

# TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

ISSN 1853-6700

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

## FICHA

*Liolaemus splendidus*

## NOTA BREVE

Hipotiroidismo

## ARTÍCULOS

Peces de la Puna

Biogeografía y Cambio Climático



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 14, Número 1, Abril 2024

ISSN 1853-6700

## Comité Editorial

Silvana Geuna. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Carolina Montero. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Soledad Valdecantos. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Natalia Zimicz. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

### EDITORIAL

Pág. 1- Editorial

### FICHA DE TB&G NOA

Pág. 3 - *Liolaemus splendidus*

S Ruiz, P Chafrat, M Quipildor, S Valdecantos, F Lobo

### NOTA BREVE

Pág. 4- Investigación traslacional en salud:  
Hipotiroidismo

V Cerioni, M Galindez, MA Toscano, JR Jaldin-Fincati

### ARTÍCULOS

Pág. 8- Peces de la Puna

L Fernández, G Contrera, J Andreoli Bize

Pág. 18- Explorando los impactos del cambio  
climático: perspectivas desde la Biogeografía  
SN Portelli

Imagen de tapa: Lagartija espléndida (*Liolaemus  
splendidus*) en vida. P Chafrat

# 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  
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.

CONICET



I B I G E O

## Editorial

Estimados lectores,

Presentamos aquí este primer número del año 2024 de Temas BGNOA, que contiene artículos, nota breve y ficha generados, como siempre, a partir del trabajo del personal de IBIGEO y de otras instituciones científicas de la región.

Los herpetólogos de IBIGEO, encabezados por Soledad Ruiz y acompañados por Pablo Chafrat, del Museo Patagónico de Ciencias Naturales, prepararon una ficha que presenta en sociedad a *Liolaemus splendidus*, esta nueva especie de lagartija descubierta por ellos muy recientemente en cercanías de Piedra del Águila, provincia del Neuquén. Quizás los hayas visto en los diarios: la importancia del hallazgo radica en que el estudio de ésta y otras especies endémicas permitirá comprender mejor las adaptaciones de las lagartijas al ambiente patagónico, lo que a su vez aporta para pensar en medidas de conservación de la biodiversidad.

En el número de agosto de 2023 de [Temas BGNOA, vol. 13, n°2](#), Marissa Fabrezi y Julio Cruz se refirieron al yodo como elemento químico, al modo en que se distribuye en los ambientes naturales y a la medida en que su abundancia (o mejor dicho, su escasez), impacta en la salud de los seres vivos, incluyendo al ser humano. En este número, Valeria Cerioni y colegas, investigadores del Hospital Oñativia, nos remiten específicamente al hipotiroidismo, la enfermedad que puede ser causada, entre otras cosas, por el déficit de yodo en la ingesta alimentaria. Los autores comentan en esta nota breve aspectos de la atención clínica, las dificultades para la detección y diagnóstico, y la relevancia del rol del Hospital Oñativia (el viejo "Instituto del Bocio"), como centro de referencia regional para el estudio de esta enfermedad endémica.

Luis Fernández, Guadalupe Contrera y Julieta Andreoli Bize, de las universidades de Tucumán y Catamarca, nos traen un artículo acerca de los peces de la Puna. Es difícil asociar la idea de peces con el ambiente tan árido y hostil de la Puna, pero sí, existen peces especialmente adaptados para estas condiciones, y aquí los autores nos cuentan cómo. En una época en que está en discusión el desarrollo de proyectos mineros y sus impactos (positivos y negativos) en la vida de la región, es importante conocer acerca de la existencia de estas faunas tan peculiares y su equilibrio con ecosistemas que se caracterizan por su fragilidad.

Ya que hablamos de peces, seguimos con Sabrina Portelli, bióloga, quien trabaja en IBIGEO analizando el comportamiento de peces estacionales; se trata de esos peces a los que se referían Felipe Alonso y colaboradores en su artículo "Peces bajo tierra.." de [Temas BGNOA, vol. 10, nº1](#). En esta ocasión, Sabrina presenta los resultados de un modelo de distribución de la especie *Argolebias nigripinnis*, intentando predecir de qué modo podría evolucionar esa distribución en lo futuro en respuesta al cambio climático. Se refiere así a una importante aplicación de la Biogeografía, en modo predictivo, e ilustra el modo en que ésta puede ayudar a evaluar la distribución real, potencial y futura de la biodiversidad.

Agradecemos a los autores por haber compartido con nosotros sus trabajos, y les deseamos a todos que disfruten la lectura de este nuevo número.

Comité Editorial

Temas de Biología y Geología del NOA

Silvana Geuna

Carolina Montero

Soledad Valdecantos

Natalia Zimicz

Soledad Ruiz<sup>1</sup>, Pablo Chafrat<sup>2,3</sup>, Matías Quipildor<sup>1</sup>, Soledad Valdecantos<sup>1</sup>, Fernando Lobo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa-CONICET)

<sup>2</sup>Museo Patagónico de Ciencias Naturales "Juan Carlos Salgado". Fundación Patagónica de Ciencias Naturales. Área de Biodiversidad

<sup>3</sup>Instituto Universitario Patagónico de las Artes (IUPA)

### *Liolaemus splendidus*

**Clasificación:** Clase Reptilia, Orden Squamata, Familia Liolaemidae

**Distribución geográfica:** Al norte de Piedra del Águila, departamento Collón Curá, provincia del Neuquén, Argentina

**Link a la publicación:** <https://cuadernosdeherpetologia.com/index.php/CdH/issue/view/7/4>

La elevación de la cadena montañosa de los Andes es uno de los principales factores promotores de la diversificación de muchos grupos de animales. Entre ellos se encuentran los lagartos de la familia Liolaemidae, dentro de esta, *Liolaemus* es el género con más especies descritas hasta la fecha, aproximadamente 290 especies. Uno de los grupos dentro del género es el grupo de *L. elongatus*, distribuido en el centro sur de Argentina y Chile. Este grupo está compuesto por 30 especies, que se caracterizan por su forma alargada, siendo en su mayoría saxícolas (utilización de las rocas como refugio), vivíparas y omnívoras. En cuanto a su coloración la mayoría presenta una cola anillada con patrones que van desde uniformes hasta con franjas trasversales, la mayoría de las coloraciones suelen ser marrones a melánicas.



Figura 1. *Liolaemus splendidus* en vida



Figura 2. Morfología del hemipene de *L. splendidus*. A: cara asulcada. B: cara lateral. C: cara sulcada. Escala = 2 mm.

*Liolaemus splendidus* (Figura 1) es miembro del grupo de *L. elongatus*, más específicamente del clado de *L. petrophilus*. Se diferencia del resto de las especies del grupo en características morfológicas típicamente utilizadas en lagartos como en conteo de escamas (lepidosis) alrededor del cuerpo, dorsales y ventrales, además de medidas corporales como la longitud hocico-cloaca y el número de poros precloacales. Además, presenta caracteres novedosos relacionados con la morfología y morfometría de la genitalia masculina (hemipenes; Figura 2), que relacionan a *L. splendidus* con el grupo de *L. elongatus*, pero lo diferencian de las demás especies del grupo.

En cuanto a la coloración, *Liolaemus splendidus* presenta machos y hembras con patrones y coloración similar (ausencia de dicromatismo sexual). Presentan cabeza de color verde amarillento con un patrón triangular melánico. Región lateral de la cabeza con manchas negras irregulares. La coloración dorsal es verde claro, con una franja vertebral melánica que se extiende desde la cabeza hasta la base de la cola. Los laterales del dorso presentan un patrón de franjas trasversales negras. La cola presenta anillos negros formados por dos filas de escamas. Las extremidades anterior y posterior son de color verde claro con líneas trasversales negras. Ventralmente, las extremidades son de color verde claro. La región de garganta, cuello y pecho son de color verde claro. La región abdominal, incluyendo la cloaca y los muslos, es amarillenta. Los poros precloacales (machos) son de color naranja. La región ventral de la cola es de color verde claro.

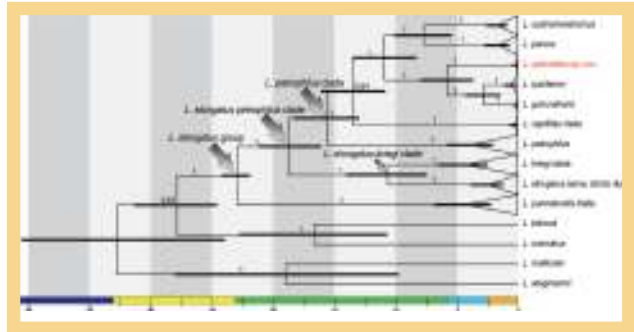


Figura 3. Cuadro sobre estimaciones de los tiempos de divergencias para el grupo de *Liolaemus elongatus*, bajo Inferencia Bayesiana, árbol ultramétrico escalado en Ma. Los números y las barras horizontales en los nodos representan valores de probabilidades posteriores e intervalos de credibilidad del 95%. Los colores de la barra representan las diferentes épocas: Naranja: Pleistoceno. Celeste: Plioceno. Verde: Mioceno. Amarillo: Oligoceno. Azul: Eoceno.



Figura 4. Ambiente donde se distribuye *L. splendidus*.

*Liolaemus splendidus* se habría separado de su taxón hermano durante el Pleistoceno hace 0,1 Ma (Figura 3). Actualmente es endémica cuya única población conocida es su localidad tipo formada por una meseta basáltica a 650 m s.n.m. ubicada al sureste de la provincia del Neuquén, Departamento de Collón Curá, 8 km al norte de la localidad de Piedra del Águila. La región donde se encuentra esta especie corresponde a la formación geológica conocida como "Basalto de Santo Tomas", del Plioceno inferior. La vegetación corresponde a un ecotono entre las regiones fitogeográficas Monte y Estepa Patagónica (Figura 4). *Liolaemus splendidus* es una especie que habita en las rocas (saxícola), es abundante y fácil de observar (entre las 10:30 hs y 18:30 hs), con una coloración similar a la de los líquenes que se encuentran presentes en las rocas donde habitan, una característica que reduciría la tasa de depredación por parte de aves rapaces.

# Investigación traslacional en salud: Hipotiroidismo

Valeria Cerioni<sup>1,2</sup>, Macarena Galindez<sup>1,2</sup>, Marta A. Toscano<sup>2</sup>, Javier R. Jaldin-Fincati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Endocrinología, Hospital Dr. Arturo Oñativía (HAO)

<sup>2</sup>Unidad de Conocimiento Traslacional Hospitalaria Dr. Arturo Oñativía. HAO-CONICET. e-mail: valece\_25@hotmail.com; macarenagalindez@gmail.com; martalitos@gmail.com; jaldinfincati@gmail.com

El hipotiroidismo o tiroides hipoactiva es una condición donde la glándula tiroides no produce los niveles adecuados de hormonas tiroideas para suplir las necesidades del cuerpo (Chaker *et al.*, 2017). Puede ser primario (deficiencia tiroidea), central o secundario (hipotálamo-hipofisiario), o periférico (resistencia a hormonas tiroideas) (Chaker *et al.*, 2017). A nivel mundial, aproximadamente un 5% de la población es diagnosticada como hipotiroidea, no obstante, la prevalencia de esta enfermedad puede alcanzar hasta el 15%, si se tiene en cuenta que por cada paciente diagnosticado existen dos subclínicos y/o sin diagnosticar, en particular entre personas mayores de 60 años. El hipotiroidismo afecta principalmente a mujeres en edad reproductiva (20 a 40 años), lo que representa un potencial problema de salud pública durante el embarazo, ya que la salud de los neonatos puede verse afectada seriamente si la madre hipotiroidea no ha sido diagnosticada y tratada adecuadamente (Abalovich *et al.*, 2016). Las hormonas tiroideas son claves para el desarrollo cerebral, y durante la gestación, las hormonas tiroideas de la madre suplen las necesidades hormonales del feto cuya glándula tiroides se encuentra en desarrollo. Un niño recién nacido hipotiroideo, si no recibe tratamiento antes del primer mes de vida, invariablemente tendrá diversos grados de deterioro cognitivo. Debido a la importancia de las hormonas tiroideas para el crecimiento y desarrollo, la glándula tiroides es considerada la glándula más importante del cuerpo humano, y la correcta regulación de su funcionamiento es clave para el mantenimiento de la homeostasis corporal (Chaker *et al.*, 2017, Abalovich *et al.*, 2016).

Existen múltiples factores que pueden causar hipotiroidismo, la mayor parte de pacientes demuestra hipotiroidismo primario que se define como una falla en el funcionamiento de la glándula tiroidea para producir hormonas tiroideas. En regiones pobres en yodo ambiental (regiones mediterráneas) la deficiencia nutricional de yodo es la causa más frecuente de esta enfermedad (ver [Fabrezi y Cruz, 2023. Temas BGNOA, vol. 13, n°2](#)). Tal es el caso de la región noroeste de nuestro país, más precisamente de nuestra provincia de Salta, donde el déficit de yodo sigue siendo la principal

causa de hipotiroidismo (López Linares y Heer, 2014). Sin embargo, en regiones ricas en yodo o con adecuado control de la suplementación de yodo en la población, las enfermedades autoinmunes (tiroiditis de Hashimoto) toman relevancia como la principal causa de hipotiroidismo. Asimismo, existen otras causas menos frecuentes, como por ejemplo la cirugía de tiroides/tiroidectomías, la exposición a radiación, y el hipotiroidismo secundario y terciario (Chiovato *et al.*, 2019, Almandoz y Gharib, 2012).

Los pacientes adultos presentan gran parte del espectro clínico del hipotiroidismo, y dado que el sexo femenino es el más afectado, muchas veces esta condición se suele manifestar clínicamente con problemas en la fertilidad, hiperprolactinemia y diversos grados de androgenización (aparición de signos de masculinización), que en algunos casos pueden ocasionar síndrome de ovario poliquístico (Abalovich *et al.*, 2007). También es frecuente que, tanto pacientes con hipotiroidismo sintomático como subclínico presenten hipercolesterolemia, incremento de homocisteína, elevación de la presión arterial diastólica y alteraciones de la función endotelial, hechos que les confieren un incremento importante del riesgo cardiovascular. La anemia, el incremento de peso, la alopecia, el vitíligo, los trastornos menstruales y los dolores articulares de diversa intensidad pueden presentarse en las pacientes con hipotiroidismo, lo que muchas veces dificulta su diagnóstico. Esto puede ser crítico en los pacientes mayores de 60 años, dado que el cansancio, la hipersomnía, las alteraciones de la esfera cognitiva, la piel seca, la caída del cabello, el estreñimiento y la lentitud del movimiento pueden ser aducidos “a los problemas de la edad”, por lo cual es recomendable que toda persona con más de 50 años se realice con cierta frecuencia la evaluación de su función tiroidea (Chaker *et al.*, 2017, Chiovato *et al.*, 2019). Esto cobra mayor relevancia a sabiendas que todos los síntomas del hipotiroidismo suelen remitir o mejorar en gran medida con la suplementación hormonal.

El Hospital Dr. Arturo Oñativia de Salta (Figura 1) es un centro de referencia regional para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades endocrino-metabólicas. A través de su Programa de Endocrinología, brinda atención integral a los pacientes a través de un equipo médico altamente especializado y del acceso a tecnología de vanguardia (cirugía endocrina, laboratorios de imágenes, bioquímico y de biología molecular y terapia de medicina nuclear). Por año el hospital recibe más de 19.000 consultas, no solo en el nosocomio sino también extramuros (centros de salud de Salta Capital, dependencias en Metán, Tartagal, Aguaray, Cafayate). El tipo de atención que brinda es tanto presencial como virtual (telemedicina) y el principal motivo de consulta es el hipotiroidismo, seguido por cáncer y bocio. Además, desde sus orígenes como Instituto del Bocio, el Hospital Dr. Arturo Oñativia tiene una amplia y reconocida trayectoria en el desarrollo y ejecución de proyectos de investigación, orientados al estudio de enfermedades endocrino-metabólicas de importancia

regional. En este sentido, desde fines de 2021 y a partir de la creación de la primera Unidad de Conocimiento Traslacional Hospitalaria (Figura 2) de la provincia, el hospital busca dar respuesta a las demandas de salud de la sociedad a través de un enfoque transdisciplinario, que conjuga las capacidades de desarrollo e innovación del sistema científico-tecnológico con las competencias esenciales de los equipos de salud, transformando la manera de abordar los problemas de salud de los salteños.



Figura 1. Fachada del Hospital Dr. Arturo Oñativia de Salta, centro de referencia regional para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades endocrino-metabólicas.



Figura 2. Instalaciones del Laboratorio de cultivo celular de la Unidad de Conocimiento Traslacional Hospitalaria Dr. Arturo Oñativia de Salta (UCT-HAO CONICET).



---

## REFERENCIAS

---

ABALOVICH M, G ALCARAZ, E ASE, L BERGOGLIO, C CABEZOND, S GUTIERREZ. 2016. Guía de tiroides y embarazo. *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, 53(1): 5-15.

ABALOVICH M, L MITELBERG, C ALLAMI, S GUTIERREZ, G ALCARAZ, P OTERO, O LEVALLE. 2007. Subclinical hypothyroidism and thyroid autoimmunity in women with infertility. *Gynecology and Endocrinology*, 23(5): 279-83.

ALMANDOZ JP, H GHARIB. 2012. Hypothyroidism: etiology, diagnosis, and management. *Medical Clinics of North America*, 96(2): 203-21.

CHAKER L, AC BIANCO, J JONKLAAS, RP PEETERS. 2017. Hypothyroidism. *Lancet* 390 (10101): 1550-1562.

CHIOVATO L, F MAGRI, A CARLÉ. 2019. Hypothyroidism in Context: Where We've Been and Where We're Going. *Advances in Therapy*, 36 (2): 47-58.

FABREZI M, JC CRUZ. 2023. El yodo en la naturaleza. [Temas de Biología y Geología del NOA, 13 \(2\): 10-15.](#)

LÓPEZ LINARES S, MI HEER. 2014. Contenido de yodo en sal a nivel de puestos de venta provenientes de distintas localidades en tres regiones argentinas. *Revista Argentina Endocrinología y Metabolismo*, 51: 59-65.

# Peces de la Puna

Luis Fernández<sup>1</sup>, Guadalupe Contrera<sup>2</sup> y Julieta Andreoli Bize<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN, UNT – CONICET).

<sup>2</sup>Centro Ictiológico Andino y Cátedra Vertebrados Diversidad Animal II, Facultad Ciencias Exactas Naturales, Universidad Nacional de Catamarca. e-mail: guadytsx@gmail.com

La meseta de la Puna argentina-Altiplano boliviano es resultado de la convergencia de las placas de Nazca por debajo de la Sudamericana, extendiéndose entre los 13°-27°S con un nivel de base que supera los 3.000 m sobre el nivel del mar (ver [Guzmán y Montero 2011. Temas BGNOA, vol. 1, n°1](#)). Solo cinco géneros de peces nativos están presentes en estos ecosistemas extremos: *Astroblepus*, *Orestias*, *Pseudorestias*, *Trichomycterus* y *Jenynsia* (Firpo Lacoste *et al.*, 2020, Fernández *et al.*, 2023). De ellos, solo los dos últimos fueron registrados en la Puna Argentina con 13 especies, de las cuales 12 corresponden a *Trichomycterus* y una a *Jenynsia* (ver [Monasterio de Gonzo \*et al.\*, 2011. Temas BGNOA, vol. 1, n°3](#), Fernández, 2013. [Temas BGNOA, vol. 13, n°3](#)). La Puna es un área deprimida limitada al oeste por la cordillera volcánica occidental que la separa de Chile y al este por la Cordillera Oriental, mientras que al norte de los 22°S se continúa con el Altiplano boliviano y al sur, a los 27°S, termina en la cordillera de San Buenaventura (Alonso y Viramonte, 1987). La sedimentación, magmatismo y metamorfismo de la Puna permiten reconocer dos unidades: Puna Austral o Catamarqueña (24°-27°S) y Puna Septentrional o Salto-Jujeña (22°-24°S), separadas por una megafactura regional de rumbo ONO-ESE (oeste-noroeste y este-sureste) llamada Lineamiento de Olacapato o "Transpuneño" (Alonso y Viramonte, 1987). De ese total de especies descritas para la Puna Argentina, por encima de los 3.000 m de altura, 8 corresponden a la Puna Austral y 5 a la Puna Septentrional. La diversidad más alta corresponde a localidades que se encuentran próximas a la zona de los arcos volcánicos, entre los 23° a 27°S de latitud (Figura 1). El mayor número de especies únicas (endémicas) para una cuenca de la Puna fue encontrado al sur del Lineamiento Olacapato, con 5 de las 6 especies y dos aún por describir. Muchas de las especies altoandinas endémicas (Tabla 1: 8 especies ubicadas entre 26°-27°S, de las cuales 5 *Trichomycterus* son únicos) están restringidas a ambientes particulares, como pequeños cuerpos de aguas surgentes llamados "vegas" u "ojos de agua" (en general con profundidades entre los 20 a 60 cm) que no se congelan en invierno, manteniendo temperatura constante durante el año (16°C) (Figura 2). Algunos de estos ambientes de altura corresponden a humedales que tienen una elevada fragilidad

ecológica, es decir son vulnerables (ver [Fabrezi et al., 2023. Temas BGNOA, vol. 13, nº3](#); Figura 1). Dos ejemplos de peces de humedales de altura, son *T. belensis* y *T. catamarcensis* que se encuentran próximos a una laguna salina, dentro de la Reserva de la Biósfera Laguna Blanca creada en 1979 y que pertenece al sitio Ramsar nº 18: “Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca”. Ambas especies, morfológicamente muy diferentes, eran conocidas solo de la localidad tipo (corresponde a la localidad de donde provienen los ejemplares para su descripción taxonómica formal), hasta que recientes muestreos en cuencas endorreicas y arreicas permitieron ampliar sus rangos de distribución a 10 nuevos surgentes y arroyos (entre 3.200 a 3.640 m s.n.m.).

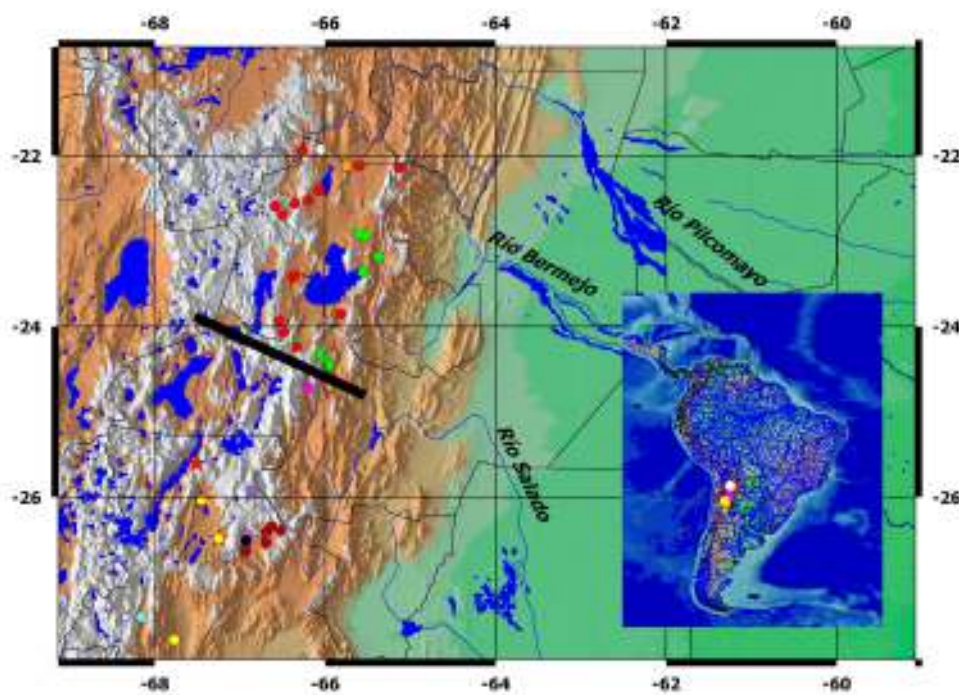


Figura 1. Mapa mostrando la distribución de las especies de la Puna Argentina por arriba de los 3.000 m de altura. Cada símbolo puede representar más de una localidad: *Trichomycterus alterus* (círculo amarillo), *T. belensis*, (círculo marrón), *T. boylei* (círculo verde), *T. catamarcensis* (círculo morado), *T. puna* (círculo negro), *T. ramosus* (círculo gris), *T. rivulatus*, (círculo blanco), *T. roigi* (círculo rojo), *T. spegazzinii* (círculo rosa), *T. varii* (círculo naranja), *T. yuska* (círculo celeste), *Jenynsia obscura* (estrella roja). Algunos sitios incluían más de una especie en simpatria o más de uno sitio próximo. La línea de color negro marca el lineamiento regional Calama-Olapato-Toro.

Estos humedales altoandinos puneños actúan a modo de islas o refugios para repoblar cuando los arroyos comienzan a retraerse durante los períodos invernales. Tanto el deshielo como las lluvias estivales permiten recolonizar aquellos sitios nuevamente, como en el caso de *T. varii* de Jujuy, *T. roigi* de Salta o *T. puna* de Catamarca. Es por este motivo que los ambientes de altura necesitan medidas urgentes de protección ante la creciente explotación minera (litio, cobre, oro) y la dispersión de especies exóticas invasoras (trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*).

Cabe aclarar que, en la Cordillera de los Andes, en Argentina, por arriba de los 3.000 m s.n.m., no fueron encontrados aún ejemplares de *Trichomycterus*, pero sí dos especies de la subfamilia Trichomycterinae en la provincia de San Juan: *Hatcheria sp* y *Silvinichthys pachonensis*.



Figura 2. Ojo de Vega, Laguna Blanca de Catamarca. Sitio Ramsar donde viven tres especies de peces endémicos de *Trichomycterus*; allí conviven desde hace muchos años en equilibrio con las comunidades locales de pueblos originarios diaguitas los cuales se encuentran involucrados en la protección de estas especies.

## DOS FAMILIAS ÚNICAS DE LA PUNA ARGENTINA

La diversidad de peces de la Puna Argentina es muy baja comparada al resto de las especies no andinas, con solo dos familias presentes: Trichomycteridae y Anablepidae. La familia Trichomycteridae es un grupo de bagres muy diversos en la región Neotropical, con más de 375 especies descritas para Sud América y sur de Centro América. Estos bagres se caracterizan por ocupar una gran diversidad de ambientes en Argentina, incluso aguas subterráneas (*Trichomycterus catamarcensis*, *Silvinichthys bortayro*) y geotermales (algunas poblaciones de *T. corduvensis*) y presentar variedad de formas morfológicas y especializaciones de comportamiento y alimentación, desde macroinsectívoras (principalmente insectos acuáticos que habitan en el fondo) hasta semiparásitas (raspan el mucus y escamas que recubren el cuerpo de los peces) y hematófagas (exclusivamente de sangre de otros peces y conocidos comúnmente como “candirú” o pez vampiro), siendo *Paravandellia oxyptera* la única especie registrada en Argentina dentro de la subfamilia Vandelliinae. Los Trichomycteridae comprenden nueve subfamilias, siendo los *Trichomycterinae*, los más numerosos de la familia con 337 spp y nueve géneros (uno presumiblemente extinto, el pez graso *Rhizosomychthys* endémico de Colombia), donde el género *Trichomycterus* (ver Figura 1) está ampliamente distribuido en el Neotrópico con más de 250 especies, de las cuales alrededor de 30 están presentes en la Cordillera de los Andes.

Hasta el momento en nuestros muestreos llevamos registrados 47 localidades de *Trichomycterus* para la Puna Argentina, de los 290 sitios relevados para la Cordillera Argentina (Figura 1). En la Puna no fueron encontradas ocho especies (*T. areolatus*, *T. barbouri*, *T. borellii*, *T. heterodontus*, *T. hualco*, *T. minus*, *T. pseudosilvinichthys*, *T. riojanus*) que están citadas para la cordillera andina argentina. Estos peces se caracterizan por su capacidad de vivir en diferentes ambientes, incluso algunos de ellos extremos como en el caso de los geotermales de altura próximos a zonas volcánicas. Este género es fácilmente distinguible del resto de los peces por la presencia de odontoides o “dientes” (espinas para los lugareños; Figura 3A-B) en los huesos del opérculo e interopérculo, que les permiten anclarse al sustrato en fuertes corrientes o incluso remontarlas ayudado por los odontoides interoperculares y las papilas ventrales de la cabeza para adherirse en sitios con piedras. También poseen en la cabeza largas barbillas para explorar el fondo y detectar el alimento que consiste en macroinvertebrados acuáticos, principalmente del fondo (bentónicos). En general tienen mayor actividad durante la noche y de día se ocultan enterrándose en el sustrato y en los márgenes de los ríos (<https://www.youtube.com/watch?v=4dXiMH9mqnc&t=8s>), especialmente en los profundos huecos de los humedales que actúan como refugios en estas islas de altura. Estos bagres no presentan dimorfismo sexual y depositan los huevos en el sustrato. Debido al tipo de ambiente en el que viven algunas especies, se las considera como posibles indicadores de calidad de agua.

El otro grupo de peces encontrados en la Puna, pertenece a la familia Anablepidae, con el género *Jenynsia* (Figura 3C), el cual cuenta con 14 especies. En 2020, este género se registró por primera vez para la Puna entre los 3.400 a 3.950 m s.n.m. (Firpo Lacoste *et al.*, 2020). La especie corresponde a *J. obscura* (<https://www.youtube.com/watch?v=RnJYUF7fu5g>) y fue observada en tres arroyos de la Puna Austral: Antofagasta de la Sierra, El Peñón y Salar de Antofalla. En las dos primeras localidades fue hallada junto a dos especies de *Trichomycterus*. A diferencia del género anterior, el cuerpo está recubierto de escamas, con una boca dirigida hacia arriba que le permite alimentarse de insectos acuáticos que se encuentran cerca de la superficie (Figura 3C). Principalmente son activos durante el día y prefieren zonas de poca corriente con vegetación acuática. Este género se caracteriza por el dimorfismo sexual (Figura 3C), donde los machos tienen modificaciones de la aleta anal que funciona como gonopodio para la fecundación interna, ya que son ovovivíparos, o sea el desarrollo es dentro de la hembra. Esta característica biológica lleva a que sean fácilmente dispersadas por antropocoria intencional (algunas especies son desplazadas por pobladores locales u organismos gubernamentales, pesca deportiva

## DOS FAMILIAS ÚNICAS DE LA PUNA ARGENTINA

o recreacional) y que sus datos biogeográficos sean cuestionables muchas veces, como ocurre en los registros de los departamentos Belén y Antofagasta de la Sierra en Catamarca.

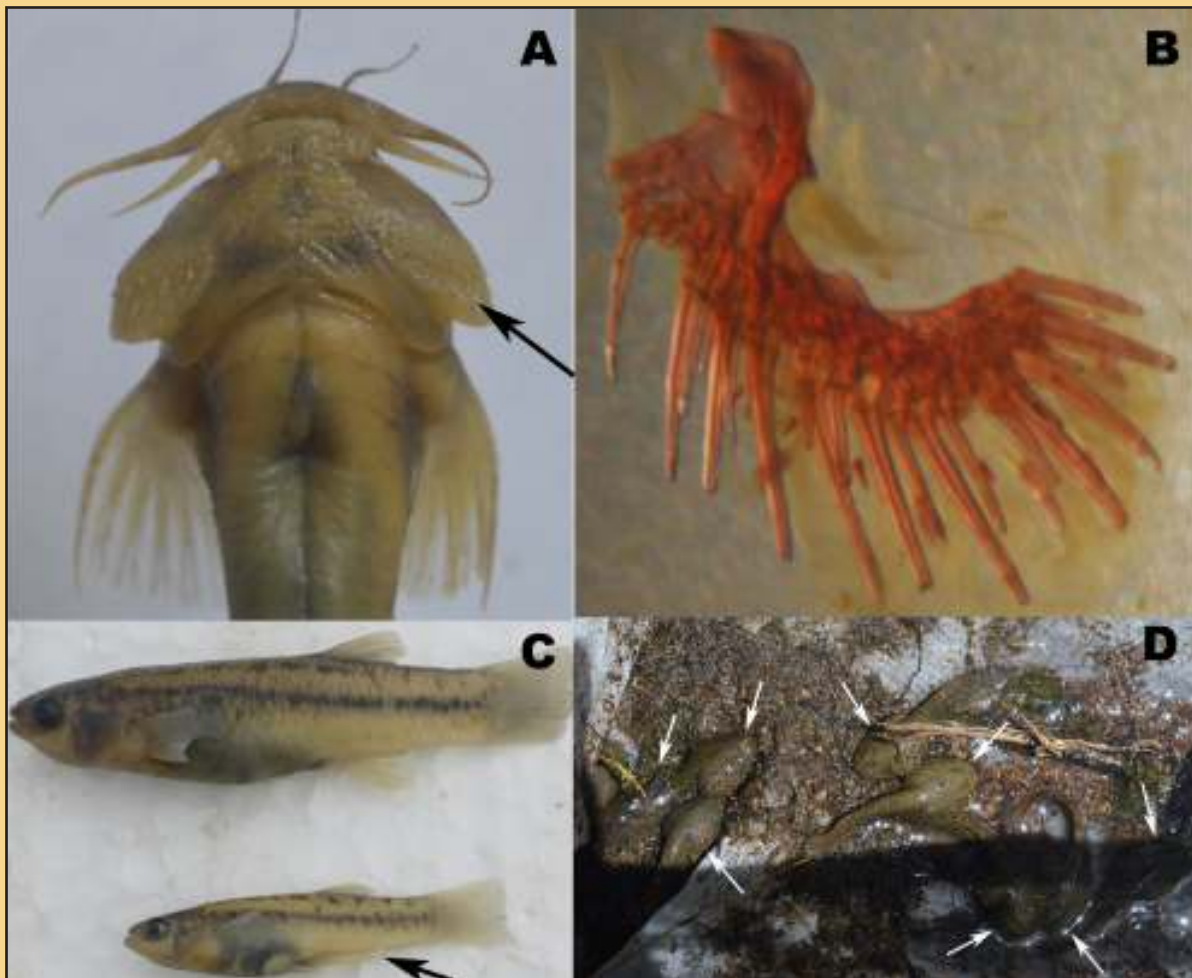


Figura 3. A-Vista ventral de *Trichomycterus alterus* mostrando las papilas ventrales de la cabeza y los odontoides interoperculares que le permiten adherirse al fondo de los arroyos. B-Diafanizado de alizarina del hueso interopercular izquierdo, vista externa con las "espinas" que varían en número y forma entre los distintos grupos taxonómicos. En formas parásitas como candirú son curvados en ganchos. C-Dimorfismo sexual de *Jenynsia obscura* que es encontrada ocasionalmente en la Puna Altoandina. D-Renacuajos de *Telmatobius* que a veces comparten ojos de agua con los bagres andinos.

### ¿QUÉ SON LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS (EEI)?

Muchas de estas áreas endémicas, con una fauna nativa única se encuentran sometidas a importantes amenazas por diferentes eventos antrópicos, algunos englobados como Cambio Climático y otros que pueden ser individualizados como la introducción de especies exóticas. Una especie exótica, es un organismo que no se encuentra naturalmente en una región y que llega generalmente por antropocoria intencional o accidental y que una vez establecida es difícil de controlar. Una especie exótica que en caso de aclimatarse puede llegar a dispersarse y convertirse así en una invasora (EEI), como es el caso de la trucha arco iris. Los salmónidos establecidos en ambientes naturales pueden llevar a la homogeneización de la fauna acuática y la declinación global de especies de aguas continentales, especialmente de peces endémicos (*Trichomycterus sp*) y anfibios (*Telmatobius sp*, Figura 3D), a los cuales pueden llevar a la extinción. En la Cordillera de los Andes argentina se introdujeron 6 especies de salmónidos, solo dos se aclimataron en la Puna (ver Tabla 1) y solo la trucha arco iris se extendió rápidamente por toda la cordillera desde la Patagonia hasta el Noroeste Argentino. Al momento, en la Puna hay 26 registros de trucha arco iris, algunos por dispersión superando las barreras naturales, pero la mayoría por siembra y resiembra. El impacto ambiental causado por la introducción de la trucha arco iris, debido a su gran capacidad de aclimatarse a las nuevas condiciones ambientales, está ampliamente documentado en la literatura. Para la Puna es mencionada su introducción en 1960 y varios autores advierten las serias consecuencias para la fauna nativa y en particular para los vertebrados acuáticos endémicos.

Es conocido que las exóticas invasoras pueden desplazar a la ictiofauna nativa, sea esto por competencia o predación. Muchos son los ejemplos en el mundo de sus consecuencias, y en la Puna las características ambientales son propicias para la dispersión de las especies exóticas invasoras como la trucha arco iris. En diferentes muestreos se la encuentra ocasionalmente coexistiendo con especies de bagres *Trichomycterus*, que eran los únicos habitantes de aquellos ambientes extremos hasta la llegada de las EEI. Estos peces nativos evolucionaron durante millones de años sin ningún predador natural y por lo tanto no desarrollaron estrategias de evasión para estas especies introducidas y los tiempos evolutivos que requieren esos procesos son demasiados largos, por lo que llevarán irremediablemente a la extinción de una fauna nativa única en el mundo. En la Puna, tanto las truchas como las nativas se alimentan de macroinvertebrados acuáticos -como contenidos estomacales se observan *Hyaella* (Amphipoda), Baetidae (Ephemeroptera), Elmidae (Coleoptera), Ceratopogonyidae, Chironomidae, Simuliidae (Diptera)-, tanto de fondo como de deriva en la corriente. Si bien las truchas son principalmente predadores visuales y por ende activos durante el día, a diferencia de los bagres principalmente nocturnos, la capacidad predatora que ejercen las truchas sobre los insectos acuáticos es muy fuerte y se agrava en la Puna durante las estaciones invernales donde la biomasa se reduce notablemente. Todo lleva a que los bagres sean segregados a sectores más reducidos del arroyo, donde las barreras naturales le impidan a la trucha alcanzar tales ambientes y así escapar de la fuerte interacción trófica, donde la competencia indirecta por los macroinvertebrados acuáticos puede afectar más que una depredación. En la bibliografía también está documentada la resistencia de la trucha arco iris a temperaturas más elevadas del agua como así también, la transmisión de un hongo que afecta a los anfibios del género *Telmatobius* y que es postulado por muchos autores como una de las hipótesis de extinción de especies (Barrionuevo y Ponssa, 2008). El género *Telmatobius* es endémico de muchas cuencas arreicas, donde puede coexistir con *Trichomycterus* (por ejemplo, Aguas Calientes y La Angostura en Catamarca) fuera del alcance de las exóticas truchas por la presencia de barreras naturales (como saltos de agua o cauces intermitentes de escasa profundidad). Sin embargo, requieren una inmediata política de protección ante la creciente y veloz dispersión de las EEI en ambientes naturales de la Puna.

## ¿Cómo conservar los peces nativos del impacto antrópico en humedales de altura?

Las especies nativas de vertebrados acuáticos, como los géneros de peces *Trichomycterus* y *Jenynsia* junto a los anfibios *Telmatobius* obliga a crear y aplicar políticas ambientales para preservar los ecosistemas de altura donde habitan (Figura 4). La creciente y rápida actividad antrópica en la Puna presiona fuertemente con la introducción de especies exóticas invasoras (trucha arco iris), la minería (cobre, oro, litio), la canalización de cuencas para “innovadores” cultivos (vitivinicultura), el uso de diversos fertilizantes para actividad agrícola, la introducción de ganado o el ecoturismo no regulado.

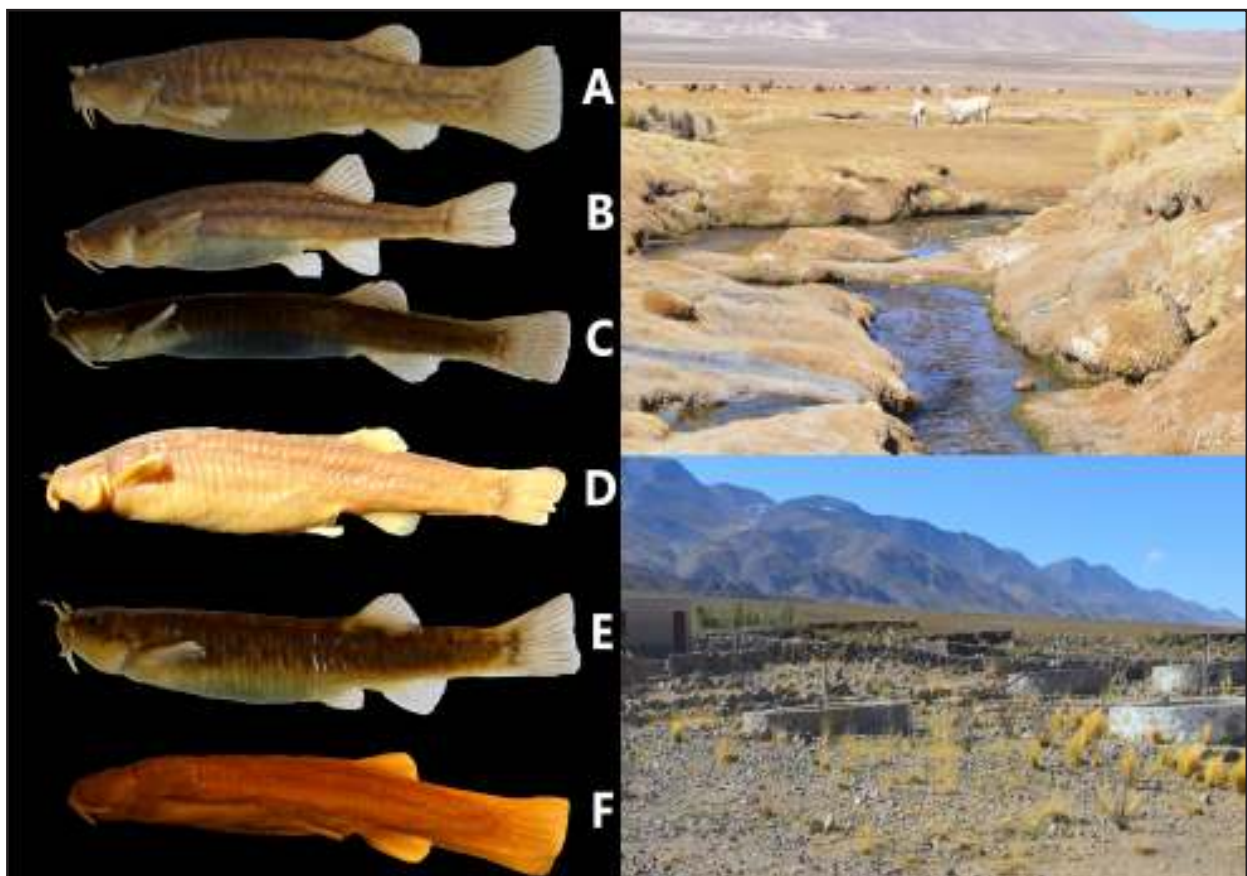


Figura 4. Vista lateral de especies de *Trichomycterus* altoandinos mostrando la diversidad morfológica entre los 3.000 a 4000 m de altura: A-*T. corduvensis*, B-*T. alterus*, C-*T. catamarcensis*, D-*T. ramosus*, E-*T. belensis*, F-*T. yuska*. A la derecha arriba: ambiente típico donde se los encuentra en altura y abajo, estación de piscicultura fuera de funcionamiento debido a las frecuentes crecidas de verano.

Para alcanzar con éxito tales iniciativas es necesaria la participación de diferentes organismos gubernamentales como científicos y educadores, sean estos Universidades, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ministerio Ciencia, Tecnología e Innovación (<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sact/ciencia-ciudadana/mapeo-de-iniciativas/peces-de-la-puna-argentina>), Secretarías Provinciales de Ambiente, Fauna y Flora, clubes de pesca,





Figura 5. Cuando el pueblo hace ciencia, en el marco del “Programa Ciencia Ciudadana del MinCyT”. Mucha de la información obtenida de la biodiversidad de peces en la Puna fue por las Comunidades de Pueblos Originarios de la Puna comprometidos en el monitoreo y cuidado de sus recursos naturales como el agua.

diferentes entidades educativas medias, ONGs responsables y fundamentalmente las Comunidades de Pueblos Originarios (Figura 5). Definir actividades en común para un monitoreo eficiente de las poblaciones nativas y exóticas de peces, delimitando las áreas geográficas más urgentes como las cabeceras de cuencas que actúan como refugio para los peces de alta montaña. Realizar campañas serias de educación ambiental por todos los medios de difusión y concientizar cómo impacta la pérdida de la diversidad biológica en la salud del

ambiente y las personas como bien lo demostró la reciente pandemia. Muchos autores coinciden en que los estudios de impacto ambiental no pueden depender totalmente de consultoras privadas, financiadas por las mismas empresas explotadoras de los recursos naturales. La acumulación de estas amenazas junto con la pérdida de hábitat en las cabeceras altoandinas de cuencas endorreicas, destruyendo el potencial de recolonización natural desde sitios sin alterar, podría llevar a la extinción de peces andinos únicos, como ocurre con muchas especies de *Trichomycterus*. Algunas de estas especies endémicas (*T. catamarcensis*, *T. ramosus* o *T. yuska*, Figuras 4C-D, F) son poco o totalmente desconocidas en su biología para la ciencia, hasta muchas veces raras en colecciones científicas ictiológicas, como consecuencia obvia de la inaccesibilidad a los hábitats de elevada altura y las restricciones que imponen algunas mineras para acceder a esos ambientes.

Todavía hay áreas en la Puna, considerados “refugios en altura” que están pobremente estudiadas y que solo con políticas científicas duraderas permitirán predecir los impactos en la pérdida de la diversidad de especies y las consecuencias sobre las poblaciones humanas. El estado de conocimiento de la diversidad de peces y anfibios en la Puna está lejos de ser completado y muchas de las especies son consideradas no carismáticas (como los “bagres andinos”, *Trichomycterus*), las cuales incluso podrían ser indicadores de los cambios ambientales regionales a lo largo de la Puna y la Cordillera Andina. El desarrollo y aplicación de tales políticas en áreas de la Puna deben tener

enfoques sistemáticos, ecológicos, socio-económicos y en particular sobre el uso del agua superficial y subterránea (Figura 5). Hasta que aquello no ocurra seriamente, los intentos de conservar la fauna acuática de los vertebrados de la Puna están muy lejos de tener éxito.

<b>Siluriformes</b>
<i>Trichomycterus alterus</i> (Marini, Nichols y La Monte 1933) <sup>s</sup> LC
<i>Trichomycterus belensis</i> Fernandez y Vari 2002* <sup>a</sup> CR
<i>Trichomycterus boylei</i> (Nichols 1956) <sup>s</sup> LC
<i>Trichomycterus catamarcensis</i> Fernandez y Vari 2000* <sup>a</sup> LC
<i>Trichomycterus corduensis</i> Weyenbergh 1877 <sup>a</sup> LC
<i>Trichomycterus puna</i> Fernandez, Contrera, Andreoli Bize 2023* <sup>a</sup> No categorizada
<i>Trichomycterus ramosus</i> Fernandez 2000* <sup>a</sup> CR
<i>Trichomycterus rivulatus</i> Valenciennes 1846 <sup>s</sup> NT
<i>Trichomycterus roigi</i> Arratia y Menu-Marque 1984 <sup>s</sup> LC
<i>Trichomycterus spegazzinii</i> (Berg 1897) <sup>s</sup> <sup>Ω</sup> LC
<i>Trichomycterus varii</i> Fernandez y Andreoli Bize 2018* <sup>s</sup> CR
<i>Trichomycterus yuska</i> Fernandez y Schaefer 2003* <sup>a</sup> No categorizada
<b>Cyprinodontiformes</b>
<i>Jenynsia obscura</i> (Weyenbergh 1877) <sup>a</sup> LC
<b>Salmoniformes</b>
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum 1792) <sup>e</sup>
<i>Salmo trutta</i> Linnaeus 1758 <sup>e</sup>

Tabla 1. Especies registradas para la Puna Altoandina Argentina (arriba de 3.000 m altura, entre 21°S a 27°S). Superíndices: \* Endémicas, <sup>a</sup> Puna Austral, <sup>s</sup> Puna Septentrional o Jujeña, <sup>e</sup> Exótica, <sup>Ω</sup> Ocasionalmente. IUCN categorización: LC "Least Concern", CR "Critically Endangered", NT "Near Threatened" ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

## AGRADECIMIENTOS

Al Programa Ciencia Ciudadana (MinCyT) por el apoyo en la divulgación del "Proyecto Peces de la Puna" y especialmente a los Pueblos Originarios de la Puna y en particular a la "Unión de Pueblos de la Nación Diaguita Belén" que colaboran en la logística e información de los ambientes estudiados.

## REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

- ALONSO RN, JG VIRAMONTE. 1987. Geología y metalogenia de la Puna. Estudios geológicos, 43: 393-407.
- BARRIONUEVO JS, LM PONSSA. 2008. Decline of three species of the genus *Telmatobius* (Anura: Leptodactylidae) from Tucumán Province, Argentina. Herpetológica, 64: 47-62.
- FABREZI M, R MONTERO, JC CRUZ. 2023. Humedales. [Temas de Biología y Geología del NOA, 13 \(3\): 15-22.](#)
- FERNÁNDEZ L. 2013. Diversidad y endemismos de peces de la Cordillera Argentina. Amenazas. [Temas de Biología y Geología del NOA, 13 \(3\): 77-84.](#)
- FERNÁNDEZ L, GC CONTRERA, J ANDREOLI BIZE. 2023. New species of *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) from wetlands of high elevation of Argentina, with notes on the *T. alterus* species-complex. Ichthyology & Herpetology 111: 456 - 466.
- FIRPO LACOSTE F, J ANDREOLI BIZE, L FERNANDEZ. 2020. First record sheds light on the distribution of the cyprinodontiform genus *Jenynsia* (Günther, 1866) in the High Andean Plateau. Journal of Fish Biology, 97: 1590-1594.
- GUZMÁN S, C MONTERO. 2011. Los volcanes de la Puna Austral. [Temas de Biología y Geología del NOA, 1 \(1\): 32-39.](#)
- MONASTERIO DE GONZO G, V MARTÍNEZ, L FERNÁNDEZ. 2011. Peces de ambientes extremos del Noroeste argentino. [Temas de Biología y Geología del NOA, 1 \(3\): 129-139.](#)
- WALBAUN JJ. 1972. Petri Artedi sueci genera piscium. In quibus systema totum ichthyologiae proponitur cum classibus, ordinibus, generum characteribus, specierum differentiis, observationibus plurimis. Redactis speciebus 242 ad genera 52. Ichthyologiae pars III. Ant. Ferdin. Rose, Grypeswaldiae [Greifswald]. Part 3: [i-viii] + 1-723, Pls. 1-3.

# Explorando los impactos del cambio climático: perspectivas desde la Biogeografía

Sabrina Noelia Portelli <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa – CONICET). e-mail: [sabrina.portelli@gmail.com](mailto:sabrina.portelli@gmail.com)

<sup>2</sup>Cátedra de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta

El cambio climático, como señala Smith (2020), representa una amenaza significativa para los ecosistemas en la actualidad. Esta amenaza se manifiesta a través de una serie de impactos, que incluyen la alteración de la distribución de las especies, la reducción en la disponibilidad de recursos necesarios para su supervivencia, y la degradación de hábitats que puede conducir a la extinción de las mismas. Abordar el estudio del cambio climático y la pérdida de biodiversidad es un desafío ecológico, político y humanitario en el cual se está transitando. Actualmente se deberían establecer políticas que intenten prevenir los peores impactos sobre la biodiversidad. Sin embargo, existe una limitación que está relacionada por la escasa capacidad de conocimientos para predecir cómo responderán las especies a los diversos cambios ambientales que se están desencadenando a lo largo del tiempo. Es fundamental considerar que, actualmente, estamos experimentando un cambio gradual en las temperaturas a nivel global. Según el servicio climático de la Unión Europea (UE, <https://www.copernicus.eu/es/servicios/cambio-climatico>) el calentamiento global ha superado los 1,5°C durante todo un año, lo que conduce a un fenómeno conocido como cambio climático. El clima desempeña un papel crucial en prácticamente todos los aspectos de la ecología, fisiología y el comportamiento de los organismos (Uribe Botero, 2015). Por lo tanto un cambio en el mismo produciría un impacto complejo sobre la biodiversidad. En este contexto, es crucial considerar el papel fundamental de una rama de la Biología, la Biogeografía. Ésta se encarga del estudio de las distribuciones geográficas de las especies y de los factores y procesos que determinan su distribución. En las últimas décadas, esta disciplina ha evolucionado de ser principalmente una ciencia histórica y descriptiva a convertirse en una disciplina dinámica que ofrece información crucial sobre el futuro de la vida en nuestro planeta (Monge-Najera, 2008). El cambio climático requiere desarrollar técnicas analíticas que nos permitan evaluar la distribución real, potencial y futura de la biodiversidad.

Una línea de investigación que ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años es el análisis de patrones espaciales de presencia y ausencia de especies, centrado en los Modelos de Distribución de Especies (MDE). Estos modelos son herramientas cartográficas que proyectan los posibles espacios geográficos para la presencia de una especie en función de diversas variables ambientales. En esencia, se fundamentan en la relación entre las observaciones de presencia o abundancia de especies y factores ambientales clave, como el clima, el suelo y la topografía (Franklin *et al.*, 2013). En la actualidad, existen varias técnicas de modelado, todas están basadas en fórmulas matemáticas y estadísticas, entre la distribución conocida de un organismo y los predictores ambientales utilizados. Los factores que se pueden tener en cuenta a la hora de modelar son aquellos climáticos, geológicos, topográficos, entre otros, y se espera que con algunos de ellos, ya sea individualmente o en combinación, se puedan establecer las características que definan las condiciones ambientales favorables para la presencia de una especie. Cabe destacar que los MDE están estrechamente relacionados a un aspecto importante de la investigación biogeográfica: los Sistemas de Información Geográfica (SIG, GIS en inglés, Geographic Information System).

**Sistema de información geográfica (SIG):** es una herramienta informática diseñada para obtener, almacenar, manipular, analizar y presentar datos geográficos y espaciales. Estos sistemas integran datos geográficos (como mapas, imágenes satelitales, modelos digitales de elevación) con otras bases de datos de información (distribución de las especies, población, medio ambiente, etc.) para proporcionar un medio efectivo de visualizar y comprender la información geoespacial. Los SIG, además de en biología, son utilizados en otras ciencias como Agronomía, Arqueología y Geología, entre otras.

### ¿Cómo funcionan los modelos de distribución de especies?

En primer lugar, es fundamental disponer de un conjunto de datos que refleje con la mayor precisión posible la distribución real de la especie, abarcando de manera exacta el espacio geográfico en el que su presencia está confirmada. Estos datos se obtienen a partir de registros recopilados en campañas de campo, trabajos científicos y de colecciones científicas depositadas en Museos de Ciencias Naturales y/o Universidades. Por otro lado, es necesario considerar la distribución potencial de la especie, que se refiere al territorio que podría ser ocupado por la especie al presentar condiciones similares a aquellas de los lugares donde su presencia está confirmada con certeza. Esta última resulta útil para especies poco conocidas o con distribuciones en áreas geográficas inaccesibles que dificultan la confirmación de su presencia. Como se dijo anteriormente la creciente adopción generalizada de los SIG, ha aumentado la prevalencia en el uso de herramientas que facilitan el análisis de patrones espaciales. En el contexto actual, el enfoque es específicamente el desarrollo de

modelos de distribución de especies. Este modelo resulta un importante instrumento para múltiples trabajos dentro de la biogeografía de la conservación, la gestión de los ecosistemas, determinación de áreas protegidas y corredores ecológicos, la evaluación de impacto ambiental, la predicción de la distribución potencial de las especies y el estudio de la respuesta de los organismos al cambio climático, entre otras (Castro, 2020). Es importante señalar que al aplicar un modelo de distribución de especies, se pueden deducir los factores que influyen en su distribución. Dado que uno de los factores más determinantes sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos es el clima, en los modelos de distribución predominan las variables climáticas. No obstante, también existen otras variables dignas de consideración (por ejemplo, características del suelo).

Las variables climáticas más utilizadas pueden ser obtenidas: por mecanismos propios (provenientes de estaciones biológicas) o a través de una base de datos o repositorio en internet (por ejemplo, BIOCLIM, WORLDCLIM). En base a todos estos datos, es posible generar resultados predictivos sobre la distribución futura potencial de la especie, además en el caso de contar con registros biogeográficos históricos, se puede inferir el comportamiento pasado-futuro de la especie en un área específica. La aplicación de los MDE en un análisis puede incluir dos clases de modelado, el primero desde un modelo climático que predicen cómo los cambios en el clima afectarán la distribución geográfica de las especies, y el segundo desde un modelo de dispersión que considera cómo las especies pueden migrar o dispersarse en respuesta a cambios del clima. Este último puede tener en cuenta factores como la capacidad de dispersión de la especie y la presencia de barreras geográficas (Figura 1).

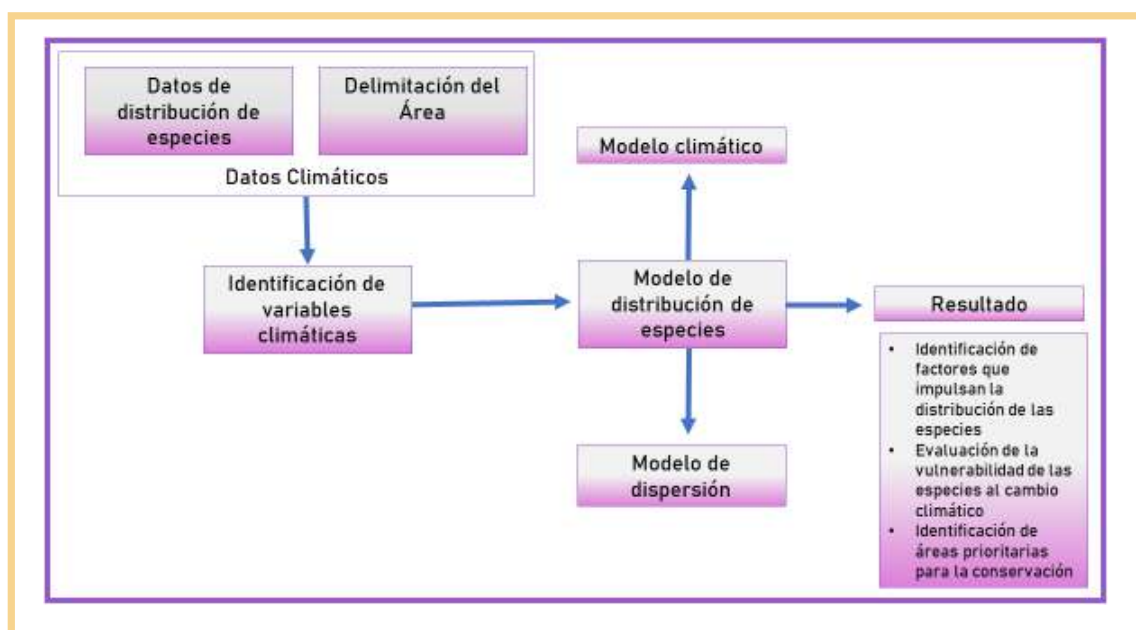


Figura 1. Etapas del desarrollo de un modelo de distribución de las especies sometidas a cambio climático (Red conceptual modificada de Frangou *et al.*, 2010).

Es fundamental destacar que los resultados generados por los MDE pueden no ser precisos en algunos casos, sin embargo, siguen siendo valiosos en términos de proporcionar información útil para decisiones futuras. Cuando se abordan los modelos en los cambios de la biodiversidad debido al cambio climático, una de las principales dificultades radica en la falta de conocimiento acerca del número total de especies que habitan en los diversos tipos de ecosistemas. En este último caso, los científicos deben realizar extrapolaciones aproximadas sobre las posibles repercusiones del cambio climático en la biodiversidad de dichos ecosistemas.

### Un caso de estudio: Modelado de nichos para caracterizar la distribución del presente y futuro de *Argolebias nigripinnis* (Cyprinodontiformes: Rivulidae)

#### *Sobre la especie:*

*Argolebias nigripinnis* es una especie perteneciente al género de peces anuales, los cuales están presentes en el noreste de Argentina, sureste de Bolivia, sur de Brasil, Paraguay y Uruguay. Se encuentran generalmente en charcos temporarios, cerca de los ríos y bañados, durante la temporada de lluvias en donde viven hasta producirse la evaporación total de las aguas. Ellos desovan a varios centímetros bajo el sustrato poco antes de su muerte, de esta manera, el desarrollo embrionario se produce bajo tierra en aproximadamente 3 meses hasta que las nuevas lluvias inundan nuevamente los charcos, produciendo un nuevo ciclo con el nacimiento de los peces (ver [Alonso et al., 2020. Temas BGNOA, vol. 10, n°1](#)).

*A. nigripinnis* (Figura 2) particularmente posee una distribución que abarca desde el arroyo Zapirán, afluente del bajo río Paraguay (Provincia de Chaco) en su límite norte, incluyendo toda la cuenca media del río Paraná-Uruguay (provincias de Santa Fe, Corrientes, Entre Ríos) y toda la franja costera del río Uruguay (en Uruguay), la cuencas del río Luján, y del Río de la Plata, hasta su límite meridional en la localidad de Magdalena (provincia de Buenos Aires) (Calviño, 2007) (Figura 3).

#### *Sobre el modelado:*

Como se mencionó, para obtener un modelo de distribución de especies, se deben tener en cuenta dos clases de datos fundamentales: la distribución (presencia) de la especie y los factores ambientales (variables tales como temperatura, humedad, entre otras).

*Datos de presencia de la especie:* Son las localidades donde se detectó la especie y fueron georreferenciadas, siendo su fuente de información la base de datos de los viajes de colectas (Dr. Alonso y colaboradores), los cuales están depositados en la colección Ictiológica del IBIGEO (Instituto



Figura 2. Macho ejemplar de *A. nigripinnis*. Gentileza Felipe Alonso.

de Bio y Geociencias del NOA – UNSa- CONICET, Salta Argentina) y de trabajos científicos publicados (Alonso *et al.*, 2023). También se hizo una revisión en la base de datos digitales de libre acceso para obtener este tipo de información como GBIF (Global Biodiversity Information Facility/Facilidad Mundial de Información sobre Biodiversidad, traducido). Para la utilización de estos datos, se debe proceder a un minucioso control de calidad para verificar y/o corregir las coordenadas geográficas de los puntos de colecta.

**Georreferencias:** en contexto de biodiversidad, es la ubicación geográfica de una especie, estos datos suelen estar expresados en coordenadas geográficas, como latitud y longitud (ej. 34°36'47" S y 58°22'63" O), que permiten ubicar con precisión un punto en la superficie terrestre.

**GBIF (Facilidad Mundial de Información sobre Biodiversidad):** Es una red internacional en línea que proporciona acceso gratuito y abierto de datos sobre biodiversidad de todo el mundo. Su objetivo principal es facilitar el acceso a información sobre la diversidad de la vida en la Tierra, incluyendo datos sobre especies, su distribución geográfica, y otros aspectos relevantes para la investigación y la conservación de la biodiversidad. GBIF recopila datos de diversas fuentes, como museos, herbarios, instituciones académicas y organizaciones de conservación, y los pone a disposición del público a través de su plataforma en línea.



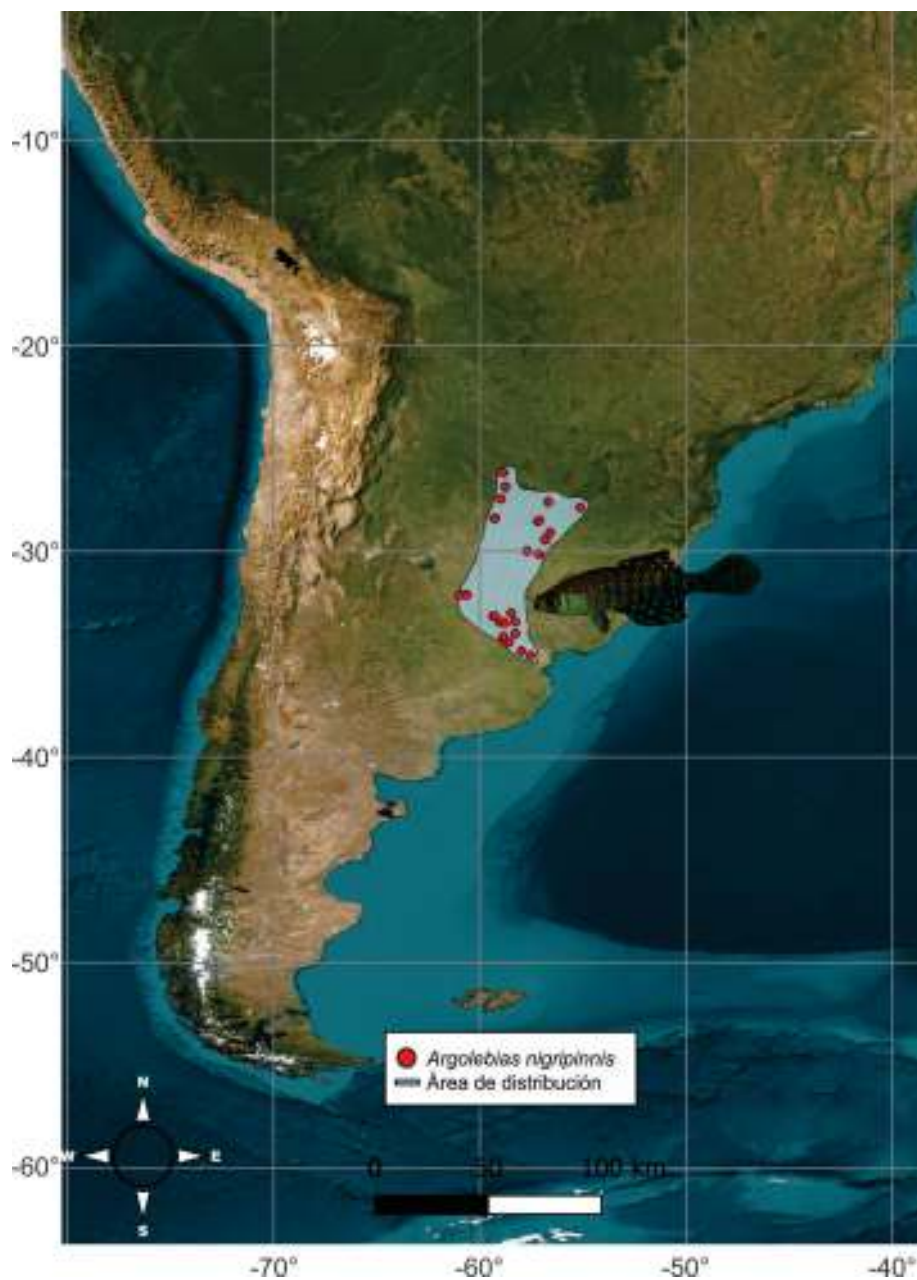


Figura 3. Registros de distribución (puntos rojos) de *A. nigripinnis* y el área estimada basada en esos registros donde posteriormente se modelarán para establecer condiciones aptas para la distribución de la especie a futuro.

*Obtención de datos ambientales:* se seleccionaron datos ambientales para SIG que son ecológicamente relevantes para el área de estudio y la distribución de la especie. Para esta investigación se utilizaron las variables bioclimáticas que se encuentran en la página web de WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>) (Ver tabla 1). Contiene variables climáticas no solo para periodos temporales pasados y recientes, sino también, predicciones para periodos futuros (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100). En este caso para el análisis se tuvo en cuenta

variables en dos rangos de tiempo (2021-2040) y (2041-2060). Estos rangos se eligieron, porque incluyen datos actuales y proyecciones a futuro. Wordclim ofrece 19 variables climáticas para su estudio. Sin embargo, aquí se trabajó únicamente con dos de ellas, que se consideran las más relevantes o específicas para comprender la biología de la especie en estudio. Es importante resaltar que la selección de estas variables no se hizo de manera arbitraria, sino que se basó en un análisis estadístico para calcular las capas climáticas (variables) que resultaron más biológicamente significativas. Estas dos variables se identifican como BIO 7 y BIO 12 (Ver tabla 1). Ambas variables (también consideradas capas climáticas) se recortaron en base al área de distribución de la especie y posteriormente se emplearon en los análisis de modelos con ayuda de software específico diseñados para encontrar la relación entre las variables ambientales y la distribución de la especie (Figura 4).

Tabla1. Variables bioclimáticas que presenta la plataforma WorldClim.

Código	Variables climáticas
BIO1	Temperatura promedio anual
BIO2	Rango medio diario (temp máx – temp min; promedio mensual)
BIO3	Isotermicidad (BIO1/BIO7)* 100
BIO4	Estacionalidad en temperatura (coeficiente de variación)
BIO5	Temperatura máxima del periodo más caliente
BIO6	Temperatura mínima del periodo más frío
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso
BIO9	Temperatura promedio en el trimestre más seco
BIO10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso
BIO11	Temperatura promedio en el trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación en el periodo más lluvioso
BIO14	Precipitación en el periodo más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación en el trimestre más lluvioso
BIO17	Precipitación en el trimestre más seco
BIO18	Precipitación en el trimestre más caluroso
BIO19	Precipitación en el trimestre más frío

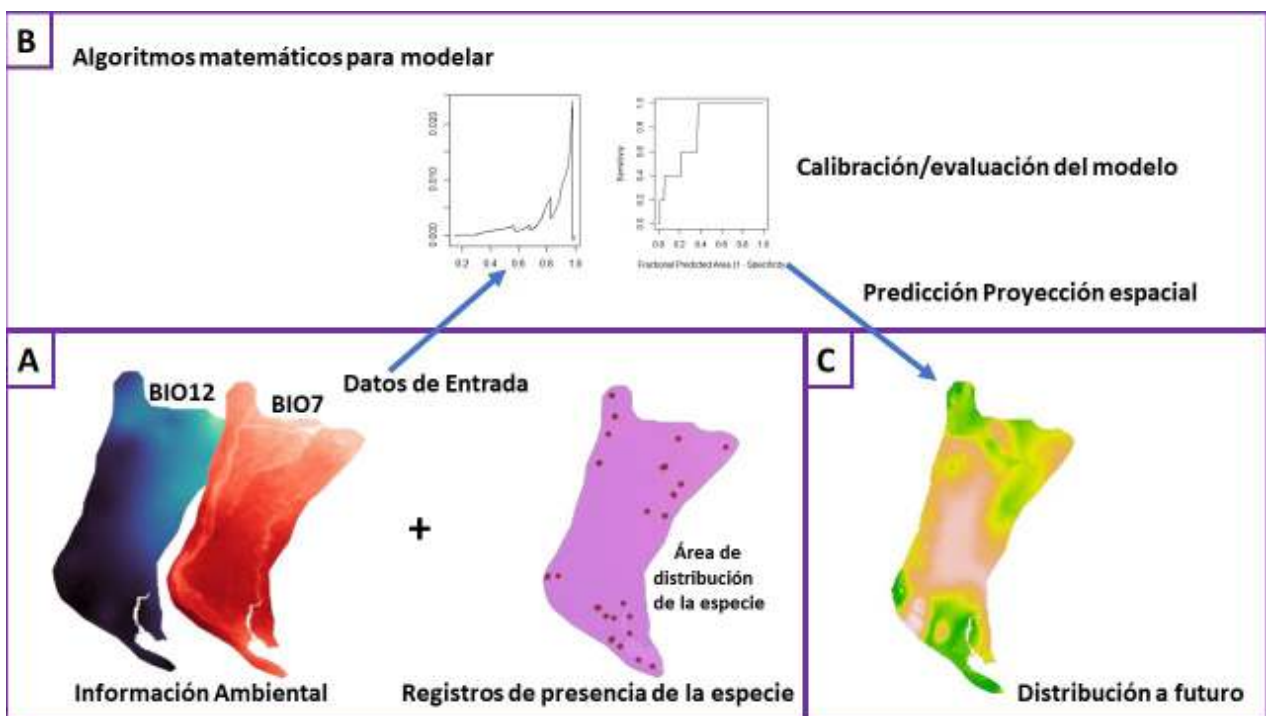


Figura 4. Pasos metodológicos para generar modelos de distribución a futuro de *A. nigripinnis*.

### Resultados:

Se obtuvieron dos mapas modelo correspondientes al presente y al futuro con la combinación de las dos variables para el análisis (BIO7 y BIO12). Los modelos presentan colores para indicar la probabilidad que las condiciones son adecuadas: el verde indica una alta probabilidad de condiciones adecuadas para la potencial presencia de la especie, marrón y sombras más tenues a blanco indican una baja probabilidad de condiciones adecuadas para la potencial presencia de la especie (Figura 4).

Si se observa el modelo 2 (Figura 5) en comparación al modelo 1 se destaca la pérdida de territorio en el norte del área de distribución, con pérdida de condiciones aptas para el desarrollo y supervivencia de la especie. Sin embargo, al sur del área se puede observar cómo se amplían zonas de distribución de *A. nigripinnis* donde las condiciones son favorables para su presencia y desarrollo. Por lo tanto, esto significaría que el cambio climático modificaría la distribución de la especie debido a que algunas de las variables de mayor importancia para el “modelo a futuro” favorecerían su supervivencia, al sur de su distribución actual. Siempre considerando que a futuro estos hábitat no sean amenazados por la deforestación, invasiones, expansión agrícola y disturbios antropogénicos. En este caso sería importante considerar otros modelos que toman en cuenta procesos de deforestación y cambio de uso de suelo, por lo que podrían generar resultados predictivos diferentes, sobre todo porque en esta área de estudio están ocurriendo de manera constantes cambios antropogénicos que pueden alterar las condiciones ambientales y la disponibilidad de hábitat para la especie.

La biogeografía desempeña un papel fundamental en la comprensión de la distribución de las especies en la Tierra y en la identificación de los procesos que moldean tales distribuciones.

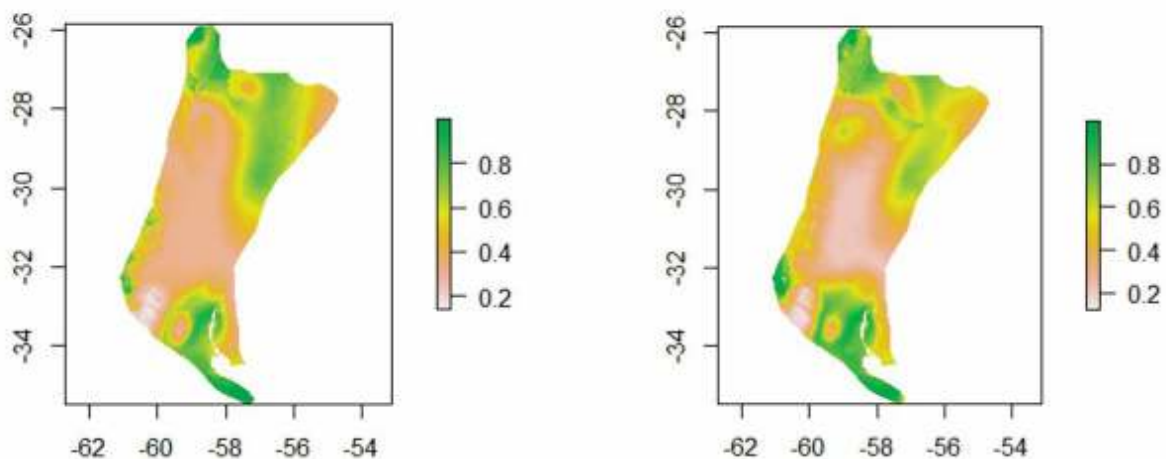


Figura 5. Modelo 1 indica distribución en el rango de tiempo (2021-2040). Modelo 2 indica distribución en el rango de tiempo (2041-2060) ambos para la especie *A. nigripinnis*.

Dentro de esta disciplina, los modelos de distribución son una herramienta esencial para la comprensión y predicción de los efectos del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas. Al proporcionar proyecciones detalladas y contextualizadas, estos modelos ayudan a los científicos y a los responsables políticos a anticipar y mitigar los impactos del cambio climático en los ecosistemas y en las comunidades humanas que dependen de ellos. Además, son una herramienta valiosa para identificar áreas prioritarias para la conservación y facilitar la toma de decisiones informadas en el diseño de estrategias de adaptación y mitigación.

---

#### AGRADECIMIENTOS

---

A Felipe Alonso por la información y datos compartidos sobre la especie.

---

#### REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

---

ALONSO F, GE TERÁN, WS SERRA ALANÍS, P CALVIÑO, MM MONTES, ID GARCÍA, JA BARNECHE, A ALMIRÓN, L CIOTEK, P GIORGIS, J CASCIOTTA. 2023. From the mud to the tree: phylogeny of *Austrolebias* killifishes, new generic structure and description of a new species (Cyprinodontiformes: Rivulidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 199: 280–309, <https://doi.org/10.1093/zoolinnea/zlad032>.

ALONSO F, P CALVIÑO, W SERRA, I GARCÍA. 2020. Peces bajo tierra: Peces estacionales que pueden pasar la mayor parte de su vida enterrados, joyas de nuestra naturaleza. *Temas de Biología y Geología del NOA*, 10 (1): 5-26.

CALVIÑO R. 2007. Distribución geográfica de *Austrolebias nigripinnis* (Regan) (Cyprinodontiformes: Rivulidae) en Argentina, con comentarios sobre su variabilidad en el patrón de color. *Boletín del Killi Club Argentino, BIBKCA* 12: 22-38.

CASTRO A. 2020. Biogeografía y modelos de distribución de especies. *Revista Iberae*, 5: 30-34.

FRANGO A, RJ LADLE, ACM MALHADO, RJ WHITTAKER. 2010. La fauna, la flora y el calentamiento global. *El Mundo de la Ciencia*, 8 (1).

FRANKLIN J, FW DAVIS, M IKEGAMI, AD SYPHARD, LE FLINT, AL FLINT, L HANNAH. 2013. Modeling plant species distributions under future climates: how fine scale do climate projections need to be? *Global Change Biology*, 19(2): 473-83.

MONGE-NAJERA J. 2008. Ecological biogeography: a review with emphasis on conservation and the neutral model. *Gayana*, 72(1): 102 - 112.

SMITH J. 2020. Impacto del cambio climático en los ecosistemas. *Revista de Ecología y Medio Ambiente*, 15(2): 45-58.

URIBE BOTERO E, CEPAL. 2015. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29216>

# TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

**Volumen 14, Número 1, Abril 2024**

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  
Tel: 54 (0) 387 4931755  
ibigeotemas@gmail.com