

# Desarrollo sostenible

en el centro norte  
de la provincia de Santa Fe

## 3. Ambiente



**Ana María Canal**  
directora

**Horacio Rodríguez · Leticia Rodríguez**  
editores del volumen

ediciones **UNL**



# Desarrollo sostenible

en el centro norte  
de la provincia de Santa Fe

## **3.** Ambiente

Versión preliminar

Ana María Canal  
directora

Horacio Rodríguez  
Leticia Rodríguez  
editores del volumen

ediciones **UNL**

CIENCIA Y TECNOLOGÍA



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL LITORAL**

Rector  
**Enrique Mammarella**  
Secretario de Planeamiento  
Institucional y Académico  
**Miguel Irigoyen**  
Secretaría de Ciencia,  
Arte y Tecnología  
**Ana María Canal**



Consejo Asesor  
Colección Ciencia y Tecnología  
**Graciela Barranco**  
**Ana María Canal**  
**Miguel Irigoyen**  
**Gustavo Ribero**  
**Luis Quevedo**  
**Ivana Tosti**  
**Alejandro R. Trombert**

Dirección editorial  
**Ivana Tosti**  
Coordinación editorial  
**María Alejandra Sadrán**  
Coordinación diseño  
**Alina Hill**  
Coordinación comercial  
**José Díaz**

Diagramación interior y tapa  
**Verónica Rainaudó**

© Ediciones UNL, 2021.

—

Sugerencias y comentarios  
[editorial@unl.edu.ar](mailto:editorial@unl.edu.ar)  
[www.unl.edu.ar/editorial](http://www.unl.edu.ar/editorial)

Ambiente /  
Leticia Rodríguez ... [et al.]; coordinación  
general de Verónica Reus ... [et al.];  
dirigido por Ana María Canal; editado  
por Horacio Rodríguez; Leticia Rodríguez;  
prólogo de Enrique J. Mammarella.  
– 1a ed.- Santa Fe : Ediciones UNL, 2021.  
Libro digital, PDF – (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN OC 978–987–749–281–1  
ISBN Vol 3 978–987–749–286–6

1. Producción. 2. Desarrollo Humano.  
3. Energía Renovable. I. Rodríguez, Leticia, ed.  
II. Reus, Verónica, coord.  
III. Canal, Ana María, dir.  
IV. Rodríguez, Horacio, ed.  
V. Mammarella, Enrique J., prolog.  
CDD 338.01

---

© del prologuista,  
Enrique J. Mammarella, 2021.

Dirección  
**Ana María Canal**  
Coordinación general  
**Verónica Reus**  
**Eduardo Picco**  
**Priscila Fernández**  
**Carolina Revuelta**

Ilustración de tapa  
**Beatriz Martín, patrimonio MAC–UNL**  
Adaptación de ilustración  
Dpi Santa Fe



## **Autoras y autores de este volumen**

Adam, Claudia  
Alberdi, Ramiro  
Altamirano, Gabriela A.  
Álvarez León, Camilo A.  
Amavet, Patricia S.  
Argaraña, María Fernanda  
Arzamendia, Vanesa  
Attademo, Andres Maximiliano  
Banús, Ezequiel D.  
Barrilis, Natalia  
Beccaria, Alejandro J.  
Beldoménico, Horacio R.  
Bellini, Gisela  
Berros, María Valeria  
Bertero, Melisa  
Bracalenti, María Agostina  
Brandi, Rodolfo  
Bravo, María Virginia  
Brogioni, Marco  
Brusa, Lucila  
Bussato, Carlos A.  
Cabello, Julieta V.  
Cacik, Pablo  
Cafaro, Diego C.  
Capello, Romina  
Chemes, Silvina  
Contini, Guillermo  
Cornaglia, Laura  
Cossy, Edgar  
Cristiani, Mariana  
D'Elia, Mónica  
Dalla Costa, Bruno O.  
Dalmazzo, Milagros  
Demonte, Luisina D.  
Devard, Alejandra  
Estenoz, Diana A.  
Fabiano, Silvia N.  
Faroldi, Betina  
Fernandez, María Pía  
Fiorenza Biancucci, Gabriela  
Flores, Marina  
Gagneten, Ana María  
Galoppo, Germán H.  
Ghiberto, Pablo  
Giraudó Alejandro Raúl  
Gomez, Ayelén L.  
Graciani, Silvio  
Guerrero, Sergio A.  
Gugliotta, Luis M.  
Gutiérrez, Laura B.  
Hämmerly, Rosana  
Henning, Gabriela  
Hernández, Silvia R.  
Húmpola, Pablo D.  
Iglesias, Alberto A.  
Imhof, Alba  
Imhoff, Silvia  
Ingaramo, Paola Inés  
Kass, Laura  
Kergaravat, Silvina V.  
Kröhling, Daniela M.  
Labas, Marisol  
Lajmanovich, Rafael C.  
Larriera, Alejandro  
Latorre Rapela, María Gabriela  
Lazzarino, Gisela Paola  
Leva, Perla E.  
López, Javier Alejandro  
López, Emiliano  
Lorenzón, Rodrigo Ezequiel  
Lovino, Miguel A.  
Luque, Enrique Hugo  
Maggioni, Darío A.  
Manuale, Débora

Marchese, Mercedes  
Marchesini, Albana  
Márquez, Vanina  
Martín, Carlos  
Michlig, Melina P  
Michlig, Nicolás  
Mihura, Enrique R.  
Milt, Viviana G.  
Minari, Roque J.  
Miró, Eduardo E.  
Modini, Laura  
Moreno, Betzabet  
Müller, Gabriela V.  
Müller, Omar V.  
Múnera, John  
Muñoz de Toro, Mónica  
Odetti, Héctor S.  
Olmos, Graciela  
Paoli, Carlos G.  
Paredes, Ma. Victoria  
Paris, Marta  
Passalía, Claudio  
Pedraza, Raúl A.  
Peltzer, Paola M.  
Pensiero, José Francisco  
Pereira, Soledad  
Pérez, Marcela  
Plano, María Fernanda  
Polla, Wanda  
Prodoliet, Jorge  
Querini, Carlos A.  
Ramonell, Carlos G.  
Ramos, Jorge Guillermo  
Recce, Carlos  
Regaldo, Luciana  
Repetti, María R.  
Rodríguez, Horacio

Rodriguez, Leticia  
Rossetti, María Florencia  
Rossi, Liliana  
Rueda, Eva C.  
Salto, César  
Scarabotti, Pablo  
Schimdt, Erica  
Schlotthauer, Jonatan  
Scioli, Carlos C.  
Sedran, Ulises  
Serra, Pablo  
Sgroi, Leandro C.  
Sigrist, Mirna  
Simoniello, María Fernanda  
Stoker, Cora  
Strasser, Ruth  
Studdert, Claudia  
Taleb, Claudia  
Tarditi, Ana  
Tavaliere, Yamil E.  
Teitelman, Sebastián  
Thalmeier, Belén  
Toffoli, Guillermo D.  
Torresi, Pablo  
Traba, Luis  
Vaccari, María Celia  
Veizaga, Emiliano A.  
Venencio, María del Valle  
Venturini, Virginia  
Vera, Mariana  
Vionnet, Carlos  
Walker, Elisabet  
Yori, Juan Carlos  
Zalazar, Cristina  
Zerbatto, Mariel G.  
Zucarelli, Viviana

# Índice

## **Prólogo**

*Enrique Mammarella / 9*

## **Introducción / 11**

Referencias bibliográficas de la introducción / **13**

## **CAPÍTULO 1. Energías renovables–biorrefinerías / 14**

Introducción / **14**

Herramientas biológicas y moleculares para estrategias de biorrefinerías / **17**

Investigación y desarrollo de procesos de producción de biodiesel

y aprovechamiento de subproductos del proceso / **27**

Generación de productos sustitutos de hidrocarburos

a partir de biomasa lignocelulósica residual / **31**

Hidrógeno como vector de energía. Producción

a partir de materias primas renovables de la región / **34**

Referencias bibliográficas del capítulo 1 / **37**

## **CAPÍTULO 2. Procesos y productos sustentables / 42**

Introducción / **42**

Híbridos látex–proteínas / **45**

Síntesis e inmovilización de nanopartículas metálicas en hidrogel/aerogel

de celulosa para aplicaciones catalíticas y biocidas / **50**

Empleo de biomateriales fibrosos de la región para el desarrollo de estructuras

catalíticas aplicables al tratamiento de efluentes gaseosos industriales / **53**

Síntesis de nuevos materiales iónicos sobre la base estructural de líquidos

ionios. Correlación entre la estructura de estos materiales, sus propiedades

fisicoquímicas y las tareas específicas para los que fueron diseñados / **57**

Desarrollo de materiales poliméricos y tecnologías sustentables basados

en el uso de fuentes renovables regionales / **61**

Referencias bibliográficas del capítulo 2 / **66**

## **CAPÍTULO 3. Gestión del riesgo / 70**

Introducción / **70**

Riesgo químico / **70**

Riesgo hídrico / **93**

Referencias bibliográficas del capítulo 3 / **119**

#### **CAPÍTULO 4. El agua como recurso. Disponibilidad y monitoreo / 128**

Introducción / **128**

Variabilidad y cambio climático en la provincia de Santa Fe:

observaciones y proyecciones futuras / **132**

Identificación de eventos extremos y su incidencia en subsistemas acoplados zona no saturada–acuífero libre mediante la construcción de índices estandarizados / **135**

Efectos de la expansión de cultivos sobre la regulación hídrica y climática en Argentina / **138**

Desarrollo metodológico para el modelado y monitoreo de la evapotranspiración utilizando diferentes fuentes de datos / **141**

Desarrollo de un algoritmo para determinar el contenido de humedad del suelo desde imágenes SAR / **144**

Un datalogger energéticamente eficiente basado en código y hardware abiertos, su uso en una WSN para detectar parámetros ambientales / **148**

La cuenca interprovincial de los Bajos Submeridionales y su funcionamiento hidroambiental, base para la gestión sustentable / **150**

El agua subterránea como condicionante para el desarrollo sostenible de áreas rurales en el centro de la provincia de Santa Fe / **155**

El agua subterránea como condicionante para el desarrollo sostenible de áreas urbanas de la provincia de Santa Fe / **157**

Procesos naturales de transformación de la calidad de agua freática en humedales ribereños / **160**

Balance hídrico superficial como herramienta de gestión / **163**

Referencias bibliográficas del capítulo 4 / **169**

#### **CAPÍTULO 5. Efectos del ambiente sobre la salud humana y animal / 176**

Introducción / **176**

Contaminantes ambientales en la provincia de Santa Fe y salud humana / **179**

Efecto del glifosato y sus formulados comerciales sobre el desarrollo de órganos reproductores y la fertilidad / **184**

Impactos de la agroindustria sobre la salud ambiental de los anfibios del centro este de Argentina en el contexto del desarrollo sustentable / **187**

Estrógenos ambientales y desarrollo y diferenciación mamaria / **191**

Contaminantes Ambientales Hormonalmente Activos. Efectos en el Sistema Reprodutor del Yacaré Overo (*Caiman latirostris*) / **194**

Efectos del ambiente sobre la salud humana y animal / **199**

Efectos del ambiente físico sobre la producción animal / **202**

Derecho Ambiental en la provincia de Santa Fe / **206**

Referencias bibliográficas del capítulo 5 / **212**

## **CAPÍTULO 6. Biodiversidad y desarrollo sustentable / 224**

Biodiversidad: concepto, funciones, importancia y amenazas / **224**

Diversidad de insectos de ambientes ruderales / **231**

Diversidad de fitoplancton / **234**

Diversidad de zooplancton y su valor como bioindicador / **238**

Diversidad de peces e interacciones / **243**

Diversidad de anfibios / **249**

Diversidad de reptiles, aves y mamíferos / **256**

Gestión de áreas naturales en el centro norte de la provincia de Santa Fe / **261**

Diversidad genética de especies faunísticas / **263**

Recomendaciones / **266**

Referencias bibliográficas del capítulo 6 / **268**

Autoras y autores de este capítulo / **280**

## **CAPÍTULO 7. Ciclo de vida de productos: tecnología para la gestión y el reciclado de diversos residuos / 281**

Introducción / **281**

Valorización de residuos agroindustriales para la obtención de productos sustentables / **283**

Tratamiento de residuos pecuarios y residuos sólidos urbanos en el centro norte de la provincia de Santa Fe / **292**

Gestión integral de envases de agroquímicos / **298**

Tratamiento de efluentes líquidos en áreas urbanas.

Uso de microorganismos de interés biotecnológico / **304**

Referencias bibliográficas del capítulo 7 / **313**

- Resulta primordial analizar simultáneamente los parásitos junto con sus hospedadores de vida libre, para explicar la complejidad de las interacciones, la biodiversidad y la dinámica trófica de los ecosistemas.

## Diversidad de anfibios

Javier A. López<sup>11</sup> y Andres Maximiliano Attademo<sup>12</sup>

La distribución de la anfibiafauna santafesina (ranas, sapos, escuerzos y cecili-as) sigue un patrón latitudinal, con una disminución de la riqueza de especies hacia el sur y una penetración de muchos taxones por medio del corredor bio-lógico que representa el río Paraná y sus humedales (Ghirardi y López, 2017). Por ello, de las 51 especies de anfibios presentes en la provincia de Santa Fe, 50 habitan el centro y norte santafesino (Tabla 3), lo que representa casi el 30 % de las especies de anfibios de Argentina (Vaira *et al.*, 2012). Tanto en la eco-rregión del Chaco Húmedo como en el valle aluvial del río Paraná se encuen-tran alrededor de 40 especies de anfibios, mientras que más hacia el oeste pro-vincial, en la ecorregión del Chaco Seco y en el Espinal, en el centro de la provincia están representadas alrededor de 20 especies (Pautasso *et al.*, 2017).

Los anfibios han sido considerados buenos indicadores de la salud del eco-sistema, ya que su ciclo de vida acuático-terrestre los hace especialmente vul-nerables a las perturbaciones o modificaciones del ambiente. Además, son controladores naturales de plagas, puesto que se alimentan de muchos inver-tebrados considerados perjudiciales para el hombre y sus cultivos (Attademo *et al.*, 2005, 2007 b, c, Peltzer *et al.*, 2010).

Los nexos que los humanos establecen con este grupo de vertebrados pueden estudiarse desde distintos enfoques. Por ejemplo, Gallardo (1994) documentó en Argentina las actitudes que las personas tienen respecto a estos animales, analizando diversas narrativas vinculadas a los mismos. En tanto, Gutiérrez Usillos (2002) estudió la relación simbólica que los humanos sostienen con la batracofauna. También, se relevaron los conocimientos ecológicos que los pobladores poseen y las otras formas de acuerdo a la cual los ordenan –taxo-nomías folk– (Santos-Fita *et al.* 2011), así como la intervención de los mis-mos en las farmacopeas y las dietas de diversos colectivos socioculturales (Bar-barán, 2004). En Santa Fe, la atención ha sido puesta en el uso de las ranas

---

11 Grupo de Estudio sobre Anfibios, Laboratorio de Biodiversidad y Conservación de Tetrá-podos, Instituto Nacional de Limnología. Laboratorio de Genética, Departamento de Cien-cias Naturales, Facultad de Humanidades y Ciencias, UNL (CONICET-UNL).

12 Laboratorio de Ecotoxicología. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, UNL (CONICET-UNL).

como alimento, ya que su caza y consumo conforma una actividad importante y tradicional, especialmente en el área del litoral fluvial santafesino. En algunos sitios de Argentina se consume la rana toro (*Lithobates catesbeianus*), especie exótica criada en cautiverio pero altamente invasiva y perjudicial para las especies nativas (Ghirardi *et al.*, 2011). En cambio, en el centro norte santafesino el consumo de ranas se relaciona casi exclusivamente con actividades de caza de ejemplares silvestres de especies nativas (Medrano y Ceballos, 2017). Este tipo de actividad, que se encuentra escasamente documentada, vuelca al mercado ejemplares de mediano y gran porte de dos o tres especies nativas del género *Leptodactylus* (Medrano y Ceballos, 2017).

Por otro lado, se ha demostrado que la piel de los anfibios es una fuente prolífica de compuestos con una amplia gama de actividad biológica incipientemente explorados (Tyler *et al.*, 2007). La bioactividad de los compuestos presentes en el extracto de su piel resulta de interés en los ámbitos más diversos de uso humano y veterinario, por ejemplo, para su uso contra enfermedades neurodegenerativas, por sus efectos antitumorales, analgésicos, inmunomoduladores, su potencial como inhibidores enzimáticos, como antibióticos, fungicida y bactericida (ej. Siano *et al.*, 2014, Conlon *et al.*, 2014, Spinelli *et al.*, 2018, 2019a, 2019b). Particularmente, los extractos de la piel de al menos 10 especies de anfibios del centro norte santafesino han sido estudiados en la UNL, con resultados prometedores como agente multiobjetivo en la enfermedad de Alzheimer, como agente anti-proliferativo contra leucemia monocítica aguda humana, y como fuente de péptidos antibacterianos (Siano *et al.*, 2018; Spinelli *et al.*, 2019a, 2019b), entre otros.

En los últimos años, la provincia de Santa Fe experimentó un gran crecimiento en la producción del cultivo de arroz gracias al aumento de los rendimientos, y a la expansión de las áreas productivas. Los ecosistemas agrícolas, como las plantaciones de arroz, son sistemas ecológicos transformados por las actividades productivas, que no obstante de su simplificación paisajística (ausencia de bordes de campo o corredores biológicos; Baselga, 2010), contienen una importante diversidad biológica (Bambaradeniya *et al.*, 2004; Duré *et al.*, 2008). Por otra parte, durante su desarrollo la planta de arroz se ve afectada por una gran diversidad de plagas. Bajo el panorama productivo actual, una gran cantidad de agroquímicos de rápida acción y fácil aplicación son utilizados para combatir a los diferentes invertebrados (CASAFE, 2011).

Para valorar el impacto de los agroquímicos en anfibios de la región se efectuaron diversos estudios a campo donde se establecieron los niveles de enzimas como la butirilcolinesterasa, carboxilesterasa y estrés oxidativo (Attademo *et al.*, 2007, 2011b). En todos estos trabajos, se hallaron diferencias significativas de estos biomarcadores, comparando anfibios que fueron recolectados

en áreas agrícolas (cultivos de arroz y soja) con uso intenso de agroquímicos de aquellos registrados en áreas naturales como reservas y parques naturales. Complementariamente, fueron registrados cambios en los parámetros hematológicos e infección por hemoparásitos (Attademo *et al.*, 2011b). Además, se determinaron cambios en los niveles de ácido retinoico en plasma de adultos de *Leptodactylus macrosternum* presentes en dichos agroecosistemas (Teglia *et al.*, 2015). Complementariamente, se realizaron investigaciones con renacuajos en limnocorralles acordes al tipo ecomorfológico de las especies en dichos cultivos extensivos y se observaron disminuciones en la actividad enzimática y cambios en la morfológica (Attademo *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos evidencian que las poblaciones de anfibios anuros presentes en ambientes agrícolas se encuentran expuestas de forma constante a las condiciones de estrés ambiental provocadas por el intenso uso de plaguicidas.

Es por ello que es fundamental el desarrollo de nuevas alternativas que permitan la expansión de áreas cultivables de una forma amigable con el ambiente. En este sentido, los anfibios constituyen una gran parte de la biomasa y revisten fundamental importancia a la hora de conocer los ecosistemas. En este sentido, es fundamental el aprovechamiento de los enemigos naturales (parásitos y depredadores) para mantener las poblaciones de artrópodos perjudiciales para la agricultura dentro de los límites tolerables. Al comparar la diversidad funcional de anfibios en arrozceras con manejo convencional (con utilización de agroquímicos) y con enfoque agroecológico (sin agroquímicos), los datos obtenidos sugieren que los cultivos de arroz agroecológicos albergan una mayor diversidad y riqueza de anfibios en relación a los cultivos tradicionales (Attademo *et al.*, 2018). Estudios de dieta realizados a través de técnicas invasivas no destructivas (vaciado estomacal) en dos especies de anfibios rana criolla (*L. macrosternum*) y rana maulladora (*Physalaemus albonotatus*) en un cultivo de arroz con producción agroecológica mostraron que estos individuos se alimentan de diferentes artrópodos, muchos de ellos considerados perjudiciales. Por lo que se destaca el rol de los anfibios que habitan en agroecosistemas como controladores biológicos de artrópodos perjudiciales para cultivos.

## Resumen

- El centro norte santafesino alberga una gran diversidad de anfibios.
- Los anfibios colaboran directamente con el control biológico de plagas en los cultivos y de otros insectos perjudiciales para el hombre mediante su depredación.

- La piel de los anfibios es una fuente prolífica de compuestos con una amplia gama de actividad biológica de interés en los ámbitos más diversos de uso humano y veterinario.
- Los anfibios forman parte de la cultura santafesina de formas muy variadas y existe una actividad importante y tradicional de algunas especies para su venta y consumo.

**Tabla 3.** Lista de especies de anfibios que habitan el centro norte santafesino. Se brinda el nombre científico, nombre vulgar y se señalan las especies con valor cinegético (comercial–gastronómico) y aquellas cuyos extractos de piel han sido estudiados por investigadores de UNL para evaluar la bioactividad de los componentes peptídicos.

Especies de anfibios del centro y norte santafesino	Nombre vulgar	Con valor cinegético, comercial-gastronómico	Con extractos de piel analizados por la bioactividad de sus componentes
ORDEN ANURA			
Familia Bufonidae Gray, 1825			
<i>Melanophryniscus aff. montevidensis</i>	Sapito panza colorada		
<i>Melanophryniscus atroluteus</i>	Sapito banderita española / Sapito negro panza roja		
<i>Melanophryniscus klappenbachi</i>	Sapito de colores de Klappenbach		
<i>Rhinella arenarum arenarum</i>	Sapo común		
<i>Rhinella bergi</i>	Sapo de Berg / Sapito granuloso chico		
<i>Rhinella fernandezae</i>	Sapito panza amarilla		
<i>Rhinella major</i>	Sapito chaqueño		
<i>Rhinella schneideri</i>	Sapo cururú / Sapo rococó / Sapo buey		
Familia Ceratophryidae			

<i>Ceratophrys cranwelli</i>	Escuercito / Escuerzo chaqueño	
<i>Lepidobatrachus asper</i>	Sapo de las salinas	
<i>Lepidobatrachus laevis</i>	Sapo chaqueño	
Familia Hylidae		
<i>Argenteohyla siemersi pedersenii</i>	Rana tractor / Rana de Pedersen / Rana de patas rojas	
<i>Dendropsophus nanus</i>	Ranita enana / Yuii chaqueña	X
<i>Dendropsophus sanborni</i>	Ranita enana de Sanborni / Yuii misionera	
<i>Boana pulchella</i>	Ranita del zarzal / Ranita trepadora	X
<i>Boana punctata rubrolineatus</i>	Rana punteada	
<i>Boana raniceps</i>	Rana de barras moradas / Rana trepadora chaqueña	
<i>Lysapsus limellum</i>	Ranita boyadora enana / Ranita nadadora chica	
<i>Phyllomedusa azurea</i>	Rana mono chaqueña chica	
<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	Rana mono de vientre pintado	
<i>Pseudis minuta</i>	Rana boyadora	X
<i>Pseudis platensis</i>	Rana paradoxa	X
<i>Scinax acuminatus</i>	Rana trepadora hocicuda chaqueña	
<i>Scinax berthae</i>	Ranita trepadora hocicuda chica / Ranita de pintas naranjas	
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	Ranita trepadora narigona	

<i>Scinax fuscovarius</i>	Ranita trepadora hocicuda		
<i>Scinax nasicus</i>	Ranita trepadora hocicuda / Ranita de los baños / Ranita de los tanques		
<i>Scinax squalirostris</i>	Ranita trepadora hocicuda rayada		
<i>Trachycephalus typhonius</i>	Rana lechosa		
Familia Leptodactylidae			
<i>Adenomera diptyx</i>	Rana tropical		
<i>Leptodactylus bufonius</i>	Ranita alfarera / Rana silvadora		
<i>Leptodactylus elenae</i>	Rana marmolada de labio blanco		
<i>Leptodactylus fuscus</i>	Rana rufa		
<i>Leptodactylus gracilis</i>	Ranita rayada	X	
<i>Leptodactylus laticeps</i>	Rana coralina / Rana de las vizcacheras		
<i>Leptodactylus latinasus</i>	Ranita urnera / Rana piadora		
<i>Leptodactylus luctator</i>	Rana criolla / Ayuí	X	X
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	Rana chaqueña	X	X
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	Rana de bigotes		X
<i>Leptodactylus podicipinus</i>	Ranita vientre punteado		

<i>Physalaemus albonotatus</i>	Ranita maulladora / Ranita llorona	
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	Ranita de cuatro ojos / Ranita llorona	
<i>Physalaemus riograndensis</i>	Ranita de Río Grande	
<i>Physalaemus santafecinus</i>	Rana ladradora	X
<i>Pseudopaludicola boliviana</i>	Ranita de pantano boliviana	
<i>Pseudopaludicola falcipes</i>	Rana enana de Hensel	X
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	Rana enana brasileña	
Familia Microhylidae		
<i>Dermatonotus muelleri</i>	Rana de cabeza chica	
<i>Elachistocleis bicolor</i>	Ranita aceituna / Ranita hocicuda	X
Familia Cycloramphidae		
<i>Odontophrynus americanus</i>	Escuerzo chico / Escuercito común	
<i>Odontophrynus lavillai</i>	Escuercito santiagoño / Escuercito de Ceí	
ORDEN GYMNOPHIONA		
Familia Typhlonectidae		
<i>Chthonerpeton indistinctum</i>	Cecilia / Tapalcúa	

## Diversidad de reptiles, aves y mamíferos

Docentes investigadores de la FHUC (UNL) y del INALI (CONICET-UNL), estudian desde hace tres décadas los vertebrados amniotas. En la provincia de Santa Fe se registraron 82 especies de reptiles, unas 440 especies de aves y unas 89 especies de mamíferos (Giraudo y Moggia, 2006, Fandiño y Giraudo, 2010, 2012, Pavé *et al.*, 2017), siendo una de las provincias más diversas de la región subtropical-templada de Sudamérica. Lamentablemente, entre las aves y los mamíferos, se encuentran la mayor cantidad de especies extinguidas y amenazadas a nivel provincial, totalizando cuatro especies de aves extinguidas en Santa Fe: la munitú (*Crax fasciolata*), el yetapá de collar (*Alectrurus risora*), el chingolo cabeza negra (*Coryphaspiza melanotis*) y la loica pampeana (*Sturnella difflippii*), y lamentablemente el jacinto glauco (*Anodorhynchus glaucus*), está extinguido a nivel global (Fandiño y Giraudo, 2012). Entre los mamíferos, se extinguieron el yaguareté (*Panthera onca*) y el lobo gargantilla o nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) y varias especies están al borde de la extinción, de no tomarse medidas urgentes que eviten la destrucción de sus hábitats y su persecución. Por ejemplo, el ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), el venado de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*), el tapir (*Tapirus terrestris*), el oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*) y el pecari labiado (*Tayassu pecari*), entre otros (Giraudo, 2009). Esta defaunación tiene consecuencias indeseables en los ecosistemas, ya que las aves y mamíferos tienen funciones esenciales como depredadores, herbívoros, dispersando frutos, y hasta modelando ecosistemas mediante su efecto mecánico o de herbivoría, por ejemplo, carpinchos y ciervos en humedales (Giraudo, 2009). Habitan en Santa Fe mamíferos exóticos asilvestrados, introducidos para la cacería, como el jabalí o chanchos cimarrones (*Sus scrofa*), el ciervo axis (*Axis axis*), el antílope negro (*Antilope cervicapra*) y la liebre europea (*Lepus capensis*), que constituyen una grave amenaza para la biodiversidad y las especies autóctonas (Giraudo *et al.*, 2006, Giraudo, 2009).

Los patos (Anatidae), palomas (Columbidae) y perdices (Tinamidae) han sido objeto en Santa Fe, de actividades cinegéticas de cacería con plomo durante décadas, reportándose contaminación con plomo en estos animales, en los humedales y en su vida silvestre, lo que representa una grave problemática ambiental, que debe ser abordada, para lo que se está implementando la prohibición de munición con plomo (Ferreira, 2011).

El modo de uso de los ecosistemas puede influir en los patrones de diversidad de algunas especies. Lorenzón *et al.* (2020) compararon la diversidad funcional de aves entre dos agroecosistemas bajo manejos diferentes: arroceras bajo manejo tradicional versus agroecológico. En base a rasgos funcio-

nales tróficos tales como categorías de presa, microhábitat trófico, modo de búsqueda y captura de presas, se calcularon y compararon índices de riqueza, divergencia, equidad y dispersión funcional de las especies de aves registradas entre tipos de arrozceras, utilizando pruebas basadas en permutaciones. Entre los índices considerados, la riqueza y la dispersión funcional fueron mayores en arrozceras bajo manejo agroecológico en relación con el manejo tradicional. El uso de los estratos arbóreo y arbustivo como microhábitats tróficos y las dietas que incluyeron el consumo de frutos y peces estuvieron mejor representadas en la arrozcera bajo manejo agroecológico. Así, los resultados sugirieron que el manejo agroecológico de las arrozceras se asocia con una mayor diversidad funcional de aves debido a la mayor heterogeneidad en la composición florística y oferta trófica que implica este tipo de manejo.

### Propuestas para la conservación de la biodiversidad de tetrápodos en la provincia de Santa Fe

En las últimas décadas el Laboratorio de Biodiversidad y Conservación de Tetrápodos del INALI (CONICET-UNL) ha publicado varios estudios usando los vertebrados como indicadores de la biodiversidad para detectar vacíos de conservación y aplicarlos en estrategias de conservación con bases científicas y transdisciplinarias (Arzamendia y Girauco, 2004, 2009, 2012 y Cristaldi *et al.*, 2019). En el 2001, se aborda desde un enfoque interdisciplinar, en conjunto con Ambiente de la provincia, FHUC-FCA (UNL), INTA, INCUPO, y municipios de Reconquista la gestión participativa y creación del Sitio Ramsar Jaaukani-gás, en el sector con mayor biodiversidad provincial, que propugna por el uso sostenible manteniendo las actividades compatibles con el ambiente y propiciando el bienestar de los pobladores. La gestión de este humedal a través del primer Comité Intersectorial de Manejo creado en Argentina, sirvió de base e inspiración para la creación y gestión transdisciplinaria de otros humedales de importancia internacional en Santa Fe y provincias vecinas como Chaco y Entre Ríos (Girauco y Arzamendia, 2014). Estas grandes áreas no representan reservas estrictas, sino más bien sectores en donde los objetivos de conservación se logran con la participación social y con la difusión y ordenamiento de actividades humanas sostenibles.

En estudios en la provincia de Santa Fe, se seleccionaron áreas prioritarias para la conservación analizando los patrones biogeográficos y la biodiversidad de reptiles, aves y mamíferos amenazados y raros, para hacer más eficientes los recursos económicos y humanos invertidos en áreas protegidas, minimizando los conflictos con otros usos humanos (ver Arzamendia y Girauco,

2004, 2009, 2012, Cristaldi *et al.*, 2019). Como resultado se obtuvieron alternativas para optimizar el diseño del sistema de áreas protegidas en la provincia de Santa Fe. La determinación de áreas de endemismos (AE) identifica patrones congruentes de distribución que son el primer paso para regionalizaciones biogeográficas objetivas (Escalante *et al.*, 2009, Giraudo y Arzamendia, 2018), unidades esenciales para ser representadas en sistemas de áreas protegidas. Se detectaron áreas de endemismos para 7745 registros de 311 especies raras y (primer cuartil conjugando distribución y abundancia) y amenazadas (especies con elevada probabilidad de extinguirse) de serpientes, aves y mamíferos en Santa Fe, provincia que contiene alguna de las ecorregiones más amenazadas de Sudamérica (Chaco, Selva Paranaense y Pampas). Aplicamos un análisis de endemicidad (Szumik y Goloboff, 2004) y luego comparamos las AE con la representatividad de las áreas protegidas. Detectamos siete AE (con cuadrículas de 0.50°) de las cuales cuatro coinciden con regionalizaciones previas: Nordeste con Chaco Húmedo, definida por 29 especies de todos los grupos: como la serpiente musurana (*Clelia clelia*), el carpintero copete pajizo (*Ceuleus lugubris*), surucúa (*Trogon surrucura*), el mono carayá (*Alouatta caraya*), tapir (*Tapirus terrestris*) entre otros (Figura 7); Noroeste coincide con Chaco Seco, con 11 especies de todos los grupos: como la culebra nariguda (*Philodryas baroni*), Lampalagua o boa de las vizcacheras (*Boa constrictor*), batará estriado (*Myrmochilus strigilatus*), gallito copetón (*Rhinocrypta lanceolata*), lechuza chaqueña (*Strix chacoensis*), mataco (*Tolypeutes matacus*) (Figura 7); Sur coincidente con Pampas, con cuatro especies de aves: la calandria mora (*Mimus patagonicus*), bandurria austral (*Theristicus melanopis*), monjita chocolate (*Neoxolmis rufiventris*) y la agachona chica (*Thinocorus rumicivorus*) (Figura 7); y un área más extensa que incluye la Selva Paranaense+Chaco Húmedo con 29 especies de aves y mamíferos (Figura 7). Un patrón nuevo incluye Pastizales+humedales con 87 especies de todos los grupos. Adicionalmente, detectamos tres AE con cuadrículas de 0.25°, ubicadas dentro del Nordeste (Chaco Húmedo) y Noroeste (Chaco Seco) que incluyen especies amenazadas que no conformaban AE con celdas de 0.50° y son importantes en acciones de conservación.

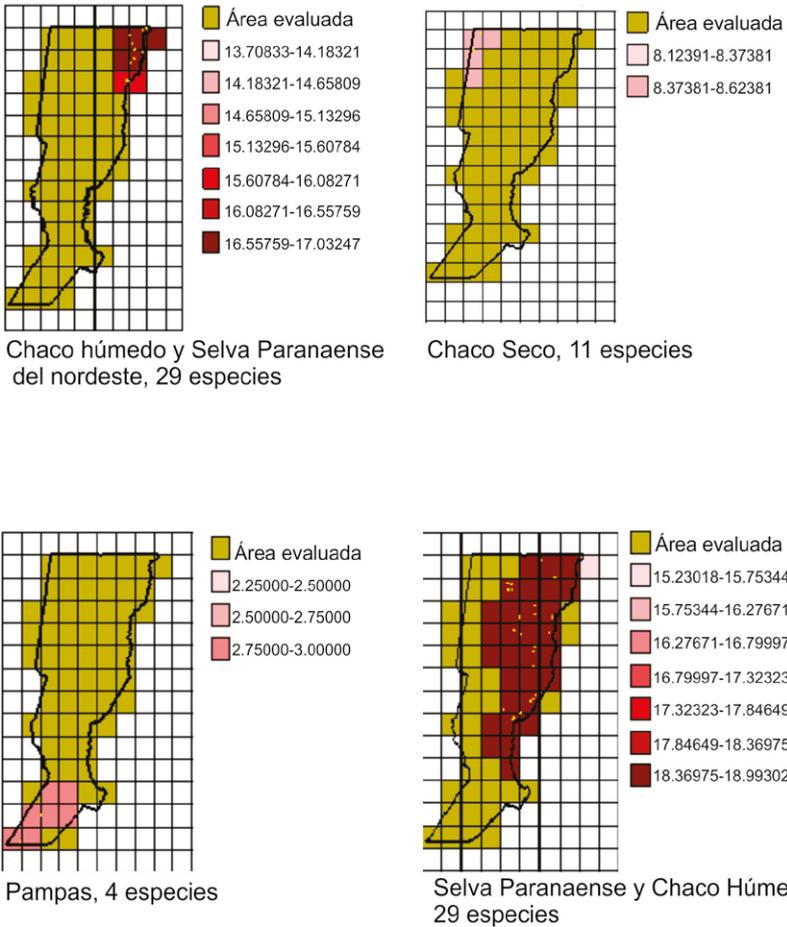
Las AE permiten identificar áreas comunes ocupadas por varias especies raras y amenazadas de serpientes, aves y mamíferos de Santa Fe, que muestran distribuciones coincidentes. Estas aumentan la eficiencia para captar todas las especies en la menor cantidad de cuadrículas ubicadas en los extremos noroeste (Chaco Seco), noreste (Chaco Húmedo–Selva Paranaense) y sureste

(Pampeana). El Chaco Seco no posee áreas protegidas estatales y la región Pampeana no posee reservas de protección estricta (categorías I a IV de IUCN) presentando ambas regiones la mayor deficiencia de áreas protegidas (AP). El sistema existente de AP de Santa Fe es insuficiente porque: 1) no representa adecuadamente varias AE por ejemplo las del Chaco Seco, Chaco Húmedo al norte y Pampas, 2) las reservas estrictas son pequeñas en superficie (menos de 3000 ha.), 3) presentan deficiencias en infraestructura de conservación (seccionales, guardaparques, cartelería) tanto las áreas de usos múltiples (tres Sitios Ramsar), como las reservas estrictas, 4) están sometidas a usos no permitidos (intrusión, urbanización, explotaciones ilegales).

En síntesis, las deficiencias detectadas en un escenario de elevados impactos generados por la pérdida de hábitats, el rápido avance de la frontera agrícola y la falta de criterios científicos para la selección y ubicación de las AP, sumado a deficiencias de implementación, hacen poco efectivo el sistema de AP para proteger a la biodiversidad provincial (Arzamendia y Giraudo, 2004, 2012, Giraudo y Arzamendia, 2014, Cristaldi *et al.*, 2019).

Este escenario se complejiza por el efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies. Recientemente, Cristaldi *et al.* (2019) analizaron mediante modelos de nicho ecológico, cuáles son los cambios potenciales en la adecuabilidad climática en diversos escenarios climáticos futuros de las aves globalmente amenazadas de Santa Fe, encontrando que varias especies como el capuchino castaño (*Sporophila hypochroma*), y los espartilleros pampeano y enano (*Asthenes hudsoni* y *Spartonoica maluroides*), podrían perder hasta más de la mitad de su distribución en la provincia. No obstante, usando un índice de influencia humana, se observó que las actividades humanas condicionan aún más que el cambio climático, las áreas prioritarias necesarias para conservar las aves amenazadas.

Por ello, resulta urgente gestionar un sistema representativo y eficiente de áreas protegidas, que cuente con: 1) superficie, inversión e infraestructura adecuada, 2) tenga en cuenta estudios científicos (determinación AE, patrones de riqueza, etc) proporcionados a los organismos de gestión gubernamental y no gubernamental, así como a la sociedad santafesina y 3) y que las áreas protegidas sean incluidas en agendas socio-políticas y en las planificaciones sobre el uso del territorio provincial.



**Figura 7.** Áreas de endemismos identificadas en Santa Fe (grilla de 0,5°) prioritarias para la conservación de reptiles, aves y mamíferos raros y amenazados (en colores rosados a rojizos).

## Resumen

- En Santa Fe habita una diversa fauna de reptiles (82 especies), de aves (440 especies) y de mamíferos (89), aunque debido a la destrucción de sus hábitats y persecución son de los grupos con mayor cantidad de especies extinguidas y amenazadas, requiriendo acciones de conservación urgentes.

- Evaluando si las áreas protegidas coinciden con las áreas prioritarias para conservar reptiles, aves y mamíferos amenazados y raros, evidenciamos deficiencias en su protección con escasa o nula representatividad de reservas en el Chaco Seco, Pampas y sector norte del Chaco Húmedo–Selva Paranaense.
- Esta tendencia de desaparición de especies se agravará sinérgicamente con el cambio climático y el aumento de actividades humanas (expansión de fronteras agropecuarias y urbanas).
- Es urgente gestionar un sistema representativo y eficiente de áreas protegidas basado en la distribución de la biodiversidad, con superficie, inversión e infraestructura adecuada. Es necesario ubicar a las áreas protegidas como prioridades socio–políticas y en las planificaciones sobre el uso del territorio provincial, para evitar la pérdida de biodiversidad y sus valores y funciones esenciales para la naturaleza y sociedad.

### **Gestión de áreas naturales en el centro norte de la provincia de Santa Fe**

En el ámbito de la creación y gestión de áreas naturales en el centro norte de la provincia de Santa Fe, los sitios Ramsar constituyen una de las experiencias más exitosas, en la que han participado docentes y estudiantes de la FHUC. En el Comité Intersectorial de Manejo del Sitio Ramsar Jaaukanigas han participado equipos técnicos que recientemente colaboraron con la publicación de varios subplanes de manejo del sitio. Otro sitio Ramsar creado en la provincia es el «Delta del Paraná» que posee desde el año 2019 su plan de manejo (Giacosa, 2019) en el cual, a través de una gestión participativa, la facultad y la universidad han realizado aportes significativos. En este caso se trata de la gestión de un sistema hídrico que incluye en su estructura a dos parques nacionales: Islas de Santa Fe y Pre–delta.

Además, y a instancias del Laboratorio de Zoología aplicada de FHUC (anejos vertebrados), se creó en 2008 por ley, la reserva natural manejada «El Fisco» que tiene como objeto de conservación la población de *Caiman latirostris* (yacaré overo) en el departamento San Cristóbal. Las acciones próximas son la puesta en marcha del plan de manejo, que ya ha tenido una primera instancia participativa en junio de 2019.

## Programas de uso sostenible de fauna

El uso sostenible de fauna y flora de interés comercial es hoy uno de los enfoques más realistas para la conservación de los ecosistemas naturales. La «Estrategia mundial para la conservación» (UICN, 1980) recomendaba en su punto 3° y como un aspecto prioritario «...asegurar el carácter sostenible de cualquier tipo de uso de especies o ecosistemas». En el documento «Cuidar la Tierra» (UICN, 1991) se redefine la expresión «uso sostenible», especificando que se refiere exclusivamente a la «utilización de recursos naturales renovables, cuando su nivel de extracción no supera su capacidad de renovación». Los indiscutibles beneficios de dicha filosofía pasan por la «valorización de los ecosistemas en términos económicos», el «estímulo para la conservación por parte de las comunidades locales» y la «generación de divisas genuinas para los países productores». Esta tendencia está en aumento, como se ha podido ver en recientes discusiones internacionales sobre el tema.

La FHUC, a través su Laboratorio externo de Zoología aplicada (Anexo vertebrados) es pionera en el desarrollo de estas técnicas donde se interviene mínimamente en la naturaleza, obteniendo beneficios para los pobladores locales (Larriera e Imhof, 2006). En 1990 se inició en Santa Fe un programa de monitoreo y autorreplamamiento de yacaré overo –Proyecto Yacaré–, debido a la gran reducción numérica detectada en las poblaciones de esa especie. Este proyecto tuvo como objetivo la utilización sostenible del recurso y la conservación de los humedales santafesinos, empleando el sistema de *ranching*. Este método consiste en cosechar huevos en la naturaleza, incubarlos artificialmente y luego de nacidos los pichones, liberarlos, a los nueve meses de vida, en los mismos sitios de donde fueron cosechados los huevos. Durante más de 25 años se ha trabajado en instalaciones que permiten la incubación de más de 10 000 huevos y la crianza en condiciones controladas. Debido al incremento en el tamaño poblacional verificado, en 1997, las poblaciones argentinas de yacaré overo fueron transferidas al Apéndice II de CITES, el cual permite el comercio estrictamente regulado de sus productos (Larriera *et al.*, 2008).

Estos programas involucran y benefician a los pobladores locales, y son a su vez, generadores de variada información científica sobre la biología, dinámica poblacional e historia natural de las especies en cuestión. Por otra parte, la identificación de especies «clave» para determinados ecosistemas, permite desarrollar programas de conservación indirecta, sobre las otras especies asociadas en el mismo hábitat (UICN, 1991). La combinación de estas técnicas con la creación de áreas naturales como es el caso de la reserva El Fisco, ya citada se constituyen en una valiosa herramienta que combina el aprovechamiento de los recursos naturales con la conservación efectiva de humedales.