, y de hecho muchos años no hemos podido detectar ni siquiera uno solo. Si bien hemos informado a las autoridades de la provincia respecto al estado de conservación crítico de esta especie hasta nuestro conocimiento no se ha tomado ningún tipo de medida en pos de su conservación. La zona donde habita esta especie ha sufrido un enorme impacto en los últimos años debido a una gran deforestación y la implantación de monocultivos y también hemos observado la canalización de una gran porción de los humedales característicos de la zona. Es necesario tomar medidas urgentes para conservar esta especie y esos humedales únicos, y revisar este tipo de prácticas agrícolas que además de degradar el ambiente han mostrado generar patrones de exclusión social muy marcados que cada tanto aparecen en los medios de comunicación, como la muerte por desnutrición de niños de etnias locales. Es fundamental que revisemos este modelo productivo en profundidad tanto por sus consecuencias ecológicas como sociales que están íntimamente ligadas.



Figura 12. *Austrolebias wichi* y su hábitat, una especie en estado crítico de conservación debido al avance de la frontera agropecuaria y el uso de agroquímicos en la zona del chaco salteño.

Grupo de Investigación y Conservación de Killis (GICK)

A partir del año 2005, junto a otros colegas, formamos un grupo dedicado a la investigación de los Rivulidae que luego denominaríamos **Grupo de Investigación y Conservación de Killis (GICK)**. “Conocer para difundir y conservar” y “siempre más allá” son los lemas que nos definen en valores y actitud. Creemos en la generación de conocimiento y su divulgación como herramientas esenciales para la conservación y el desarrollo de nuestra sociedad.

Los peces estacionales son un caso paradigmático en Biología por sus particulares características y su importancia como especies bandera, por su gran carisma y belleza, además de las potenciales aplicaciones de la investigación sobre estas especies a nivel de conservación, biotecnología, y acuicultura. Por eso hemos conformado un equipo constituido por un grupo de biólogos y especialistas para estudiar este grupo de peces y volcar nuestra pasión y dedicación. Creemos en una ciencia comprometida con la sociedad, en la educación, y en el conocimiento como herramientas de cambio, por ello nuestros objetivos son promover el estudio científico, la popularización de este y la difusión de estas especies y su biología como medio de fomentar la conservación de este paradigmático grupo de peces.

Como resultado de la conformación de este grupo de trabajo hemos realizado una serie de publicaciones científicas, y varios trabajos en proceso de publicación (descripción de especies nuevas del género *Austrolebias* y estudios de ecología y evolución). También hemos realizado numerosas charlas y exposiciones de popularización en diversos ámbitos como el Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN), Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Salta, Feria del Libro, Noches de los Museos, Expo Veterinaria, etc. Colaboramos en diversas publicaciones de divulgación en diversos medios como Página/12, Infobae, Clarín, Exactamente, y revistas especializadas en acuarismo (las asociaciones de killis británica BKA, portuguesa APK, alemana DKG, etc.). El equipo está integrado por especialistas de estos peces de Argentina (Felipe Alonso, IBIGEO; Ignacio García, UNLP; Guillermo Terán, FML-UEL; Martín Miguel Montes, CEPAVE-UNLP, Marcos Waldbillig, UNLP, Tomás Acuña, Facundo Bozza; y Pablo Calviño, MACN), Uruguay (Wilson Sebastián Serra Alanís, Museo Nac. Hist. Nat. Montevideo) y Brasil (Francisco Severo Neto, UNESP).



Figura 13. Análisis de ejemplares recién colectados y toma de muestras de tejido para análisis de ADN en un muestreo en la región chaqueña.



Figura 11. Muestreos en la región pampeana.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Jason Podrabsky por la foto del embrión de *Austrofundulus limnaeus*, a Radim Blazek por la foto de *Nothobranchius furzerii* y a Marcos Waldbillig por la foto de *Austrolebias elongatus*. La información vertida aquí es un resumen de nuestra propia experiencia y trabajo sumadas al producto de numerosas investigaciones realizadas por científicos que trabajan o han trabajado en el sistema público de ciencia de diversos países y también por algunos aficionados y apasionados al acuarismo que han aportado observaciones y datos a lo largo de los años. Es importante reconocer el aporte de todos ellos en esta construcción colectiva que es el conocimiento científico. Como dijo Newton, creo que siempre estamos sentados “sobre los hombros de gigantes”, que nos permiten dar el siguiente paso para ver un poco más allá.

Naturaleza extrema: temperatura, humedad y lluvias en el Chaco salteño

Marissa Fabrezi ¹ y Luis Alvarado ¹

¹Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO-CONICET-UNSa)

A fines de 2016, el [IBIGEO](#) instaló estaciones meteorológicas semiautomáticas en un área del Chaco salteño (noreste de la provincia de Salta) (Fig. 1). Esa área tenía especial interés ya que en ella se venían realizando investigaciones con diferentes enfoques (agronómicos, forestales, biológicos) desde la década del '90. Las estaciones fueron adquiridas con fondos del [Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación](#) y de la Unidad para el Cambio Rural a través de proyectos del CONICET agrupados en la categoría de Redes Orientadas para la Resolución de Problemas.

El IBIGEO agradece a las familias Jaime, de Padre Lozano y Velarde, de Pluma de Pato por la colaboración en el mantenimiento de esta red estaciones que hicieron y harán posible mantener el monitoreo de variables ambientales.

La pequeña red que monitorea el IBIGEO está compuesta por tres estaciones con sensores electrónicos programados para registrar datos diarios cada una hora. Estos sensores están asociados a termómetro (temperatura), pluviómetro (lluvia), anemómetro (viento) e higrómetro (humedad). Están provistas de baterías que se cargan con pequeños paneles solares. Como la capacidad de almacenar datos es limitada, se deben descargar los datos cada tres o cuatro meses.

El mantenimiento de las estaciones demanda esfuerzos extra ya que si bien están protegidas por un cerco, algunos animales ocasionalmente anulan los sensores (un panal de avispas en un pluviómetro, un ave posando sobre el anemómetro), o las baterías tienen fallas (algunos amaneceres de invierno después de días nublados proveen baja energía). Por esta razón en algunos períodos no se obtienen datos completos.

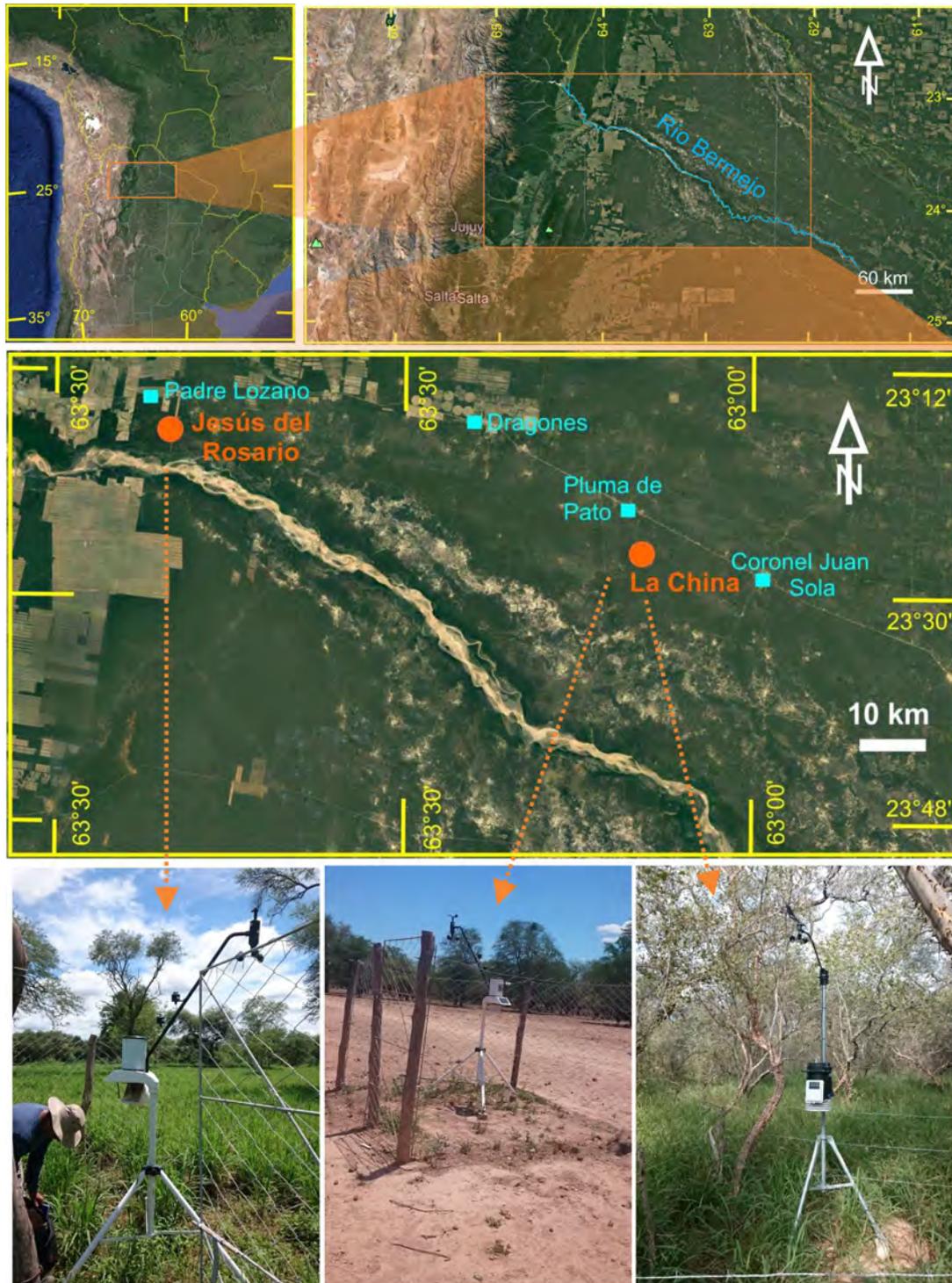


Figura 1. Localización de tres estaciones meteorológicas semiautomáticas en el Chaco semiárido de la provincia de Salta. Las estaciones se encuentran ubicadas en sitios rurales separadas entre sí por 77 kilómetros en línea recta: una en zona de influencia del Río Bermejo, entre las localidades de Padre Lozano y Misión Chaqueña (Puesto Jesús de Rosario) y las otras dos cerca de la población de Pluma de Pato (Puesto La China). Entre estas dos hay una distancia de 150 metros y registran variables en sitios con y sin cobertura vegetal.

La instalación de estas estaciones tuvo como propósito responder a algunas necesidades de proyectos de investigación particulares que demandaban:

1. Contar con registros locales que nos permitieran contrastarlos con datos regionales obtenidos por modelados satelitales en el marco del monitoreo del [Sitio Piloto Chaco semiárido](#) del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación.

2. Diferenciar datos “in situ” en diferentes “microclimas” (Fig. 2).



Figura 2. Diferentes ambientes en los cuales se ubican las estaciones meteorológicas. A y B, Puesto Jesús de Rosario, cerca del Río Bermejo, sobre la isohieta de 600mm. Se observa una vegetación nativa tupida y zonas sombreadas. C y D. Puesto la China, extensas áreas de suelo desnudo y pequeñas islas arboladas donde se aglutina el ganado. E. Puesto La China, sector del monte donde se desarrolla una cubierta vegetal. En el Puesto La China, la precipitación media anual es más cercana a la isohieta de 500mm.

3. Relacionar variables ambientales (temperatura, humedad ambiental y precipitación) con procesos biológicos en sistemas productivos y procesos biológicos naturales (Figs. 3 y 4).



Figura 3: Pasturas implantadas mediante diferentes tecnologías. La calidad y productividad de la pastura depende de diferentes condiciones ambientales (suelo, lluvias, etc.). Arriba, secuencia de cinco imágenes que muestran la variación temporal de las pasturas desarrolladas con la práctica conocida como “desbajado” en Jesús de Rosario. La práctica es un tipo de desmonte selectivo. Abajo, tres momentos de las pasturas implantadas empleando la técnica del “deschampado” en La China ([Temas BGNOA, modelo productivo](#)). La tecnología mejora la oferta forrajera y se mantiene a lo largo de los años. Esta práctica es realizada por investigadores de la Universidad Nacional de Salta junto a familias campesinas criollas. La imagen de marzo de 2017 es gentileza de Cristina Camardelli.

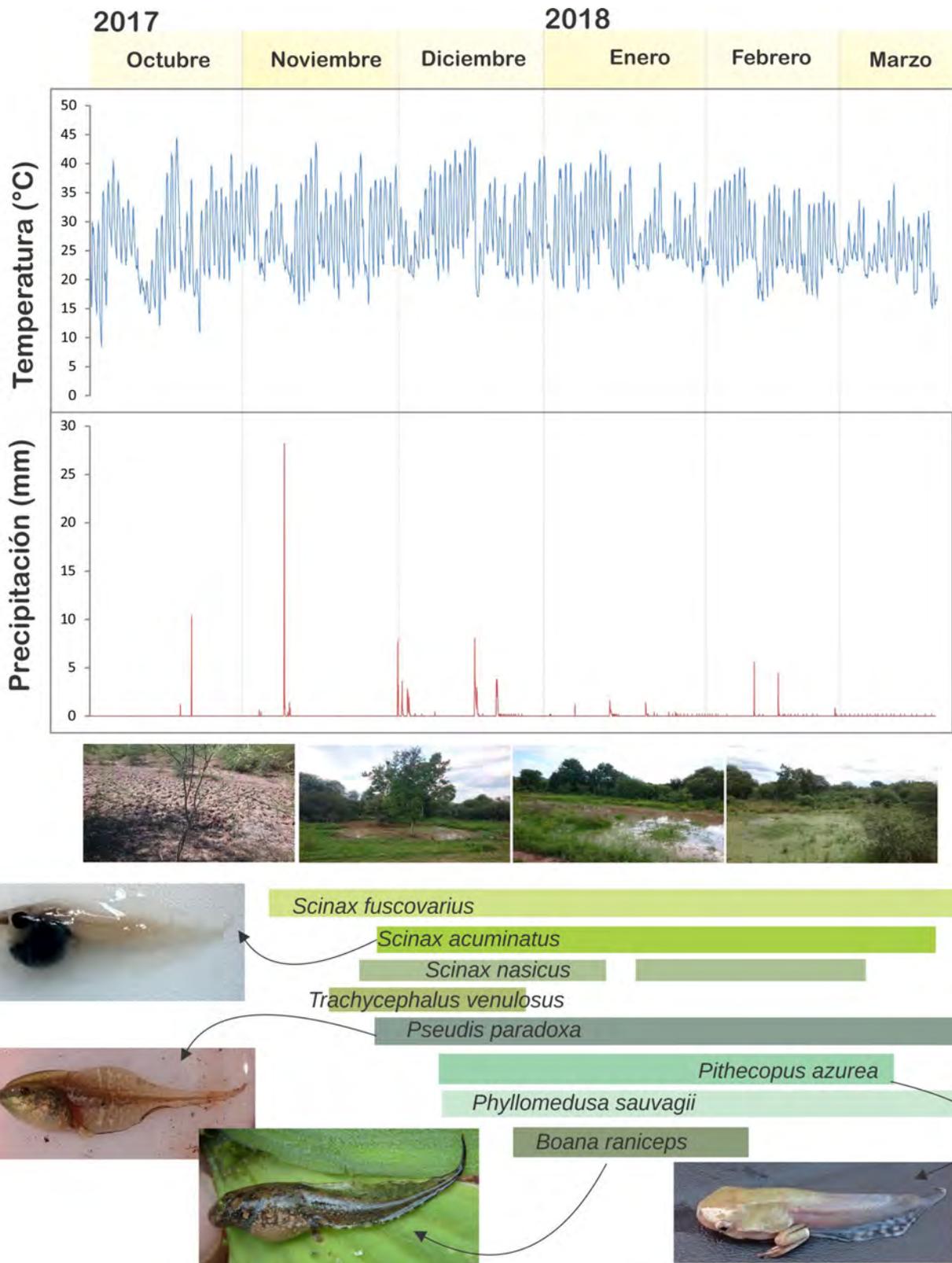


Figura 4: Reproducción de ranas en la zona de estudio. Todas las ranas del Chaco semiárido se reproducen en cuerpos de agua formados por las lluvias desde avanzada la primavera hasta el otoño. En los gráficos se observan las temperaturas y las precipitaciones entre octubre de 2017 y marzo de 2018. Las especies que mostramos, habitan en zonas con abundante vegetación, con un desarrollo que demora entre 40 y 140 días por lo cual. Los charcos donde se encuentran los renacuajos suelen ser aquellos en los que se ha acumulado el agua de varias lluvias. Algunas especies se reproducen una sola vez en la temporada, otras pueden hacerlo dos o tres veces, pero siempre en relación con una lluvia importante.

Las temperaturas y humedad relativa anuales registradas desde 2017 oscilan entre los 22°C y 24 °C y entre 62 y 70% de humedad. La humedad relativa es más alta en la estación de Jesús de Rosario (Fig. 5).

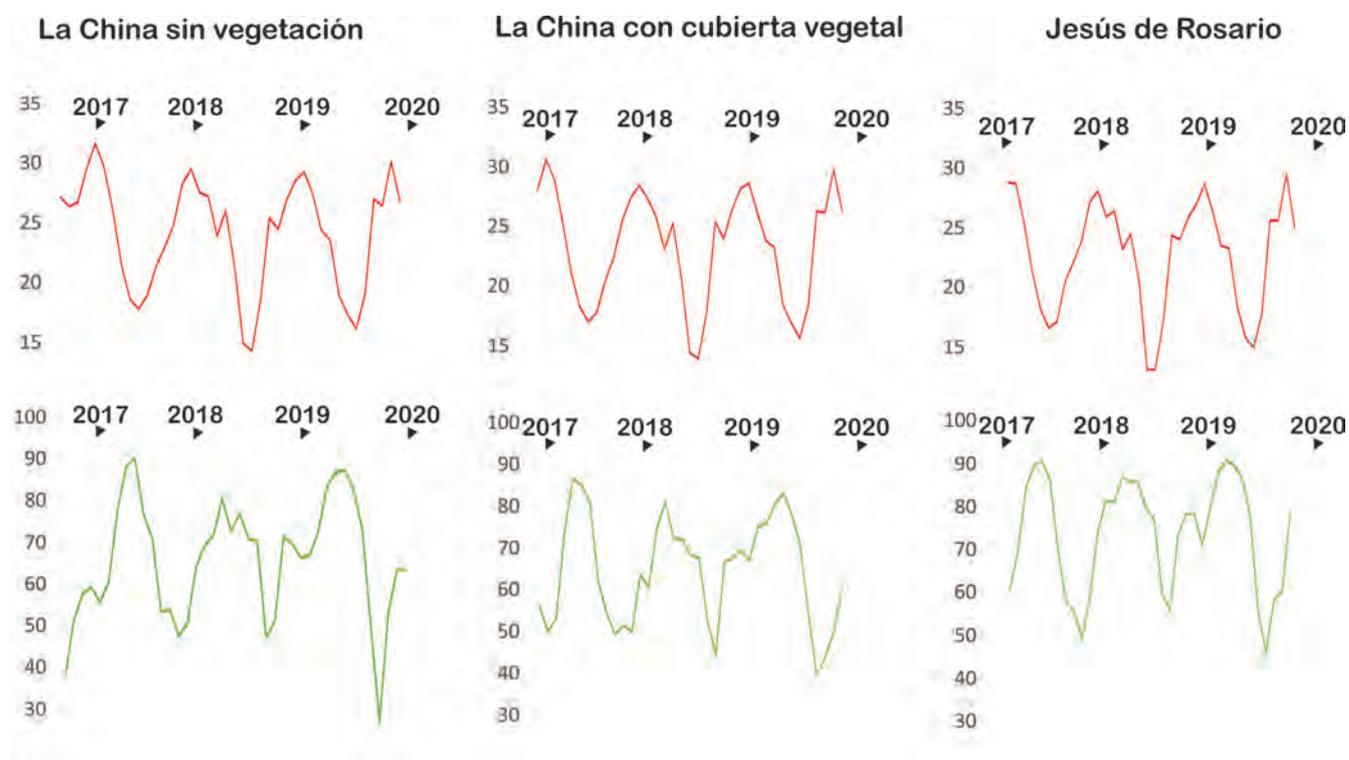


Figura 5: Gráficas que muestran la variación anual desde 2017 de la temperatura medias mensual (arriba) y la humedad relativa media mensual (abajo). Si bien las temperaturas son similares, la humedad relativa es ligeramente mayor en Jesús del Rosario. Enero suele ser el mes con mayor temperatura y mayor humedad relativa.

De acuerdo con los datos climáticos reportados en el [Atlas Climático Digital de la República Argentina](#), las precipitaciones medias anuales en los sitios varían de oeste a este entre 600 y 500 mm. Nuestros datos indican que en 2018 y 2019 ha llovido menos que la media histórica en La China y en el año 2019 ha llovido menos que la media histórica en Jesús de Rosario (Fig. 6).

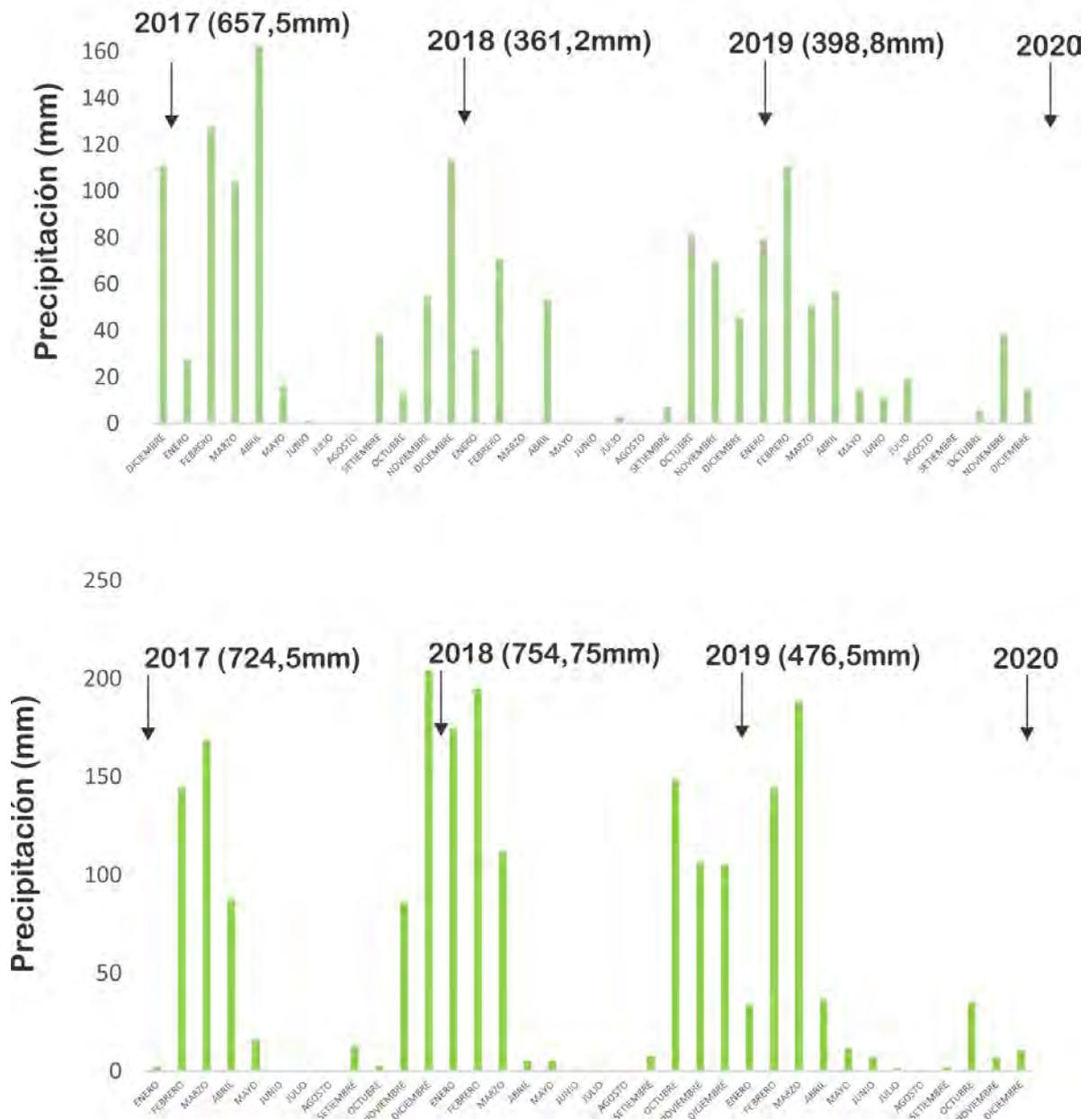


Figura 6. Precipitación mensual y acumulada anual en las estaciones meteorológicas de La China en área con vegetación (arriba) y en Jesús del Rosario (abajo). Lamentablemente, el pluviómetro de la estación La China en área sin vegetación falló a fines de 2017 y comienzos 2018 por eso no se graficaron.

Los datos que estamos mostrando son claros y convincentes para aproximarnos a las condiciones ambientales de la zona. Si analizamos el mes de noviembre de 2019, en el que en ambos sitios, se registraron más de veinte días con temperaturas superiores a los 35°C durante el día, con baja humedad relativa y muy poca cantidad de lluvias podremos entender cuando esas condiciones se extreman (Figs. 7 y 8).

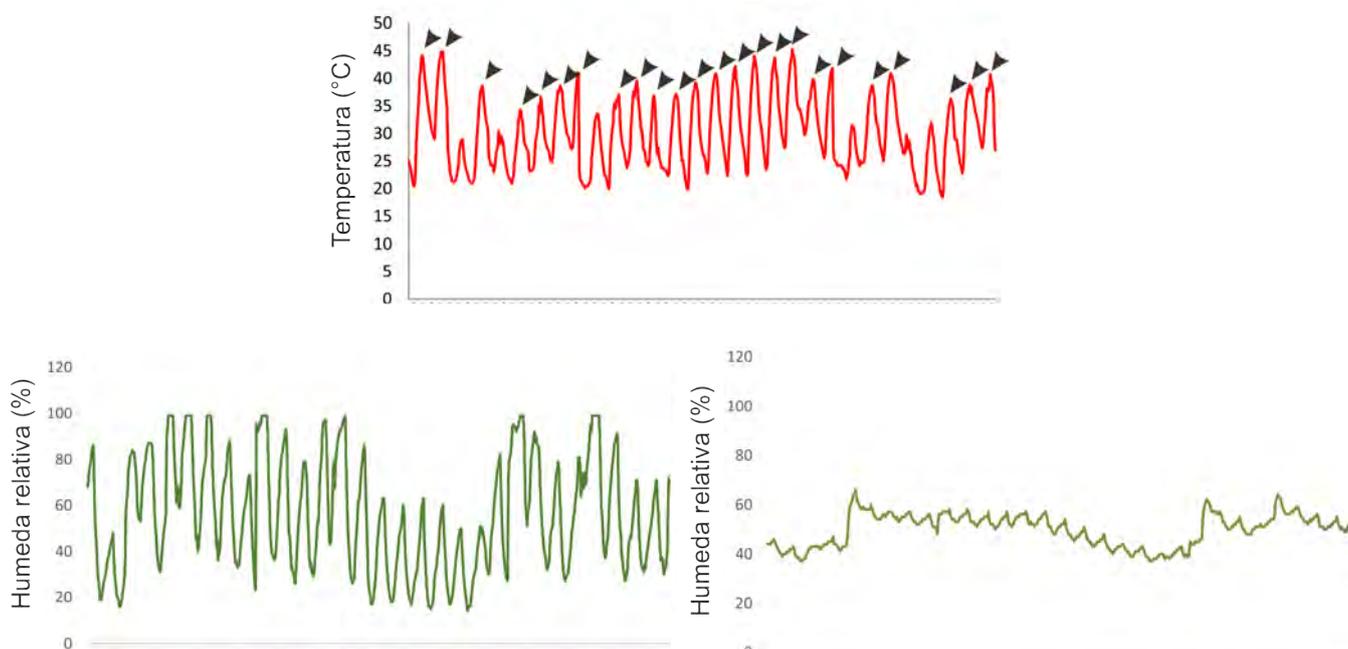


Figura 7. Temperatura y humedad relativa en noviembre de 2019. Las temperaturas diarias fueron muy parecidas en las tres estaciones. En el gráfico superior se presentan los registros de La China sin vegetación. La temperatura diaria sobrepasó los 35°C más de veinte días del mes. Sin embargo, la humedad relativa fue muy diferente. En la estación ubicada en área de suelo desnudo en La China (y también en Jesús de Rosario), la caída de humedad durante el día fue abrupta, menor al 20% y sube cerca del 100% a media

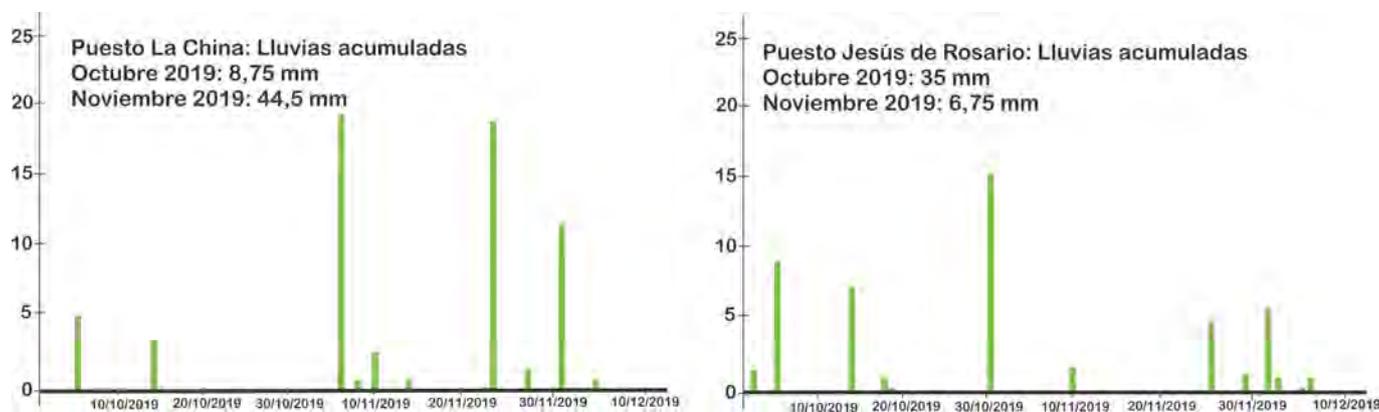


Figura 8: Gráficas que muestran las lluvias de octubre y noviembre de 2019. En la China, las lluvias de noviembre fueron las primeras lluvias de la estación que superaron los 10 mm. En Jesús del Rosario, en noviembre la lluvia fue casi imperceptible. La escasez de lluvias en los meses de primavera de 2019 fue la razón por la cual, los ganaderos criellos de la zona reclamaban la [emergencia agropecuaria](#) debido a la [sequía](#).

El mes de noviembre de 2019 también es muy claro para marcar las diferencias entre La China y Jesús de Rosario ya que a pesar de no existir variación altitudinal (entre 200 y 300 msnm) y latitudinal (siempre en el paralelo de 23° casi trópico de Capricornio) las precipitaciones locales determinan características especiales y fuera de lo común. En ambos sitios, en los años 2017 y 2018, en el mes de noviembre ya se registraban lluvias (que se sumaban a precipitaciones de meses anteriores), aunque en mayor cantidad en Jesús de Rosario (Fig. 6). En el mes de noviembre de 2019 (Fig. 8), las precipitaciones tuvieron un

comportamiento muy diferente. Del análisis de los registros, surge que año tras año, las variables meteorológicas se combinan de manera diferente y a veces inesperada.

En diciembre de 2019, cuando fuimos a buscar los datos del período (setiembre-diciembre) nos propusimos procesar la información para las comunidades locales y también para que quienes vivimos en otras latitudes y/o altitudes, pudiéramos evaluar con objetividad de que hablamos cuando decimos en el Chaco hay sequía o hace calor. También, en ese momento no imaginábamos los hechos que nos golpearían a lo largo del verano, donde la emergencia agropecuaria dejó su lugar a la emergencia sanitaria ([desnutrición y deshidratación infantil](#), [inequidad social](#)).

La ocurrencia de temperaturas muy elevadas en los meses de primavera y verano invita a pensar la manera en que se puede resolver la deshidratación cuando no se cuenta con provisión de agua segura, tanto para la ingesta como para la higiene y preparación de alimentos. No parece que exista alguna alternativa, solo hace falta agua segura. Los datos que presentamos también ponen en evidencia el rol de la cubierta vegetal en atenuar los efectos de la temperatura y los cambios extremos de humedad ambiente.

El verano reciente (2019-2020) ha detonado una situación sanitaria precaria en extenso territorio de la provincia de Salta que merece atención especial ya que las condiciones meteorológicas extremas se asocian las condiciones de vida de sus habitantes.

Los datos que se han presentado (incompletos por la imposibilidad de tener los registros de fin de 2019 a marzo de 2020 debido a la pandemia de COVID-19), intentan poner énfasis en la necesidad de entender la realidad de los habitantes de nuestro extenso y diverso país que carecen de acceso a servicios básicos como el agua potable. También en la dificultad de mantener sus sistemas productivos de pequeña escala.

Si bien en un momento de cuarentena (abril de 2020) ha puesto en el centro de la escena de nuestras preocupaciones cumplir con las recomendaciones sanitarias (lavado frecuente de manos con agua jabonosa, lavado de superficies, aislamiento social), es importante destacar que en la provincia de Salta hay comunidades que aún hoy no tienen acceso a agua segura para sobrevivir.

AGREDECIMIENTOS

Cristina Camardelli, Carolina Montero López y Fernando Hongn realizaron valiosos comentarios en el texto y aportes para mejorar las figuras.

Rastreando el origen de los canguros. Posibles huellas en América del Sur

Lidia E. Mansur y Natalia Zimicz¹

¹Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO-CONICET-UNSa)

Los marsupiales son un grupo de mamíferos que habitan en América, Australia, Nueva Zelanda y Nueva Guinea. En América del Sur, actualmente hay 3 familias: las comadrejas o zarigüeyas, los ratones runchos y el monito del monte que en total agrupan algo más de 65 especies. Por el contrario en Australia, Nueva Zelanda y Nueva Guinea, los marsupiales son muy diversos con 18 familias y más de 200 especies, algunas muy carismáticas como los canguros, koalas y wombats y otras no tanto como el demonio de Tasmania. Esta distribución disyunta ha propiciado la división del grupo en dos grandes ramas, los americanos y los australianos. Es importante destacar que en el pasado geológico la historia de este grupo de animales fue muy distinta. La riqueza fosilífera de América del Sur indica que los marsupiales fueron mucho más diversos en el pasado que en la actualidad, llegando a equiparar e incluso superar la riqueza de especies que hoy tiene Australia.

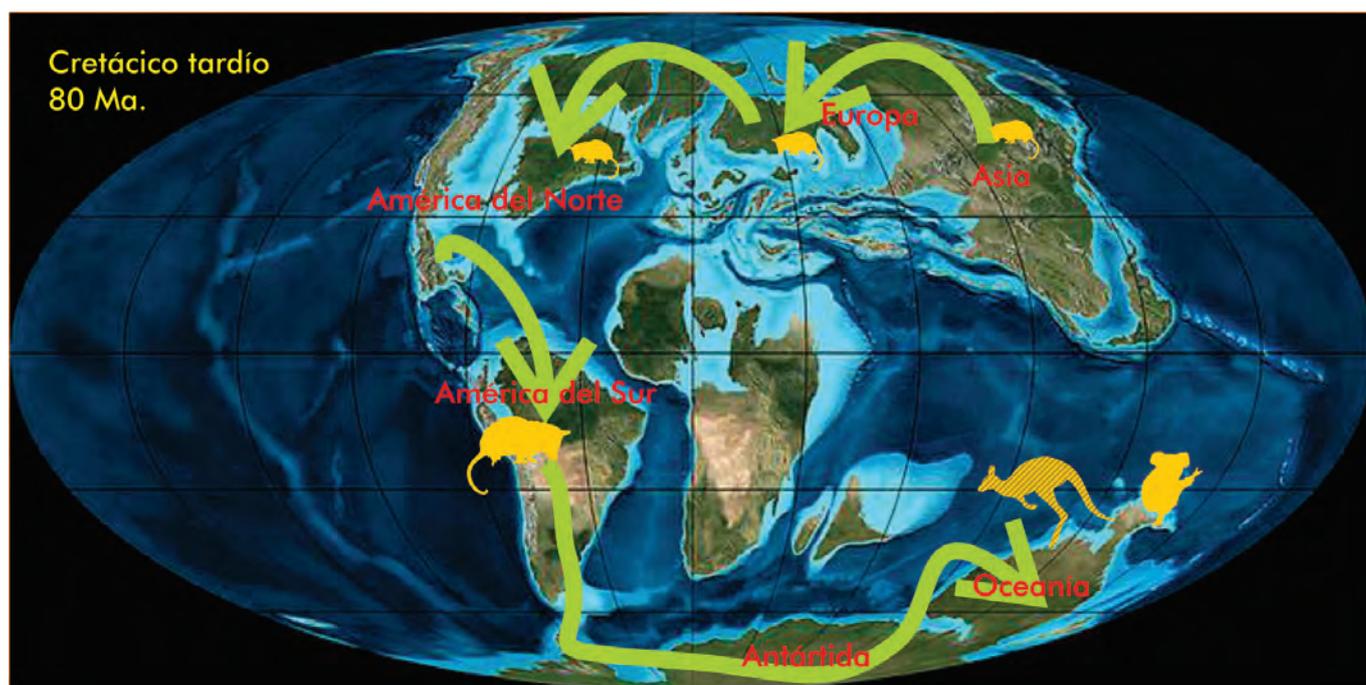


Figura 1. Configuración de los continentes para el Cretácico tardío con las vías de dispersión seguidas por marsupiales.

Los marsupiales se originaron en Asia hace aproximadamente 125 millones de años (Ma) y desde allí se dispersaron por lo que hoy conocemos como Europa y América del Norte para finalmente llegar a América del Sur alrededor del Cretácico tardío (aproximadamente 80 Ma, Fig. 1) (ver [Hongn y García, 2011: TBGNOa, Vol. 1: 21-31](#)). Su historia está ligada a la evolución de los continentes y es un ejemplo del impacto de la deriva continental (es decir, el proceso por el cual las placas tectónicas que soportan a los continentes se desplazan debido al movimiento del manto por debajo de la corteza terrestre) sobre la biota. Los marsupiales arribaron a América del Sur en un momento en el cual el continente estaba conectada con Antártida y esta a su vez con Oceanía. En el transcurso de su vertiginosa carrera hacia el sur los marsupiales enfrentaron muchos eventos ambientales importantes, como la gran extinción del Cretácico tardío, los aumentos globales del nivel del mar, el levantamiento de la Cordillera de los Andes, pulsos de efecto invernadero, pulsos de enfriamiento global, la separación de Antártida y América del Sur, y finalmente la separación de Oceanía. Adaptándose a estos cambios de diversas maneras, los marsupiales finalmente arribaron a Oceanía hace aproximadamente 55 Ma. Entonces desde su llegada a América del Sur, transcurrieron unos 35 Ma para que los marsupiales arribaran a su destino último en Oceanía.

Los marsupiales (Marsupialia) son una infraclase de mamíferos **metaterios**. Se caracterizan por un corto desarrollo en el útero y completar gran parte del crecimiento agarrados a las glándulas mamarias de la madre en el interior de la bolsa marsupial o marsupio. En algunas especies de marsupiales sudamericanos, el marsupio no está presente y se observa la utilización de madrigueras.

Este tipo de desarrollo los hace muy vulnerables durante los primeros estadios de vida. Su dependencia de la lactancia es tan fuerte que en algunos marsupiales como los canguros, la misma se halla sincronizada con la temporada de lluvias.

Los marsupiales llevan a cabo un cuidado parental (cuidado de la crías) muy intenso. Esto asegura una supervivencia



Comadreja colorada (*Lutreolina crassicaudata*) (arriba) con sus crías lactantes aferradas a los pezones. Comadreja cenicienta (*Micoureus demerarae*) (abajo) transportando a sus crías aun lactantes. Imágenes modificadas de Goin et al. (2016)



Durante su viaje por América del Sur y Antártida, los marsupiales experimentaron una de las más espectaculares radiaciones adaptativas (proceso que describe la diversificación de especies en diversos nichos ecológicos). Se presume que para el Eoceno temprano (55 Ma), todos los grandes grupos de marsupiales ya estaban bien diferenciados. A partir de estos antecedentes, la pregunta más importante en relación a este grupo es:

¿Dónde tuvo lugar esa diversificación inicial?

Algunas hipótesis postulan que un linaje de marsupiales emparentado al monito del monte sudamericano alcanzó Australia, luego de atravesar Antártida y dió origen a la diversidad de marsupiales australianos que conocemos hoy. Otra hipótesis plantea que los grandes grupos de marsupiales que hoy pueblan Australia ya estaban presentes en América del Sur para el Eoceno, por lo cual la diversificación inicial pudo tener lugar en nuestras tierras.

Por el momento, el dilema está en pleno debate. El registro más antiguo de marsupiales en Australia se remonta a los 55 Ma y se trata unas pocas especies que no tienen relación de parentesco con los grupos australianos. En América del Sur, por el contrario, el registro es mucho más diverso y antiguo. Existen grupos extintos emparentados con las comadrejas vivientes pero también relacionados a los canguros, koalas y wombats australianos.

El **monito del monte**, *Dromiciops gliroides*, es considerado un fósil viviente porque es el único sobreviviente de un grupo muy antiguo de marsupiales sudamericanos, los microbiterios. Este animal habita en los bosques andinos de la Patagonia Argentina y de Chile. Tiene un relación de mutualismo con el quintral (planta hemiparásita), siendo uno de los principales dispersores de sus semillas.

Los microbiterios están relacionados a los marsupiales australianos y son clave en las relaciones de parentesco entre estos y los grupos sudamericanos. Aunque en la actualidad solo queda el monito del monte, en el pasado este grupo fue más diverso. Hace unos 20 millones años diversos microbiterios vivían en América del Sur, especialmente en la Patagonia argentina. Los fósiles más antiguos han sido hallados en Antártida y tienen una edad que se remonta al Eoceno medio (47-49 millones de años). Para ese tiempo el continente helado no lo era aun y se presume que los bosques eran similares a los de la región andino-patagónica.



Dromiciops gliroides. Imagen tomada de Goin et al. (2016)

Entonces el interrogante fundamental sobre la historia de este grupo se halla oculto en esos 35 Ma, desde que arribaron a América del Sur hasta que alcanzaron Antártida. Para contestar esta pregunta, los paleontólogos trabajan estudiando la fauna de marsupiales

Esta diferencia en el registro fósil entre ambos continentes podría indicar que el grupo de marsupiales que llegó a Oceanía estaba constituido por varios linajes y no solamente por uno similar al monito del monte.

Entonces el interrogante fundamental sobre la historia de este grupo se halla oculto en esos 35 Ma, desde que arribaron a América del Sur hasta que alcanzaron Antártida. Para contestar esta pregunta, los paleontólogos trabajan estudiando la fauna de marsupiales fósiles tanto en Australia como en América del Sur para hallar más evidencias que arrojen luz a la historia fascinante de este grupo de mamíferos. Estos estudios se llevan a cabo desde los más diversos enfoques que incluyen la búsqueda de fósiles en el campo, el estudio anatómico de los restos depositados en colecciones, la reconstrucción de la ecología de las especies fósiles, la reconstrucción de los ambientes en los que vivieron y el estudio de las faunas de marsupiales vivientes que aporta información anatómica, molecular y adaptativa.

Groeberia

En enero de 2020, investigadores del IBIGEO y el Museo de la Plata publicaron un artículo donde dan a conocer un estudio sobre *Groeberia*, un género¹ perteneciente a un grupo de marsupiales sudamericanos que podría ser clave para entender la historia evolutiva de los marsupiales vivientes.

Groeberia es un género de marsupiales que vivió hace aproximadamente 47 a 45 Ma. Sus restos fueron hallados en la provincia de Mendoza en la década de 1950. Este animal fue estudiado previamente por muchos paleontólogos y dada su morfología peculiar, su inclusión dentro de los marsupiales se ha puesto en duda en varias oportunidades. En el artículo antes mencionado los investigadores aportan nuevas evidencias para la confirmación de *Groeberia* como marsupial y a su vez indagan sobre su parentesco con otros marsupiales, especialmente con los grupos australianos.

La publicación de este artículo es el resultado final del proceso de investigación que requirió años de trabajo. Como en toda disciplina científica, la paleontología intenta responder interrogantes mediante la elaboración de una hipótesis que se pone a prueba aplicando un método. En este caso, la hipótesis inicial era que *Groeberia* es un mamífero marsupial.

¹Género: Es una categoría taxonómica que agrupa a las especies emparentadas entre sí por compartir un ancestro común.

Para contestar esta pregunta los investigadores estudiaron la anatomía del cráneo, la mandíbula y los dientes demostrando la presencia de algunas características propias de los marsupiales que están presentes en *Groeberia*. También estudiaron lo que se conoce como morfología funcional, para entender cómo masticaba este animal. Así como un dentista puede determinar si un paciente requiere de una placa de descanso para dormir, los paleontólogos pueden obtener información muy importante a partir de la forma en la que los dientes de un fósil están gastados. Como resultado de este análisis se pudo observar que *Groeberia* es muy similar a varias especies de marsupiales australianos. Esta investigación permitió determinar aspectos importantes de la ecología de *Groeberia*, como su tamaño corporal y los alimentos que pudo haber consumido. Toda esa información se obtuvo a partir de medidas de los dientes y del estudio de su desgaste.

La forma de los huesos del cráneo permite obtener información para reconstruir la musculatura y entender como masticaba el animal.

En el estudio de los mamíferos, los dientes son muy importantes porque sirven para identificar a las especies y contienen información ecológica esencial. Por ejemplo, a partir de las medidas de los dientes se puede calcular el peso aproximado del animal. La forma de los dientes y el desgaste en su superficie guardan relación con los alimentos que consumía y por lo tanto su lugar en la red trófica.

Ficha Técnica
Groeberia minoprioi
 Edad: aproximadamente 45 millones de años
 Distribución: provincia de Mendoza, Argentina.
 Hábitat: ambientes de boscosos y cálidos
 Peso: 216 g
 Alimentación: omnívoro con preferencia por la materia vegetal incluyendo, hojas, semillas, nueces, raíces y tubérculos.
 Tipo de desplazamiento: desconocido

Groeberia utilizaba sus enormes incisivos para raspar el sedimento o las cortezas en busca de alimentos. Sus poderosos músculos masticatorios le permitían romper objetos duros como nueces atrápanolos entre sus robustos premolares.

Esta fotografía de las muelas de *Groeberia* fue tomada con un microscopio electrónico de barrido. En ella se pueden ver los escalones (flechas rojas) formados sobre la superficie de los dientes como resultado de la abrasión de los alimentos.

Reconstrucción del aspecto que habría tenido *Groeberia* (Tomada de Goin 1989).

Finalmente, mediante un análisis filogenético² se estudiaron las posibles relaciones de parentesco de este animal. Los resultados indican que *Groeberia* está emparentada con el grupo de marsupiales australianos que incluye entre otros a canguros, koalas, wombats y también al monito del monte (Fig. 2). Entonces, volviendo a nuestra pregunta fundamental, los resultados de este trabajo suman evidencia a favor de la radiación inicial de los marsupiales australianos en tierras sudamericanas. Se trata de resultados preliminares que abren nuevas perspectivas de investigación y permiten elaborar hipótesis a futuro. Dado que los marsupiales en América del Sur, sortearon cambios ambientales muy extremos, el estudio de su historia evolutiva es muy importante frente al desafío de entender el actual cambio global y cómo ha respondido la biota a los bruscos procesos de calentamiento global.

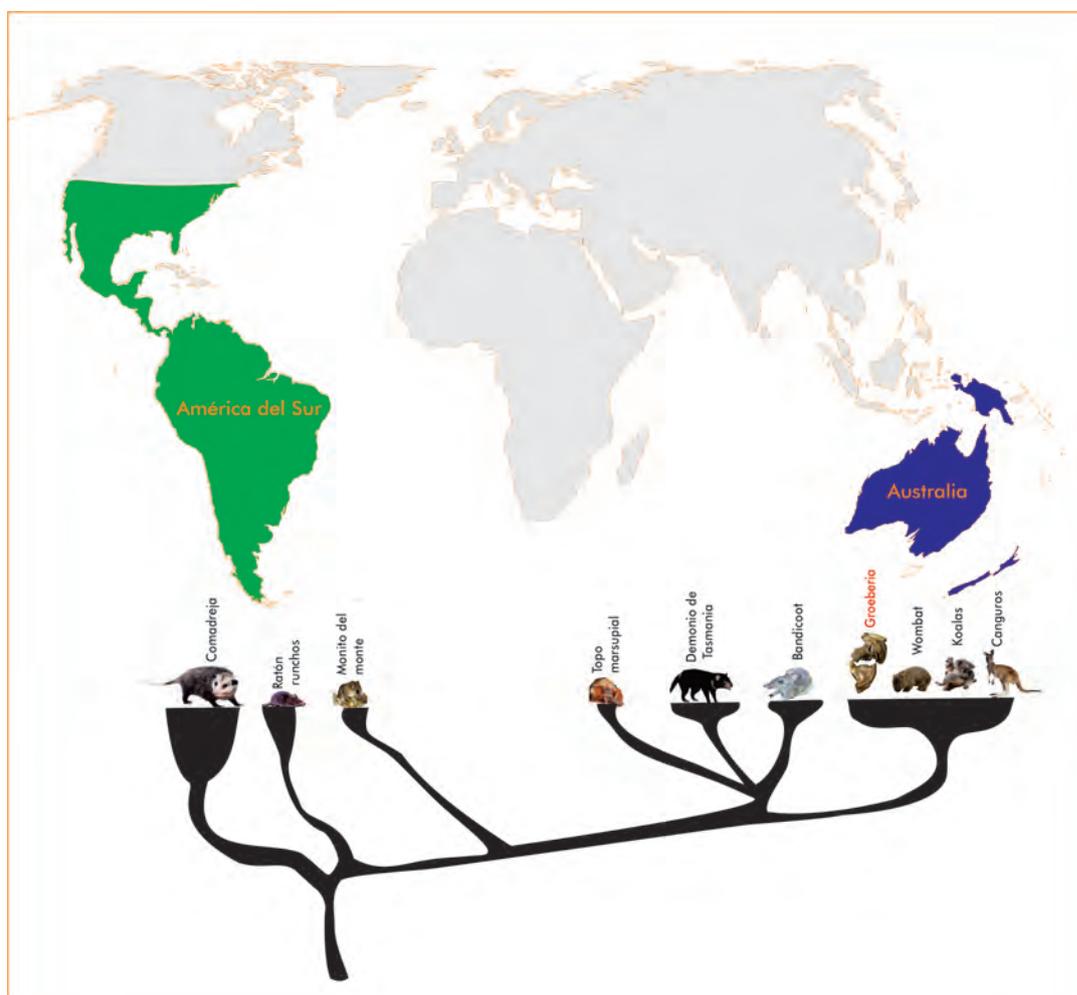


Figura 2. Árbol filogenético mostrando las posibles relaciones de parentesco entre marsupiales de América del Sur y Australia. *Groeberia* aparece más cercanamente emparentado a los marsupiales australianos que a las comadrejas y ratones runchos sudamericanos. Los signos de interrogación indican las incertezas sobre el lugar geográfico de ocurrencia de los eventos de radiación.

²Análisis filogenético. Es un estudio de las relaciones de parentesco entre los seres vivos. Las especies se agrupan por compartir características morfológicas, moleculares etc. El resultado final es un árbol que lleva las especies en las ramas y en los nudos los ancestros comunes. De esta manera, a medida que se avanza hacia la raíz se pueden detectar los ancestros comunes cada vez más lejanos.

REFERENCIAS

Goin, F.J., 1989. El rastro de los Groebéridos. Ciencia Hoy. <https://cienciahoy.org.ar/1989/01/el-rastro-de-los-groeberidos/>

Goin F.J., Woodburne, M.O., Zimicz, A.N., Martin, G.M., Chornogubsky, L. 2016. A Brief History of South American Metatherians. Evolutionary Contexts and Intercontinental Dispersals. Springer, 237 p.

Hongn, F., García, V.H., 2011. Tectónica de placas. Temas de Biología y Geología del NOA, 1: 21-31.

Zimicz A.N., Goin, F.J. 2020. A reassessment of the genus *Groeberia* Patterson, 1952 (Mammalia, Metatheria): functional and phylogenetic implications. Journal of Systematic Palaeontology, <https://doi.org/10.1080/14772019.2019.1706195>



María Florencia Ahumada

Licenciada en Ciencias Geológicas

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Universidad Nacional de San Juan.

Diplomatura en Geotermia - Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad de El Salvador (El Salvador)

Realizó su doctorado en Ciencias Geológicas en la escuela de posgrado

Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta

Dirección: Dr. José Germán Viramonte (IBIGEO- CONICET- UNSa)

Codirección: Dra. Alicia Favetto (INGEIS-CONICET- UBA)

Aplicación del método magnetotelúrico en la caracterización del área geotermal Tuzgle-Tocomar (Puna Central, provincias de Salta y Jujuy)

Este trabajo se enfoca en el estudio de los sistemas geotérmicos Tuzgle ($24^{\circ} 3' S$; $66^{\circ} 28' O$) y Tocomar ($24^{\circ} 11' S$; $66^{\circ} 33' O$) localizados en el sector sur de los Andes Centrales, en la Puna Argentina, límite entre las provincias de Salta y Jujuy. Están asentados en el segmento de subducción normal tipo Chileno, que culmina a los $28^{\circ} S$, donde inicia hacia el sur el sector de subducción subhorizontal de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana. Ambos yacimientos están asociados al lineamiento Calama-Olapato- Toro (COT), una estructura transversal al frente de deformación Andino con cinemática transcurrente de rumbo NO-SE, la cual divide a la Puna en Puna Norte o Puna Septentrional y Puna Sur o Puna Austral, aproximadamente a 175 kilómetros de distancia horizontal del frente volcánico principal. Ambos sistemas presentan diferencias en cuanto a los componentes volcanológicos y tectónicos que conforman cada sistema. Fundamentalmente el trabajo estuvo orientado a la realización de un estudio geofísico, específicamente magnetotelúrica (MT), con el objetivo de detectar los principales elementos de un sistema geotérmico, los que incluyen la roca sello (cap rock) y la roca reservorio respectivamente. Todo ello a los fines de obtener información sobre su geometría (extensión y profundidad), zonas de ascenso de fluidos geotérmicos (upflow), límites de los sistemas, posibles estructuras que actuarían como vías para el ascenso de los fluidos y zonas de alteración hidrotermal. Se realizó un análisis robusto de la señal electromagnética obtenida de 26 sondeos MT adquiridos durante los años 2014 y 2016. Asimismo, se determinó la distorsión y dimensionalidad de los datos a fin de obtener modelos de

resistividad eléctrica 1-D, 2-D y 3-D, con mayor énfasis en este último. El modelado 3-D se realizó utilizando sólo los elementos fuera de la diagonal del tensor de impedancia (off-diagonal impedance tensor elements). Se realizaron dos experimentos, en uno de ellos se incluyó la topografía y en otro no se tuvo en cuenta la topografía en el proceso de inversión. Se analizaron y compararon los modelos obtenidos con el propósito de correlacionarlos con estudios geofísicos previos realizados por otros autores, los que incluyen estudios magnetotelúricos profundos (MT), audio-magnetotelúricos, sondeos eléctricos verticales (SEV), gravimétricos regionales y pozos de gradiente. Además, se correlacionó la información obtenida con la estratigrafía, geología estructural, hidrogeología, geoquímica y petrofísica disponible en ambas áreas de estudio. Estos antecedentes permitieron la elaboración de un modelo geofísico conceptual para ambos sistemas geotérmicos.



Volcán Tuzgle



María Soledad Ruiz

Licenciada en Ciencias Biológicas

Facultad de Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Salta.

Realizó su doctorado en Ciencias Biológicas en la escuela de posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L. de la Universidad Nacional de Tucumán

Dirección: Dr. Andrés Sebastián Quinteros (IBIGEO- CONICET-UNSa)

Codirección: Dr. Cristian Abdala (UEL-CONICET-UNT)

Diversidad Taxonómica y Relaciones Filogenéticas del grupo *Liolaemus elongatus* (Iguania: Liolaemidae)

El género *Liolaemus* es uno de los más diversos del mundo. Se encuentra formado por dos subgéneros: el subgénero *Eulaemus* y el subgénero *Liolaemus* sensu stricto. Dentro del subgénero *L.* sensu stricto o también llamado "Grupo Chileno" encontramos doce grupos monofiléticos, uno de ellos es el grupo de *Liolaemus elongatus*. Éste grupo se encuentra formado por 32 especies hasta el momento, se distribuyen desde la localidad de Tafí del Valle en la provincia de Tucumán, a lo largo de la región cordillerana incluyendo territorio Chileno hasta la provincia de Chubut. En ésta tesis se estudiaron las especies que conforman al grupo de *L. elongatus* junto con poblaciones de status desconocido. Se utilizaron caracteres morfológicos y moleculares para elaborar las correspondientes matrices. Con respecto a los caracteres morfológicos se tomaron los tradicionalmente utilizados para el género, nuevos caracteres y características de la genitalia de machos: caracteres hemipeneales. Dentro de los caracteres moleculares se obtuvo la información disponible en GenBank y se secuenciaron tres genes: Cyt-b, 12S y KIF24 de las poblaciones sin status taxonómico junto con 16 especies del grupo. Con todo este set de datos se realizaron reconstrucciones filogenéticas bajo distintos criterios de optimalidad. Por otro lado, se dataron los tiempos de divergencia para el grupo y los clados que lo conforman y además se realizaron tres análisis biogeográficos para obtener hipótesis sobre la historia biogeográfica del grupo. Los resultados afirman la monofilia del grupo de *L. elongatus*, el cual se encuentra formado por cinco clados internos: el clado de *L. punmahuida*, hermano del clado de *L. elongatus-petrophilus* formado por el clado de *L. petrophilus* el cual anida al clado de *L. capillitas* y a su vez es hermano del clado

denominado *L. elongatus-kriegi* que se encuentra constituido por los clados hermanos de *L. elongatus* y *L. kriegi*. Además, se describen cuatro nuevas especies para la ciencia caracterizadas morfológica y molecularmente. Los resultados obtenidos por los análisis filogenéticos son bastantes congruentes entre sí, pero el de evidencia total bajo parsimonia resulta el más informativo. Por otro lado, los resultados muestran que la divergencia del grupo de *L. elongatus* probablemente ocurrió durante el Mioceno alrededor de los 23 millones de años (Ma). Internamente, los clados que pertenecen al grupo tienen su origen desde el Mioceno Tardío al Plioceno Medio-Tardío, con la excepción de algunas especies que tienen su origen durante el Pleistoceno. Al comparar las metodologías empleadas para los estudios biogeográficos, se obtuvo una congruencia con respecto a las áreas ancestrales obtenidas para el grupo de *L. elongatus* y para los clados internos.



Especímen de *Liolaemus elongatus*



Carla Agustina Villagrán

Geóloga

Facultad de Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Salta.

Realizó su doctorado en Ciencias Geológicas en la escuela de posgrado

Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta

Dirección: Dr. Raúl E. Seggiaro (SEGEMAR-IBIGEO-UNSa)

Codirección: Dr. Fernando D. Hongn (IBIGEO-CONICET- UNSa)

Evolución estructural del Paleozoico al Cenozoico en la Quebrada del Toro entre Alfarcito y Chorrillos, Cordillera Oriental, Salta

La Cordillera Oriental preserva evidencias estructurales y estratigráficas de los eventos tectónicos más importantes del noroeste argentino, desde el Neoproterozoico hasta el Cenozoico. La superposición de los eventos tectónicos junto con la interacción de las consecuentes estructuras generadas, condicionaron el estilo estructural actual. En este sentido, numerosos autores han estudiado la influencia de las estructuras cretácicas sobre la tectónica contraccional andina y cómo las diferentes orientaciones de las fallas normales y la dirección de acortamiento influyeron en la inversión selectiva de las mismas. Sin embargo, son escasos los trabajos que evalúan el rol de las estructuras precretácicas en la generación de la faja plegada y corrida andina. El objetivo principal del presente trabajo es analizar la evolución tectónica de la Cordillera Oriental, en la quebrada del Toro, en el tramo comprendido entre Alfarcito y Chorrillos, desde el Paleozoico hasta el Cenozoico. La metodología empleada para la realización de este trabajo consistió en la colección de datos estructurales y estratigráficos en el campo, mapeo a escala regional (1:100.000-1:50.000) y a escala de detalle de 1:20.000 en sectores claves para los objetivos planteados, muestreo y análisis termocronológico de baja temperatura y levantamiento de columnas estratigráficas tipo Selley. Esta información fue compilada en una base de datos a partir de la cual se realizó el análisis estructural del área mediante la confección de secciones geológicas balanceadas, restituciones palinspásticas y modelados cinemáticos 2D (forward-modelling) de las secciones más complejas. El análisis integral de los datos permitió diferenciar al menos dos eventos de deformación documentados entre el Paleozoico y el Cenozoico. El primero de ellos datado como Tremadociano superior por relaciones estratigráficas, corresponde a la fase extensional Tumbaya. El registro de esta

fase fue identificado a partir de fallas normales sinsedimentarias de orientación aproximada NNO-SSE e inclinación hacia el ENE. El segundo evento de deformación, de carácter compresivo se habría iniciado durante el Eoceno inferior a medio, con la generación de pliegues de gran escala relacionados a corrimientos relativamente someros. A partir de la identificación de las estructuras correspondientes a ambos eventos se concluye que las fallas normales generadas durante la tectónica paleozoica se habrían reactivado selectivamente durante la tectónica andina. El control ejercido por las estructuras paleozoicas sobre los corrimientos andinos constituye, en el área de estudio, un factor de primer orden en el desarrollo de corrimientos con vergencias opuestas al transporte tectónico regional O-E. En base al registro de estratos de crecimiento en las unidades terciarias, acumuladas en la depresión del Toro, se detectó que la tectónica andina habría tenido pulsos de mayor deformación durante el Mioceno temprano a medio y el Mioceno tardío-Plioceno. Por otro lado, el área de estudio se enmarca en el sector central del lineamiento Calama-Olacapato-El Toro (COT) cuya traza, de orientación NNO-SSE, coincide con el rumbo de las estructuras paleozoicas. Por lo tanto, el COT en este sector habría evolucionado como una rampa lateral aprovechando la zona de deformación asociada a las estructuras paleozoicas, lo que queda reflejado en la inflexión de los corrimientos andinos. Finalmente, se estima que los resultados de esta tesis constituyen un aporte al entendimiento de la influencia que ejerce la superposición tectónica en el estilo estructural de la región, a partir de la interpretación de modelos extrapolables a otras áreas con características similares del noroeste argentino.



Falla paleozoica plegada y reactivada durante la tectónica andina, Ingeniero Mauri, quebrada del Toro, Salta.

TEMAS DE **BIOLOGÍA** Y **GEOLOGÍA** DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Volumen 10, Número 1 Abril 2020

I B I G E O

IBIGEO INSTITUTO DE BIO Y
GEOCIENCIAS DEL NOA

CCT-Salta-Jujuy
9 de julio 14
Rosario de Lerma-4405 (Salta)
República Argentina
CTe: 54 (0) 387 4931755
ibigeotemas@gmail.com