

Biología reproductiva de hembras de *Rineloricaria steinbachi* (Regan, 1906) (Pisces: Siluriformes)

Sergio Federico Ceballos* y Nélica Marcela Romero

Facultad de Ciencias Naturales, Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa), Salta, Argentina.

*email: naturael20@gmail.com

Resumen

El estudio de reproducción en los peces brinda información relevante para comprender su comportamiento reproductivo, cobrando mayor importancia en especies endémicas de una determinada región, como es el caso de *Rineloricaria steinbachi* (= *Ixinandria steinbachi*), un pez Siluriforme conocido vulgarmente como "viejita de agua". El objetivo del presente trabajo fue describir caracteres de la biología reproductiva de las hembras de *R. steinbachi*, colectadas en el río Arias, provincia de Salta, Argentina. En base al grado de madurez de los ovocitos se clasificó a los ejemplares en previtelogénicos fase perinucleolar, previtelogénicos fase de alveolos corticales, vitelogénicos y maduros. El índice de Fulton (K) no presentó diferencias significativas por estadios de desarrollo oocitario ni por estación. El índice gonado-somático (IGS) mostró diferencias altamente significativas entre las medias de los estadios, siendo más notoria entre previtelogénico en fase perinucleolar ($0,59 \pm 0,33$) y maduros ($13,31 \pm 5,16$). Los ovarios presentaron cambios en su morfología, coloración y tamaño durante el desarrollo. La fecundidad potencial promedio para hembras maduras fue de $97,81 \pm 30,18$ huevos. La frecuencia ovocitaria indicó la presencia de ovocitos de diferentes tamaños en los ovarios de distintos estadios. Por último, la talla mínima de madurez sexual fue de 61,37 mm. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se arribó a la conclusión que la época de reproducción de esta especie es amplia, ocurriendo la misma desde finales de otoño hasta la primavera con un pico máximo en invierno, siendo la modalidad de desove asincrónica.

Palabras clave: reproducción, ovocitos, índice gonado-somático, fecundidad

Summary

Reproductive biology of female *Rineloricaria steinbachi* (Regan, 1906) (Pisces: Siluriformes)

The study of reproduction in fish provides relevant information to understand their reproductive behavior, which is especially important in endemic species of a certain region, such as *Rineloricaria steinbachi* (= *Ixinandria steinbachi*), a Siluriform fish commonly known as "viejita del agua". The objective of this work was to describe characteristics of the reproductive biology of the females by *R. steinbachi*, collected in the Arias river, province of Salta, Argentina. Based on the degree of maturity of the oocytes, the specimens were classified as previtellogenetic perinucleolar phase, previtellogenetic cortical alveoli phase, vitellogenetic and mature. The Fulton index (K) did not show significant differences by development stage or season. The gonad-somatic index (GSI) showed highly significant differences between the means of the stages, of which the most noticeable was between previtellogenetic perinucleolar (0.59 ± 0.33) and mature (13.31 ± 5.16). The ovaries showed changes in their morphology, color and size during sex development. The average potential fertility for mature females was 97.81 ± 30.18 eggs. Oocyte frequency indicated the presence of oocytes of different sizes in the ovaries of different stages. Finally, the minimum size of sexual maturity was 61.37 mm. Taking into account the results obtained, it was concluded that the breeding season of this species is wide, occurring from the end of autumn to spring with a maximum peak in winter, being the asynchronous spawning modality.

Keywords: reproduction, oocytes, gonadosomatic index, fecundity

Introducción

En peces la selección de la estación en que se produce el desove depende, entre otros aspectos, de la capacidad de las hembras de acumular las suficientes reservas

energéticas, pudiendo ser un desove continuo cuando las condiciones son estables o estacional cuando las condiciones son cíclicas.

El orden Siluriformes representa el 37,5% de la ictiofauna continental de Argentina (Braz de Araujo y Garutti, 2002); registrándose 12 familias, 85 géneros y 193 especies, (Monasterio de Gonzo *et al.*, 2008). Este orden incluye especies de interés deportivo y económico de distintos tamaños, como así también algunas de bajo porte (menores de 12 cm de longitud estándar), cuya relevancia ecológica se relaciona fundamentalmente con las redes tróficas de ríos y arroyos de diferentes magnitudes (Braz de Araujo y Garutti, 2002; Romero y Vera, 2010).

La familia Loricariidae (Orden Siluriformes) con aproximadamente 684 especies (Nelson, 2006), está presente en América desde Costa Rica hasta Argentina (Reis *et al.*, 2003), y sus representantes son conocidos popularmente como "viejitas de agua". Son peces típicamente bentónicos, cuyos hábitos alimenticios están asociados a la posición subterminal-ventral de una boca succionadora y a la forma de los dientes (Malabarba, 2006; Monasterio de Gonzo, 2003). La biología reproductiva de esta familia es extremadamente diversa, caracterizándose por depositar pocos huevos, de gran tamaño, a diferencia de otros peces. En algunos casos presentan un notorio dimorfismo sexual e incluso llegan a desarrollar cuidados parentales (Monasterio de Gonzo, 2003).

En la provincia de Salta, *Rineloricaria* es el género más rico en especies de la subfamilia Loricariinae, (Covain y Fisch-Muller, 2007), y en ésta subfamilia se encuentra *Rineloricaria steinbachi* (= *Ixinandria steinbachi*).

Si bien se han realizado estudios poblacionales y de caracteres reproductivos de esta subfamilia de peces en varias cuencas brasileras (Agostinho *et al.*, 1987, 1990, 1991; Barbieri, 1994; Braga *et al.*, 2009; Viana *et al.*, 2008; Zardo y Behr, 2015), no existe información sobre la reproducción de *R. steinbachi*. Esta es una especie endémica del norte de Argentina y sur de Bolivia (Liotta, 2005; UICN, 2009), por lo que debería ser prioritaria en las estrategias de conservación de la biodiversidad. Además, por sus hábitos bentónicos resulta ideal para estudios de contaminación del agua y el impacto de ésta sobre la ictiofauna (Monasterio de Gonzo, 2003; Quinteros, 2002). Por lo tanto, por ser una especie endémica y por su particular biología es importante el aporte realizado en este estudio.

El objetivo de este trabajo fue describir caracteres de la biología reproductiva de hembras de *Rineloricaria steinbachi* colectadas en el río Arias, provincia de Salta, Argentina. Se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: morfología de los ovarios, estado corporal de las hembras analizadas mediante el índice de Fulton (K), índice gonado-somático (IGS), fecundidad, frecuencia ovocitaria y tipo de desove, talla mínima de madurez sexual y el P₅₀, que indica la longitud en que el 50% de las hembras se encuentran aptas para la reproducción.

Material y Métodos

Se capturaron un total de 437 ejemplares entre los años 2014 y 2017 en el río Arias, en un tramo que atraviesa un sector urbanizado de la ciudad capital de la provincia de Salta (Figura 1). Las capturas se realizaron en tres sitios: La Ciénaga, a la altura del paraje Tres Palmeras (24° 47' 40,6" S; 65° 28' 3,4" O), a la altura de la desembocadura del arroyo Isasmendi (24° 48' 17,8" S; 65° 26' 33,0" O) y el último en el puente Gobernador Roberto Romero del barrio Santa Lucía (24° 48' 22,4" S; 65° 26' 5,2" O). Este cuerpo de agua es de bajo orden, con un régimen estacional, siendo el invierno la estación de menor caudal (Altobelli, 2008; Elena *et al.*, 2011).



Figura 1. Imagen satelital de los sitios de muestreo sobre el río Arias. 1: Tres Palmeras; 2: Desembocadura del arroyo Isasmendi; 3: Puente Gobernador Roberto Romero, en B° Santa Lucía. Fuente: Google Maps®.

Los muestreos se realizaron con una frecuencia mensual en los años 2014, 2015 y estacional en el 2017, utilizando dos redes manuales de 30 cm de diámetro y 50 cm de copo, estableciéndose un esfuerzo de muestreo de 20 minutos por sitio. Todos los muestreos se realizaron en los mismos tramos y en la misma hora del día. Los ejemplares recolectados fueron fijados con formol al 10% para su posterior análisis.

En el laboratorio se identificaron los individuos como pertenecientes a la especie *R. steinbachi* siguiendo la guía de Monasterio de Gonzo (2003). Se disecaron un total de 80 gónadas de ejemplares, seleccionados al azar por estación, con longitud estándar mayor a 30mm. El resto de los individuos permanecen en reserva en la colección de la cátedra de Zoología General de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, para otros estudios. Se registró el peso total con balanza digital (precisión de 0,01 g). El peso de las gónadas se tomó con una balanza analítica, con precisión de 0,0001 g. Las longitudes estándar y gonadal se midieron con calibre digital con precisión de 0,1 mm.

Se aplicó el índice de Fulton o factor de condición (K) que revela el estado de condición o corpulencia, mediante la siguiente ecuación (Ricker, 1975):

$$K = 100 * \left(\frac{Pt}{Lst^3} \right)$$

Siendo Pt el peso total (g) y Lst la longitud estándar (cm).

Para determinar la relación entre el peso corporal y el correspondiente a la gónada, se utilizó el índice gonado-somático (IGS), en las distintas etapas de desarrollo gonadal, aplicando la siguiente fórmula:

$$IGS = \left(\frac{Pg}{Pt} \right) * 100$$

Siendo Pg el peso de la gónada (g) y Pt el peso total (g) del ejemplar.

Las gónadas fueron procesadas según técnicas histológicas de rutina, usando las tinciones de Hematoxilina-Eosina (H-E), PAS y tricómico de Masson. Para una mejor apreciación de los cambios que ocurren en las capas que rodean al ovocito se usó el

microscopio electrónico de barrido (MEB). Para ello las muestras fueron procesadas según el protocolo del laboratorio de microscopía electrónica de barrido de la Universidad Nacional de Salta (LASEM), mediante un equipo Joel JSM-6480LV.

Para la denominación de los estadios de madurez gonadal, se empleó una terminología equivalente a los términos utilizados por Saborido (2004) y Wallace y Selman (1981), en la descripción de estadios de desarrollo gonadal para otros peces teleósteos.

Se determinó la fecundidad potencial en 5 hembras maduras, siguiendo el método gravimétrico de Bagenal (1978), aplicando la fórmula:

$$F = Nx * \left(\frac{Pg}{Ps}\right)$$

Donde Nx= cantidad de ovocitos maduros; Pg: peso de la gónada (g) y Ps: peso de la submuestra (g). El conteo de los ovocitos maduros se realizó usando una lupa binocular.

La frecuencia ovocitaria, se determinó mediante el análisis de imágenes fotográficas de los ovocitos en los cortes histológicos de ovarios en fase perinucleolar, en fase de alveolos corticales y vitelogénicos, seleccionando para ello campos representativos de bajo aumento. En el caso de ovarios maduros, los ovocitos se fotografiaron directamente bajo lupa. Las fotografías fueron analizadas con el programa ImageJ, midiendo 150 ovocitos para cada estadio, considerando el diámetro mayor del ovocito, de acuerdo a Saborido (2004). Con esta información se confeccionaron histogramas para determinar la frecuencia ovocitaria y el tipo de desove de la especie.

La talla mínima de madurez sexual, se obtuvo teniendo en cuenta la longitud estándar de la hembra de menor talla con ovario maduro. Respecto al P₅₀, que indica la longitud en que el 50% de las hembras presentan ovarios maduros, se estableció mediante el cálculo del percentil 50, incluyendo las longitudes estándares de todas las hembras maduras.

Análisis estadístico

Los datos e imágenes obtenidos fueron analizados con los programas Infostat versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016) e ImageJ versión 2017 (Rueden *et al.*, 2017) respectivamente.

Para determinar las variaciones del índice K y del IGS se utilizó la prueba del análisis de la varianza (ANOVA), para el primer índice, mientras que por no cumplir los supuestos de normalidad y homocedasticidad para el IGS se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se usaron como medida de tendencia central el promedio y desvío estándar (ANOVA) o error estándar (K-W).

Resultados

De las 80 gónadas disecadas, 51 correspondieron a hembras con las que se trabajó. 14 pertenecientes a ejemplares de otoño, 17 a invierno, 18 a primavera y solamente 2 ejemplares a verano. En esta última estación la cantidad de ejemplares recolectados en general fue baja (8 en total), todas las gónadas de estos individuos fueron procesadas, resultando solo dos hembras y el resto machos.

Descripción anatómica e histológica de los ovarios

Los ovarios de *R. steinbachi* son de tipo cistovárico, con lumen en el interior. Están rodeados por una cápsula de tejido conectivo que presenta prolongaciones hacia el interior: las lamelas ováricas, estructura frecuente en los peces (Figura 2).

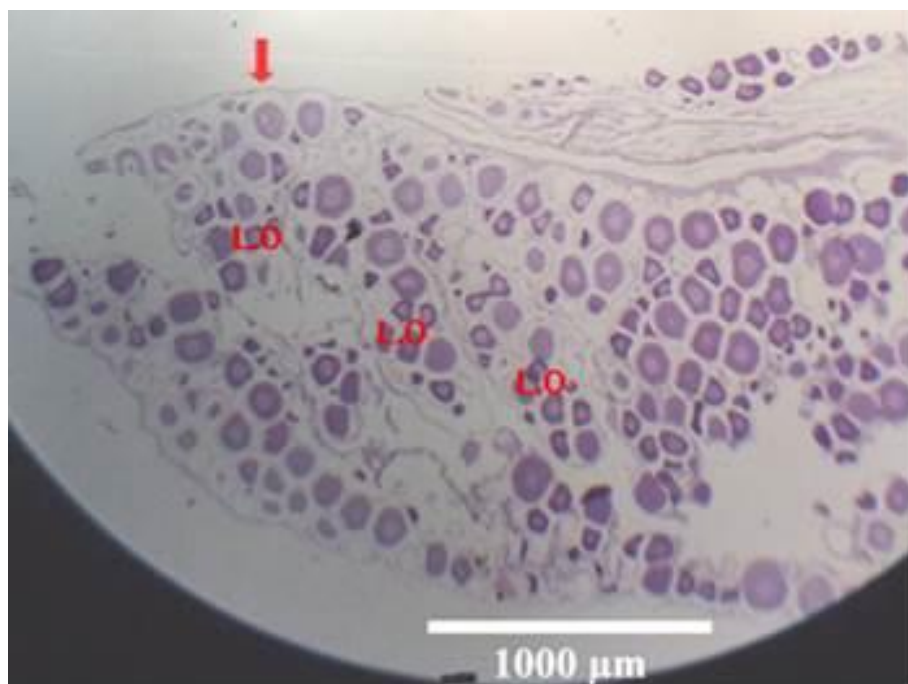


Figura 2. Detalles microscópicos del interior del ovario de *R. steinbachi*. Lamelas ováricas (LO) y cápsula de tejido conectivo (flecha) (40X, H-E).

Se pudieron observar dos tipos de líneas celulares: somáticas y germinales. La primera línea está conformada por las células foliculares y de la teca; mientras la segunda incluye los ovocitos rodeados por las células de la primera línea. Se destaca que las gónadas presentaron generalmente ovocitos en distinto grado de desarrollo y tamaño, en diferentes estadios de madurez.

Descripción de los estadios de madurez ovárica

La madurez de los ovarios fue determinada mediante el análisis histológico, teniendo en cuenta el grado de madurez o desarrollo de los ovocitos. Se describieron cuatro estadios de madurez ovárica, a saber: previtelogénico fase perinucleolar, previtelogénico, fase de alveolos corticales, vitelogénico y maduro:

Estadio previtelogénico, fase perinucleolar. Los ovocitos en este estadio presentaron un diámetro que varió entre 23 y 160 μm ; con citoplasma homogéneo, intensamente basófilo, al igual que los nucléolos que se observaron en la periferia de la envoltura nuclear. Núcleos centrales de gran tamaño, ocupando alrededor del 31% del área celular (Figura 3) y una capa fina de células foliculares planas rodeando a los ovocitos.

Estadio previtelogénico, fase de alveolos corticales. el diámetro de los ovocitos osciló entre 179 y 374 μm . El citoplasma se observó levemente eosinófilo, con alveolos corticales en la periferia, que no se colorean con H-E (Figura 4), que aumentaban en tamaño y cantidad formando varias filas a medida que avanza este estadio de desarrollo (Figura 4). El núcleo se encontraba ocupando gran parte de la superficie de corte celular (15%), con numerosos nucléolos cercanos a su membrana (Figura 4). Mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), se observó en este estadio que las células foliculares comienzan a elongarse tornándose cuboides (Figura 4). También se evidenciaron células planas correspondientes a la teca, y empieza a notarse la zona radiata, como una delgada capa bien definida, con estriaciones transversales (Figura 4).

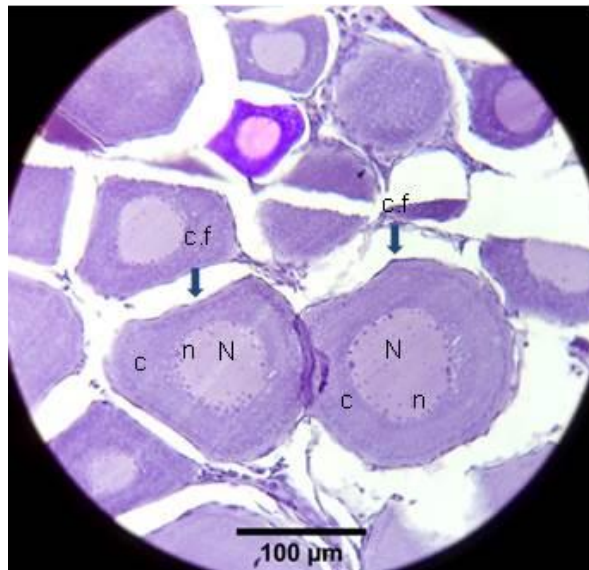


Figura 3. Corte histológico de ovario previtelogénico en fase perinucleolar de *R. steinbachi*. N= núcleo; n= nucléolo; c= citoplasma; cf= células foliculares (400X, H-E).

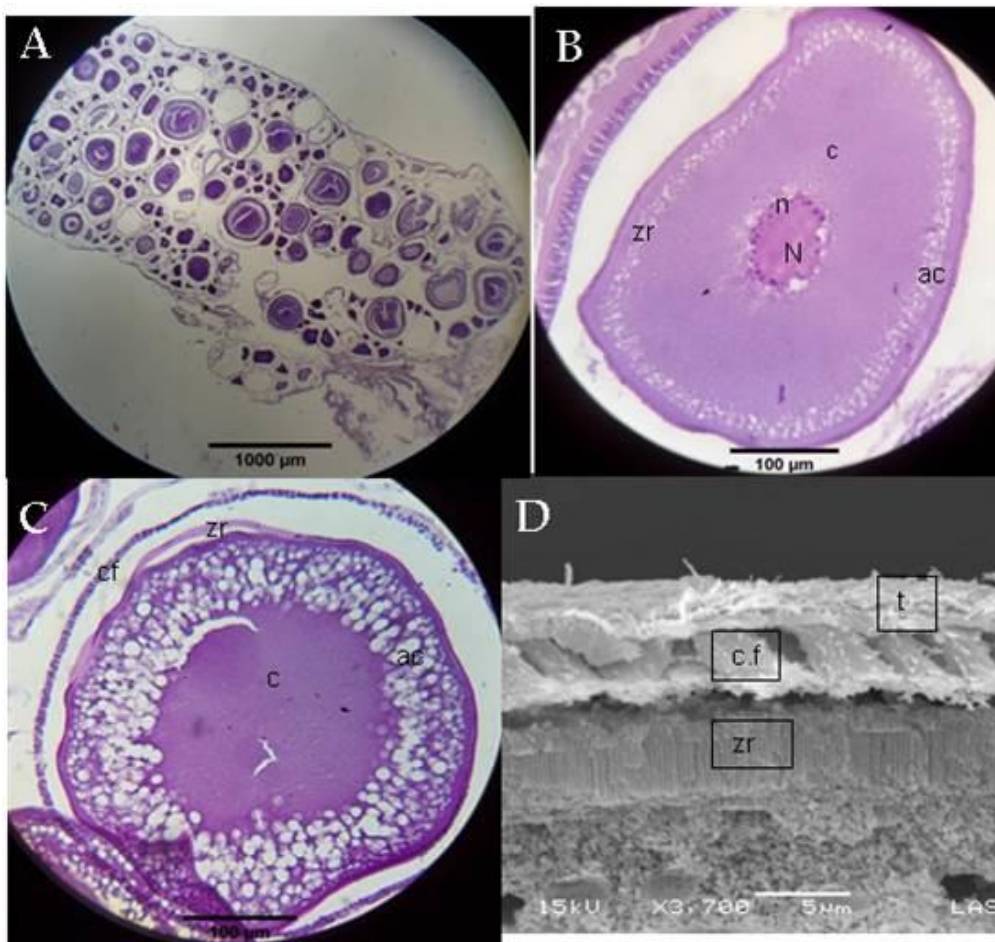


Figura 4. Corte histológico y microscopia electrónica de barrido de ovario previtelogénico en fase de alveolos corticales de *R. steinbachi*. A: aspecto general (40X, H-E). B: Ovocito al inicio de este estadio (400X, H-E). C: Ovocito al final del estadio de madurez incipiente (400X, PAS). D: Detalle de células foliculares cuboides y la zona radiata (MEB, 3700X). ac: alveolos corticales; c: citoplasma; cf: células foliculares; N: núcleo; n: nucléolo; t: células de la teca; zr: zona radiata.

Estadio vitelogénico. En este estadio el diámetro de los ovocitos varió entre 398,06 y 875,49 μm . En el citoplasma, inmersas entre los alveolos corticales, se observaron desde la periferia hacia el centro, pequeñas esferas de vitelo (Figura 5), que aumentaron de tamaño al avanzar la madurez de la gónada. Se evidenció una disminución de la relación núcleo-citoplasma, ya que el núcleo ocupó alrededor de un 10% del área celular; manteniendo los nucléolos su posición periférica (Figura 5). Con MEB fue patente el aspecto cilíndrico de las células foliculares (Figura 5) mientras que en la teca conservaron la forma aplanada. La zona radiata se hizo más evidente con la tinción tricrómica de Masson (Figura 5) y continuaron las estriaciones transversales (Figura 5).

Estadio maduro. En este estadio el tamaño de los ovocitos varió entre 1126,92 y 2072,02 μm . El citoplasma se observó completamente ocupado por grandes gránulos de vitelo (Figura 6). El núcleo, cuando pudo apreciarse, presentó una posición excéntrica. Las células foliculares, marcadamente cilíndricas y de aspecto esponjoso, presentaron núcleos de posición apical (Figuras 6). Las células de la teca, al igual que en el estadio anterior, continuaron con su morfología delgada y con células planas. La zona radiata es de mayor espesor en esta etapa, respecto a las anteriores (Figura 6).

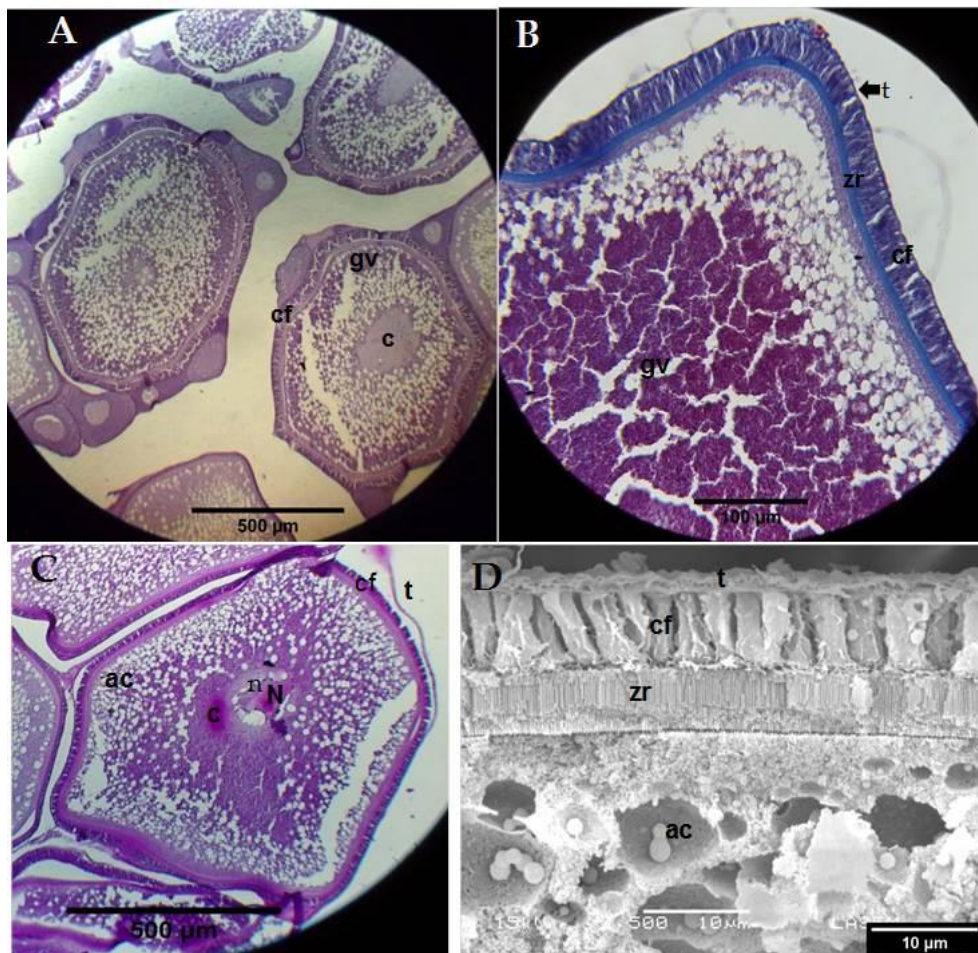


Figura 5. Corte histológico y MEB de ovario en estadio vitelogénico de *R. steinbachi*. A: aspecto general (100X, H-E). B: detalle de las capas del ovocito (400X, Tricrómico de Masson). C: ovocito completo (PAS, 100X). D: Detalles observados con MEB (1500X). ac: alveolos corticales; c: citoplasma; cf: células foliculares; gv: gránulos de vitelo; N: núcleo; n: nucléolo; t: células de la teca; zr: zona radiata.

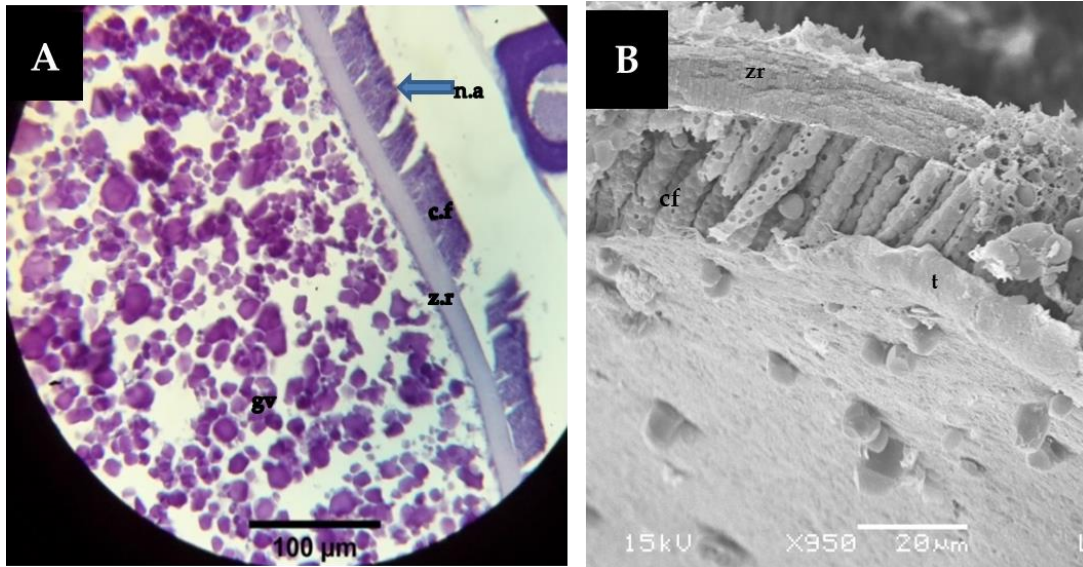


Figura 6. Corte histológico y MEB de ovario maduro de *R. steinbachi*. A) Detalle de ovocito (400X, H-E). B: células foliculares, zona radiata y teca (MEB, 950X). cf: células foliculares; gv: gránulos de vitelo; n.a: núcleos apicales de células foliculares; t: células de la teca; zr: zona radiata; ev: envoltura vitelina.

Estadio posovulatorio y atrésico. Se pudieron observar folículos posovulatorios en ovarios maduros sólo en algunas hembras capturadas en los meses de invierno. Estos folículos se caracterizaron por presentar la capa de células foliculares plegadas (Figura 7), semejantes a las observadas en ovocitos maduros. En algunos casos, los ovocitos no completaron la madurez o no fueron liberados, lo que se evidenció por la alteración en la estructura y la ruptura de la envoltura vitelina. Al mismo tiempo, los gránulos de vitelo se agruparon, constituyendo una masa amorfa; este fenómeno se conoce como atresia. Se observaron algunos folículos en esta condición únicamente en ovarios de hembras maduras (Figura 7).

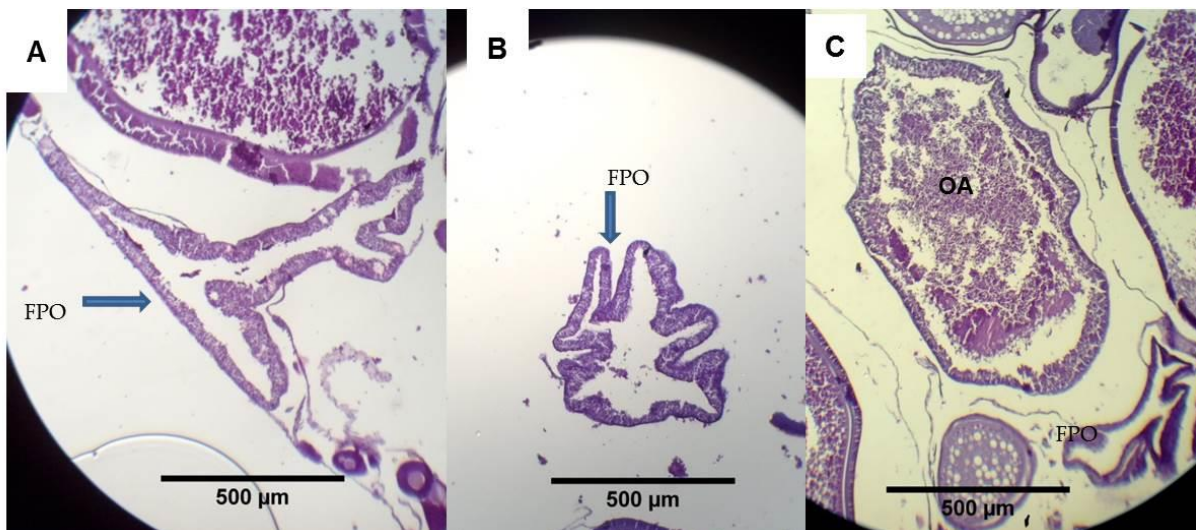


Figura 7. Folículos posovulatorios y atrésicos en hembra madura de *R. steinbachi*. A y B: folículos desovados (100X, H-E); C: Folículo atrésico (100X, H-E). FPO= folículo posovulatorio, OA= ovocito atrésico.

Factor de condición (K)

La comparación de la condición corporal de las hembras analizadas mediante ANOVA y la prueba de Tukey, correspondientes a los cuatro estadios de madurez, indicó que no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los estadios de desarrollo sexual. De la misma manera, al compararlas considerando las estaciones del año, tampoco se verificaron diferencias estadísticamente significativas ($p= 0,26$) en K. El máximo valor promedio de K se registró en invierno y fue de $1,40 \pm 0,06$ (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Factor de condición por estadio de madurez reproductiva de *R. steinbachi*. Los valores representan la media \pm error estándar.

Estadio	N	K
Perinucleolar	26	$1,25 \pm 0,04$
Alveolos corticales	7	$1,36 \pm 0,08$
Vitelogenésis	7	$1,36 \pm 0,08$
Maduración	11	$1,50 \pm 0,07$

Índice gonado-somático (IGS)

Aplicando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con un $\alpha= 0,05$, se obtuvo un $p= 0,0001$, lo que demuestra que existen diferencias altamente significativas entre el IGS promedio de algunos de los estadios; por ejemplo, entre la fase perinucleolar (0,59) y maduros (13,31), tal como se observa en las comparaciones de a pares en la Tabla 3.

Tabla 2. Factor de condición según estación del año para *R. steinbachi*. Los valores representan la media \pm error estándar.

Estadio	N	K
Otoño	14	$1,37 \pm 0,06$
Invierno	17	$1,40 \pm 0,06$
Primavera	18	$1,25 \pm 0,06$
Verano	2	$1,38 \pm 0,17$
Total	51	$1,35 \pm 0,30$

Tabla 3. Factor de condición por estadio de madurez reproductiva de *R. steinbachi*. Los valores representan la media \pm error estándar.

Estadio	N	IGS
Perinucleolar	26	$0,59 \pm 0,33$ A
Alveolos corticales	7	$1,41 \pm 0,75$ B
Vitelogenésis	7	$5,13 \pm 1,68$ BC
Maduración	11	$13,31 \pm 5,16$ C

Descripción macroscópica de los ovarios

Las gónadas femeninas se ubican en la cavidad pleuroperitoneal, dorsales en relación al intestino. Son órganos pares, ovoides, más anchos en el extremo cefálico. Se encuentran unidas sagitalmente, conformando un corto oviducto que desemboca en una papila genital. Cada ovario está fijado a la pared dorsal de la cavidad peritoneal por el mesovario.

La longitud promedio de los ovarios en fase perinucleolar fue $4,83 \pm 1,53$ mm. Los mismos son aplanados y blanquecinos, a medida que maduran se tornan más convexos en la región dorsal, adquiriendo un color amarillento. En las hembras maduras las gónadas alcanzan una longitud promedio de $17,12 \pm 3,04$ mm, y los oocitos en esta etapa son visibles a simple vista.

Fecundidad y frecuencia ovocitaria

La fecundidad potencial promedio para hembras maduras fue de $97,81 \pm 30,18$ huevos, presentando los mismos un tamaño promedio de 1600 ± 470 μm . A partir del análisis de los histogramas se determinó que la distribución de tallas de los ovocitos en los ovarios es continua, ya que hubo presencia simultánea de huevos de distintos tamaños en todos los estadios de madurez. Esto permitió establecer que las hembras de *R. steinbachi* presentan ovarios con desarrollo asincrónico (Figura 8).

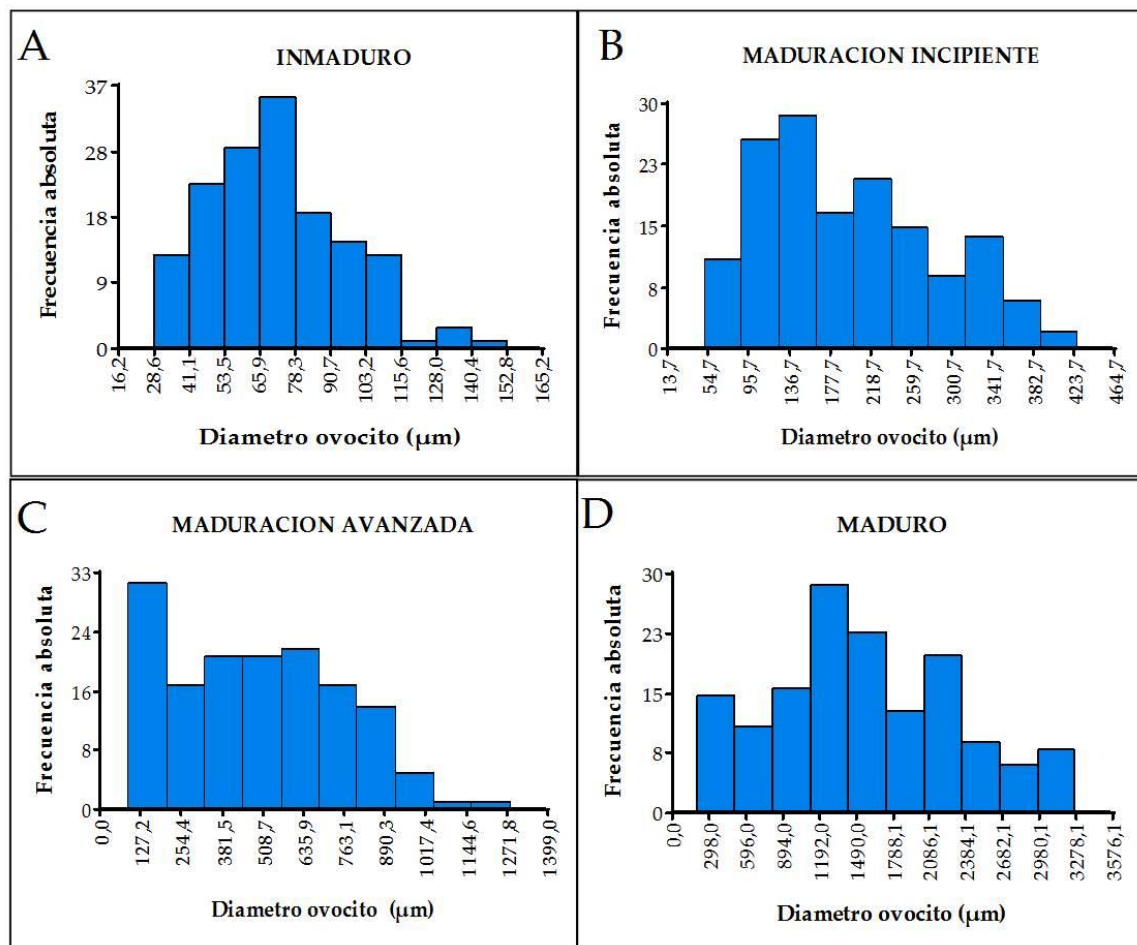


Figura 8. Histogramas de las Frecuencias ovocitarias de *R. steinbachi* a partir de ovarios en distintos estadios de madurez. A: previtelogénico fase perinucleolar; B: previtelogénico fase de alveolos corticales; C: vitelogénico; D: maduro.

Determinación de la talla mínima de la primera madurez sexual y el percentil 50 (P₅₀)

La menor talla registrada para hembras con ovocitos maduros fue de 61,37 mm. Por otro lado, la longitud estándar correspondiente al P₅₀ fue de 70,40 mm.

Discusión

Descripción macroscópica de los ovarios

Las características de los ovarios de *R. steinbachi*, coinciden con lo mencionado para otras especies de la misma familia, estudiadas por Duarte *et al.* (2007), Guimarães-Cruz *et al.* (2005), Souza (2006), Suzuqui *et al.* (2000), y ajustándose al patrón general observado para los teleósteos, con ovarios pareados unidos en el tercio caudal y terminando en un oviducto corto.

Descripción microscópica de los ovarios

En la especie estudiada el diámetro de los huevos varió desde 23 μm en inmaduras, hasta un máximo de 2072 μm en plena madurez. Este último valor se encuentra por debajo de las medidas obtenidas por Suzuqui *et al.* (2000) en *Loricariichthys* sp. y *Loricaria* sp. que presentaron diámetros máximos entre 2300 y 2700 μm respectivamente. Otro Siluriforme, *T. spegazzinii*, presentó diámetros ovocitarios entre 20 y 1500 μm (Romero y Vera, 2010; Zambrano, 2016); resultando en estos casos menores.

En este contexto, se podría considerar a *R. steinbachi* una especie "brood guarder" (guardadora de camadas), de acuerdo a Suzuqui *et al.* (2000), quienes remarcan que las especies con ovocitos de gran diámetro y con una gruesa envoltura vitelina, presentan este patrón de reproducción.

Folículos posovulatorios y atrésicos

Como menciona Souza (2006), la presencia de folículos posovulatorios estaría indicando que la hembra ya desovó por lo menos una vez. En *R. steinbachi* se observaron estas estructuras en dos hembras maduras capturadas en invierno, y la morfología de los folículos posovulatorios coincidió con la descrita por Souza (2006) para *Rhinelepis aspera*.

Los folículos atrésicos observados en algunas hembras maduras de *R. steinbachi*, donde se percibe una alteración de la morfología, coinciden con lo observado por Souza (2006) y Saborido (2004) para otras especies. Por otro lado, Fernández (2016) ha relacionado la aparición de la atresia a posibles efectos negativos de los efluentes del río sobre el desarrollo ovocitario. Cabe destacar que la especie en estudio habita un río con alto impacto antrópico.

Factor de condición K

En algunos Loricaridos se han empleado las fluctuaciones del Factor K para determinar el periodo reproductivo, observando los incrementos del mismo en un determinado periodo del año, por ejemplo, en *Loricariichthys platymetopon* (Querol *et al.*, 2002) y en *Pterygoplichthys pardalis* (Hernández-Santos, 2008). En el caso de *Rineloricaria steinbachi*, las fluctuaciones anuales no son estadísticamente diferentes, lo que podría sugerir que el estado de condición de las hembras no se ve afectado por la época reproductiva ni por el estadio de madurez.

El factor K promedio obtenido en este estudio resultó mayor, comparado con el de Quinteros (2002), para *R. steinbachi* en otro sitio del río (en el tramo Arias-Arenales). Esta diferencia podría ser atribuida a diversos factores, por ejemplo, en el presente trabajo los ejemplares fueron colectados río arriba, donde la influencia antrópica es menor que en el lugar donde obtuvo los ejemplares Quinteros (2002); también podría deberse a la diferencia en la cantidad de ejemplares analizados y al sexo de los mismos, ya que en este estudio el tamaño de la muestra fue mayor y solamente se analizaron

hembras. Otro factor que pudo haber influido podría ser la disponibilidad de alimento en la temporada de recolección de muestras de Quinteros en comparación con la del presente trabajo.

Índice gonadosomático

La variación del IGS ha sido utilizada por diferentes autores para determinar la época reproductiva de peces. Fluctuaciones similares al IGS de *R. steinbachi* fueron observadas por Duarte *et al.* (2007) en ejemplares de *Loricariichthys spixii*; por Bailly *et al.*, (2011) en *Loricariichthys platymetopon*; también Hernández-Santos (2008) indicó que otro Loricarido, *Pterygoplichthys pardalis*, presentó un marcado incremento en este índice desde mayo a septiembre. De igual manera Souza (2006) ha citado que *Rhinelepis aspera*, mostraba mayores valores en diciembre, enero y febrero. En el caso de *R. steinbachi* se observó cierta similitud con las especies citadas, presentando los mayores valores de IGS entre mediados de otoño y principios de primavera, correspondientes a hembras maduras.

Fecundidad y frecuencia ovocitaria

La fecundidad obtenida para *R. steinbachi* fue baja al compararla con otros Siluriformes de la misma región y de portes similares. Fue muy inferior por ejemplo que la de *T. spegazzinii*, siendo reportados un promedio de 772 ovocitos para esta especie y 513 ovocitos para *H. mustelinus* (Romero y Vera, 2010). Esta diferencia podría ser atribuida a las estrategias vitales r y k, mencionadas en Saborido (2004). Tanto *T. spegazzinii* como *H. mustelinus* emplearían la estrategia r, por lo que pondrían muchos huevos de pequeño tamaño; mientras que la especie en estudio respondería a la estrategia del tipo k, desovando pocos huevos y de mayor tamaño. Esto último permitiría suponer que la especie se encuentra bien adaptada a este ambiente.

Con respecto a la frecuencia ovocitaria de *R. steinbachi*, con un patrón de desarrollo asincrónico, resulta similar a la descrita por Araujo y Duarte (1998) y Duarte y Araujo (2002), para otros Loricaridos tales como *Hypostomus affinis* y *Loricariichthys spixii*. Este tipo de desarrollo ovárico, según Saborido (2004), es característico de especies de zonas templadas.

Conclusiones

Teniendo en cuenta el aumento del índice gonado-somático, sumado a la observación de hembras maduras, a la presencia de folículos posovulatorios durante ese intervalo de tiempo y al tipo de frecuencia ovocitaria de la especie, se concluye que la época de reproducción para *R. steinbachi* ocurriría desde finales de otoño hasta la primavera con un pico en invierno, con una modalidad de desove en lotes por ser asincrónico. Por otro lado, de acuerdo a la talla mínima de madurez sexual, la fecundidad y el factor de condición, se asume que las hembras de esta especie inician el evento reproductivo con una talla mínima de 61,37 mm alcanzando el 50% a los 70,40 mm, presentando una modalidad de desove en lotes de pocos huevos, pero de tamaño grande, comparado con otras especies de la misma región. Respecto a la condición corporal no varía significativamente en este ambiente y que además no se ve afectada por la época reproductiva.

Este trabajo aporta aspectos de las características reproductivas de *Rineloricaria steinbachi*, especie de gran valor ecológico en este río, considerada como endémica de la región.

Bibliografía

1. Agostinho, A. A., Hahn, N. S., Agostinho, C. S. (1991). Ciclo reproductivo e primeira maturação de fêmeas de *Hypostomus commersonii* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes, Loricariidae) no reservatório Capivari-Cachoeira, PR. *Revista Brasileira de Biologia*, 51(1): 31-37.
2. Altobelli, F. N. (2008). *Diagnóstico del manejo del agua en cuencas tabacaleras del valle de Lerma*. Tesina de Grado. Universidad Nacional de Salta, Argentina
3. Araújo, F. G., Fichberg, I., Duarte, S. (1998). Ciclo reproductivo de *Loricariichthys spixii* (Steindachner, 1882) (Pisces Loricariidae) na represa de Ribeirão das Lajes, RJ. *Acta Biologica Leopoldensia*, 20: 309-318.
4. Bagenal, T. (1978). Aspects of fish fecundity. *Ecology of Freshwater Fish Production*, 4: 75-101.
5. Bailly, D., Batista-Silva, V. F., Abelha, M. C. F., Kashiwaqui, E. A. L., Fernandes, C. A., Carvalho, E. D. D. (2011). Relative abundance and reproductive tactics of a Loricariidae species at Saraiva Lagoon, Ilha Grande National Park, MS-PR, Brazil. *Biota Neotropical*, 11(3): 171-178.
6. Barbieri, G. (1994). Dinâmica da reprodução de cascudo, *Rineloricaria latirostris* Boulenger (Siluriformes, Loricariidae) do Rio Passa Cinco, Ipeúna, São Paulo. *Revista Brasileira de Zoologia*, 11(4): 600-615.
7. Braga, F. M. D. S., Gomiero, L. M., Souza, U. P. (2009). Biología populacional de *Pareiorhinaru dolphi* (Loricariidae, Hypostominae) namicrobacia do Ribeirão Grande, serra da Mantiqueira oriental, Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, 79-88.
8. Braz de Araujo, R. D., Garutti, V. (2002). Biología reproductiva de *Apidoras fuscoguttatus* (Siluriformes, Callichthyidae) em riacho de cabeceira da bacia do alto Rio Paraná. *Iheringia: Série Zoologia*, 89-98.
9. Covain, R., Fisch-Muller, S. (2007). The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, 1462: 1-40.
10. Di Rienzo J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W. (2016). InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
11. Duarte, S., Araújo, F. G., Sales, A., Bazzoli, N. (2007). Morphology of gonads, maturity and spawning season of *Loricariichthys spixii* (Siluriformes, Loricariidae) in a subtropical reservoir. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(6): 1019-1032.
12. Duarte, S., Araújo, F. G. (2002). Fecundity of the *Hypostomus affinis* (Siluriformes, Loricariidae) in the Lajes Reservoir, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 50(1): 193-198.
13. Elena, H. J., Ledesma, F. M., Noe, Y. E., Mosciaro J. (2011). Cuenca "Alta del Río Juramento"-Subcuenca "Arias-Arenales". INTA.
14. Guimarães-Cruz, R. J., Santos, J. E. D., Santos, G. B. (2005). Gonadal structure and gametogenesis of *Loricaria lentiginosa* Isbrücker (Pisces, Teleostei, Siluriformes). *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3): 556-564.
15. Hernández-Santos, M. E. (2008). *Aspectos reproductivos del loricárido Pterygoplichthys pardalis (Castelnau, 1855) en la laguna de las Ilusiones, Tabasco, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
16. Liotta, J. R. (2005). *Distribución geográfica de los peces de aguas continentales de la República Argentina*. Pro Biota: Serie Documentos.
17. Malabarba, L. R. (2006). Peixes de Riachos da Mata Atlânticas Unidades de Conservação do Vale do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. *Neotropical Ichthyology*, 4(3): 377-37.
18. Monasterio de Gonzo, G. (2003). *Peces de los ríos Bermejo, Juramento y Cuencas Endorreicas de la Provincia de Salta*. Artes Gráficas Crivelli S. A. 243 pp.
19. Monasterio de Gonzo, G., Palavecino P. y Mosqueira M.E. (2008). *Vertebrados y Ambientes de la Provincia de Salta*. EUNSA. Salta, Argentina. 262 pp.
20. Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*. Canadá: John Wiley&Sons.
21. Pouilly, M., Beck, S. G., Moraes, R., Ibanez, C. (2004). *Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré: importancia ecológica de la dinámica fluvial*. Centro de Ecología Simon I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia. 383 pp.

22. Querol, M. V. M., Querol, E., Gomes, N. N. A. (2002). Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon* (Osteichthyes, Loricariidae), bacia do rio Uruguaimédio, sul do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 92(3): 79-84.
23. Quinteros, A. S. (2002). *Características hemocitológicas de Ixinandria steinbachi (Pisces: Loricariidae) y su aplicación en ensayos de genotoxicidad*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
24. Reis, R. E., Kullander, S. O., Ferraris, C. J. (2003). *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS. 742 pp.
25. Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
26. Romero, N. M., Vera-Mesones, R. (2010). Cambios estacionales en los ovarios de peces Siluriformes: comparación de tres especies en un ambiente subtropical de Argentina. *UNED Research Journal*, 2(2).
27. Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C. et al. (2017). ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18: 529.
28. Saborido, F. (2004). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso doutoramento do bienio 2002 – 2004. Instituto de investigaciones Marinas, Universidad de Vigo. Vigo, España.
29. Souza, E. M. D. (2006). *Biología reproductiva de Rhinelepis aspera Spix y Agassiz, 1829 (Osteichthyes, Loricariidae) no submédio São Francisco, Petrolina-PE*. Tesis para obtener el título de Master en Recursos Pesqueros y Acuicultura, Universidad Nacional de Pernambuco.
30. Suzuki, H. I., Agostinho, A. A., Winemiller, K. O. (2000). Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Paraná River, Brazil. *Journal of Fish Biology*, 57(3): 791-807.
31. UICN-GUYRA-PROTEGER (2009). Uso sostenible del pescado en la Cuenca del Plata. <http://www.proteger.org>
32. Viana, D., Wollf, L. L., Zaleski, T., Romão, S., Bertoldi, G., Donatti, L. (2008). Population structure and somatic indexes of *Hypostomus ancistroides* (Siluriformes, Loricariidae) collected from the Bonito river, Ivaí river basin, Turvo, Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(3): 493-502.
33. Wallace, R. A., Selman, K. (1981). Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist*, 21(2): 325-343.
34. Zambrano, M. (2016). Biología reproductiva del bagrecito de altura *Trichomycterus spegazzinii*. Tesina de Grado. Universidad Nacional de Salta, Argentina
35. Zardo, É. L., Behr, E. R. (2015). Population structure and reproductive biology of *Loricariichthys melanocheilus* (Reis y Pereira, 2000) (Siluriformes: Loricariidae) in the rio Ibicuí, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 13(2): 371-382.