

# LOS PECES QUE VIENEN DE LAS NUBES



María José Arezo, Nibia Berois  
y Graciela García

editoras



*Los peces que vienen de las nubes* / María José Arezo, Nibia Berois y Graciela García (editoras) – Montevideo : DIRAC, 2024.

160 p. : il., cuadros, fotos.  
ISBN: 978-9974-0-2129-7

1. PECES ANUALES 2. AUSTROLEBIAS 3. REPRODUCCIÓN  
4. GENOMA 5. CONSERVACIÓN 6. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

I. Arezo, María José, ed. II. Berois, Nibia, ed. III. García, Graciela, ed.

CDU 597.5

*Los conceptos vertidos en los libros editados por la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República son de responsabilidad de sus autores. Su publicación no implica que sean compartidos por las mencionadas instituciones.*

*La información y todo el material brindado en este libro puede emplearse en clases con fines didácticos. Por consultas, y para coordinar posibles entregas de material, comunicarse al e-mail <pecesquevienen delasnubes@gmail.com>.*

*Las instituciones mencionadas son uruguayas salvo mención expresa.*

**Edición, corrección y maquetación:** Gabriel Santoro.

**Ilustraciones interiores y de tapas:** Ana Bidault.

**Diseño de tapas:** Ana Bidault y Gabriel Santoro.

**Publicado por:**

DIRAC - Facultad de Ciencias - Universidad de la República

Iguá 4225 - Tel.: (+598) 2525.1711

Montevideo 11400 - Uruguay

E-mail: [dirac@fcien.edu.uy](mailto:dirac@fcien.edu.uy)

© 2024 DIRAC - Facultad de Ciencias - Udelar

# Índice

	Las editoras	5
	Agradecimientos	7
	Prólogo <i>Leo Lagos</i>	9
Capítulo 1	Sentados junto al fuego: las historias como motor de la divulgación científica <i>Martín Haro</i>	13
Capítulo 2	Introducción <i>María José Arezo, Nibia Berois y Graciela García</i>	19
Capítulo 3	Taxonomía, morfología, adaptación ecológica y conservación de peces anuales <i>Marcelo Loureiro, José Bessonart, Wilson Serra y Daniel García</i>	27
Capítulo 4	Ciclo de vida y desarrollo de los peces anuales <i>Nibia Berois, María José Arezo, Nicolás Papa, Hellen Schluéb, Daniel Blanco y Cora Chalar</i>	49
Capítulo 5	El genoma de los peces anuales: evolución, especiación, filogeografía y aportes a la conservación <i>Graciela García, Verónica Gutiérrez y Néstor Ríos</i>	65

Capítulo 6	Estudiando el cerebro de las <i>Austrolebias</i> <i>Gabriela Casanova, Juan Carlos Rosillo, Inés Berrostequieta, María Laura Herrera, Silvia Olivera y Anabel Fernández</i>	85
Capítulo 7	Biología reproductiva: explorando la relación entre ambiente, hormonas y conducta <i>Bettina Tassino, Federico Reyes y Noelle Rivas-Ortiz</i>	99
Capítulo 8	Envejecer en un ambiente extremo <i>Verónica Gutiérrez</i>	117
Capítulo 9	Colecta, mantenimiento, reproducción y cultivo de embriones de peces anuales <i>Nicolás Papa, Hellen Schlueb, Daniel Blanco, Nibia Berois y María José Arezo</i>	137
Capítulo 10	Organizando la charla de Pedro y Cecilia para la Semana de la Ciencia y la Tecnología: intercambio de reflexiones <i>María José Arezo, Nibia Berois y Graciela García</i>	145

# Las editoras

## María José Arezo Rezza

Es docente en régimen de Dedicación Total de la Sección Biología Celular del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República); Investigadora Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores, e Investigadora Grado 3 del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA). Se doctoró en Biología, sub-área Biología Celular y Molecular, en el marco de ese programa. Realiza actividades como docente universitaria en cursos y formación de estudiantes de grado y posgrado. Su interés en investigación se centra en el estudio del desarrollo embrionario de peces anuales, principalmente en los mecanismos moleculares implicados en la detención del desarrollo (diapausas) que experimentan estos peces durante su etapa embrionaria. Los resultados de estas actividades de investigación han sido publicados en revistas internacionales y capítulos de libro. Es responsable del Laboratorio de Biología Molecular de Organismos Acuáticos del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias, como parte del grupo interdisciplinario que le dio origen. Ha participado en numerosas actividades de extensión y relacionamiento con el medio a través de videoconferencias, cursos y talleres, entre otras actividades.

## Nibia Berois Domenech

Es Profesora Emérita de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República); Profesora Agregada, en régimen de docente libre, de la Sección Biología Celular de la misma facultad; Investigadora Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores, e Investigadora Asociada del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA). Se doctoró en Biología, sub-área Biología Celu-

lar y Molecular, en el marco de ese programa. Durante su trayectoria como docente universitaria, además de los múltiples cursos en los que ha ejercido la docencia, ha centrado su investigación en temas de reproducción en diferentes especies y de biología del desarrollo en peces anuales. Producto de esta actividad, junto con el grupo interdisciplinario que integra, ha publicado trabajos científicos en revistas regionales e internacionales, libros y capítulos de libros. Es integrante del Laboratorio de Biología Molecular de Organismos Acuáticos del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias, como parte del grupo interdisciplinario que le dio origen. Ha ofrecido cursos de posgrado de su especialización, orientando a estudiantes de grado y de posgrado, recibido pasantes nacionales y extranjeros, y ha propuesto y participado en múltiples actividades de difusión de la ciencia, tanto dirigidas a instituciones educativas como al público en general.

## Graciela García de Souza

Es Profesora Agregada, en régimen de docente libre, de la Sección Genética Evolutiva del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República); Investigadora Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores, e Investigadora Asociada del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA). Obtuvo su doctorado en Biología, sub-área Genética, en el marco de ese programa. Desarrolló una amplia actividad como docente universitaria en cursos, así como en la formación de estudiantes de grado y posgrado. En el marco de su actividad de investigación genera diferentes líneas de trabajo en genética de ictiofauna neotropical, en particular en peces anuales, cuyos productos resultantes están plasmados en numerosos trabajos publicados en revistas nacionales e internacionales, así como en libros y capítulos de libro. Es integrante del Laboratorio de Biología Molecular de Organismos Acuáticos del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias, como parte del grupo interdisciplinario que le dio origen. Ha intervenido en numerosas actividades de extensión universitaria a través de charlas, cursos, talleres y orientando pasantías de laboratorio a docentes de enseñanza media, entre otras actividades.

# Agradecimientos

A Dianella Rodríguez (directora de la Escuela Agraria de Montes, Canelones) quien, hace algunos años, durante una actividad de observación de embriones y peces anuales con estudiantes de su escuela en nuestra Facultad de Ciencias preguntó muy interesada por la existencia de algún libro en español sobre peces anuales. En ese momento solo existía un libro en inglés titulado *Annual fishes: Life history strategy, diversity, and evolution*, editado por Nibia Berois, Graciela García y Rafael De Sá (CRC Press, Taylor & Francis Group 2016), enfocado principalmente en el área científica. Por este motivo, sentimos muy profundamente la necesidad y responsabilidad de generar un material en español, ameno, accesible, con datos de nuestra investigación pero que pudiera llegar a todos los interesados. Así, Dianella, sin saberlo, fue quien plantó en nuestro corazón la semilla creativa de este libro y encendió la llama que nos motivó a embarcarnos en esta aventura.

A los autores de los capítulos, por haber confiado en esta idea y haber aceptado sumarse, aportando su valiosa contribución y visión sobre los peces anuales.

A Lucía Haro, por el aporte en las primeras etapas de definición de los personajes y la colaboración con la ilustradora.

A Ana Bidault, por acompañarnos en todo el proceso creativo de este libro, interpretando a la perfección lo que queríamos compartir en sus ilustraciones.

A Gabriel Santoro, responsable del sello editorial DIRAC de la Facultad de Ciencias, nuestro más profundo agradecimiento por su generosidad, su dedicado y destacado trabajo entregando lo mejor de su experiencia, asesorándonos en cada detalle, por sus aportes y sugerencias que enriquecieron sustancialmente el contenido, la comprensión y la estética de este libro.

A Leo Lagos, por aceptar la redacción del prólogo y por su total comprensión del proceso que llevó a este equipo a querer reunir la experiencia de tantos años para ser compartida con la comunidad interesada en la temática.

A las instituciones que nos apoyan y han hecho posible avanzar en nuestro trabajo de investigación: Facultad de Ciencias; Universidad de la República; Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA); Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC - Udelar), y Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII).

*Las editoras*



# Prólogo

## El mundo en un charco

AQUÍ, EN TUS MANOS, HAY UN LIBRO SOBRE SERES FASCINANTES. NO SE trata de los peces anuales, esas maravillas de la naturaleza llenas de singularidades sobre las que este libro se explaya, sino la aún más extraordinaria comunidad formada por investigadoras e investigadores que aquí, en Uruguay, desde hace décadas, viene produciendo valioso conocimiento a partir de ellos.

Tienen sobradas razones para dejar que estos pequeños peces, que viven una vida apresurada que en la naturaleza no pasa de un año, les arrastren a los charcos temporales donde habitan. Gracias a una tarea colectiva guiada por la más genuina curiosidad, esos charcos poco profundos, en lo que al agua que contienen se refiere, han demostrado ser extremadamente hondos en lo que sus habitantes, estos “peces que vienen de las nubes”, pueden decirnos sobre la biodiversidad, la generación de especies, el envejecimiento, la agresión, la adaptación al estrés y tantas otras cosas.

No es casual que las autoras y autores se embarquen en esta aventura. Uruguay es uno de los países donde, afortunadamente, viven los peces anuales. Por ejemplo, aquí se han registrado nada menos que más de la mitad de especies conocidas de las que se denominan austrolebias, por ser justamente ese –*Austrolebias*– el género que las reúne (la taxonomía en estos curiosos animales hace malabares y, de acuerdo a algunos autores, lo que hasta hace poco se consideraba un género con varios subgéneros podría dividirse en varios géneros distintos). De estas especies de austrolebias que se encuentran

en nuestro territorio, dos son endémicas –viven aquí y en ningún otro sitio del planeta–; otras tres podrían serlo, y cuatro las compartimos con pequeñas zonas restringidas de Brasil y Argentina. Entrar en los charcos temporales de nuestro país de la mano de quienes investigan las austrolebias es chapotear en la biodiversidad y en la historia de la vida en la Tierra.

Pero conocer a las austrolebias no es valioso solo por la oportunidad de estar ante organismos únicos en un planeta que lleva más de tres mil millones de años generando formas de vida irrepetibles. Dadas muchas de las características de los peces anuales en general, y de nuestras austrolebias en particular, tenerlas aquí es también una oportunidad para hacer ciencia de calidad. Como muestra vaya un botón: los peces anuales son los vertebrados actuales que viven vidas más cortas. Esto no solo los lleva a vivir intensamente (nacer, crecer, madurar sexualmente, reproducirse, dejar una descendencia –a la que no verán nacer– y morir sucede todo como si alguien hubiera dejado apretado el botón de x32 en el control remoto), sino a ser también un imán para personas inquietas a las que les gusta hacerse preguntas. Por otro montón de razones, las austrolebias no solo son fascinantes en los ambientes en los que viven, sino también como modelo de estudio. En estas páginas habrá interrogantes planteadas por ellas, algunas repuestas de nuestras científicas y científicos, y la apasionante sensación de que, tal vez, gracias a estos pequeños pececitos que viven vidas ajetreadas en charcos turbios comprendamos mejor algunos fenómenos que nos desvelan.

“¡Gracias por tanto, austrolebias!”, podríamos exclamar, entonces. Pero no hay tiempo para ello: estos organismos fuera de serie –dentro de un mundo en que cada especie de animal, planta, hongo, bacteria, arquea es consecuencia de una cadena de eventos impredecible– corren peligro. Los ecosistemas de agua dulce están entre los más amenazados del planeta. Y los charcos temporales donde viven nuestras austrolebias son aún más vulnerables, ya que se ven asediados por la expansión agrícola y los agroquímicos. Muchas especies viven en apenas algunos charcos que, de desecarse para cultivar, de desaparecer con la creación de embalses o de contaminarse con pesticidas, implicarían su extinción.

Y también en esto de la pérdida de biodiversidad, uno de los grandes problemas a los que nos enfrentamos en este siglo, las austrolebias tienen algo para enseñarnos. Estos peces anuales tienen la capacidad de detener su desarrollo antes de que los huevos eclosionen. Estas diapausas les permiten asegu-

rarse de que muchos nacerán en un charco donde habrá otros congéneres con los que podrán aparearse y asegurar así el futuro de la especie. Como se dice en este libro, la diapausa es una “innovación evolutiva que funciona como estrategia de supervivencia en un ambiente cambiante”. Nuestro mundo está cambiando aceleradamente. Muchos de esos cambios son negativos. Y en muchos de esos cambios negativos los seres humanos tenemos mucho que ver. Las austrolebias, con sus diapausas, están ahí, entonces, para recordarnos que, a veces, parar un poco es la mejor forma de seguir avanzando.

*Leo Lagos*  
editor de la sección  
*Ciencia de la diaria*