

Artículos

Peces de ambientes extremos del Noroeste argentino

* Gladys Monasterio de Gonzo, ** Virginia Martínez y *** Luis Fernández

* IBIGEO, Mendoza 2. 4400-Salta. República Argentina.

** IBIGEO y Facultad de Ciencias Naturales-UNSa. Mendoza 2. 4400-Salta. República Argentina.

*** CONICET-Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251. 4000-San Miguel de Tucumán. República Argentina.

Las manifestaciones de vida se encuentran en cualquier lugar concebible. Donde sea que haya agua o la promesa de ella, hay innumerables formas vivas, la mayor parte sólo conocida por la comunidad científica. Cuando la mayoría de las personas piensa en animales acuáticos, tiende a hacerlo sobre la extraordinaria diversidad del medio marino, especialmente de los arrecifes coralinos, o de los grandes ríos y lagos, porque los medios de comunicación actuales bombardean nuestros sentidos con espectaculares imágenes e historias sobre ellos. Pero la vida se desarrolla en casi todos los hábitats, tanto marinos como continentales, aun aquellos que consideramos extremos.

¿A QUÉ SE LLAMAN AMBIENTES EXTREMOS CONTINENTALES?

Las aguas continentales contenidas en volúmenes pequeños, tales como vertientes, embalsados y cursos de agua, sean naturales o artificiales (represas, pozos) muestran características fisicoquímicas particulares que se alejan de los valores considerados "normales" para la vida y que dependen de dónde, cómo se originan y de la litología del terreno (Fig. 1).

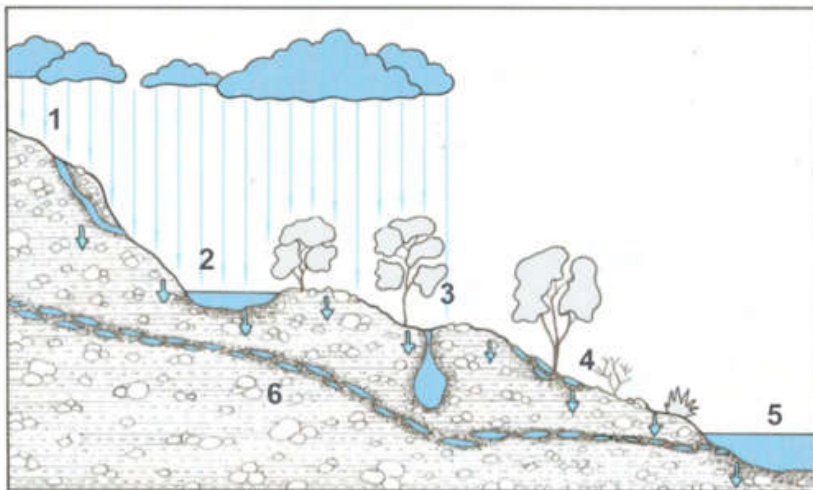


Figura 1. Representación esquemática de acuíferos abiertos y confinados: 1- arroyo, 2- pequeño embalsado, 3- pozo o sumidero, 4- vertiente, 5- laguna, 6- napas freáticas.

Así por ejemplo, los ríos de origen geotermal, que nacen a partir de manantiales termales, tanto de la Puna como de la región chaqueña, se caracterizan por sus elevadas temperaturas y altas concentraciones de sales en forma de carbonatos, sulfatos, cloruros y boratos. Ello determina que el pH, la salinidad y la dureza sean también elevadas. Una forma de medir la salinidad es por medio de la conductividad eléctrica a través de los iones disueltos en el agua. Los iones más comunes con carga positiva son: sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{2+}) y los iones con carga negativa son: cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-).

Un fenómeno similar, de temperaturas elevadas durante el día y alta concentración de carbonatos y cloruros, sucede con los ríos y humedales de la región chaqueña sometidos a una intensa evapotranspiración en el periodo de sequía.

Pero a pesar que a nuestra percepción humana estas condiciones son adversas, existen diversas formas vivientes que se desarrollan en estos ambientes. Entre ellos, los vertebrados ectotermos, poiquilotermos o de "sangre fría", como peces y anfibios, llamados así porque regulan su temperatura a la del medio ambiente. Algunas especies de peces son capaces de vivir a elevadas temperaturas cercanas a 45°C, como a bajas a -2°C, o en agua casi pura, mientras que otras toleran salinidades cuatro veces superiores a las del mar. Unas pocas especies viven en aguas subterráneas, en cavernas o en las napas freáticas, en completa oscuridad.

PECES DE AGUAS TERMALES

La Puna argentina es una altiplanicie con una altitud media de 3800 metros sobre el nivel del mar, cuyo límite occidental natural es la Cordillera de los Andes. Su topografía incluye variadas formas de relieve como serranías, volcanes y depresiones aluviales (Fig. 2). El clima es de tipo continental árido y su rasgo característico es la gran amplitud térmica, tanto diaria como anual. Las temperaturas máximas y mínimas oscilan entre 30° C y -20°C, con medias de aproximadamente 15°C en verano y -2°C en invierno. Los escasos cursos de agua de este ambiente se forman a partir de vertientes de agua subterránea que emergen de los flancos o en las calderas apagadas de los volcanes y son de drenaje endorreico, pues desembocan en lagunas que eventualmente se evaporan formando salares (Fig. 3). Dada su relación con el magmatismo asociado a la subducción de las placas de Nazca bajo la placa Sudamericana, como así a otros rasgos vinculados con el borde andino, estas aguas son termales y se caracterizan por presentar, además, elevadas concentraciones de sales (carbonatos de calcio, sulfatos y cloruros), por lo que la alcalinidad, conductividad y dureza son también elevadas.



Figura 2. Formas de relieve de la Puna, Salta, Argentina



Figura 3. Laguna en el Salar del Hombre Muerto, Catamarca, Argentina.

La formación de aguas termales a partir de limnocrenos (manantiales en los que el agua que surge forma una cubeta antes de escurrirse) también ha sido registrada en las regiones chaqueña y de yungas (Fig. 4).

La mayoría de los peces del noroeste argentino viven en



Figura 4. Manantial de aguas termales en el Cayotal, Parque Nacional Baritú, Salta, con abundantes renacuajos de *Rhinella* sp.

un promedio de temperaturas del agua variable de 18 a 22°C y pH cercanos a 7. La temperatura promedio óptima para el normal crecimiento de un salmónido introducido, la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* es de 15°C y para el desove de 10°C. Sin embargo, hemos registrado ejemplares de truchas adultas, en el río Aguas Calientes que nace en manantiales termales vinculados con fallas en el volcán Galán. En esta área, a 4080 metros de elevación, el agua tiene una temperatura promedio de 23° C, rangos de pH entre 8-9 (que es el límite superior del rango de tolerancia de pH de las truchas arco iris reportado por

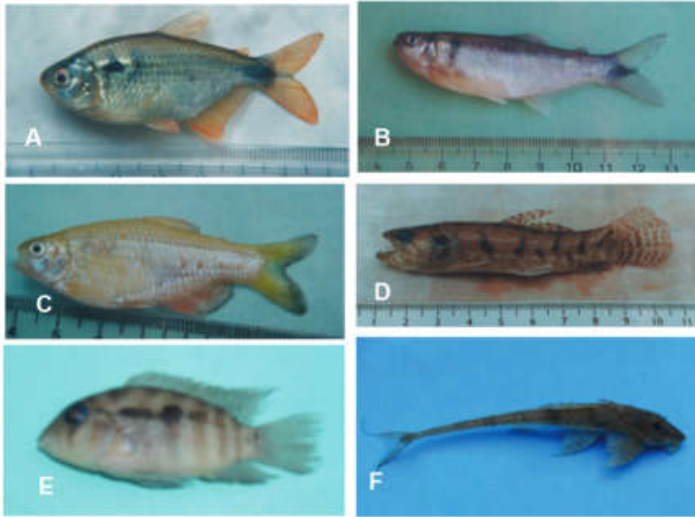


Figura 5. Algunas de las especies registradas en el arroyo Aguas Calientes, Jujuy, depositadas en el Museo de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. A. *Astyanax asuncionensis*. B. *Acrobrycon tarijae*. C. *Bryconamericus thomasi*. D. *Hoplias malabaricus*. E. *Bujurquina vittata*. F. *Loricariichthys maculatus*.

Raleigh et al. 1984), con niveles de oxígeno disuelto que no superan los 9 mg/L y conductividad promedio de 1325 μ S/cm.

Por otro lado, en el arroyo Aguas Calientes ubicado en un sector de yungas de la provincia de Jujuy, registramos peces a 29°C de temperatura promedio, con valores medios de pH de 8,4 y conductividad de 1700 μ S/cm. Menni (2004) cita en este arroyo 16 especies de peces en capturas realizadas en los años 1987 y 1988. En el año 1991 sólo siete especies son relativamente abundantes, pero con un marcado descenso en el número de ejemplares obtenidos con respecto a los años anteriores y cita para este año cinco especies nuevas, 4 de ellas sólo con un ejemplar. En el año 2009 registramos sólo 6 especies (Tabla 1) (Fig. 5).

En un arroyo endorreico de la provincia de Catamarca, registramos recientemente una especie de *Trichomycterus* a 29°C, morfológicamente similar a la especie encontrada en un arroyo termal de Bolivia (*T. therma*) a 37°C y pH 8,2 (Fernández, en preparación).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Menni et al (1991)	Menni et al (1997)	Menni et al (1998)	MCN
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax asuncionensis</i>	A	MA	MA	E
		<i>Astyanax lineatus</i>	A	A	A	E
		<i>Astyanax eigenmannianorum</i>	E	E	E	-
		<i>Acrobrycon</i> sp.	R	E	R	E
		<i>Bryconamericus thomasi</i>	E	A	E	-
		<i>Bryconamericus stramineus</i>	-	E	-	-
		<i>Serrapinnus piaba</i>	-	-	R	-
		<i>Characidium cf fasciatus</i>	-	E	-	-
		<i>Hoplias malabaricus</i>	-	E	R	E
		<i>Parodon carikeri</i>	R	E	-	-
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus borellii</i>	A	A	E	-
		<i>Loricana tucumanensis</i>	E	A	E	-
		<i>Hypostomus</i> sp.	R	E	E	-
		<i>Loricariichthys maculatus</i>	-	E	R	R
		<i>Cichlasoma dimerus</i>	-	-	E	-
Perciformes	Cichlidae	<i>Bujurquina vittata</i>	A	A	A	A

Tabla 1. Especies registradas en el Arroyo Aguas Calientes, Jujuy. MCN: Museo de Ciencias Naturales, Salta. MA: muy abundante (≥ 100), A: abundante (entre 20–100), E: escaso (entre 5–19), R: raro (entre 0–4).

¿Cómo hacen para sobrevivir en aguas termales?

El déficit permanente de oxígeno en aguas termales provoca que la respiración cutánea completamente a la branquial. Por otra parte, los filamentos branquiales, son más largos y más desarrollados que en otras especies. Este aumento de la superficie contribuye no sólo a incrementar el intercambio de oxígeno, ya que la concentración de este gas disminuye a mayor temperatura, sino que también actúa como un regulador, al disipar el calor para que los peces puedan conservar la temperatura corporal constante.

Además del intercambio gaseoso, las branquias también cumplen una función excretora complementaria del sistema renal en la eliminación de desechos del metabolismo y el transporte de las sales, al mismo tiempo que juegan un importante papel en la regulación osmótica.

¿Qué efectos producen las aguas termales sobre los peces?

Debido a la combinación de temperaturas extremas y la alta concentración de sales en la Puna, registramos que las truchas arco iris alcanzan la

madurez sexual a tallas menores: 246 mm de longitud total promedio en machos y 251 mm para las hembras, con tallas mínimas de 158 mm y 169 mm para machos y hembras respectivamente (Barros, 2007), que ejemplares de la misma especie que crecen en ambientes con temperaturas óptimas de 15°C, con tallas mínimas de inicio de madurez sexual de 315–348 mm para los machos y 315–330 mm para las hembras (Soto et al. 2002; Niklistchek et al. 2002).

PECES QUE VIVEN A BAJAS

TEMPERATURAS

Las aguas de áreas tropicales y subtropicales, tanto marinas como continentales, contienen la mayor diversidad de especies. Ésta disminuye con el aumento de la latitud y de la altura sobre el nivel del mar, en áreas cordilleranas, donde sólo se encuentran especies que pueden tolerar condiciones inhóspitas extremas. La ictiofauna muestra notables diferencias con los cambios de altitud y pocos son los peces que pueden sobrevivir en estas regiones bajo extremas condiciones climáticas. Sin embargo registramos las yuskas *Trichomycterus belensis*, *T. yuska* y *T. roigi* en la Cordillera de Salta, Jujuy y Catamarca entre los 3.000 y 4.000 m de elevación.

En el Río de los Patos, que nace a partir de manantiales de agua dulce en el borde oriental de la Puna en Salta, observamos truchas arco iris, ejemplares adultos y larvales del sapo espinoso *Rhinella spinulosus* y del sapito de la puna *Telmatobius* sp., que se encuentran bajo la capa de hielo que se forma especialmente en los meses de invierno, en los sectores conocidos como vegas, con temperaturas nocturnas promedio de -20°C (Fig. 6).

¿Por qué no se congelan?

Mientras que las aguas saladas llegan al punto de congelamiento a -1,8°C aproximadamente, los líquidos corporales de los peces lo hacen a unos -0,8°C. Para evitar el congelamiento, los vertebrados han desarrollado formas de metabolismo especiales. Existen especies que migran en busca de aguas profundas donde la temperatura puede ser de hasta 1 °C ya que, el aumento de presión con la mayor profundidad disminuye el punto de congelación y no llegan a formarse cristales de hielo. Otra estrategia utilizada es el sobreenfriamiento, o sea la formación de cristales de hielo en las capas epidérmicas sumada a la acumulación de glicoproteínas que actúan como anticongelantes al impedir la adición de nuevas moléculas a los cristales de hielo ya formados.



Figura 6. Sector de vegas en el nacimiento del río de los Patos, Catamarca, Puna Argentina.

Como una rareza, los llamados "peces del hielo", peces antárticos de la familia Channichthyidae, carecen de hemoglobina (de la Vega, 2011), el pigmento de la sangre de los vertebrados que transporta el oxígeno y el dióxido de carbono. Estos gases están simplemente disueltos en la sangre y se difunden a través de la piel en un proceso físico, no químico como en el resto de los vertebrados. Sus volúmenes sanguíneos son altos, el corazón es grande y los vasos sanguíneos dilatados, todo esto les permite bombear más sangre y generar una circulación más rápida. Además, la ausencia del pigmento respiratorio contrarresta el aumento de la viscosidad de la sangre que se da a temperaturas bajas.

PECES DE AGUAS SALOBRES

Los ambientes del chaco semiárido de tipo subtropical presentan un régimen estival de lluvias que varía de 500 a 800 mm anuales y agudas sequías invernales. La región es una amplia planicie sedimentaria, formada por el modelado de los ríos Pilcomayo, Bermejo y Juramento y su red de afluentes. Los suelos son de desarrollo incipiente y textura gruesa a medianamente gruesa, moderadamente alcalinos, aunque hay un incremento de carbonatos con la profundidad. En ciertas áreas, donde se produce la colmatación con sedimentos finos, se forman depósitos arcillosos homogéneos, fuertemente estructurados, con grietas a veces tan profundas como unos 50 cm. Estas características del suelo y la estacionalidad de las precipitaciones permiten la formación de pequeños cuerpos de agua superficiales que pueden o no ser temporarios. Pero gran parte del agua queda retenida en las capas profundas del suelo (ver Figura 1). En ellos la concentración salina es elevada durante todo el año, o en períodos cortos, como sucede durante el estiaje con bajas concentraciones de oxígeno disuelto.



Figura 7. Ejemplares juveniles de *Trichomycterus corduensis* en el Saladillo, Arroyo Saladillo, departamento Metán, Salta.

El Río Saladillo, ubicado a 1.354 m sobre el nivel del mar en el departamento de Metán, provincia de Salta, es uno de los ambientes de alta salinidad donde encontramos peces, pero de una única especie, la yuska *Trichomycterus corduensis* (Fig. 7). La temperatura promedio registrada para este ambiente fue de 15°C, el pH 8,3 y la conductividad de 1840 $\mu\text{S/cm}$.

En el Río Cachari, también ubicado en el departamento de Metán, en embalses permanentes durante el estiaje se desarrollan abundantes macrófitas (Fig. 8) y proliferan las madre-citas de agua o panzonitas del género *Jenynsia*. Esta especie también se desarrolla junto a renacuajos de la ranita andina (*Hypsiboas andinus*, Hylidae).

Las madre-citas de agua o panzoncitas (*Jenynsia multidentata*)



Figura 8. Embalsado sobre el Río Cachari, Metán, Salta.

tata) (Fig. 9) muestran una alta resistencia en estos ambientes chaqueños extremos, con altas temperaturas de agua en el verano, escaso oxígeno disuelto y alta conductividad eléctrica, ya que las capturamos en pequeños cursos de agua de las sierras de Metán, de la cuenca del Juramento, en embalsados que se forman en el estiaje en los arroyos y donde la conductividad eléctrica alcanza unos 3500 $\mu\text{S/cm}$ (Martínez, 2007) y en arroyos de la cuenca endorreica del río Urueña, ubicado en el límite de las provincias de Salta y Tucumán.

Estrategias de los peces de aguas salobres



Figura 9. Dimorfismo sexual en *Jenynsia multidentata*, los machos son marcadamente menores que las hembras, Arroyo Corneta, departamento de Metán, Salta.

En los embalsados temporarios del chaco semiárido (Fig. 10) se encuentran cardúmenes de pequeños peces, los llamados “peces anuales”, junto a etapas juveniles de peces pulmonados (Lepidosireniformes), mojarra (Characiformes), morenitas (Gymnotiformes), cascarudos o chochitos (Siluriformes) y anguilas criollas (Synbranchiformes) (Tabla 2). Los peces sobreviven utilizando diversos mecanismos o estrategias de vida. Por ejemplo “respiran aire atmosférico”.

Los dipnoos o peces pulmonados (Fig. 11), peces que habitan madrejones y bañados del río Bermejo, respiran por branquias mientras hay agua y durante la época de sequía toman aire atmosférico.

La anguila criolla *Synbranchus marmoratus* (Fig. 12) también suele encontrarse en gran número en estos embalsados. Para respirar saca la cabeza fuera del agua y toma una bocanada de aire que pasa a la cavidad bucofaringea, muy irrigada y que se expande para retener allí el aire durante el proceso.



Figura 10: Cuerpo de agua temporario sobre la ruta provincial 81, departamento General San Martín, Salta.

Durante los períodos de sequía, se entierra en el fango y permanece en estado de letargo, a veces durante varios años hasta que se restablecen las condiciones óptimas. La biología reproductiva de esta especie es también muy peculiar. Existen (a) individuos hembras y machos primarios (con ovarios y testículos respectivamente), (b) machos secundarios que se originan por reversión sexual de hembras y, (c) intersexos que se producen cuando el tejido del ovario es reemplazado por tejido testicular (Lo Nostro y Guerrero, 1996). Esta particularidad facilitaría la reproducción en condiciones extremas de sequía.

Los choclitos o cascarudos *Hoplosternum littorale* (Fig. 13) realizan la hematosis en la pared intestinal modificada especialmente para esta función. Esta capacidad y los movimientos que realiza con las aletas pectorales provistas de un primer radio muy duro y golpes de la aleta caudal, les permiten des-



Figura 11: Pez pulmonado o dipnoo (*Lepidosiren paradoxa*), capturado en el Río Bermejo, Salta.



Figura 12: Anguila criolla *Synbranchus marmoratus*, Ruta Provincial 81, departamento San Martín, Salta.

plazarse en tierra durante los períodos de sequía extrema en busca de otros cuerpos de agua.



Figura 13: *Hoplosternum littorale* vive en ambientes de baja concentración de oxígeno y toma burbujas de aire de la superficie del embalsado.

Existen peces que pueden tomar el oxígeno atmosférico para lo cual han desarrollado sistemas "extras" de respiración (Angeluscu y Gneri, 1949):

Las tachuelas (*Corydoras*): Presentan el intestino más largo de lo que correspondería a la dieta que poseen. Eso les permite almacenar el aire del cual extraen el oxígeno en caso de necesidad.

Las viejas de agua (*Loricaria, Hypostomus*): Poseen una porción del estómago de pared muy delgada e irrigada y actúa como reservorio de oxígeno. Estos peces tragan el aire hasta el estómago, pero a diferencia del chochlito y de las tachuelas, regurgitan el aire sobrante por la boca.

Tanto en la respiración "intestinal", como en la "estomacal", la expulsión del dióxido de carbono tiene lugar en las branquias, como en el resto de los peces".

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Cuerpo de agua	Nombre común	
Cyprinodontiformes	Anablepidae	<i>Jenynsia sp.</i>	Embalses temporarios	Madrecita	
		<i>Jenynsia multidentata</i>	Arroyos	Madrecita	
	Rivulidae	<i>Austrolebias elongatus</i>	Embalses temporarios		
		<i>Austrolebias vanderbergi</i>	Embalses temporarios		
		<i>Trigonectes aplocheiloides</i>	Embalses temporarios		
		<i>Megalebias elongatus</i>	Embalses temporarios		
		<i>Neofundulus cf. paraguayensis</i>	Embalses temporarios		
		<i>Neofundulus cf. ornatipinnis</i>	Embalses temporarios		
		<i>Papilolebias bitteri</i>	Embalses temporarios		
		Characiformes	Characidae	<i>Astyanax abramis</i>	Arroyos y embalsados
<i>Astyanax asuncionensis</i>	Arroyos y embalsados			Mojarra	
<i>Astyanax lineatus</i>	Arroyos y embalsados			Mojarra	
<i>Bryconamericus thomasi</i>	Arroyos y embalsados			Mojarra	
<i>Odontostilbe microcephala</i>	Arroyos y embalsados			Mojarra	
<i>Oligosarcus bolivianus</i>	Arroyos			Bocacha	
Erythrinidae	<i>Serrapinnus microdon</i>		Arroyos y embalsados		
	<i>Hoplias malabaricus</i>		Arroyos	Tararira	
	Hemiodidae		<i>Apareiodon affinis</i>	Arroyos	
			Siluriformes	Callichthyidae	<i>Hoplosternum littorale</i>
Loricariidae	<i>Otocinclus vittatus</i>	Embalses temporarios			Viejita
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus corduensis</i>		Arroyos	Yuska
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus brevirostris</i>	Embalses temporarios	Morenita	
Synbranchiformes		<i>Synbranchus marmoratus</i>	Embalses temporarios	Angulla	
Lepidosireniformes	Lepidosirenidae	<i>Lepidosiren paradoxa</i>	Embalsados	Dipnoo	

Tabla 2. Especies frecuentes en pequeños cuerpos de agua temporarios o permanentes

Cuando llueven peces

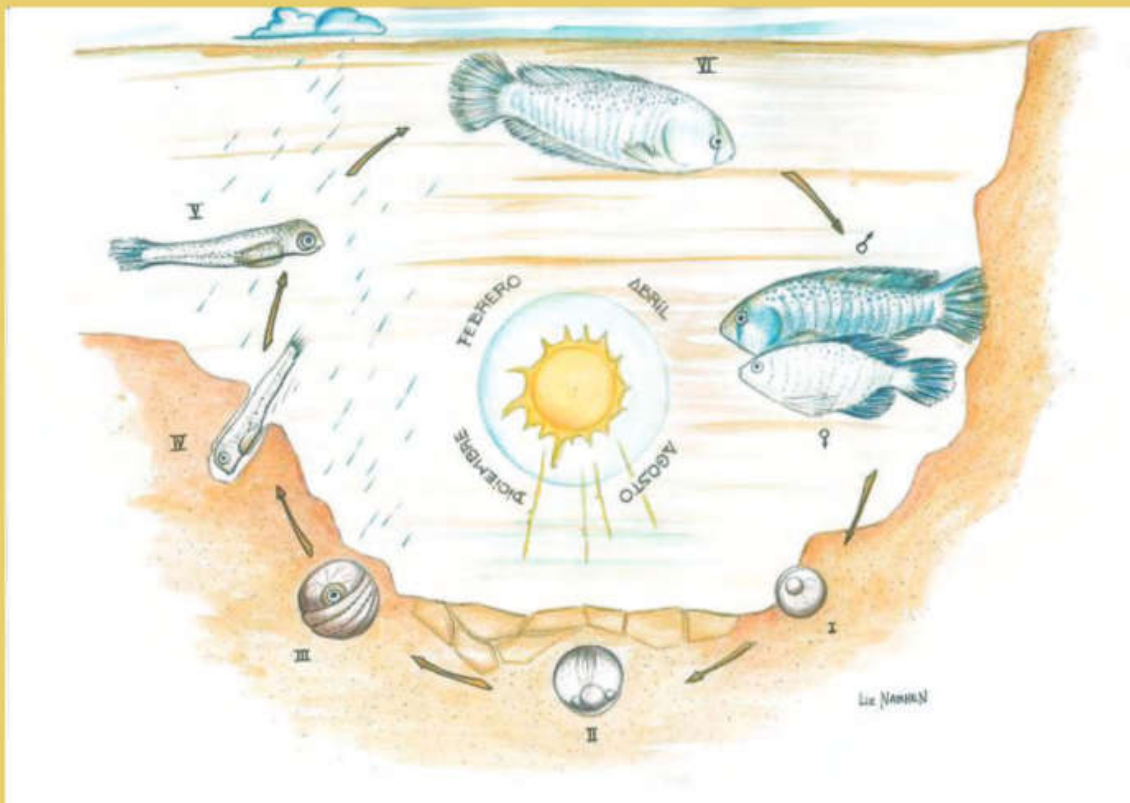
Los peces anuales (Figs. 14 y 15) desarrollan su ciclo de vida mientras haya agua, por lo general sólo en el período de lluvias. Viven en lugares tranquilos y sombreados, con buena cobertura vegetal. Cuando el agua comienza a evaporarse, comienza la época de reproducción (Cuadro 1).



Figura 14: Ejemplar macho de *Trigonectes aplocheiloides*, cuenca del Bermejo, Salta.



Figura 15: Ejemplar macho de *Austrolebias bellotti*, cuenca del Bermejo, Salta.



Cuadro 1: Ciclo de vida de peces anuales. Macho y hembra se entierran en fondo fangoso, el macho se acerca a la hembra efectuando el desove, por lo general en raíces próximas a la superficie. Los adultos mueren. I. Los huevos permanecen en estado dos pausas (diapausa) durante la época de estiaje. II. Pausa después de la fecundación. III. Embrión formado y listo para la eclosión con las primeras lluvias de la época estival. Cuando el agua los alcanza, el extremo de la cola rompe las envolturas del huevo y realiza contracciones bruscas hasta que todo el embrión se libera. IV. Siempre con la cola hacia adelante, el embrión avanza por el barro con movimientos ondulatorios en sentido vertical, las aletas pectorales se mantienen a los lados de la cabeza hasta que finalmente alcanzan la superficie del sustrato y comienzan a nadar.

¿Qué efectos producen las aguas salinas o salobres sobre los peces?

Los organismos que viven en el agua mantienen un equilibrio preciso de agua y de iones en su interior con respecto al medio externo, mediante la osmorregulación.

Independientemente de la salinidad de su ambiente externo, los peces teleósteos mantienen la concentración osmótica del plasma alrededor de un tercio del agua de mar. Los peces de agua dulce son hiperosmóticos con respecto al medio acuoso que los rodea (Fig. 16). Para contrarrestar la ganancia pasiva de agua y la pérdida de iones, producen una orina abundante y diluida y toman activamente iones a través de las branquias. En el mar y en los ambientes salobres continentales, los peces

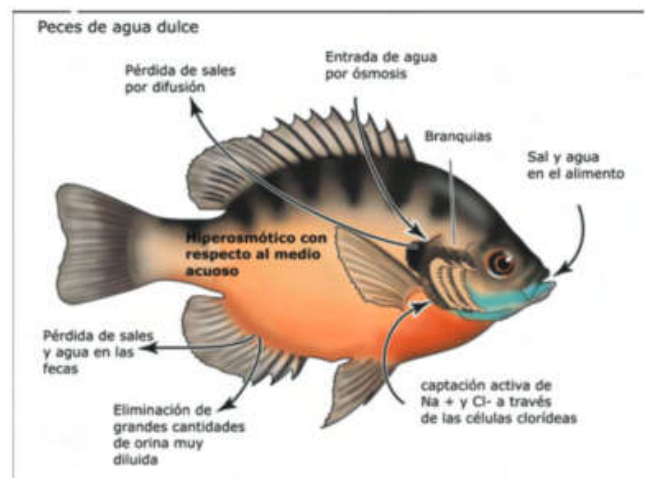


Figura 16: Mecanismo de osmorregulación de peces de aguas continentales con bajas concentraciones de sales.

teleósteos son hiposmóticos con respecto al medio (Fig. 17) porque absorben agua y sales a través del intestino y secretan el exceso de iones monovalentes a través de las branquias y los iones divalentes a través del riñón.

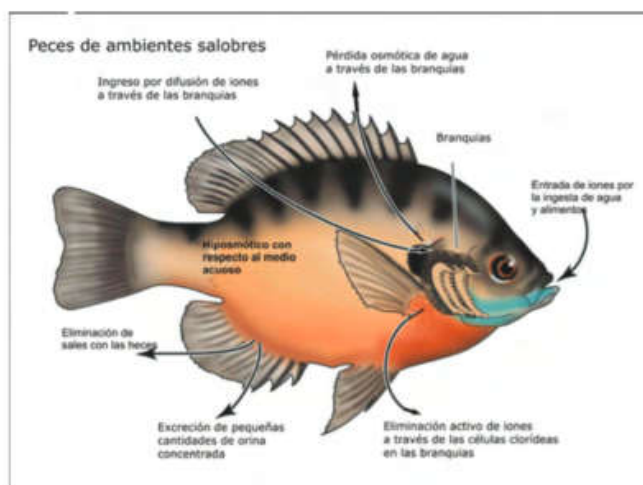


Figura 17: Mecanismo de osmorregulación de peces de aguas continentales salobres.

Las branquias son el principal sitio de la osmorregulación, mediante unas células muy particulares, las células clorideas. Estas se comportan de manera diferente según sea el ambiente, en ambientes salinos bombean el excedente de iones de tal manera de disminuir la pérdida de agua para alcanzar el equilibrio osmótico y en ambientes dulceacuícolas funcionan de manera inversa, captan iones del medio externo y así evitan el excesivo ingreso de agua. Existen peces eurihalinos que toleran un amplio abanico de salinidad y peces estenohalinos que sólo toleran un rango estrecho. Las madrecitas (*Jenynsia*) son especies eurihalinas. En el chaco semiárido *Jenynsia multidentata* vive en condiciones cambiantes de salinidad. En épocas de estiaje la conductividad eléctrica puede superar los $3500 \mu\text{S}/\text{cm}$ y en época de lluvias bajar a $800 \mu\text{S}/\text{cm}$. Con el aumento de la salinidad, sus branquias producen un aumento en el número y tamaño de las células clorideas. Por el contrario cuando ésta decrece, estas células disminuyen en tamaño y número (Martínez y Sánchez, en preparación).

Además de los cambios en las branquias, se ha observado una disminución de la talla corporal en los ejemplares de madrecitas de la región chaqueña, con respecto a los peces del género que viven en aguas con conductividades eléctricas menores.

AGUAS SUBTERRANEAS

En muchos lugares del mundo la infiltración del agua en terrenos gravo-arenosos forma acuíferos bajo la superficie. Estos terrenos pueden originarse por erosión de los cuerpos de roca y su posterior transporte y acumulación como sedimentos aluviales (depósitos fluviales) o por desintegración debido a la acción de las raíces de los árboles, que penetran por hendiduras, oquedades y fisuras de las rocas, las fracturan y resquebrajan al crecer. Otro factor que contribuye a agrietar, partir y desmenuzar las rocas, es la agricultura de talado y quema. Bajo la acción del fuego, así como por la exposición directa a la intensa radiación solar después de eliminada la cubierta vegetal, las rocas se calientan y retienen por cierto tiempo el calor. Si en ese momento cae una lluvia repentina, el súbito descenso de temperatura las agrieta y cuartea. A esto se suma, en muchos lugares, la actividad de las lombrices de tierra con su particular forma de alimentación, que torna el suelo más poroso y facilita una mejor absorción de la lluvia y un incremento de las aguas subterráneas.

Es una creencia común que el agua subterránea llena cavidades y circula por galerías. Sin embargo, no siempre es así, pues puede encontrarse ocupando los poros y grietas del suelo, del sustrato rocoso o del sedimento sin consolidar, los cuales la contienen como una esponja.

Este vasto mundo subterráneo, donde reinan la oscuridad y el silencio, puede parecer desprovisto de vida, sobre todo por las condiciones adversas que implican la elevada humedad ambiente, las altas concentraciones de dióxido de carbono en algunos sitios y la supuesta escasez de alimento. Sin embargo, bajo tierra habitan una multitud de seres vivos, que conforman singulares comunidades de plantas y animales.

La vegetación, desde luego, es muy escasa. La falta de luz impide que ocurra el proceso de la fotosíntesis, indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas verdes. Éstas solamente se encuentran en la zona fótica, cerca de las entradas a los pozos o cuevas, iluminada aunque sea tenuemente por la luz solar, donde crecen musgos, líquenes y plantas, incluso grandes árboles que extienden sus raíces hacia el interior para aprovechar la abundante humedad de las profundidades.

Hay numerosos registros de peces que viven en cavernas, muchas de ellos pertenecientes al orden Siluriformes como: *Ancistrus cryptophthalmus*, *Pimelodella kronei*, *Rhamdia laluchensis*, *Trichomycterus chaberti*. Mientras hay pocos ejemplos de peces que habitan las napas freáticas en el mundo. La captura de estos peces sucede por lo general de manera ocasional, en pozos para provisión de agua o cuando emergen en épocas de lluvia en cuerpos de agua temporarios asociados al ascenso del nivel de las aguas subterráneas. En América del Sur existen hasta el momento registros de sólo cinco especies de peces freáticos: la mojarra del orden Characiformes *Stygichthys typhlops*, los bagres del orden Siluriformes *Phreatobius cisternarum*, *P. dracuncululus*, *P. sanguijuela* y *Silvinichthys bortayro*. En Argentina, *S. bortayro* fue capturado en un pozo de agua de aproximadamente 10 m de profundidad y un metro de diámetro, en la cuenca del río Arenales, Salta.

Como muchas de las forma subterráneas, *S. bortayro* presenta un conjunto de caracteres especializados, tales como la pérdida de algunas aletas, reducción de ojos y pigmentación. Mantenido en cautiverio en oscuridad, el cuerpo es ligeramente translúcido, lo que permite visualizar la columna vertebral en la región postabdominal, el intestino ventralmente y un color rojizo a las superficies ventrales de las regiones branquial y pectoral debido a la transparencia de los vasos sanguíneos. Se mantiene en movimiento constantemente cerca del fondo y en el medio de la columna de agua. Nunca permanece quieto en el fondo como otros peces troglobíticos (peces de cavernas).

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS AMBIENTES EXTREMOS?

"¡Allí no hay nada...!" Es la frase que frecuentemente escuchamos cuando nuestra curiosidad innata de ictiólogos nos lleva a inclinarnos y aguzar la vista para buscar los peces que habitan los pequeños arroyos, manantiales calientes o "charcos" que deja la lluvia. O bien dirán "¡Eso no es un pez!" o no al menos lo que ellos consideran como un verdadero pez, o sea los de tamaño más grande, comestibles. Este es uno de los problemas generados por la falta de políticas de estado en aspectos no sólo ambiental, sino también educativo. Incrementado por la introducción de especies exóticas, como la trucha arco iris, por parte de organismos oficiales o particulares como atracción turística, como por ejemplo en el Río Lipeo, que cruza el Parque Nacional Baritú, o para alimentación de los lugareños en la Puna salteña, como el río San Antonio de los Cobres.

Aún queda muchísimo por estudiar en estos ambientes "raros" o extremos, no solo desde un punto de vista taxonómico, filogenético o de distribución, sino también desde enfoques etológicos, fisiológicos y ecológicos. De este modo, a partir de la pregunta realizada inicialmente, llegamos a registrar 24 especies de peces autóctonos pertenecientes a 6 órdenes (Lepidosireniformes, Characiformes, Siluriformes, Cyprinodontiformes, Gymnotiformes y Synbranchiformes), que muestran que existe una fauna más variada de lo que parece a simple vista. Algunas de las especies son endémicas y exhiben características únicas para sobreponerse al medio. Por ello son frágiles a cambios en su ecosistema debido a la creciente acción antrópica, ya sea por la construcción de caminos, urbanización, uso de biocidas, minería ineficiente o el cultivo de las banquinas en la zona agropecuaria. De ese modo perdimos el único lugar en la provincia de Salta donde habíamos registrado ejemplares de *Otocinclus vittatus*, una diminuta vieja de agua, que aparecía en embalsados en una banquina de una ruta provincial en Anta y una pequeña laguna donde un lugareño había registrado "bagrecitos ciegos" en el Valle de Siancas, también en Salta.

Los datos sobre los efectos perjudiciales de la introducción de la trucha arco iris en el mundo están ampliamente documentados, mientras que los estudios sistemáticos del impacto de las especies exóticas, como las truchas, son escasos y aislados en la Argentina. A pesar de ello, los organismos gubernamentales (paradójicamente las Secretarías de Recursos Naturales) de la Argentina y en particular en las provincias cordilleranas continúan con su errónea política de siembra y resiembra de trucha arco iris iniciada, hace aproximadamente 60 años en la Puna, en el Río de los Patos, desde donde migró hacia el Río Aguas Calientes. Es posible inferir que en esos ríos existieran tricomictéridos, y quizás más de una especie, ya que en áreas cercanas se registraron dos especies, *T. boylei* y un *Trichomycterus* morfológicamente similar a *T. therma* registrado en Bolivia. Es bien conocido que las truchas son sumamente voraces. Hemos registrado en el contenido estomacal de truchas, no sólo huevos de truchas sino también huevos de *R. spinulosus*, el sapito de la puna, considerada una especie de sabor desagradable por otros peces. Claramente pueden llevar a la extinción de una especie endémica, sea por depredación o por competencia. Sin embargo, se siguen introduciendo ésta y otras especies exóticas en los cursos de agua de las regiones puneña, prepuneña y yungas, no sólo como atracción turística a un elevado costo no solo biogeográfico, extinguiendo especies únicas, sino también económico para mantener en algunos arroyos poblaciones de truchas con re-

siembras frecuentes, desde la compra de ovas, traslados, aclimatación, transporte a lugares pocos accesibles. Por ejemplo, se estimó que para resembrar en cuatro ríos de la provincia de Tucumán se gastó aproximadamente U\$S 20.580 (Fernández y Fernández 1995) que podrían ser actualmente más elevado y más aun, en una provincia como Salta con distancias mayores entre las distintas cuencas y caminos menos accesibles. Hay que destacar, que tampoco se hacen estudios previos en los ríos donde se sembrarán las truchas y tampoco se hace un seguimiento o monitoreo de los resultados de la siembra. En Tucumán es frecuente encontrar alevinos de truchas arrasados por las crecidas de verano, en el Río Cochuna y el Río Grande, quedando muchas veces en canales y pozas separadas del cauce principal con ninguna posibilidad de sobrevivir. Sin embargo, la erradicación de una especie exótica siempre es difícil y más cuando cuenta con protección con leyes de vedas de pesca, con continua resiembra y con muchos arroyos que están conectados en períodos estivales e incluso hay trasvasamientos de cuencas por los canales de riego.

Algunas especies, como los peces anuales, más conocidos por los acuaristas como "killifish", las anguilas criollas, morenitas y los "choclitos", con cierta importancia económica se encuentran también amenazados. Los primeros como peces de acuario y los segundos porque se venden por docenas en las inmediaciones de los ríos Bermejo y Pilcomayo como carnada para la pesca de dorados y surubies.

Pero la verdadera importancia para preservar estos ecosistemas no sólo debería pasar por el enfoque económico tradicional, sino también porque constituyen reservorios de conocimiento científico que puede llegar a trascender los límites de la biología pura.

LITERATURA CITADA

Angeluscu, V y F. Gneri. 1949. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio de algunos peces del Río Uruguay y del Río de la Plata. Revista del Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales. Cs. Zool. I: 162-272.

Barros, S. E. 2007. Ecología reproductiva de poblaciones naturalizadas de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* en elevadas concentraciones de elementos traza en la Puna argentina. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Salta. 227 pág.

De la Vega, S. G. 2011. Peces de la Antártida. www.argentinaxplora.com

Fernández, L y De Pinna M. C. C. 2005. Phreatic Catfish of the Genus *Silvinichthys* from Southern South America (Teleostei, Siluriformes, Trichomycteridae). *Copeia*, 2005(1), pp. 100-108.

Lo Nostro, F. L y G.A. Guerrero. 1996. Presence of primary and secondary males in a population of protogynous *Synbranchus marmoratus*. *Journal of Fish Biology*, 49: 788-800.

Martínez, V. 2007. Estrategias reproductivas y relación madre embrión de tres especies de peces vivíparos del género *Jenynsia*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta.

Menni, R. C. 2004. Peces y ambientes en la Argentina continental. Monografías del Museo Argentino de Ciencias Naturales, N° 5. 316 p.

Monasterio de Gonzo, G. et al. 2008. Vertebrados y ambientes de la provincia de Salta. EUNSa. 262 p.

Monasterio de Gonzo, G. y V. Martínez. 1996. Informe Técnico Bórax U.S. Inc. 20 p.

Niklitschek, E.M., M. Niklitschek y E.M. Haedo. 2002. Manejo y administración para la sustentabilidad y mejoramiento cualitativo y cuantitativo de la pesca deportiva en los ríos de gran atractivo turístico en la XI Región de Aysén, Chile. Informe Técnico CT: 02-20, 40 pág.

Raleigh, R.F., Hickman, R.C., Solomon P. y Nelson. C. 1984. Habitat suitability information: Rainbow trout. U.S. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS, 82 (10.60): 64 pág.

Soto, D., I.V. Arismendi, A.I. Solar, J.V. Sanzana, C. S. Jara, C.M. Moreno y V. Barrera. 2002. Estudio del ciclo reproductivo de las principales especies objetivo de la pesca deportiva en Chile en la X Región. Chile. Informe Proyecto FIP 200-24. Universidad Austral de Chile, 153 pág.