

**ESTADIOS DE MADURACIÓN
GONADAL DE *Prochilodus lineatus*
(SÁBALO) EN EL RIO PARANÁ Y
EN EL RIO DE LA PLATA.**

Monitoreo de adultos de sábalo en el Río Paraná y
De La Plata durante el período 2016-2018.

Informe técnico N° 60



Estadios de maduración gonadal de *Prochilodus lineatus* (Sábalo) en el río Paraná y el Río De La Plata.

Piazza, Yanina Grisel

Lab. Ecotoxicología Acuática, IBBEA, CONICET-UBA.

Ex integrante de la Coordinación de Pesca Continental, Dirección de Planificación Pesquera (DPP), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

RESUMEN

Los estudios sobre la biología reproductiva de peces son fundamentales en la planificación de estrategias de conservación y manejo de recursos pesqueros. El sábalo *Prochilodus lineatus* es el recurso íctico más abundante de la Cuenca del Plata constituyendo más del 60% de la ictiomasa, siendo utilizado para consumo, comercio interno y exportación. En este trabajo se analizó la influencia de la variación estacional y espacial en la madurez gonadal, evaluando la dinámica de maduración de las mismas en individuos capturados en diversos puntos desde el río Paraná hasta el Río de la Plata. Se planteó la hipótesis de que a partir del monitoreo mensual de individuos de *P. lineatus* puede describirse en qué sitios y cómo ocurre la maduración gonadal a lo largo del año, determinando los periodos de desove. Las muestras fueron recolectadas en las provincias de Chaco, Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires desde Marzo del 2016 hasta Junio de 2018. En la mayoría de las localidades las hembras mostraron mayores pesos respecto de los machos. En los ejemplares obtenidos en el canal principal del río Paraná, el índice gonadosomático (IGS) varió mensualmente, con valores mayores desde Octubre/Noviembre a Febrero, siendo el periodo comprendido entre Noviembre-Enero el posible periodo de desove. En las demás localidades, con capturas provenientes de la llanura de inundación, no se observaron variaciones estacionales notables en el IGS, con individuos mayormente en reposo. Este trabajo aporta evidencias que en un mismo momento el estado de maduración gonadal del sábalo varía según el lugar de la cuenca y el hábitat donde se encuentre. Sería de interés realizar un



seguimiento de la maduración gonadal en sitios de muestreo en el canal y llanura de inundación a una misma latitud para comprender mejor la biología reproductiva y general de la especie.

Palabras Clave: Maduración gonadal, *Prochilodus lineatus*, reproducción, río Paraná, Río de la Plata, Sábalo.

ABSTRACT

Studies on fish reproductive biology are a requirement in the planning of conservation strategies and management of fisheries resources. *Prochilodus lineatus*, commonly known as Sábalo, has been recognized as the most abundant fish resource of Del Plata River Basin constituting more than 60% of the ichthyomass, used for human consumption, internal trade and export. In this study, seasonal and spatial variation influence on gonadal maturity was analyzed; evaluating the gonadal maturation dynamic on fish captured at different sites of the Paraná and De la Plata Rivers. It was hypothesized that by monthly monitoring, gonadal maturation cycle can be described throughout the year, and spawning period can also be determined. Samples were collected in Chaco, Santa Fé, Entre Ríos and Buenos Aires provinces from March 2016 to June 2018. In most of the sampled sites females showed higher weights compared to males. Gonadosomatic index (GSI) changed over the months in particular in those fish captured on the main channel, with higher values from October/November to February, being November-January the possible spawning period. On the floodplain catches no GSI variations were observed with most of the gonads at a resting phase. This study provides further information related to sites and periods of gonadal maturation for the species, however it would be of interest to continue by comparing reproductive parameters in different habitats for the same latitude at the same time.

Key words: Gonadal maturation, *Prochilodus lineatus*, reproduction, De La Plata River, Paraná River, Sábalo.

INTRODUCCIÓN



La Cuenca del Plata cubre un área de unos 3.170.000 km², lo que la convierte en la segunda mayor cuenca de América del Sur, y la quinta del mundo. Las precipitaciones que caen en su ámbito se reúnen en dos grandes cursos, los ríos Paraná y Uruguay, que luego vierten sus aguas en el Río de la Plata, finalmente desembocando en el océano Atlántico Sur.

En los ríos con planicie de inundación, como en el caso de los ríos Paraná y Uruguay, los ambientes acuáticos estacionales creados por el pulso de inundación constituyen la principal área de cría de innumerables especies de peces (Junk, 1997), lo que indica que en otro lugar de la cuenca se debe llevar a cabo la reproducción. La conexión entre estas áreas debe generar rutas migratorias (Poulsen *et al.*, 2002), siendo esto evidenciado en muchas especies de importancia pesquera.

El Sábalo (*Prochilodus lineatus*; Valenciennes 1836) es un Characiformes detritívoro de gran importancia dentro de la cadena ictícola de la Cuenca del Plata. Su elevado valor comercial lo convierte en un preciado recurso económico, turístico, social y ambiental en Argentina, así como en Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay (Espinach Ros y Fuentes, 2000). La importancia de *P. lineatus* en la pesquería Argentina ha sido reconocida durante muchos años, siendo considerado de alto valor económico dentro de los peces de agua dulce. Desde los años 60 se ha estudiado la reproducción del sábalo (Pignalberi, 1965) con el fin de comprender la biología reproductiva de la especie e implementar medidas de control y manejo. Existen numerosas variables a tener en cuenta en la caracterización del desarrollo de los procesos reproductivos (Adeyemi, 2010; Bankole *et al.*, 1994). Tanto en el río Paraná, en el río Bermejo y en el río Pilcomayo, en la República Argentina; como también en ríos de Brasil, varios autores determinaron que el período de actividad reproductiva de la especie ocurre en primavera-verano entre los meses de Noviembre a Marzo, con asincronía en la madurez entre machos y hembras, utilizando la descripción de las gónadas, la interpretación de los índices gonadosomático, hepatosomático y la relación largo-peso como las variables que determinan la condición reproductiva de la especie (Pignalberi, 1965; Oldani y Oliveros, 1984; Sverlij y cols., 1993, Terraes y cols., 1999., Espinach Ros y Sanchez, 2007; Escobar y



cols., 2011, da Rocha Perini *et al.*, 2013; Picotti, 2014). *P. lineatus* posee fecundación externa, es a su vez un desovante total, sus oocitos maduran en forma sincrónica y el desove se produce en un corto período de tiempo, en varias y sucesivas puestas, sin cuidado parental de la progenie (Sverlij y cols., 1993; Espinach Ros y Sanchez, 2007; Escobar y cols., 2011; Hainfeltner *et al.*, 2011). Es una especie que posee alta fecundidad con variaciones en las diferentes áreas de distribución, indicando que las poblaciones se adaptan a las distintas condiciones de los cuerpos de agua en los que habita (Picotti y Telichevsky, 1989; Gosso e Iwaskiw, 1990; Espinach Ros y Sanchez, 2007; Escobar y cols., 2011; da Rocha Perini *et al.*, 2013).

Los individuos de esta especie migran grandes distancias (Sverlij y cols., 1993), lo que le permite explotar los recursos de diferentes áreas con una naturaleza estacional, mejorando el éxito reproductivo e incrementando la abundancia. Aquellos individuos reproductivamente activos, se encuentran en el cauce principal de los grandes ríos, donde desovan. En los ambientes lénticos y semilénticos conectados a los ríos suelen encontrarse ejemplares a la espera del momento favorable para la reproducción (Espinach Ros y Fuentes, 2000), siendo estos lugares netamente de alimentación y crecimiento. Sus huevos y larvas son la base alimentaria de muchas otras especies, lo cual contribuye al equilibrio del sistema biológico (da Rocha Perini *et al.*, 2013). Bajo este panorama, consideramos de importancia comprender de manera conjunta los hábitos reproductivos de la especie a lo largo de la cuenca. Aun cuando en trabajos previos se compararon aspectos reproductivos de individuos capturados en diversos sitios, no se han realizado al momento trabajos que evalúen de manera integrada, simultánea y a lo largo del tiempo como se comporta la gónada en distintos puntos de esta cuenca, con muestreo a lo largo de varias temporadas reproductivas. Asimismo, diversos autores han realizado trabajos de descripción macro y microscópica de la gónada masculina y femenina, identificando los estadios de maduración gonadal según diversos criterios. Sin embargo, no se cuenta con una comparación fotográfica de los estadios macroscópicos, que permitan identificar en el campo con mayor certeza el estadio madurativo de las mismas. Es por ello que en este trabajo se buscó describir cada estadio



gonadal con su correspondiente imagen macro y microscópica para poder interpretar la etapa madurativa por la que transita la gónada.

Más allá de que el muestreo integral, es decir, en diferentes puntos al mismo tiempo por un periodo prolongado, implique un gran esfuerzo debido a la gran área de distribución y en muchos casos a las dificultades de acceso a muchos de los sitios de muestreo, en éste proyecto se propuso evaluar de manera simultánea la dinámica de maduración de las gónadas de individuos capturados en varios sitios abarcando desde el río Paraná Medio hasta el Río de la Plata, bajo la hipótesis de que a partir del monitoreo mensual de individuos de *Prochilodus lineatus* pueden describirse en qué sitios y cómo ocurre la maduración gonadal a lo largo del año, y determinar periodos de desove.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La mayoría de las localidades de muestreo pertenecen a la Cuenca del Río Paraná, la cual representa aproximadamente la mitad del área de la Cuenca del Plata, y una localidad pertenece al Río de la Plata. Las capturas en varios puntos de río Paraná se realizaron en lagunas de la planicie de inundación, mientras que en una localidad de este río y en el Río de la Plata fueron tomadas del cauce principal. En el río Paraná los sitios de muestreo se ubicaron en localidades de la provincia de Santa Fé, tales como Reconquista, Cayastá/Helvecia (se las agrupa por cercanía y por similitud en los ambientes donde ocurren las capturas); y en la provincia de Entre Ríos, siendo éstas Victoria y Diamante. Con excepción de Reconquista, en éstas localidades se lleva a cabo una intensa actividad pesquera comercial a lo largo de casi todo el año. En todos estos sitios las muestras se recolectaron cada tres meses coincidiendo con las campañas EBIPES: RS 37 en Marzo 2016, RS 38 en Junio 2016, RS 39 en Septiembre 2016, RS 40 en Diciembre 2016, RS 41 en Marzo 2017, RS 42 en Junio 2017, RS 43 en Septiembre 2017, RS 44 en Noviembre-Diciembre 2017, RS 45 en Marzo 2018 y RS 46 en Junio 2018. En la localidad de Victoria se contó, además, con ejemplares entre campañas completando el muestreo con una frecuencia mensual desde Marzo 2016 a Junio 2018.



Hacia el norte del río Paraná, en la provincia de Chaco, localidad de Puerto Antequera, los individuos fueron obtenidos del cauce principal de manera mensual, comenzando con el muestreo en Junio 2016 hasta Mayo 2018. Asimismo se recolectaron muestras mensualmente en el Río de la Plata, en la Dársena Norte en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, desde Junio 2017 hasta Mayo 2018 (Figura 1).



Figura 1: Ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

Recolección del material biológico

La recolección del material biológico se realizó utilizando redes agalleras de diferentes tamaños según la localidad involucrada. Las muestras en las campañas EBIPES fueron tomadas utilizando dos baterías idénticas de redes, conteniendo redes simples (30-180 mm de malla) y tres telas (105-240 mm de malla). Las mismas fueron caladas al atardecer y permanecieron en el agua por 14 horas en cada sitio. Los peces capturados en Puerto Antequera fueron obtenidos en el puerto de desembarco por medio de pescadores comerciales, los cuales utilizan diversos tipos de redes, tales como el mallón, cachorrero, boguero, dos telas, que van desde los 150- 290 mm de malla. En muchas oportunidades utilizaron mezcla de redes (de 160 - 300 mm de malla). En la localidad de Victoria las muestras fueron provistas por



frigoríficos, mediante los pescadores comerciales de la zona, los cuales utilizan redes de 140 mm de malla. Los peces del Río de la Plata fueron capturados por pescadores de la ex Dirección de Pesca Continental (actual Coordinación de Pesca Continental), utilizando redes agalleras de 140 mm de malla.

En los sitios de muestreo se realizaron los siguientes procedimientos. A cada individuo recién obtenido se le determinó el largo corporal total (cm), el largo estándar (cm), el peso corporal total (g) y eviscerado (g). Luego de la disección, se realizó la evaluación macroscópica de las gónadas, se las fotografió y pesó (g). Se registró, también, el peso del hígado (g). Todos los pesos fueron obtenidos con una precisión de 0,01 g. Las gónadas fueron fijadas y preservadas en formol al 10 %.

En este trabajo muchas veces se tornó dificultoso obtener los valores de peso gonadal fresco en el campo, ya sea por las condiciones meteorológicas o de infraestructura, con lo cual solamente se contó con el valor de peso del órgano fijado obtenido en el laboratorio (utilizando la misma balanza que en el campo), luego de 12 horas y/o hasta 5 meses de conservación en el fijador, según la localidad donde fueron tomadas las muestras y la posibilidad de traslado al laboratorio. Fraser *et al.* (1985) han descripto que el valor de peso fijado de las gónadas presenta una desviación de su peso real, por lo cual suelen aplicarse factores de corrección para estimar el valor del peso gonadal real. En este estudio, se obtuvo una concordancia del 99,85% entre el valor de peso gonadal fijado y fresco. Por ello no se aplicó ningún factor de corrección para estimar el valor del peso gonadal fresco de las gónadas no pesadas en el campo durante las campañas. Esta relación es de relevancia dado que proporciona una herramienta útil que permite obtener datos en laboratorio confiables cuando no son posibles de ser obtenidos en el campo.

Procesamiento histológico

Del total de muestras se seleccionó un sub-grupo por sexo y estadio reproductivo, las cuales se procesaron utilizando el método histológico. Brevemente, de cada gónada seleccionada se separó un trozo pequeño de la



zona media en buen estado de conservación. Estas muestras fueron deshidratadas mediante la inmersión en una gradación creciente de alcohol etílico (de 50 al 100%), se las aclaró con xileno y se procedió a su impregnación en Histoplast ® en estufa histológica. Se realizaron cortes transversales de 7 µm de espesor con un micrótopo de rotación (Leica RM2125 RTS). Los cortes fueron posteriormente coloreados con hematoxilina-eosina y montados utilizando un medio de montaje anhidro (Medio de montaje sintético, Biopack). El inicio del procesamiento histológico hasta la impregnación en Histoplast de todas las muestras seleccionadas fue llevado a cabo en los laboratorios de Pesca Continental, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Los pasos subsiguientes fueron realizados en el Laboratorio de Ecotoxicología Acuática, en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, donde se cortaron las muestras, colorearon y montaron los cortes. Luego fueron examinados bajo microscopio trinocular (ARCANO L2001) y fotografiados con una cámara Olympus C4000.

Los estadios de maduración gonadal y el momento de la puesta fueron determinados para cada sitio, a través del estudio de las características macro y microscópicas de las gónadas, y de la presencia/ausencia de cada estadio a lo largo del año; así como también del análisis de la distribución temporal del índice gonadosomático (IGS) (Bazzoli, 2003) y del índice hepatosomático (IHS). Ambos índices junto con el factor de condición (Kn), fueron calculados teniendo en cuenta los datos biométricos según las siguientes ecuaciones:

$$\text{IGS: } (\text{Peso de la gónada/Peso corporal}) * 100$$

$$\text{IHS: } (\text{Peso del hígado/Peso corporal}) * 100$$

$$\text{Kn: } \text{Peso corporal} / \text{Peso corporal estimado}$$

$$\text{Peso corporal estimado: } 0,0334 \text{ Lst}^{2,94}$$

Asimismo, los valores de IGS se compararon con el nivel del río para determinar el periodo reproductivo en cada sitio. El factor de condición relativo fue evaluado para determinar la condición fisiológica de los peces en



los diferentes sitios de muestreo (Le Cren, 1951; Anderson & Neumann, 1996). Los parámetros para determinar el peso estimado se obtuvieron de la regresión largo-peso para la especie, obtenida por Llamazares y col. (2014).

Clasificación de los estadios gonadales

Las gónadas fueron clasificadas considerando características macroscópicas y microscópicas en inmaduras, reposo, en desarrollo, puesta y regresión (Tabla 1). Los estadios de maduración ovárica fueron determinados por el estadio más avanzado de oogénesis encontrado en las secciones histológicas (West, 1990) y también por la presencia de folículos post ovulatorios u oocitos atrésicos. Los oocitos primarios, previtelogénicos, fueron determinados en base a la presencia de cromatina nucleolar y/o perinucleolar. Los oocitos secundarios son los vitelogénicos y los que poseen alveolos corticales. Los oocitos maduros aumentan su tamaño, debido a la acumulación de vitelo en el citoplasma, con la aparición de inclusiones citoplasmáticas (Brown-Petersen et al., 2011). Los testículos fueron graduados según el grado más avanzado y más abundante de estadio de la espermatogénesis (Grier, 1981), además de la aparición de tejido conectivo y abundancia de espermatozoides en los ductos espermáticos. Los estadios de la espermatogénesis fueron definidos por Grier & Uribe-Aranzábal (2009) e incluyen desde las espermatogonias, espermatocitos, espermátidas y espermatozoides, los cuales se diferencian por un menor tamaño y un aumento en la basofilia cuando el desarrollo progresa de espermatogonia a espermatozoide.



Tabla 1: Características macroscópicas y microscópicas de las fases del ciclo reproductivo de machos y hembras de *P. lineatus*. Adaptado y modificado de Brown-Peterson *et al.* (2011)

Fase gonadal	Características macroscópicas e histológicas	
	Hembras	Machos
Inmaduro	Ovarios pequeños, no se distinguen los vasos sanguíneos. Solo oogonias (O) y OP. Pared ovárica delgada y poco espacio entre oocitos.	Testículo pequeño, filiforme. Solo EG presente. No se observa lumen en los lóbulos.
En desarrollo	Ovarios con mayor tamaño. Se pueden distinguir algunos vasos sanguíneos. OP y OS presentes. Sin evidencia de FPOs o OM. Puede haber atresia.	Testículo pequeño, muchas veces en forma de cinta. EC evidentes a lo largo de los lóbulos. EG hasta EZ presentes en espermatocistos. EZ no presente en lumen de lóbulos o en ductos espermáticos.
Puesta	Ovarios grandes y masivos. Con vasos sanguíneos prominentes. OM visibles macroscópicamente. Pocos OP. Puede haber algo de atresia.	Testículos grandes y firmes. ES en lumen de lóbulos o en ductos. Los lóbulos se anastomosan formando lagunas de EZ. Todos los estadios de la espermatogénesis pueden estar presentes.
Regresión	Ovarios flácidos. Atresia y/o FPOs presentes. AC y/o OS pueden estar presentes.	Testículos flácidos y pequeños. EZ residual en lumen y/o ductos. Casi sin actividad espermatogénica.
Reposo	Ovarios pequeños, pequeños vasos sanguíneos. Solo O y OP. Pared ovárica gruesa, atresia y FPOs degenerando pueden estar presentes.	Testículos pequeños. Sin espermatocistos. Sin lumen en lóbulos. Proliferación de las EG.

Abreviaturas: FOP: Folículo post ovulatorio; OA: oocito atrésico; OP: oocito primario; OS: oocito secundario; AC: alvéolo cortical; OM: oocito, EG: espermatogonia, EC: espermatocito, ED: espermatida; EZ: espermatozoide.



Análisis de los resultados

Se utilizó la prueba de chi-cuadrado (χ^2) para determinar diferencias en la proporción de sexos. Se compararon los valores de peso y largo estándar mediante las pruebas de Kruskal-Wallis (no paramétrica) cuando los supuestos no se cumplieron.

El desarrollo gonadal fue estudiado a través de la evaluación macroscópica, prestando atención a su coloración, textura, apariencia física y peso; y/o mediante histología, con la cual se determinó cual es la apariencia microscópica de la gónada y como es la distribución de tallas de los oocitos o de la etapa de la espermatogénesis, asociado a su grado de madurez. La maduración es un proceso continuo y su división en estados discretos de desarrollo es difícil, sobre todo en los estados de transición. Aun cuando la histología es costosa y requiere más tiempo, se la considera el método más exacto para determinar el estadio en que se encuentra la gónada (Muchlisin, 2014; Lowerre-Barbieri y col., 2011).

RESULTADOS

Se capturaron 1235 sábalos considerando el total de las muestras, de los cuales 733 se identificaron como hembras, 496 como machos, y 6 con sexo no diferenciado. La proporción sexual fue de 1,48H:1M, siendo significativamente mayor la cantidad de hembras con respecto a los machos ($\chi^2_{0,05[1]} : 3,84 < G_{obs}:45,5$), tomando en cuenta todo el periodo de muestreo y las localidades en su conjunto. Las tallas obtenidas durante el proyecto abarcaron desde los 12 a 62 cm de longitud estándar. Los largos con mayor abundancia en las capturas son los comprendidos entre los 33 a los 46 cm, con una proporción de hembras creciente hacia valores mayores de largo estándar (Figura 2).



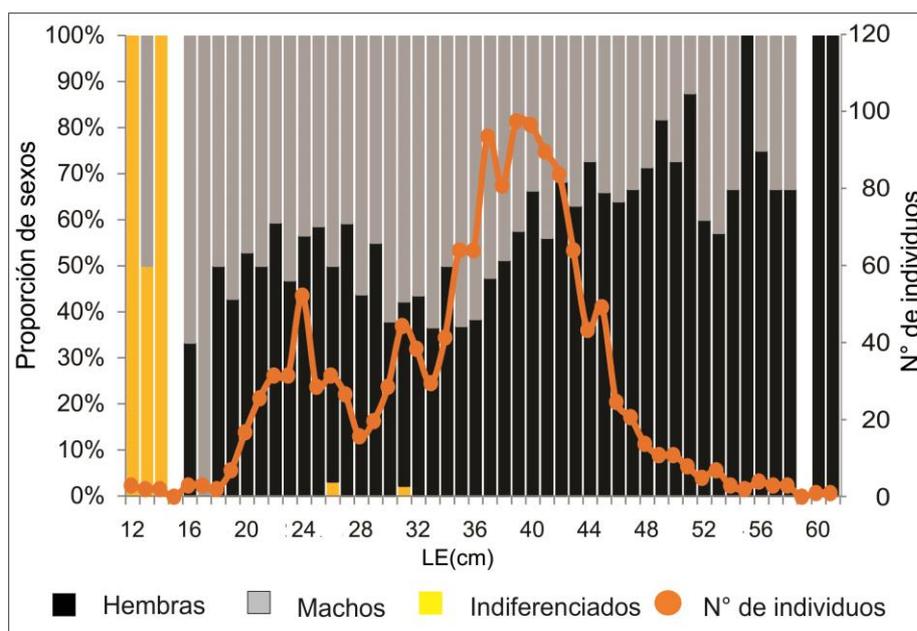


Figura 2: Abundancia de individuos expresado en relación al largo estándar. Se grafica la proporción de sexos en cada talla.

En la figura 3 puede observarse que los individuos provenientes de Puerto Antequera poseyeron valores de peso y talla significativamente mayores con respecto a las demás localidades (Kruskal-Wallis, $P < 0.0001$). En Diamante, Cayastá/Helvecia y Reconquista se capturaron individuos significativamente menores respecto de talla y peso (Kruskal-Wallis, $P < 0.0001$). Las hembras, en la mayoría de las localidades, presentaron mayor peso que los machos.

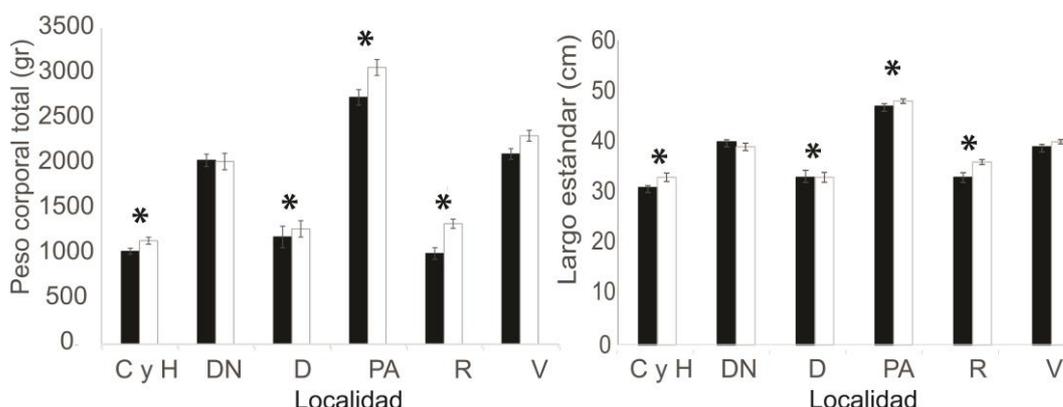


Figura 3: Peso corporal total (gr) y largo estándar (cm) para machos y hembras de *P. lineatus* en las localidades estudiadas. Se informa el promedio \pm SEM. CyH: Cayastá/ Helvecia, DN: Dársena Norte, D: Diamante, PA:



Puerto Antequera, R: Reconquista, V: Victoria. *: Indica diferencias significativas entre sexos.

Los valores de condición nutricional relativa indicaron que la mayor parte de los individuos, independientemente de su procedencia, poseyeron una buena condición nutricional a lo largo del tiempo, dado que los valores del factor están por sobre el valor de referencia (1), indicando mayor peso al promedio anual estimado para la especie. En puerto Antequera se observa que durante la temporada reproductiva fueron los que peor condición nutricional presentaron (Figura 4).

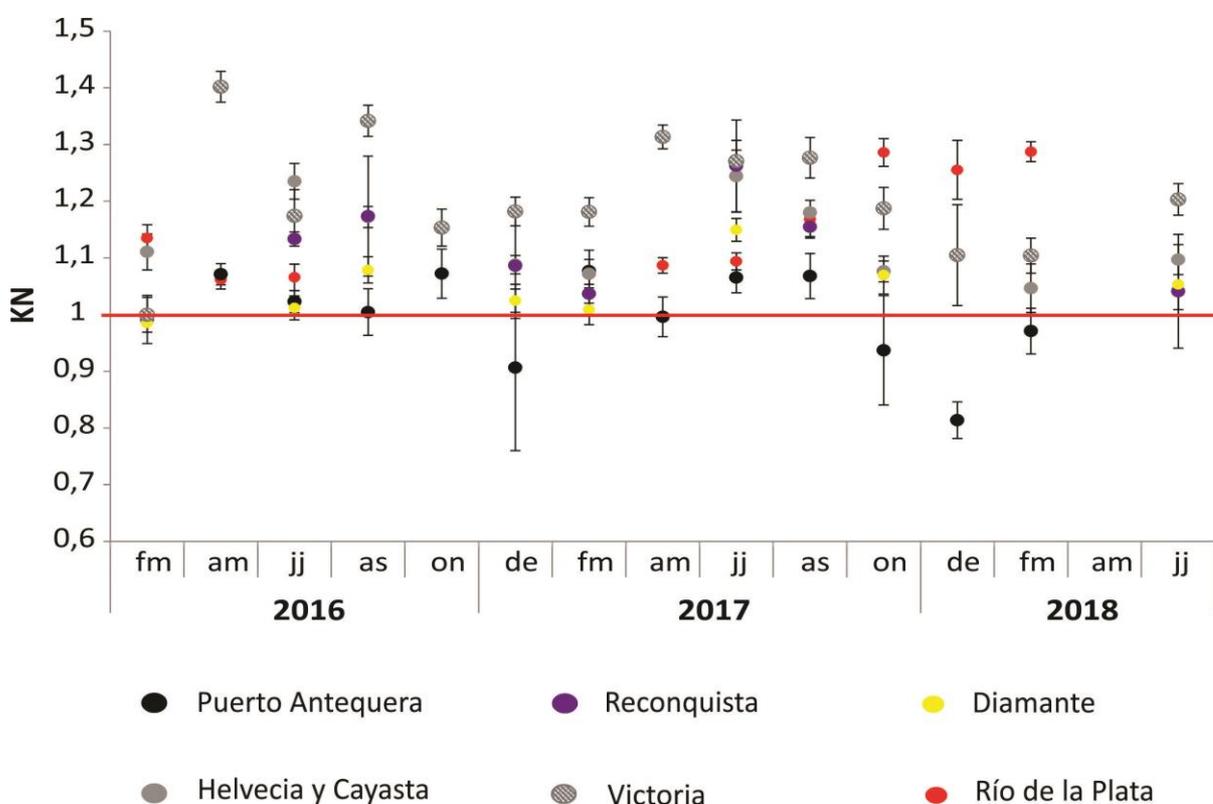


Figura 4: Factor de condición nutricional (Kn) bimensual en las localidades estudiadas. Se informa el promedio \pm SEM.

Ambos sexos se vieron representados en todas las localidades. Al analizar el comportamiento del IGS en hembras y machos se observa que sólo a la altura de Puerto Antequera, con capturas en el canal principal, este parámetro presentó variación pronunciada a lo largo del año (Figura 5).

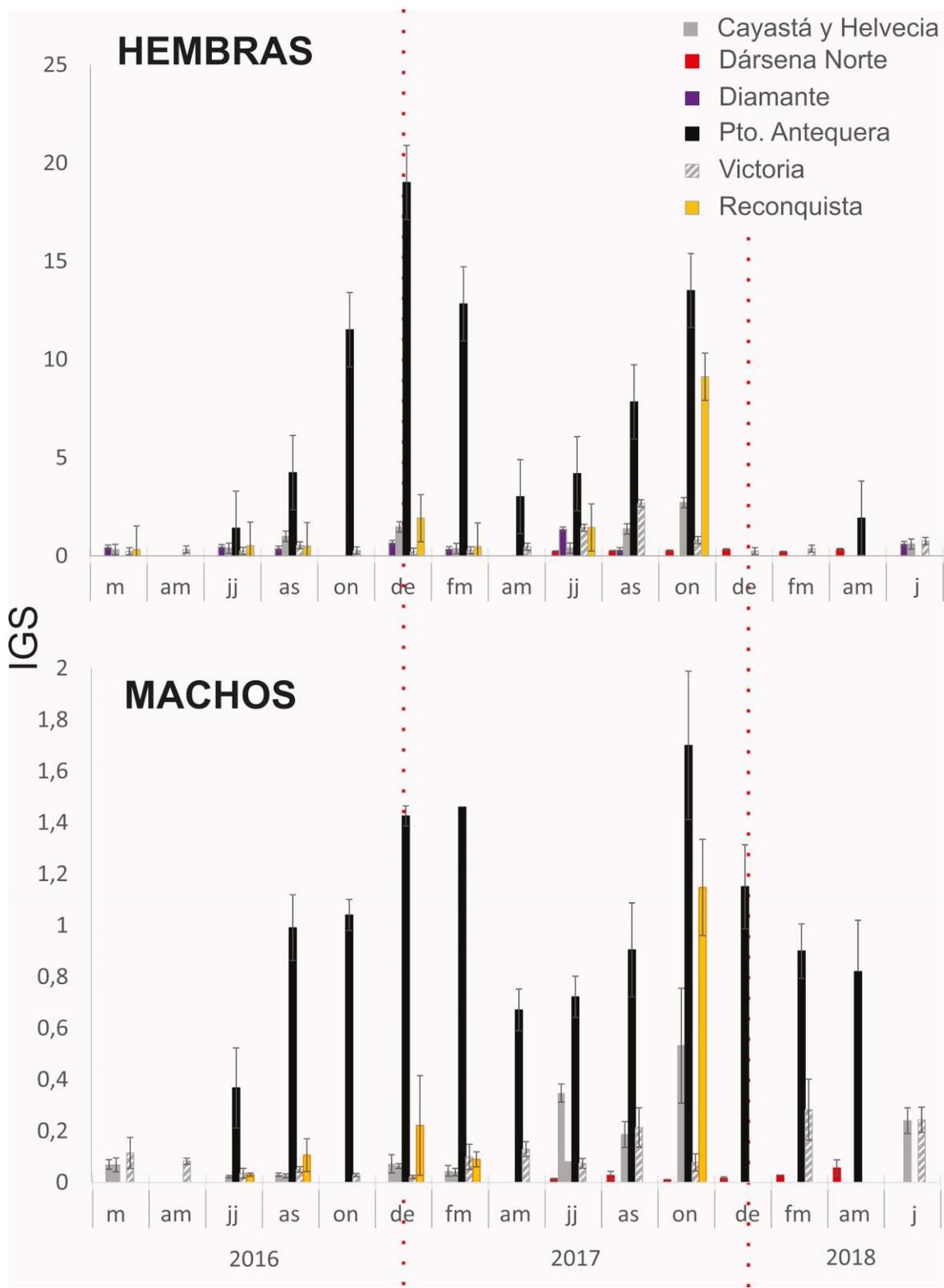


Figura 5: Índice gonadosomático bimensual, desde Marzo de 2016 hasta Junio 2018, para hembras y machos de *P. lineatus*, en las localidades estudiadas. Las líneas punteadas en rojo indican cambio de año.

Esto mismo se desprende al analizar la distribución de frecuencia de los estadios del ciclo reproductivo según la estación del año, donde se muestra que la actividad reproductiva de esta especie ocurrió en primavera/verano principalmente en esta localidad (Figura 6).

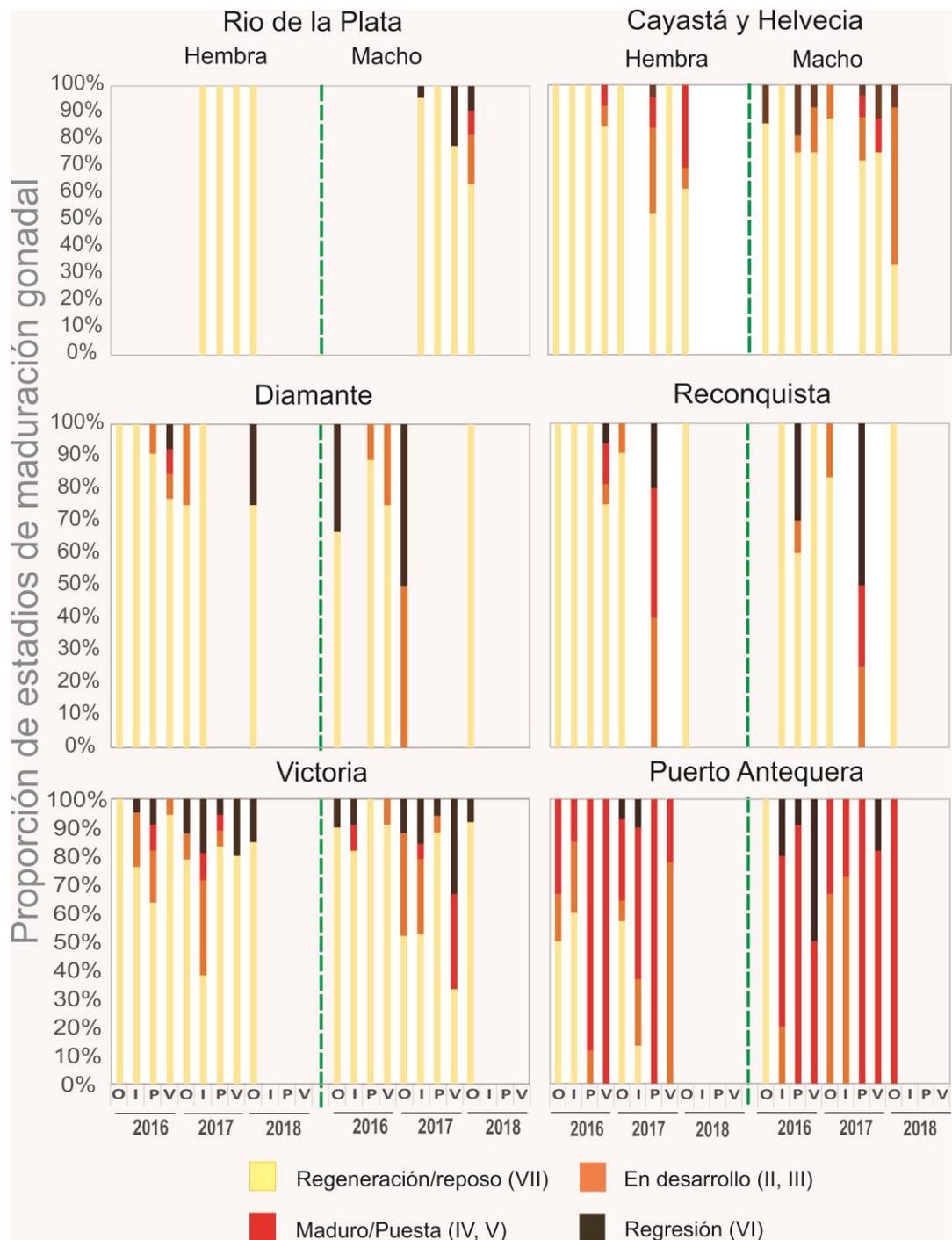


Figura 6: Proporción de hembras y machos con diferente grado de madurez gonadal en las localidades muestreadas por estación del año



desde Marzo 2016 a Junio 2018. O: otoño, I: invierno; P: primavera; V: verano.

En la figura 7, se observa en detalle el comportamiento del IGS en la localidad de Puerto Antequera, donde puede apreciarse que la maduración de las gónadas en machos y hembras comenzó en Octubre/Noviembre, alcanzando puntos máximos en Diciembre/Enero, concordando con alzas en los valores hidrométricos del río. Estos valores medios de IGS revelan que el índice aumenta gradualmente del reposo a la maduración, para luego disminuir en el estadio de regresión finalizando en la regeneración de la gónada hasta llegar nuevamente al reposo, situación en la que permanecerán hasta comenzar nuevamente el ciclo reproductivo. La localidad que presentó un comportamiento similar del IGS es Reconquista, aún cuando la pesca se realizó en la llanura de inundación. En las demás localidades se encontraron hembras en su mayoría en estadios de reposo y machos con patrones variables relacionados a la madurez gonadal (Figuras 5, 6). En general, el estadio mejor representado fue el de reposo gonadal, sobre todo en machos y hembras capturados en el Río de la Plata. Esa tendencia es observada también en los individuos que se encontraron en la llanura de inundación (Figuras 5, 6).

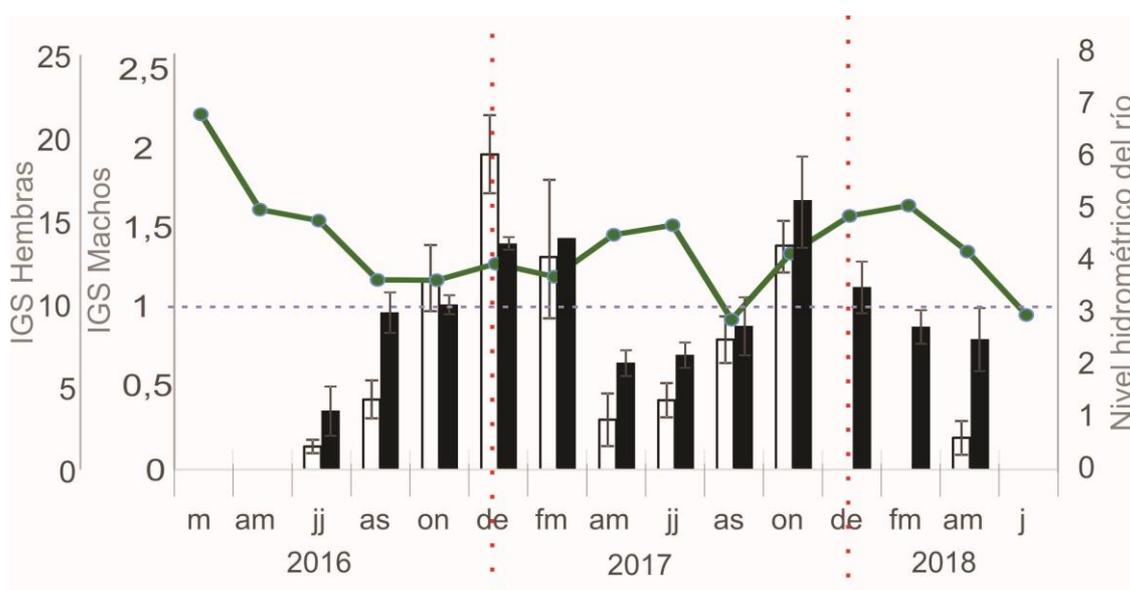


Figura 7: Índice gonadosomático en la localidad de Puerto Antequera bimensual, desde Junio de 2016 a mayo de 2018. Línea verde: Nivel



hidrométrico. Barra blanca: Hembras. Barra negra: Machos. Línea punteada roja: Cambio de año. Línea punteada verde: Nivel hidrométrico del río de máxima conectividad.

Respecto del índice hepatosomático, el mismo varió de manera temporal tanto en hembras como en machos, mostrando una tendencia general a poseer mayores valores previos a la temporada reproductiva, mientras que el valor tiende a ser menor hacia el fin del verano/otoño (Figura 8).

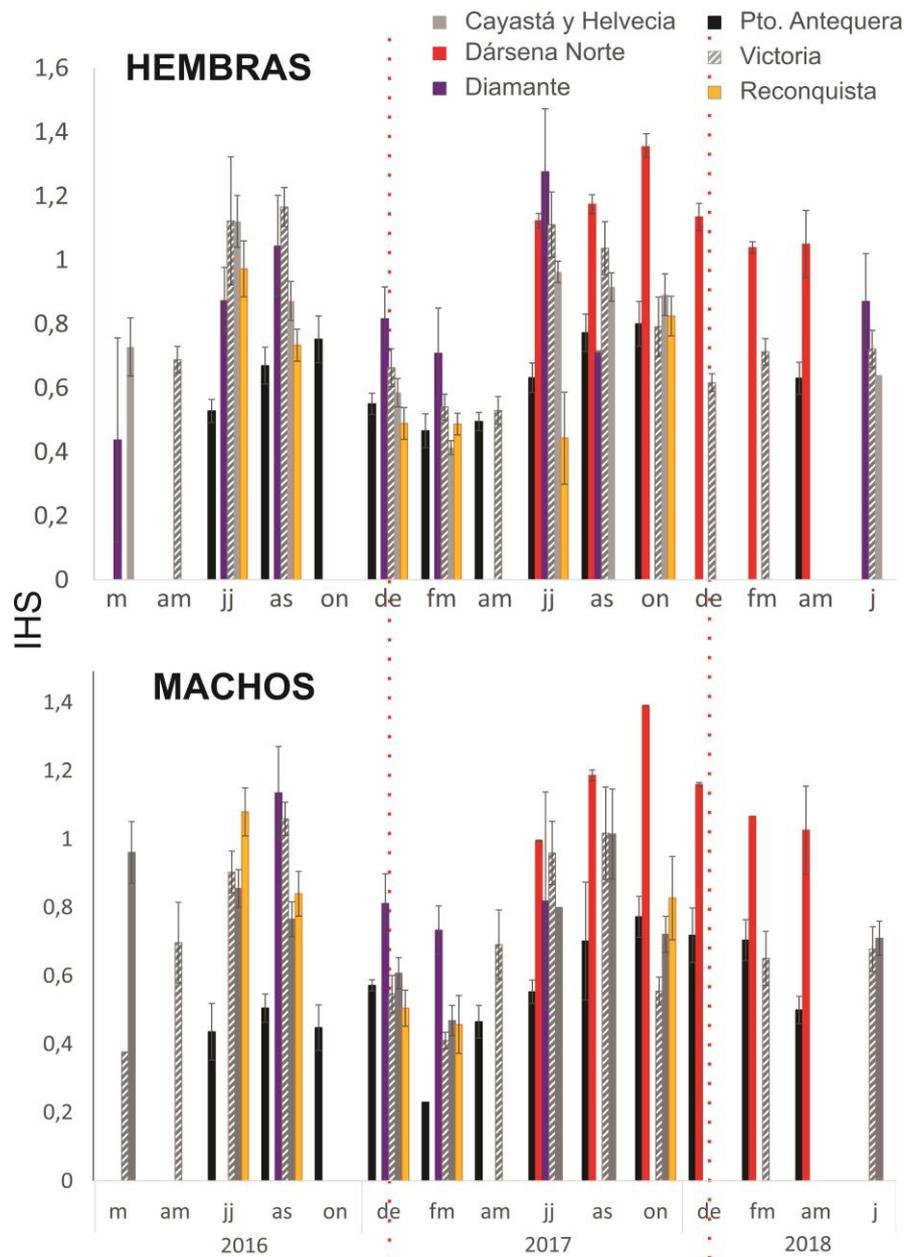


Figura 8: Índice hepatosomático bimensual, desde Marzo de 2016 hasta Junio 2018, en todas las localidades estudiadas, para hembras y machos de *P. lineatus*. Las líneas punteadas en rojo indican cambio de año.

En la figura 9, se analizó en detalle el comportamiento del IGS respecto del IHS y KN para hembras en la localidad de Puerto Antequera, dado que fue en esta localidad donde el IGS mostró un comportamiento cíclico. Puede observarse que ambos índices presentaron un comportamiento inverso, donde a altos valores de IGS se obtuvieron bajos valores de IHS. Asimismo el valor de KN se comporta inverso al IGS acompañando al valor de IHS, encontrándose individuos con mala condición nutricional luego de la puesta. Este índice se mantiene por sobre el valor de referencia (1) pre y post puesta.

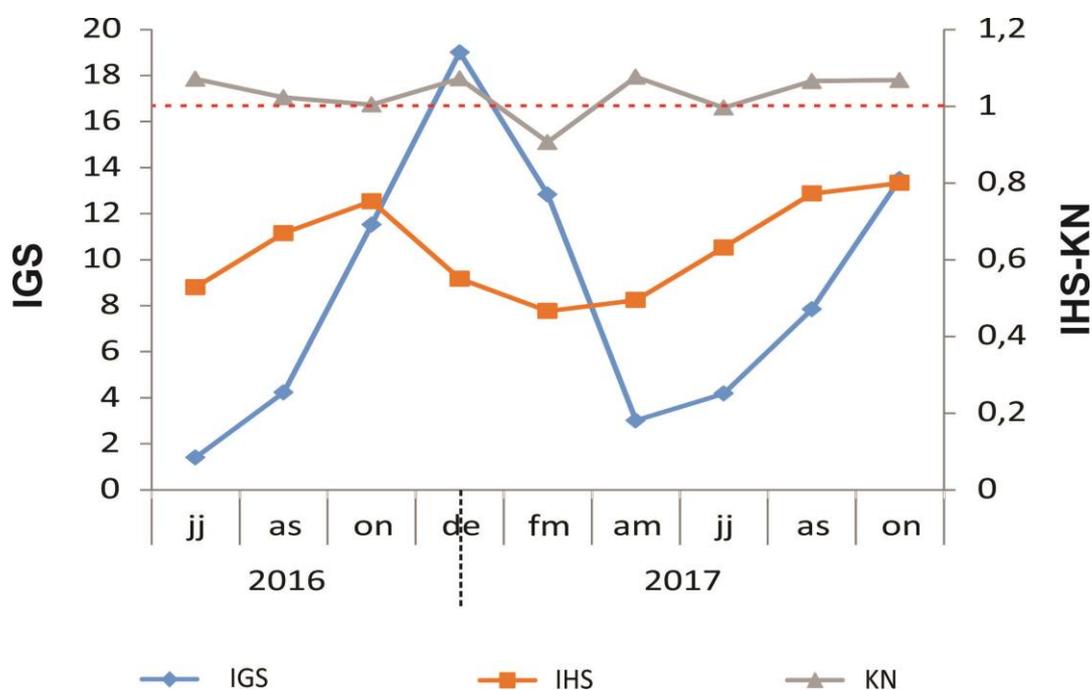


Figura 9: Índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y condición nutricional (KN) bimensual desde Junio 2016 A Julio 2017 en Puerto Antequera, Chaco. La línea punteada roja indica el valor de referencia para el KN.

La observación macroscópica de las gónadas permite determinar en primera instancia el sexo del individuo, así como también aproximar el estado de madurez de cada gónada y detectar anomalías morfológicas. Particularmente en Puerto Antequera se identificaron ejemplares en todas las etapas de la escala de madurez.

Ambas gónadas se ubicaron a lo largo de la cavidad abdominal, por debajo de los riñones, unidos al peritoneo por mesenterios. Sus características cualitativas (color, textura) y cuantitativas (peso, largo) varían según la época reproductiva y estadio de madurez. En la figura 10 se presentan imágenes de ovarios y testículos en distintos estadios de maduración, extraídos de la cavidad abdominal. El tamaño de las mismas varió durante el ciclo reproductivo. A los ovarios en reposo se los observa con una coloración rojiza transparente, con forma aplanada, ocupando aproximadamente 2/3 del largo de la cavidad abdominal. Los testículos se presentan como dos cordones delgados que se ubicaron a lo largo de la cavidad abdominal, con coloración marfil. En ambos casos se presentaron IGS de bajo valor (Figura 10A, B). Permanecerán en esta etapa hasta el comienzo del nuevo ciclo. Al iniciar la maduración se observaron cambios en su morfología. Tanto ovarios como testículos mostraron un aumento en tamaño, viéndose reflejado en el valor del IGS. Los ovarios en desarrollo adquirieron una coloración amarillo/marrón, con la presencia marcada de oocitos en crecimiento. Estos oocitos comenzarán la vitelogénesis, es decir el citoplasma de estos oocitos adquiere paulatinamente vitelo, por lo cual aumentarán su tamaño y cambiarán la coloración a amarillo claro. Los testículos adquirieron un color crema homogéneo a lo largo de la gónada (Figura 10C, D). Las gónadas maduras alcanzaron el mayor tamaño, resultando en un elevado valor de IGS. El ovario se completa con oocitos maduros y su coloración variará del amarillo/marrón al gris. Ocupan casi la totalidad de la cavidad abdominal del individuo desplazando demás órganos. En el caso de los testículos, se los observa anchos y macizos, de color crema (Figura 10E, F). Finalizado el momento reproductivo las gónadas entraron en regresión, y se prepararon para el reposo. Las gónadas se observan flácidas y sanguinolentas, con tamaño disminuido respecto de los maduros. Los ovarios presentaron una coloración amarronada/rojiza con la presencia de oocitos vitelogénicos desordenados y aislados. Los testículos pudieron observarse con coloración crema y/o algo transparentes, y su tamaño fue variando según la etapa de la regresión. Muchas veces se observa una marcada diferencia en el diámetro anterior y posterior, siendo el último el más



ancho. El IGS se asemeja a los valores de gónadas que están madurando o en regeneración (Figura 10G, H).

Muchas veces pueden observarse las gónadas con coloración roja intensa, siendo esto un artefacto de técnica dado que se colorean con la sangre remanente en la cavidad mientras se extraen las vísceras, por tanto se hace más compleja la determinación del estadio madurativo de las gónadas, sobre todo en machos.

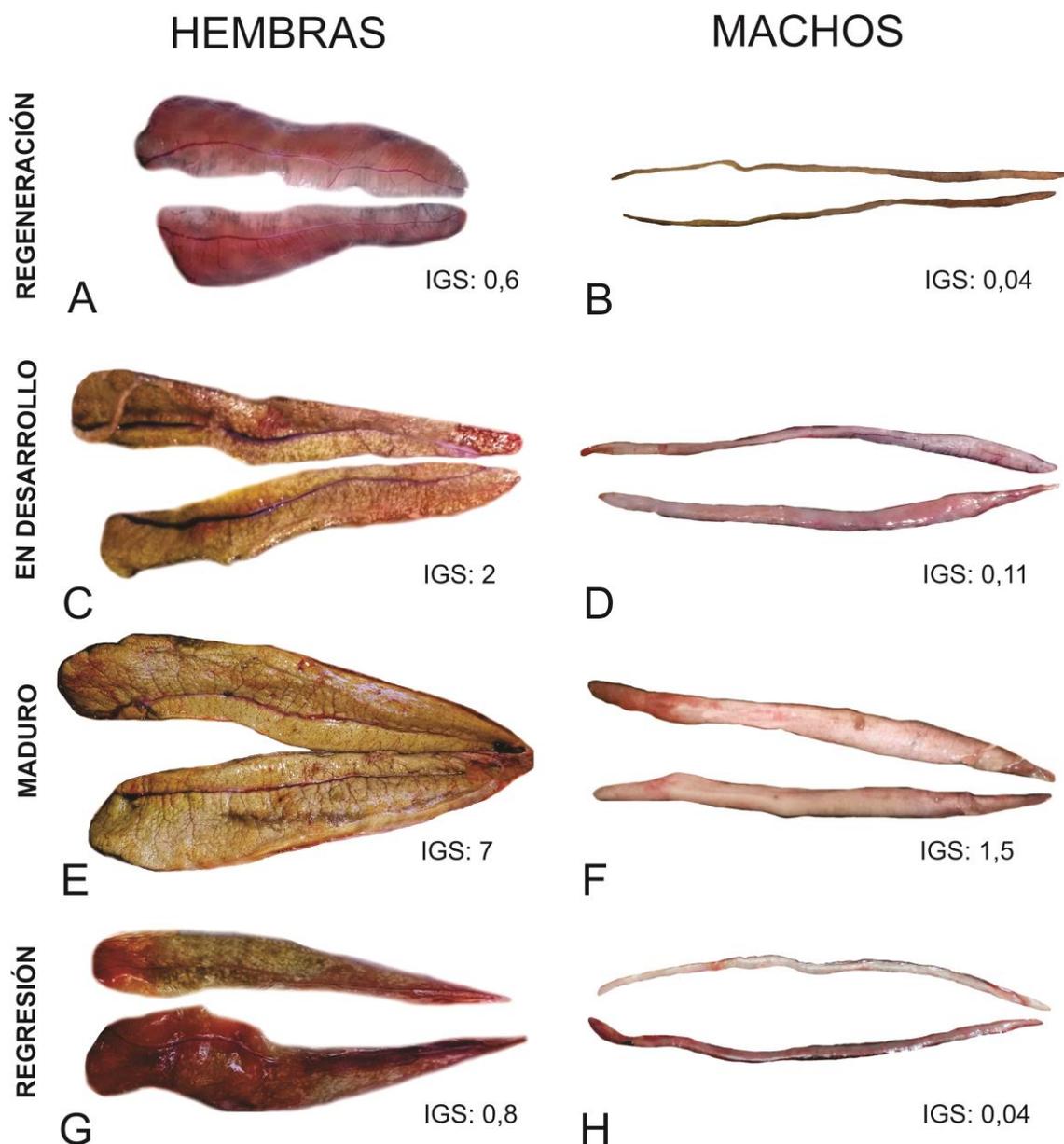


Figura 10: Morfología externa de ovarios y testículos de *P. lineatus* adultos en diferentes estadios de maduración. Se informa el índice gonadosomático asociado a cada gónada.



El análisis microscópico permite observar la estructura interna de ovarios y testículos.

Durante el reposo el ovario de *P. lineatus* presentó oocitos pre-vitelogénicos ubicados en lamelas ováricas (Figura 11A). Estos oocitos junto a las células foliculares que los rodean forman los folículos ovarios. Estos folículos, provenientes del epitelio germinal, protruyen a la cavidad ovárica (Figura 11B), espacio a la cual serán ovulados luego de la maduración.

Los ovarios en desarrollo se caracterizaron por la presencia de oocitos en diferentes etapas de crecimiento. En mayor proporción se encontraron los oocitos pre-vitelogénicos, los cuales comenzaron la vitelogénesis incorporando vitelo en su citoplasma, pasando a ser oocitos en crecimiento secundario o vitelogénicos. En la gónada en desarrollo se puede observar también la presencia de oocitos maduros (Figura 11C, D). El ovario maduro posee mayor proporción de oocitos maduros respecto de oocitos secundarios y primarios. En estos oocitos se distinguió claramente la zona pelúcida rodeando al oocito (Figura 11E, F). Los ovarios retornaron al estado de reposo luego de atravesar la etapa regresiva, permaneciendo en esta etapa hasta el comienzo del nuevo ciclo. En este estadio se pudieron encontrar folículos post ovulatorios, formados por las células foliculares que rodearon al oocito ovulado, así como también pudieron hallarse oocitos en atresia, siendo estos oocitos maduros no ovulados que se degradan y reabsorben (Figura 11G, H).



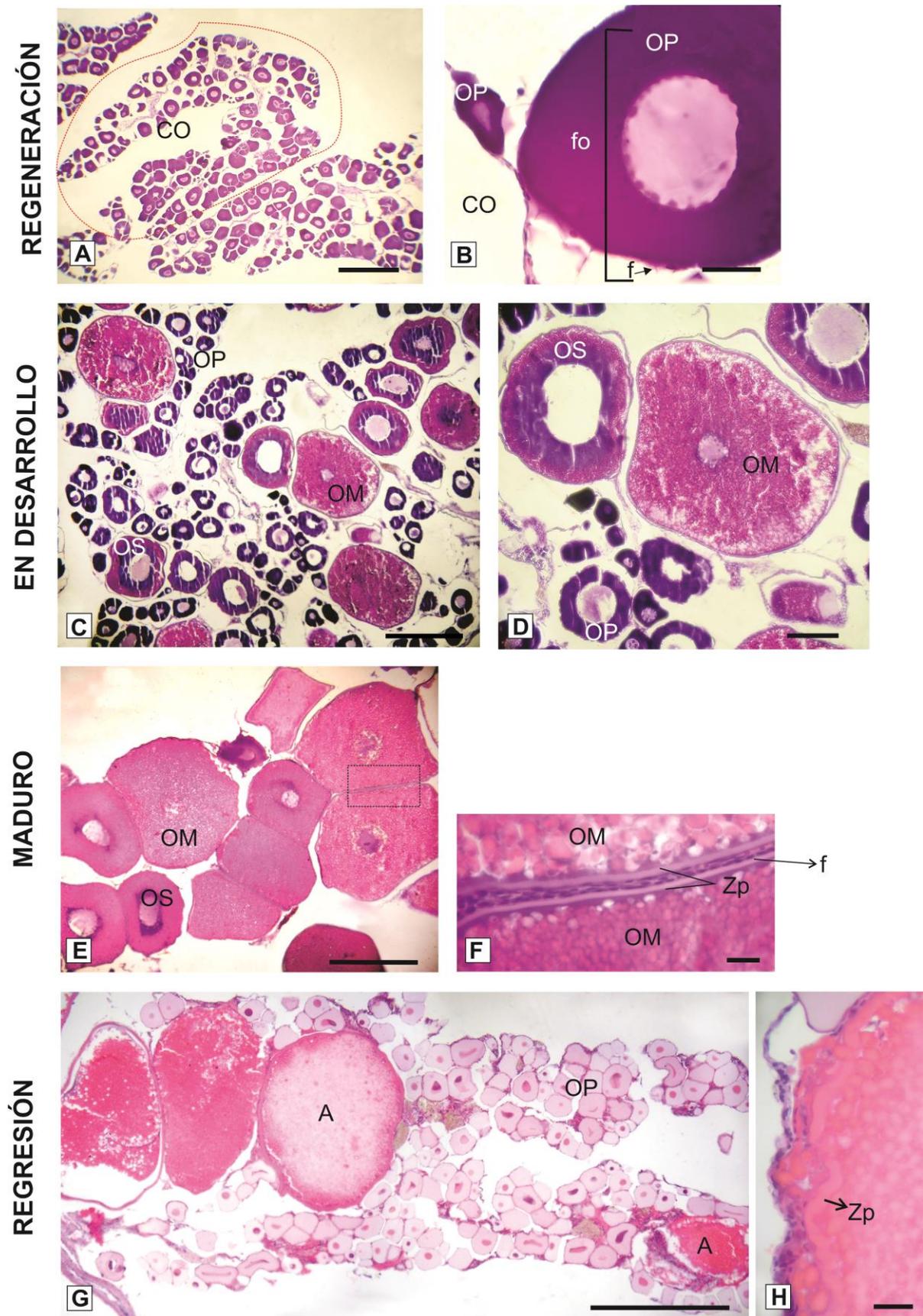


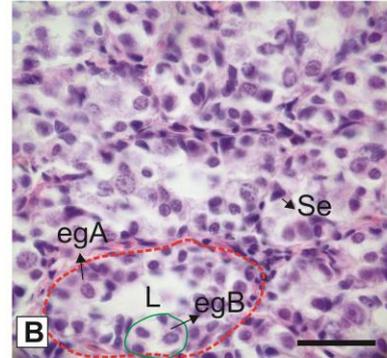
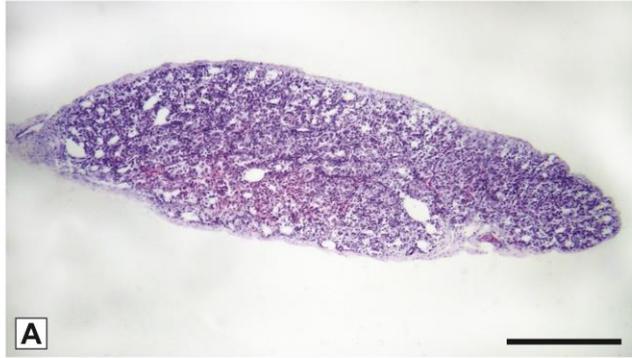
Figura 11: Microfotografías de ovarios de *P. lineatus* en los diferentes estadios de maduración. A) Ovario en regeneración poblado de oocitos en

crecimiento primario. Observar la lamela ovárica encerrada por la línea roja. B) Detalle de folículo ovárico. C-D) Ovarios en desarrollo, con presencia de oocitos primarios y secundarios en distintas etapas de la vitelogénesis. Según la etapa del desarrollo pueden verse oocitos maduros. E) Ovario maduro donde predominan los oocitos maduros. F) Detalle de recuadro de la zona pelúcida de dos oocitos maduros. G) Ovario en regresión con oocitos en atresia. H) Detalle de la zona pelúcida de un oocito en atresia. Observar el plegamiento y fractura de la zona pelúcida. A: oocito en atresia. CO: cavidad ovárica, f: célula folicular, fo: folículo ovárico, OM: oocitos maduros, OP: oocitos en crecimiento primario (previtelogénicos), OS: oocitos en crecimiento secundario (vitelogénicos), Zp: zona pelúcida. Barras (A, C, E, G) = 500 μm , (D) = 200 μm , y (B, F, H) = 25 μm .

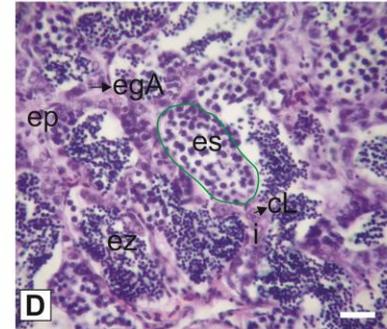
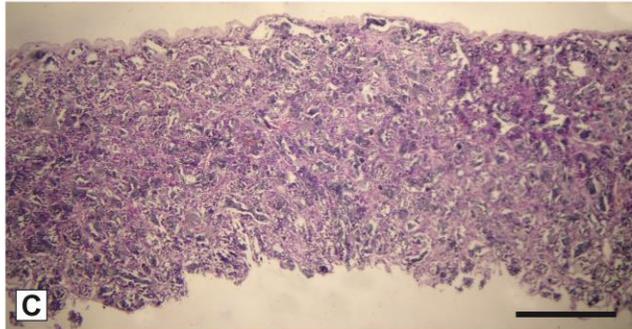
En el caso de testículos en reposo pudo observarse en los lóbulos testiculares espermatogonias A, y espermatogonias B las cuales se encontraron rodeadas por células de Sertoli formando los cistos testiculares. El lumen del lóbulo se encontró libre de contenido (Figura 12A, B). La gónada en maduración o en desarrollo posee cistos en diferentes etapas de la espermatogénesis. Dentro de cada cisto, las células se encontraron en el mismo estadio madurativo. En algunos casos se observa la aparición de esperma en el lumen del lóbulo testicular (Figura 12C, D). A su vez, se observan células de Leydig en el intersticio entre los lóbulos testiculares (Figura 12D). Los testículos maduros se presentaron con espermatozoides en la luz de cada lóbulo, los cuales se anastomosaron formando grandes lagunas de esperma. Se observa intersticio entre lóbulos testiculares (Figura 12E, F). El retorno al estadio de reposo ocurrió previa regresión de la gónada. En la regresión muchos lóbulos han evacuado todo su contenido, pudiendo encontrarse algunos de ellos con el lumen vacío o con restos de espermatozoides. En este estadio también se apreció un desarreglo a nivel de los cistos y del intersticio (Figura 12G, H).



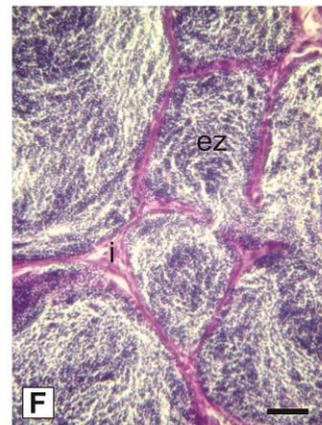
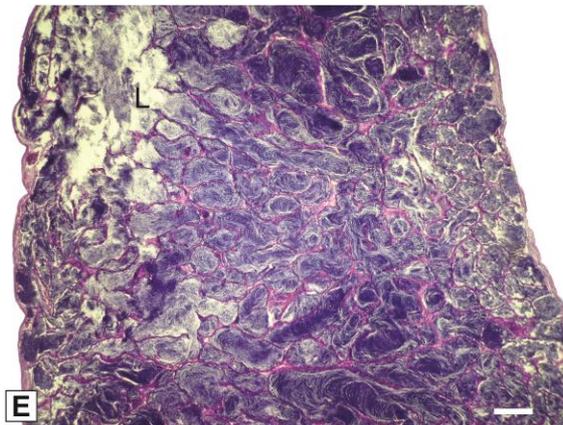
REGENERACIÓN



EN DESARROLLO



MADURO



REGRESIÓN

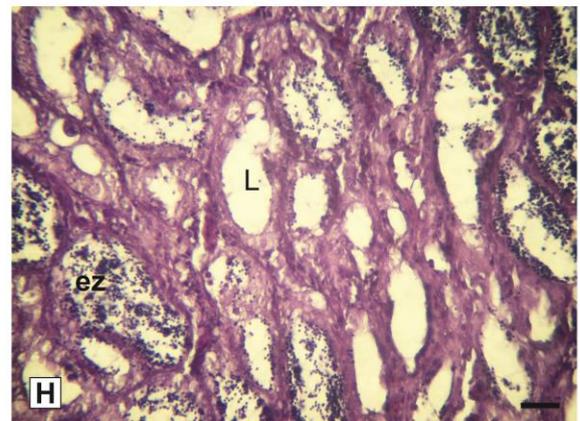
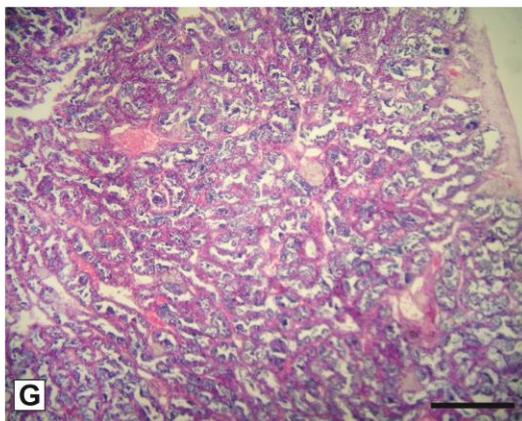


Figura 12: Microfotografías de testículos de *P. lineatus* en los diferentes estadios de maduración. A-B) Testículos en regeneración. C-D) Testículos en desarrollo. E-F) Testículos maduros donde predominan los espermatozoides.



G-H) Testículos en regresión. cL: célula de Leydig, egA: espermatogonia A, egB: espermatogonia B, ep: espermatozoides primario, es: espermatozoides secundario, ez: espermatozoides, i: intersticio, L: lumen del lóbulo, Se: célula de Sertoli. Línea roja: lóbulo seminífero, Línea verde: cisto con células germinales. Barras (A, C, E, G) = 300 μm , (F) = 100 μm y (B, D, H) = 25 μm .

DISCUSIÓN

Los peces que habitan los ríos de agua dulce se ven afectados por la dinámica hidrológica de los mismos, pudiendo desarrollar flexibilidad en cuanto al ambiente donde ocurren las distintas fases de su ciclo de vida. Para maximizar el éxito reproductivo, un individuo debe repartir sus recursos energéticos adecuadamente y debe procurar que su descendencia nazca en las condiciones medioambientales adecuadas, es por ello que en muchas especies de peces de río se observa estacionalidad en la puesta.

La determinación de la proporción de sexos y de la secuencia de cambios en el estadio de madurez gonadal es relevante a la hora de entender la biología general de un stock que está siendo explotado. La proporción sexual otorga datos importantes sobre la estructura y dinámica de las poblaciones de peces, así como de la situación poblacional de una determinada especie. García *et al.* (2004) y Vazzoler (1996) afirman que la proporción sexual puede ser alterada por la mortalidad específica según el tamaño de uno de los sexos. En el presente trabajo se observó un predominio de machos en tallas bajas, siendo inversa la proporción hacia mayores largos. Este mismo fenómeno fue reportado para *P. lineatus* por Espinach Ros y Sánchez (2007) y Espinach Ros y col. (2012). Nikolsky (1963) atribuyó las variaciones en las proporciones sexuales en una misma especie a factores ambientales diversos pero principalmente a los de orden nutricional y alimenticio y que, condiciones óptimas de oferta de alimento, influyen en una mayor proporción de hembras (Arias *et al.*, 2004). Silva & Stewart (2017) observaron la misma relación para *Prochilodus nigricans* siendo las hembras de mayores tamaños que los machos. Estos hallazgos concuerdan con Godinho (2007) quien describió que las hembras de especies migradoras suelen ser más largas en relación a los machos.



Asimismo, Gomiero & Braga (2007) afirman que el dimorfismo sexual está relacionado al tamaño, con hembras mayores que los machos, siendo esto frecuente entre los Characiformes y Siluriformes, pudiendo estar relacionado a las estrategias reproductivas (Agostinho y Julio Junior, 1999). El factor de condición evalúa el estado nutricional de los individuos en diferentes hábitats (Hossain *et al.*, 2012) y puede variar según la estación del año dado que se ve afectado por las condiciones ambientales (Ajayi, 1982). En el presente trabajo, Puerto Antequera fue la única localidad que mostró variación notable en el índice, donde los individuos en momento reproductivo poseyeron mala condición nutricional, atribuible al estrés fisiológico que atraviesan los individuos durante esta etapa, destinando gran parte de su energía a este proceso (Eke *et al.*, 2017). Los individuos recomponen su condición nutricional cuando comienza la temporada de alimentación, post reproducción (Holopainen *et al.*, 1997).

El sábalo es una especie gonocórica, es decir de sexos separados, que alcanza la madurez sexual alrededor de los dos años de vida. A su vez es un desovante total, comenzando la maduración antes de la migración reproductiva (Sverlij y cols., 1993). Este proceso es estimulado por factores tales como la temperatura y el fotoperiodo, en tanto que las inundaciones inducen el desove (Vazzoler, 1996; Vicentin y col., 2012). La mayoría de las especies de peces atraviesan ciclos reproductivos y la variación en el tamaño gonadal se observa durante el transcurso del ciclo (Sadekarpawar & Parikh, 2013). Por ello, el índice gonadosomático ha sido utilizado para determinar madurez sexual, como respuesta a dinámicas ambientales (Araujo *et al.*, 2016). En este estudio, el periodo de actividad reproductiva para *P. lineatus* fue evidenciado principalmente en las hembras según el comportamiento del IGS y la histología de las gónadas, ocurriendo una mayor inversión en la reproducción desde Agosto a Febrero, coincidiendo con lo descrito en trabajos previos por da Rocha Perini (2013), Espinach Ros y Sanchez (2007), Tablado y col. (1988), Telichevsky y col. (1987), Terraes y col. (1999), Vicentin y col. (2012) en diversos puntos de la cuenca. El comportamiento cíclico de la gónada ocurrió principalmente en la localidad de Puerto Antequera-Chaco a lo largo de los periodos de muestreo, donde se capturaron la mayoría de los individuos maduros, coincidiendo con un alza en



el nivel hidrométrico del río. A diferencia de las demás zonas evaluadas, en esta localidad se obtuvieron los individuos en aguas abiertas, en el canal principal del río. Este comportamiento fue descrito por otros autores (ver Espinach Ros y Sánchez, 2007; Sverlij y cols., 1993), en concordancia con el comportamiento de las especies migradoras que desovan en aguas abiertas permitiendo la dispersión de huevos y larvas a las áreas de cría del valle. En los demás sitios de muestreo, donde la pesca fue realizada en la planicie de inundación se hallaron principalmente animales en reposo o en regresión, siendo estos ambientes de crecimiento y alimentación el lugar al que acceden los individuos fuera de la temporada reproductiva (Gneri y Angelescu, 1951; Godoy, 1972). Peculiarmente se observó que cierto grupo de individuos, aun siendo aptos, saltean una temporada reproductiva, permaneciendo ese tiempo en las áreas de crecimiento. Folkvord *et al.* (2014) proponen que el saltarse una temporada de puesta podría deberse a una estrategia de vida adoptada por ciertos individuos, los cuales pudieron estar expuestos a pobres condiciones de alimentación, por ende insuficiente acumulación de energía necesaria para la maduración de la gónada (Rideout *et al.* 2005), con el objeto de invertir toda la energía en crecer otorgando mayor ganancia a la fecundidad futura (Folkvord *et al.*, 2014). Sería de interés determinar si todos los individuos maduros se reproducen de manera anual o si según las características ambientales pueden dejar pasar una temporada en pos de una mejor condición fisiológica y/o ambiental para afrontar la reproducción. Una vez en condiciones, los desplazamientos del sábalo estarían entonces relacionados con el pasaje desde las áreas de reproducción a las de alimentación, y viceversa. Asimismo se ha observado un fenómeno antes descrito para *P. lineatus* en el Paraná medio por Telichevsky y col. (1987), quienes detectaron que dentro de una misma franja temporal, en el mismo sitio de muestreo, tanto machos como hembras presentan diversos estadios de maduración gonadal. Estos investigadores, así como también Fallows (1987) y Espinach Ros y col. (2007) describen los eventos como asincronismo en los estadios de maduración.

La importancia de la asignación de energía a la reproducción puede asimismo evidenciarse en la variación en el índice hepatosomático (García Díaz *et al.*, 2006). Condiciones somáticas pobres durante la temporada de



puesta es común en muchas especies de peces, y da indicios de que el crecimiento somático está limitado por el desarrollo de las gónadas. Una baja en la condición del índice ha sido descrito como la depresión de las reservas del cuerpo durante la maduración gonadal (Pena-Mendoza *et al.*, 2005). Este comportamiento del índice fue observado en hembras de *P. lineatus* con valores bajos para el IHS durante el periodo reproductivo, principalmente en P. Antequera, donde se da un aumento del índice gonadosomático. Guraya (1994) y Barbieri *et al.* (1996), explican que la caída del valor del IHS inmediatamente antes del aumento del IGS en hembras, se debe al aumento de la actividad hepática por efecto de la mayor demanda de vitelo de los oocitos en crecimiento.

En este trabajo se pudo determinar uno de los sitios, así como el momento del año, más probable donde ocurriría la reproducción en una de las especies de peces de agua dulce de mayor importancia económica en Argentina. Trabajos previos han estudiado esta especie y su ciclo de maduración gonadal en otros puntos, coincidiendo con lo descrito en este trabajo. Sin embargo, sería de interés el ampliar los conocimientos reproductivos de la misma continuando con este tipo de estudios, donde se comparen, entre otras cosas, diferentes sitios en una misma latitud, buscando interpretar cuales son los puntos estratégicos para la reproducción de esta especie. Por ello se torna necesario mantener programas de monitoreo frecuentes donde se evalúen diversos parámetros reproductivos a lo largo del año.

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo prestaron colaboración el Dr. Colautti Dario, el Lic. Balboni Leandro, el Lic. Arrieta Pablo, el Lic. Liotta Jorge, el Lic. Picotti Gustavo, el Lic. Lozano Ismael, el Sr. Salva Javier y la Sra. Giussi Bibiana de la ex Dir. de Pesca Continental, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Asimismo participó del proyecto la Dra. Lo Nostro Fabiana, poniendo a disposición todo el equipamiento para histología del Laboratorio de Ecotoxicología Acuática, Depto. Biodiversidad y Biología Experimental, Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada, FCEyN, CONICET, UBA. Participó de la



toma de muestras, el Sr. Behr Leonardo perteneciente a la localidad de Puerto Antequera, en la provincia de Chaco, Dpto. de Fauna; Dir. de Fauna y Áreas Naturales Protegidas; Subsecretaria de Recursos Naturales. Se agradece al Ministerio de Agroindustria por la disposición de recursos materiales y logísticos para poder llevar a cabo este proyecto.

REFERENCIAS

Adeyemi, S. O. (2010). Fishery Ecology of Gbedikere Lake in Kogi State, Nigeria. Ph.D thesis Department of Biological Sciences, Benue State University, Makurdi, pp: 217.

Agostinho, A. A. y Julio Junior, H. F. (1999). Peixes da bacia do alto Paraná. In.: Lowe-McConnell R. H. (ed.). Estudos ecológicos de comunidade de peixes tropicais. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo p. 374-399.

Ajayi, T. (1982). The age and growth of the tongue sole, *Cynolossus canariensis* (stend 1982). In: Proceedings of the 2nd Annual conference of the Fisheries Society of Nigeria (FISON) New Bush source, pp: 219

Anderson, R.O., Neumann, R.M. (1996). Length, Weight, and Associated Structural Indices, Pp. 447-481. In: Murphy B.E. and Willis D.W. (eds.) Fisheries Techniques, second edition. American Fisheries Society.

Araújo, F. G., Morado, C. N., Parente, T. T. E., Paumgarten, F. J. R., & Gomes, I. D. (2018). Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (*Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 78(2): 351-359. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.167209>.

Arias, C. J. A., Zaniboni-Filho, E., Pardo-Carrasco, S.C., Vásquez, T. W. & Atencio-García, V. J. (2004). Breeding and domesticating *Brycon siebenthalae* females for reproduction. *Acta Scientiarum Animal Science*. Maringá. 262: 159-163.

Bankole, N.O., Sule, O.D., Okwundu, E.C., Umoru, I. & Balogun I. (1994). Preliminary investigation on the frame and catch assessment survey of Kainji Lake, New Bussa Niger State. N.I.F.F.R. Annual report. 134-147.

Barbieri, G., Hartz, S. M. y Verani, J. R. (1996). O fator de condição e índice hepatossomático como indicadores do período de desova de *Astyanax fasciatus* da represa do Lobo, São Paulo (Osteichthyes, Characidae). *Iheringia Serie Zoology*. 81:97-100.

Bazzoli, N. (2003). Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial do rio São Francisco na região de Pirapora, p. 285-300. In: H.P. GODINHO & A.L. GODINHO (Eds). Águas, peixes e pesca no São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, PADCT/CNPq, Ed. PUC Minas Gerais, 438p.

Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D.M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J. & Lowerre-Barbieri, S. K. (2011). A Standardized Terminology for Describing Reproductive



Development in Fishes, Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science. 3 (1): 52-70. dx.doi.org/10.1080/19425120.2011.555724.

Da Rocha Perini, V. (2013). Biología reproductiva e estructura populacional de *Prochilodus lineatus* em um remanescente lótico Da Bacia Do Rio Grande. Universidade Federal De Minas Gerais. Instituto De Ciências Biológicas. Tese De Doutorado. 74pp.

Eke, F. N., Odo, G.E., Agwu, J.E., Anya, C.B. (2017). Fecundity and Condition Factor of *Clarias anguillaris* of Oguta Lake, Nigeria. Fish Aqua J. 8:4. DOI: 10.4172/2150-3508.1000229

Escobar, E., Regidor, H. A., Iwaszkiw, J., Mosa, S G. (2011). Análisis comparativo de la fecundidad del Sábalo *Prochilodus lineatus* en ambientes Lóticos y Lénticos de la Argentina
AquaTIC,. 34: 1-11.

Espinach Ros, A. y Fuentes, C. (2000). Recursos pesqueros y pesquerías de la cuenca del plata. Pp. 353-388. In: S. Bezzi, R. Akselman & E. Boschi (Eds.). Síntesis del Estado de las
Pesquerías Marítimas Argentinas y de la Cuenca del Plata. Mar del Plata, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero-INIDEP.

Espinach Ros, A., Sánchez, R. P. (eds.). (2007). Serie Pesca y Acuicultura: Estudios e investigaciones aplicadas, SAGPyA, Buenos Aires, Argentina, nº 1, pp. 80.

Espinach Ros, A., Dománico, A., Demonte, D., Del Barco, D., Cordiviola, E., Campana, M., Colautti, D., Fernández, R., Velazco, A. y Mantinian, J. (2012). Tercer informe: evaluación del recurso sábalo (*Prochilodus lineatus*) en el río Paraná. Periodo 2008 – 2011. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 45 pp.

Fallows, J.A. (1987). Some biological features of the río Pilcomayo sábalo, *Prochilodus platensis*. O.D.A. Internal Publication, Trinidad, Bolivia.

Folkvord, A., Jørgensen, C., Korsbrekke, K., Nash, R. D. M., Nilsen, T. and Skjæraasen, J. E. (2014). Trade-offs between growth and reproduction in wild Atlantic cod. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 71: 1106–1112. dx.doi.org/10.1139/cjfas-2013-0600

Fraser, K. W. (1985). Effect of storage in formalin on organ weights of rabbits, New Zealand Journal of Zoology. 12 (2): 169-174. DOI: 10.1080/03014223.1985.10428276.

Garcia-Diaz, M., González, J.A., Lorente, M.J. & Tuset, V.M. (2006). Spawning season, maturity sizes and fecundity in Hacktail Comber (*Serranus atricauda*). Fisheries Bulletin. 104:159–166.

Garcia, A. M., Vieira, J. P., Winemiller, K.O. & Raseira, M.B. (2004). Reproductive cycle and spational temporal variation in abundance of the one-sided livebear *Jenynsia multidentata*, in Patos Lagos, Brazil. Hydrobiologia. 515:39-48.
<http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000027316.59258.a0>



Gneri, F.S. y Angelescu, V. (1951). La nutrición de los peces iliòfagos en relación con el metabolismo general del ambiente acuático. Revista del instituto Nacional de Investigaciones en Ciencias Naturales, Zoología. 11:1-44.

Godinho, H.P. (2007).Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas a aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte. 31(3):351-360.

Godoy, M.P. (1972). Brazilian tagging experiments, fishes migration, and upper Paraná river basin eco-system. Revista Brasileira de Biologia. 32: 473-485.

Gomiero, L. M., Braga, F. M. S. (2007). Reproduction of a fish assemblage in the state of São Paulo, southeastern Brazil. Brazilian Journal of Biology, São Carlos. 67(2): 283-292.

Gosso, M. C., Iwaskiw, J. M. (1990). Estudios de la reproducción de peces en el río Paraná, Entre Ríos, Argentina: I. Sábalo, *Prochilodus lineatus*. En: Resúmenes 3° Congresso Brasileiro de Limnología, Porto Alegre, 191 p.

Grier, H. J. (1981). Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. Amer. Zool. 21:345–357.

Grier, H.J. & Uribe-Aranzábal, M. C. (2009). The testes and spermatogenesis in teleosts. Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes), volume 8A. BGM Jameson editor. In Science publishers, Enfield, New Hampshire. p. 119-142.

Guraya, S. S. (1994). Gonadal development and production of gametes in fish. Procidures Indian Natural Science Academy B60. 1:15-32

Hainfellner, P., de Souza, T.G., Nascimento, T. S. R., Freitas, G. A., Batlouni, S. R. (2011). Heterogeneous distribution of oocytes in the ovaries of *Prochilodus lineatus*. Proceedings of 9th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, Cochin, India. Indian J. Sci. Technol., 9th ISRPF Issue 4.

Holopainen, I. J., Tonn, W. M., Paszkowski, C. A. (1997). "Tales of two fish: The dichotomous biology of crucian carp (*Carassius carassius* (L.)) in northern Europe," *Annales Zoologici Fennici*. 34 (1): 1–22.

Hossain, M.Y., Rahman, M.M., Jewel, M.A.S., Ahmed, Z.F., Ahmed, F., Fulanda, B., Abdallah, E.M., Ohtomi, J. (2012). Conditions and form-factor of the five threatened fishes from the Jamuna (Brahmaputra River distributary) river, Northern Bangladesh. *Sains Malays*. 41, 671–678.

Junk, W.J., Soares, M.G.M. & Saint-Paul, U. (1997). The fish. The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system. Berlin. In: Junk WJ, editor. Springer-Verlag. p.385-408.

Llamazares Vegh, S., Lozano, I.E. y Dománico, A. A. (2014). Technical contribution Length–weight, length–length relationships and length at first maturity of fish species from the Parana and Uruguay rivers, Argentina. *Journal of Applied Ichthyology*. 1–3.

Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20: 201-219.



Lowerre-Barbieri, S. K., Brown-Peterson, N. J., Murua, H., Tomkiewicz, J., Wyanski, D. M. & Saborido-Rey, F. (2011). Emerging Issues and Methodological Advances in Fisheries Reproductive Biology. *Marine and Coastal Fisheries*. 3: 32–51. doi:10.1080/19425120.2011.555725

Muchlisin, Z. A. (2014). A General Overview on Some Aspects of Fish Reproduction. *Aceh International Journal of Science & Technology*. 3(1): 43-52. doi: 10.13170/AIJST.0301.05.

Nikolsky, J. G. V. (1963) . The Ecology of Fishes. Academic Press Journal, London. 352 p

Oldani, N.O., Oliveros, O. V., (1984). Estudios limnológicos de una sección transversal del tramo medio del río Paraná: dinámica temporal de peces de importancia económica. *Rev.Asoc.Cienc.Nat.Litoral*, 15: 175-183.

Pena-Mendoza, B., Gomez- Marquez, J.L., Salgado-Ugarte, L.H. & Ramirez-Noguera, D. (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata Dam, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 53(3-4): 515-522.

Picotti, G. C. (2014). Escala de referencia macroscópica para estadios de madurez sexual en peces de importancia comercial. Informe Preliminar. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As., Informe Técnico nº 12: 1-13.

http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/pesca_continental/index.php

Picotti, G.C., Telichevsky de Folguera, S. (1989). Estudio comparativo de la fecundidad del sábalo (*Prochilodus platensis holmberg* 1889), del río Paraná en las áreas de Bella Vista y Rosario. Instituto Nacional De Investigación Y Desarrollo Pesquero. 10 p.

Pignalberi, C. (1965). Evolución de las gonadas en *Prochilodus platensis* y ensayo de clasificación de los estados sexuales (Pisces, Characidae). *Ann.!! Con gr. Latino Am. Zoo!.*, São Paulo, 2:203-208.

Poulsen, A. F., Ouch, P., Sintavong, V., Ubolratana, S. & Nguyen, T. T. (2002). Fish migrations of the Lower Mekong River Basin: implications for development, planning and environmental management. MRC Technical Paper No.8, Phnom Penh. p. 62

Rideout, R. M., Rose, G. A. and Burton, M. P. M. (2005). Skipped spawning in female iteroparous fishes. *Fish and Fisheries* 6:50–72.

Silva, E. A., & Stewart, D. J. (2017). Reproduction, feeding and migration patterns of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in northeastern Ecuador. *Neotropical Ichthyology*, 15(3): e160171. doi: 10.1590/1982-0224-20160171

Sadekarpawar, S. & Parikh, P. (2013). Gonadosomatic and Hepatosomatic indices of freshwater fish world. *Journal of Zoology*. 8(1): 110-118.

Sverlij, S.B., Espinach Ros, A. y Orti, G. (1993). Sinopsis de los datos biológicos y pesqueros del sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847). FAO Sinopsis sobre la Pesca, No.154. Roma, FAO. p. 64.



Tablado, A., Oldani, N., Ulibarrie L., y Pignalberi de Hassan, C. (1988). Dinámica temporal de la taxocenosis de peces en una laguna del valle aluvial del río Paraná (Argentina). *Revista Hydrobiologia Tropical*. 21(4):335-348.

Telichevsky, S., Fortuny, A. y Picotti, G. (1987). Biología reproductiva del sábalo *Prochilodus platensis* Holmberg, del río Paraná en el área de Bella Vista. In *forme Convenio Aguay Energía Eléctrica-INIDEP*, p.17.

Terraes, J.C., Bechara, J.A., Roux, J.P., Flores Quintana, C., Domitrovic, H.A. y Sanchez, S. (1999). Ciclos reproductivos del sábalo (*Prochilodus lineatus*) y de la sardina de río (*Hemiodus orthonops*) (Pisces, Characiformes) en el río Paraná aguas debajo de la represa de Yacyretá, Argentina. *Revista de Ictiología* 7(num. Especial): 91-104.

Vazzoler, A.E.M. (1996). *Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM/Nupélia. p. 116.

Vicentin, W., Simões Rocha, A., Rondon, P. L., dos Santos Costa, F. E. y Rondon Suárez, Y. (2012). Parâmetros populacionais, período reprodutivo e crescimento de *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) na cabeceira do rio Miranda, alto rio Paraguai. *Oecologia Australis*. 16(4): 891-904. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.12>

West, G. (1990). Methods of assessing ovarian development in fishes-a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41:199–222.

Este trabajo puede ser citado como sigue:

Piazza, Y. G. 2021. “**Estadios de maduración gonadal de *Prochilodus lineatus* (Sábalo) en el río Paraná y el Río De La Plata.**”. Coordinación de Pesca Continental, Dirección de Planificación Pesquera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As., Informe Técnico n° 60, 36 pp. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_continental/informes/baja/index.php





Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina