

Summary

Sábalo (*Prochilodus lineatus*) is the most abundant fishery resource in the Argentine lower Río de la Plata basin, where the species plays a key ecological role. The capacity of sábalo to feed on organic detritus embedded in sediments (the main source of organic material of this ecosystem) and its successful reproductive strategy closely adapted to the natural regime of flood pulses of the system are two adaptations that largely explain the predominance in abundance of this resource over other fish species of the area. Conversely these same adaptations make sábalo particularly vulnerable to growing man-induced environmental alterations.

Large-scale sábalo fishery began in mid 1930's, with the development of plants for the elaboration of oil and fish-meal. Between 1982 and 1984 exports of frozen sábalo reached 10,738 tons. Following the decline of the fish-meal industry (at present non-existent), exports were again reactivated during the 1990's causing sábalo catches to rise at unprecedented levels.

From 1994 to 2004 gutted sábalo exports rose from 2,785 tons to 32,000 tons, equivalent to 3,133 and 36,000 tons whole fish respectively, placing sábalo among the most important fish exports of Argentina. This rise was accompanied by a reduction in the mean size of fish captured, due to an increase in fishing effort and a gradual decrease of mesh sizes employed. The main development of the fishery took place in the delta of Entre Ríos and in the alluvial valley on the right margin of the Paraná River in the Province of Santa Fe.

Most likely the high levels of catches recorded in the fishery over the last years cannot be maintained in the long term, since they implied the removal of an important fraction of accumulated population biomass, taken out during a period of transition towards progressively higher levels of fishing effort, expansion of the fishing grounds and reduction of the mean size of captured fish.

As a result of the above mentioned circumstances, and taking into account the growing public concern and the lack of adequate information on this resource, the Comisión de Pesca Continental of the Consejo Federal Agropecuario approved the activities herein reported as a first stage of a project aiming at the sustainable application of an ecosystem approach to the management of this fishery, with the participation of the Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación, competent institutions of the Provinces of Entre Ríos and Santa Fe, the Instituto Nacional de Limnología, the Universidad Nacional del Litoral and the Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero.

The first annual investigation consisting of five surveys carried out in the main fishing grounds, has been completed. The objective of this investigation was to obtain information relevant to the design of management measures of immediate application.

The analysis of length distributions in the catch, shows a clear decrease in mean size, from 48 cm total length in the 1995 commercial fishery to 42 cm in 2006. Furthermore, a very low frequency of specimens over 49 cm ("megaspawners") was recorded, alongside the absence of individuals from the reproductive seasons 2003-2004 and 2005-2006 in the samples analyzed. This situation, corroborated by age determinations, indicates recruitment failures probably caused by unfavorable hydrological conditions. Conversely, the annual class from the 2004-2005 period, that underwent more favorable situations (the river crested over flood levels in spring and summer, water remained in the alluvial valley over a longer period) was amply

represented in samples, although its contribution to the exploited stock must be assessed in the future.

A tentative estimate of relative numbers for each year class was calculated by means of age determination through identification of growth rings in scales and size distributions corrected by effort and selectivity. A total mortality rate (Z) was estimated at 1.26 year^{-1} by the decline in the abundance of fully exploited year-classes, although high levels of uncertainty are acknowledged due to probable variations in recruitment that cannot be compensated due to the low number of year classes involved, and aging inaccuracies. Natural mortality calculated by Pauly's (1980) empirical regression was 0.41 year^{-1} , which yields a fishing mortality of 0.85 year^{-1} , equivalent to a yearly exploitation rate (fraction of fish present at the beginning of the year that is caught in the course of the year) of about 48%.

Preliminary results from studies on sábalo reproduction indicate that size at first maturity is 30 cm (total length) for males and 35.6 cm for females, whereas size at first capture was estimated at 38 cm- from samplings of commercial fishing

According to Beverton and Holt (1957) yield per recruit model, if this size at first capture is maintained, the exploitation rate in equilibrium could increase, resulting in a rise in yield. However the corresponding reproductive potential, estimated by the rate of spawning potential per recruit (SPR) derived from estimates of mortality, growth and reproduction, falls into an alert zone, below 30%, and a small increment in the exploitation rate could shift it to risk levels below 20%. The reduction of size at first capture, as a result of a generalized use of the 120 mm mesh size, could lead to recruitment overfishing. The use of 100 mm mesh-size could additionally cause growth overfishing. Mesh sizes of about 140-145 mm allow reasonable long-term yields with levels of SPR above 30%.

Taking into account the high degree of uncertainty associated to these estimates and the observed tendency to increasing fishing effort and reduction of mesh sizes, ***the situation of the fishery must be considered as risky.***

The confirmation of the repeated recruitment failures shown in samples would aggravate this scenario. The low river flows recorded in spring 2006 may affect reproduction also during the present spawning season, which, at best, would be limited to the summer peak if the necessary increase in water level takes place.

In view of the present situation, it is necessary to adopt a severe precautionary approach, in order to avoid overfishing now and maintain the resource in optimum sustainable yield levels in the future. The following management measures are recommended: ***i) drastical reduction or moratorium of commercial fishing at least during the summer 2006-2007, to avoid massive catch of spawners, that could become more vulnerable if the water level increases and the reproductive activity is triggered; ii) on the basis of a precautionary approach, and taking into account historical catch levels, establish a total allowable catch (TAC) for 2007 at about 10,000-15,000 t; iii) establish a size at first capture not lower than 42 cm total length, by the use of mesh-sizes of at least 14.5 cm between opposite knots (7.25 cm bar); iv) avoid the use of trammel-nets or "three-layer nets"; and v) study the possibility of enlarging the system of protected areas.***

The TAC as well as the other recommended measures could be reviewed as a result of future surveys or in case more accurate estimates of the population parameters and the structure of the stock become available.

The future development of this project foresees the incorporation of new activities to comply with the objective of attaining sustainability under an ecosystem approach to the management of this fishery that harmonically contemplates the interests of all users of this resource. On these grounds, the design of the second stage of this investigation will continue and deepen on-going activities, incorporate a more efficient methodology for the collection of data from different fields (fishery biology, economics, social, environmental, etc.) needed for the management of the fishery, the identification of population or subpopulation units, the analysis of the effects of environmental variables on recruitment, the monitoring of pre-recruits, the identification of areas to be protected and the assessment of the incidence of the sábalo fishery on untargeted species and on other uses of the fish resources.

Indice

Summary	1
1. Resumen	X
2. Antecedentes	X
2.1. Sobre la especie	X
2.2. La pesquería del sábalo	X
2.3. Descripción estructural de las pesquerías de Santa Fe y Entre Ríos	X
3. Descripción del Proyecto	X
4. Primer Informe anual	X
4.1. Área de estudio y operaciones de campaña	X
4.2. Selectividad de las redes agalleras	X
4.3. Distribución de tallas e inferencias sobre el reclutamiento	X
4.4. Estimación de edades y crecimiento	X
4.4.1. Métodos utilizados	X
4.4.2. Determinación de edades	X
4.4.3. Crecimiento	X
4.5. Biología reproductiva del sábalo	X
4.5.1. Proporción de sexos	X
4.5.2. Tamaño de primera maduración	X
4.5.3. Estimación de la fecundidad	X
4.5.4. Conclusiones	X
4.6. Estimaciones de la mortalidad natural y por pesca	X
4.7. Rendimiento por recluta e inferencias sobre talla de primera captura y mallas recomendadas	X
4.8. Otras especies	X
5. Estado de la pesquería de sábalo del río Paraná y medidas de manejo propuestas	X
6. Bibliografía	X

1. Resumen

El sábalo (*Prochilodus lineatus*) es el recurso pesquero más abundante de la baja Cuenca del Plata argentina, donde tiene también un papel ecológico clave. La

abundancia de la especie se explica por su capacidad para alimentarse de los detritos orgánicos incluidos en los sedimentos (principal fuente de materia orgánica del sistema) y su exitosa estrategia reproductiva, estrechamente adaptada al régimen natural de pulsos de inundación del sistema. Como contrapartida, estas mismas adaptaciones la hacen particularmente vulnerable a las crecientes alteraciones del ambiente por acción antrópica.

La pesca de sábalo en gran escala comenzó a partir de mediados de la década de 1930, con el desarrollo de plantas para la elaboración de aceite y harina de pescado. Entre 1982 y 1984 se realizaron exportaciones de sábalo congelado con un máximo de 10.738 toneladas. Luego de la declinación de la industria de reducción (actualmente inexistente) se produjo una fuerte reactivación de la actividad exportadora, a partir de mediados de la década de 1990, que impulsó un rápido incremento de las capturas a niveles sin precedentes.

Entre 1994 y 2004 las exportaciones registradas pasaron de 2.785 toneladas a 32.000 toneladas de sábalo eviscerado (correspondientes a aproximadamente 3.133 y 36.000 toneladas de pescado entero); situando a esta especie en un lugar destacado en las exportaciones argentinas de pescado. Este incremento estuvo acompañado por una reducción en el tamaño medio de los peces capturados debida al aumento del esfuerzo de pesca y a la progresiva disminución del tamaño de malla de las redes utilizadas. El desarrollo de la pesquería tuvo lugar principalmente en el delta entrerriano y el valle aluvial de la margen derecha del Paraná en territorio de Santa Fe.

Es muy probable que los altos niveles de captura que han caracterizado a la pesquería en los últimos años no puedan mantenerse en el tiempo, ya que incluyen la apropiación de una fracción importante de la biomasa de peces acumulada, extraída en el proceso de transición a niveles progresivamente mayores de esfuerzo de pesca, incremento del área explotada y reducción de la talla de captura.

A raíz de las circunstancias descriptas, y teniendo en cuenta la preocupación generada y la carencia de información adecuada sobre el recurso, la Comisión de Pesca Continental del Consejo Federal Agropecuario decidió la realización del presente estudio como primera etapa de un proyecto para lograr el manejo ecosistémico y sustentable de la pesquería, con la participación de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación, los organismos competentes de las provincias de Entre Ríos y Santa Fe, el INALI, la UNL y el INIDEP.

Hasta este momento se ha completado una primera prospección de carácter anual que involucró la realización de 5 campañas en las principales zonas de pesca, con el objeto de obtener información relevante para la generación de medidas de manejo de aplicación inmediata.

El análisis de las distribuciones de frecuencia de longitudes mostró una clara disminución de la talla media, que en la pesquería comercial pasó de alrededor de 48 cm en 1995 a unos 42 cm en la actualidad, además de una frecuencia muy baja de ejemplares por encima de 49 cm de longitud total ("megarreproductores") y la ausencia en el muestreo de individuos atribuibles a las clases anuales generadas en los periodos reproductivos 2003-2004 y 2005-2006. Esta situación, confirmada por las estimaciones de edades, sugiere que han ocurrido fallas en el reclutamiento, probablemente causadas por condiciones hidrológicas desfavorables. En cambio, la clase anual correspondiente al periodo 2004-2005, con condiciones hidrológicas

mucho más favorables (pulsos de creciente en primavera y en verano por sobre los niveles de desborde y persistencia prolongada del agua en el valle aluvial) estuvo ampliamente representada en los muestreos, aunque su contribución al stock explotado deberá ser evaluada en el futuro.

Con las estimaciones de edad obtenidas mediante la identificación de anillos de crecimiento en las escamas y las distribuciones de tallas corregidas por esfuerzo y selectividad se calculó tentativamente la numerosidad media de las clases anuales, y se estimó una tasa instantánea de mortalidad total (Z) de $1,26 \text{ año}^{-1}$ a partir de la declinación en la abundancia de las clases sometidas a explotación (con un amplio margen de incertidumbre por probables variaciones en el reclutamiento no compensadas debido al bajo número de clases involucradas). Asumiendo una mortalidad natural de $0,41 \text{ año}^{-1}$, mediante la regresión empírica de Pauly (1980), la mortalidad por pesca estimada fue de $0,85 \text{ año}^{-1}$, correspondiente a una tasa de explotación anual (proporción de los peces presentes al principio del año que es capturada en el transcurso del mismo) del 48%.

Los estudios sobre reproducción permitieron establecer preliminarmente las longitudes totales de primera maduración en 30 cm y 35,6 cm para machos y hembras respectivamente, mientras que la longitud de primera captura actual pudo estimarse en alrededor de 38 cm, a partir de los muestreos de la pesca comercial.

De acuerdo con el modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (1957), manteniendo esta talla de primera captura la tasa de explotación (en condiciones de equilibrio) podría incluso aumentarse, con incremento del rendimiento. Sin embargo, el potencial reproductivo correspondiente, estimado por el cociente de desove potencial por recluta (SPR) a partir de las estimaciones realizadas sobre mortalidad, crecimiento y reproducción, está en una zona considerada de alerta, entre el 30% y el 20%, y un pequeño aumento en la tasa de explotación podría llevarlo a una zona de riesgo, por debajo del 20%. La reducción de la talla de primera captura producida por la generalización del uso de mallas de 120 mm conduciría a la sobrepesca en relación con el reclutamiento y el de las de 100 mm también en relación con el crecimiento. Tamaños de malla entre 140 mm y 145 mm permitirían obtener rendimientos razonables a largo plazo, con niveles de SPR por encima de 30%.

Teniendo en cuenta el alto grado de incertidumbre asociado a estas estimaciones y la tendencia de la pesquería al incremento del esfuerzo y la reducción de los tamaños de malla, **la situación debe ser considerada como riesgosa.**

El escenario se agravaría en caso de comprobarse las fallas reiteradas del reclutamiento fuertemente sugeridas por los muestreos. Los bajos caudales registrados durante la primavera del año en curso (2006) comprometen también la reproducción en la actual temporada de puesta, que, en el mejor de los casos, quedaría limitada al pico de verano si se produjera un incremento suficiente del nivel hidrométrico.

Ante estas circunstancias, se hace necesario adoptar un criterio precautorio, si se desea evitar la sobrepesca en lo inmediato, y mantener el recurso en niveles óptimos de rendimiento sustentable en el futuro. Para ello se sugieren las siguientes medidas de manejo: ***i) reducir drásticamente o suspender las actividades de pesca comercial al menos durante el verano 2006-2007 para evitar la captura masiva de reproductores, que serán más vulnerables al producirse un incremento del nivel***

hidrométrico y desencadenarse la actividad reproductiva, ii) fijar una captura máxima permisible (CMP) con criterio precautorio para el año 2007, basada en los niveles de captura históricos de la especie, entre 10.000 y 15.000 toneladas en total, iii) adoptar un tamaño de primera captura no inferior a 42 cm de longitud total, mediante la utilización de mallas de no menos de 14,5 cm entre nudos opuestos, iv) evitar efectivamente el uso de trasmallos o redes de tres telas y v) estudiar la posibilidad de ampliar el sistema de áreas protegidas.

Tanto la CMP como el resto de las medidas de manejo deberán estar sujetas a revisión en función de los resultados de los monitoreos y el ajuste de las estimaciones de los parámetros poblacionales y la estructura del efectivo pesquero.

El desarrollo futuro del proyecto deberá incorporar la realización de nuevas actividades para cumplir con el objetivo de lograr un manejo ecosistémico y sustentable de la pesquería en su conjunto, armonizando los intereses de los diversos usuarios del recurso. En ese sentido, la planificación de la segunda etapa prevista, además de continuar y profundizar las tareas iniciadas, incorpora aspectos como el diseño de un sistema eficiente de obtención de datos biológico-pesqueros, económicos, sociales y ambientales requeridos para el manejo de la pesquería, la identificación de poblaciones o unidades subpoblacionales, la investigación de los efectos de variables ambientales sobre el reclutamiento, el monitoreo de pre-reclutas, la identificación de zonas a proteger y la evaluación de la incidencia de la pesquería de sábalo sobre especies no objetivo y otros usos de los recursos pesqueros.

2. Antecedentes

2.1. Sobre la especie

El sábalo (*Prochilodus lineatus*) es el recurso pesquero más abundante del litoral fluvial argentino (Espinach Ros y Fuentes, 2000). Su distribución geográfica abarca gran parte de los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y Río de la Plata, los cuales, juntamente con sus afluentes, forman el sistema del Plata. Con una superficie de 3.170.000 km², esta cuenca de drenaje es la segunda en extensión de Sudamérica después de la del Amazonas. Según Ringuelet *et al.* (1967) la distribución de la especie en Argentina abarca, además de los ríos principales mencionados, al río Bermejo y el río Juramento en Salta, al río Pilcomayo en Formosa, y a las cuencas del río Salí en Tucumán y del río Dulce en Santiago del Estero¹.

El sábalo es un eslabón crucial en los ecosistemas que integra, dada su condición de especie forrajera, sostén de la cadena trófica. Se trata de un pez iliófago, morfológica y funcionalmente adaptado a alimentarse del fango de los fondos enriquecido con detritos orgánicos y a extraer de él los elementos esenciales de la cadena alimentaria (Angelescu y Gneri, 1949; Bowen, 1983; Sverlij *et al.*, 1993)

Es también una especie naturalmente muy fecunda, que libera al medio una gran cantidad de huevos. Esta alta fecundidad forma parte de una estrategia reproductiva exitosa, altamente adaptada a las características del régimen natural de pulsos de inundación del sistema, que involucra la realización de migraciones río arriba y el desove en aguas abiertas, acoplado a las crecientes, como mecanismo de dispersión de huevos y larvas a las áreas de cría del valle aluvial (Godoy, 1954, 1959; Bonetto, 1963; Bonetto y Pignalberi, 1964; Bayley, 1973; Bonetto *et al.*, 1981; Tablado y Oldani, 1984; Payne, 1986); Payne y Harvey, 1989; Sverlij *et al.*, 1993; Espinach Ros *et al.*, 1998; Fuentes, 1998; Fuentes y Espinach Ros, 1998; Mochek y Pavlov, 1998). Los estadios iniciales de su ciclo vital (huevos, larvas y postlarvas) integran el alimento de las larvas y juveniles de los carnívoros "tope" del sistema como el surubí y el dorado (Bonetto *et al.*, 1969; Bonetto, 1986; Oldani, 1990; Fuentes, 1998).

Las adaptaciones que explican la abundancia del sábalo, y otras especies migratorias, son las que al mismo tiempo lo hacen particularmente vulnerable a la creciente alteración del ambiente por acciones tales como la interrupción de los circuitos migratorios y la regulación de los ríos por la construcción de represas, los niveles de polución en aumento, las construcciones en el valle aluvial y el drenaje de humedales entre otras (Quirós, 1990, 2004; Espinach Ros y Ríos, 1997; Colombo *et al.*, 2000). A estos factores negativos de origen antrópico, que limitan la capacidad portante del sistema, hay que agregar la persistencia, desde 1998, de un periodo relativamente seco (luego del periodo hiperhúmedo iniciado en la década de 1970) cuya duración probable es materia de discusión entre los especialistas y que podría representar una transición hacia una fase seca similar a la registrada entre las décadas de 1930 y 1960.

¹ En la República Oriental del Uruguay, De Vincenzi y Teague (1942) la mencionan en el río Uruguay y lagunas ribereñas. En Brasil es citada en todos los ríos, y en la mayoría de los grandes embalses, del estado de Río Grande do Sul (Bertoletti, 1985), en el Pantanal do Mato Grosso (Paiva, 1984) y en el río Uruguay, en el estado de Santa Catarina (Godoy, 1980). En Bolivia, Bayley (1973), Payne (1986) y Fallows (1987), la mencionan, y describen sus pesquerías, en el río Pilcomayo.

2.2. La pesquería del sábalo

El sábalo es una especie de gran valor comercial, con claro predominio en las capturas de la baja Cuenca del Plata. Históricamente, la pesca de sábalo en gran escala (Fig. 1) comenzó a partir de mediados de la década de 1930, con el desarrollo de plantas para la extracción de aceite de pescado y la elaboración de “guano” (utilizado como fertilizante) con la fracción sólida, que posteriormente se comercializó en forma de harina de pescado para alimentos balanceados. Entre 1982 y 1984 se realizaron exportaciones de sábalo congelado, para consumo, a países sudamericanos y africanos, con un máximo de 10.738 toneladas en 1982. Luego de la declinación de la industria de reducción (actualmente inexistente) se produjo una fuerte reactivación de la actividad exportadora a partir de mediados de la década de 1990, que impulsó un rápido incremento de las capturas a niveles sin precedentes.

Entre 1994 y 2004 las exportaciones registradas pasaron de 2.785 toneladas a 32.000 toneladas de sábalo eviscerado (correspondientes a aproximadamente 3.133 y 36.000 toneladas de pescado entero); situando a esta especie en un lugar destacado en las exportaciones argentinas de pescado². Este incremento estuvo acompañado, como era previsible, por una reducción en el tamaño medio de los peces capturados debida al aumento del esfuerzo de pesca y a la progresiva disminución del tamaño de malla de las redes utilizadas.

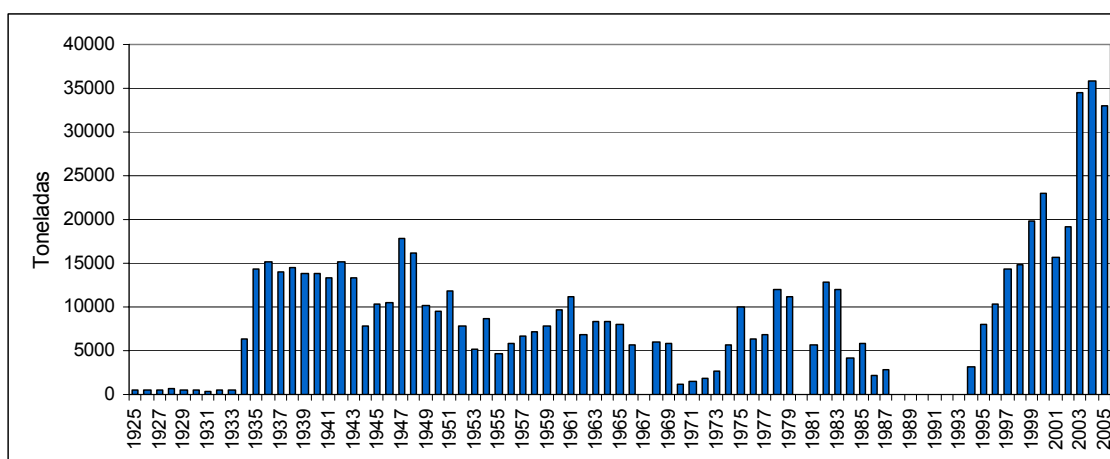


Figura 1. Capturas de sábalo en toneladas entre 1925 y 2005, no hay información disponible entre 1988 y 1993, los datos a partir de 1994 corresponden solamente a las capturas para exportación. (Fuentes: ex Dirección Nacional de Pesca Continental y SENASA).

Cabe mencionar que no sólo la pesca del sábalo sino prácticamente la totalidad de la producción de la pesca continental en la República Argentina corresponde a la actividad desarrollada en la zona argentina de la Cuenca del Plata (subcuencas del Río de la Plata, Uruguay, Paraná y Paraguay), donde se verifica pesca artesanal comercial, de subsistencia y recreativa. Participan en las pesquerías de la Cuenca cinco países (Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay) y, en el caso de Argentina, 7 provincias tienen decisión sobre la actividad pesquera (Buenos Aires,

² Las exportaciones de pescado de río alcanzan en la actualidad a unas 40.000 t y tienen como destino a Colombia, Nigeria, Bolivia y Brasil. De ese volumen exportado el 90% proviene de Entre Ríos y Santa Fe, y el 89% es sábalo, muy lejos de la boga y la tararira, 4%, y del patí, el dorado o el surubí, 1%. En la actualidad el sábalo es la segunda de las especies ícticas exportadas por la Argentina, detrás de la merluza y desplazando a otras especies marinas tradicionalmente más importantes como la polaca, la merluza de cola y la corvina.

Entre Ríos, Santa Fe, Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones). Dado que el 90 % de la producción pesquera continental exportada corresponde a las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, se sintetiza a continuación la situación de ambas pesquerías.

2.3. Descripción estructural de las pesquerías de Santa Fe y Entre Ríos

A los fines de la exportación el sábalo se pesca en mayor medida en la zona sur del Paraná medio en las costas santafesinas y en el Paraná inferior en la Provincia de Entre Ríos.

La provincia de Santa Fe posee unos 700 kilómetros de costa sobre el río Paraná, a lo largo de la cual, todas las localidades ribereñas, 45 municipios y comunas, son asiento de actividad pesquera. Todas estas localidades son puntos de desembarco de pescado, pero sólo 10 de ellas poseen Puerto de Fiscalización de Productos de la Pesca Comercial. Estrictamente hablando, la pesquería santafesina de sábalo se extiende desde la ciudad de San Javier en el norte, hasta la localidad de Puerto Gaboto en el sur, ocupando el valle aluvial dentro de los límites políticos provinciales. En este tramo, los principales puertos de desembarco son Helvecia, Cayastá, Santa Rosa de Calchines, Coronda y Puerto Gaboto. Hacia el sur de Puerto Gaboto la pesquería continúa hasta el límite con la provincia de Buenos Aires, pero en este caso si bien los pescadores y acopiadores residen sobre la costa de Santa Fe, la principal presión de pesca se ejerce sobre el valle de inundación que jurisdiccionalmente corresponde a la provincia de Entre Ríos, siendo mucho menos importantes las capturas de sábalo que se realizan sobre el cauce principal (Del Barco, 2004).

En cuanto a la provincia de Entre Ríos, el lugar de mayor actividad pesquera es el Puerto de la Ciudad de Victoria, aunque existe actividad importante en Diamante, Rincón de Nogoyá y Gualaguay. Los puertos de Paraná, Brugo, Hernandarias y La Paz son de poca importancia en lo que respecta a la captura del sábalo, y algo mayor en lo referente a las especies de línea. Cercana a la ciudad de Gualaguaychú, sobre el Río Uruguay, existía una pesquería con el fin de fabricar aceite y harina de sábalo, actualmente inactiva. Sobre las costas entrerrianas del Río Uruguay la actividad pesquera es muy inferior a la del Paraná, siendo los sitios preponderantes las ciudades de Gualaguaychú, Colón, Concepción del Uruguay y Concordia.

En la Provincia de Entre Ríos el sábalo es capturado principalmente de dos formas: (a) en el cauce principal y en los secundarios mediante redes de deriva “arrastre”, cuando se desplaza durante sus migraciones reproductivas y tróficas; y (b) en las zonas de lagunas laterales del valle de inundación, durante su periodo de crecimiento y alimentación, usando redes de espera. Estas pueden ser “caladas” durante la noche (método tradicional) o realizando el “lance” durante el día. Fuera del valle, en el cauce principal, en el tramo que va desde la ciudad de Paraná hasta La Paz, existen pescadores que alternan el uso de redes de enmalle a la deriva con la pesca con líneas, espineles y tramperos, según la época del año. Las redes a la deriva se utilizan en las denominadas *canchas*³ principalmente durante los periodos de migración del sábalo. Los anzuelos se usan en momentos en que la abundancia de bagres es preponderante.

Los pescadores santafesinos utilizan principalmente el valle aluvial, donde realizan incursiones que no superan los 20 kilómetros desde su lugar de residencia. Se utilizan redes agalleras a la deriva durante las horas diurnas y caladas durante la noche. La

³ porciones del lecho que se mantienen libres de obstáculos que puedan “trancar” la red, como troncos, ramas y desperdicios urbanos

abertura de malla autorizada es de 8 centímetros de lado, es decir, 160 mm de malla estirada. Sin embargo, actualmente esta medida prácticamente no es utilizada, ya que se comenzó a reducirla gradualmente conforme aumentaba la demanda de los frigoríficos, llegándose a la situación presente, donde son comunes las redes de 120 mm, 110 y hasta 100 milímetros de malla estirada. Cada pescador utiliza en promedio 350 metros lineales de red. Los pescadores entrerrianos están usando mallas de diferentes aberturas, con predominio de tres telas de de 135 mm o menos de abertura de malla central, y utilizan unos 400 metros de red por pescador.

La cantidad total de pescadores en la Provincia de Santa Fe se estima en 3040, de los cuales unos 2700 se encuentran dentro del área geográfica de la pesquería de sábalo. De estos, unos 1600 son pescadores de tiempo completo que pescan exclusivamente sábalo y proveen a los frigoríficos exportadores. En Entre Ríos hay alrededor de 1200 pescadores sobre las costas del Paraná y unos 140 en las costas del Uruguay.

Los pescadores actúan en forma individual o más frecuentemente asociados en pequeños grupos llamados equipos o cuadrillas integrados por un número de “socios” que varía entre 2 y 10. Utilizan pequeñas embarcaciones, canoas, de madera o plástico con motores dentro o fuera de borda de poca potencia, o directamente a remo. En cada canoa embarcan uno o dos pescadores con sus respectivas artes de pesca.

Es posible distinguir dos grupos entre los pescadores, por un lado están los que provienen de familias históricamente relacionadas con la actividad por generaciones, que poseen rasgos culturales propios y claramente identificables. Se trata de familias generalmente numerosas, con cierto nivel de instrucción, con necesidades básicas insatisfechas y que habitan en viviendas más o menos precarias. Este grupo ejerce la pesca con artes y embarcaciones de su propiedad. La dedicación puede ser completa o parcial y si bien tienen cierto grado de relación permanente con algunos acopiadores, no establecen con ellos un verdadero vínculo de dependencia laboral.

Por otro lado, hay otro grupo de pescadores constituido por algunos recientemente llegados a la actividad, como consecuencia de la desocupación y los bajos salarios, y algunos pescadores provenientes del grupo de los históricos que han entrado en relación con grandes acopiadores y frigoríficos. En este caso son los empresarios quienes les proveen las artes y en algunos casos también embarcaciones o motores. Lo que caracteriza a este tipo de pescador es cierto grado de abandono de las pautas culturales típicas de la actividad y una dedicación más intensa en horas diarias de pesca y cantidad de artes utilizadas.

Otros componentes del sector pesquero son los acopiadores de pescado, quienes se ocupan de concentrar el producto recorriendo los puntos de desembarco e ingresarlo en la cadena de frío. Una subcategoría de acopiador son los vendedores minoristas, acopiadores en menor escala, habilitados para comprar el pescado a los acopiadores, o directamente en los puntos de desembarco, y venderlo al público.

Los frigoríficos venden dentro del país a grandes centros poblados, como la Capital Federal, Córdoba y Tucumán, pero en forma creciente durante los últimos años, han dirigido su atención a la exportación, hacia donde actualmente destinan más del 90 % de lo que procesan.

El público consumidor se puede subdividir en el consumidor interno, de la misma localidad o provincia⁴, el consumidor de otras provincias, especialmente del NOA, tal como Santiago del Estero, Tucumán, Salta y Jujuy, y el consumidor externo, especialmente de Colombia, Brasil, Bolivia y países africanos y árabes. Cada tipo de consumidor demanda un producto de características diferentes.

3. Descripción del Proyecto ~~Evaluación del Recurso Sábalo en el Paraná~~

A raíz de las circunstancias descriptas, y teniendo en cuenta la carencia de información adecuada sobre el recurso, la Comisión de Pesca Continental del Consejo Federal Agropecuario decidió la realización del presente estudio como primera etapa de un proyecto para lograr el manejo sustentable de la pesquería.

- **Integrantes del proyecto:** en la actualidad integran este proyecto las siguientes instituciones.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación (SSPyA)

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Santa Fe.

Subsecretaría de Asuntos Agrarios y Recursos Naturales de la Provincia de Entre Ríos

Instituto Nacional de Limnología (CONICET-UNL)

Universidad Nacional del Litoral (UNL)

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

- **Meta del proyecto:** manejo ecosistémico y sustentable de la pesquería del sábalo
- **Objetivos del proyecto:** generar herramientas que permitan evaluar el estado del recurso y sus posibilidades de explotación sustentable, así como indicadores bio-ecológicos del sistema que integra e indicadores socio-económicos de la pesquería.
- **Actividades desarrolladas a la fecha:** se ha completado una primera prospección de carácter anual en áreas seleccionadas, con el objeto de obtener información relevante de carácter biológico pesquero para generar medidas de manejo de aplicación inmediata. La ejecución de las tareas de esta primera etapa estuvo a cargo del personal profesional y técnico que se detalla a continuación:

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPyA)

Dra. Laura Luchini (Coordinación administrativa) lluchi@mecon.gov.ar

Dr. Ramiro Sánchez (Asesoramiento técnico) rasanc@mecon.gov.ar

⁴ El consumo interno de productos de la pesca continental en estas provincias está orientado a los denominados peces de línea (dorado, surubí, boga y bagres en general). En lo que respecta al sábalo sólo ejemplares de 2 kg o más son aceptados para consumo interno.

Personal contratado para el proyecto:

Lic. Danilo Demonte (Investigador, responsable de campañas)

Lic. Karina Rodrigues (Investigadora, histología)

Lic. Alicia Trógolo (Investigadora asistente, edad y crecimiento)

Provincia de Santa Fe (Dirección General de Recursos Naturales y Ecología, Secretaría de Estado de medio Ambiente y Desarrollo Sustentable)

Lic. Daniel Del Barco (Investigador) dmdelbarco@gigared.com

Sr. Carlos Gallo (Chofer)

Provincia de Entre Ríos (Dirección General de Recursos Naturales Forestación y Economías Alternativas, Subsecretaría de Asuntos Agrarios y Recursos Naturales)

Ing. Roque Fernández (Profesional Técnico)

Ing. Antonio Velazco (Profesional Técnico)

Instituto Nacional de Limnología (Conicet-UNL)

Dra. María Julieta Parma (Dirección)

Prof. Elly Cordiviola (Investigadora, edad y crecimiento)

Lic. Mirta Campana (Investigadora, edad y crecimiento)

Sr. Ramón Regner (Técnico pescador)

Sr. Eduardo Lordi (Técnico pescador)

Sr. Esteban Creus (Técnico pescador)

Sr. Leonel Meaudi (Técnico)

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

Lic. Alberto Espinach Ros (Investigador, Coordinación técnica)

alespin@inidep.edu.ar

Dr. Haraldo Ernesto Christiansen (Investigador, Histología)

Dr. Alejandro Dománico (CIC-INIDEP, Investigador)

aledoma_4_8@hotmail.com

Dr. Carlos Fuentes (Investigador) cfue@inidep.edu.ar

Dr. Haraldo Ernesto Christiansen (Investigador, Histología)

Lic. Graciela Seigneur (Investigadora)

Sra. Bibiana Giussi (Técnica)

Sr. Santiago Sebastiani (Técnico pescador)

Sr. Antonio Delgado (Técnico pescador)

4. Primer Informe Anual

4.1. Área de estudio y operaciones de campaña

Se abarcó el área de mayor presión pesquera, en la que se seleccionaron tres zonas de muestreo coincidentes con las de mayor captura por parte de la pesquería comercial (Helvecia – Cayastá, Diamante y Victoria). Se agregó además una zona limítrofe donde los niveles de explotación del sábalo son prácticamente nulos (Reconquista), como punto de comparación. En cada zona se realizaron muestreos en ambientes con características fluviales o lacustres frecuentados por los pescadores comerciales (Fig 2).

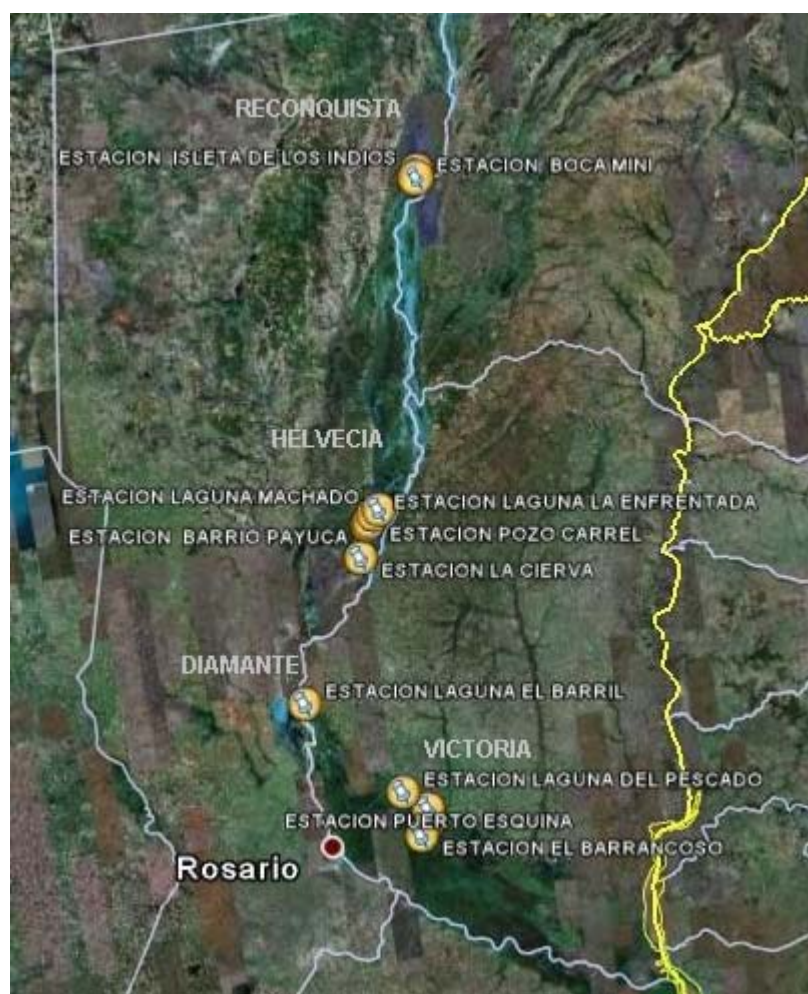


Figura 2. Zonas en las que se realizó el muestreo durante el período 2005-2006

Se realizaron cinco campañas estacionales que abarcaron un ciclo anual completo, comprendido entre abril de 2005 y marzo de 2006. La distribución, duración y la situación hidrológica durante las campañas se muestra en la Figura 3.

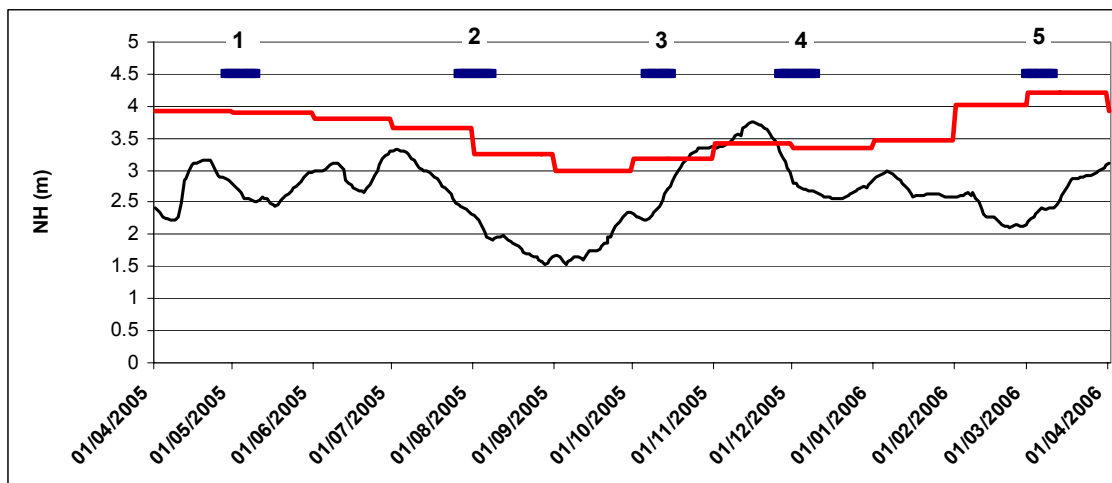


Figura 3. Duración de las campañas y situación hidrológica durante el periodo de estudio (2005-2006).

Las artes de pesca utilizadas fueron baterías de redes agalleras de hilo de nylon multifilamento y coeficiente de armado de 0,5, compuestas por paños de 50 m de longitud y mallas de 50, 70, 80, 105, 120, 140, 160 y 180 mm entre nudos opuestos. También se utilizaron trasmallos (“tres telas”) de igual longitud con mallas de 105, 120, 140 y 160 mm en el paño central y 400 mm en los “espejos”, sin embargo, por una deficiencia en el armado (falta de altura adicional en el paño central) funcionaron como mallas simples.

Las redes se calaron por la tarde, entre las 15 hs y las 17 hs, y se levantaron a la mañana siguiente. En cada campaña y cada estación o sitio de muestreo se realizaron operaciones de pesca al menos durante dos días consecutivos. Las capturas se registraron por malla y se estandarizaron a 100 m lineales de red por noche de pesca. De todos los ejemplares de sábalo capturados se obtuvieron los datos de longitud, peso total y eviscerado, sexo y estadio gonadal macroscópico y se extrajeron escamas para la determinación de edades. De submuestras representativas se fijaron gónadas en formol 10 % para los estudios histológicos de maduración y fecundidad.

En general, la medida de longitud utilizada fue la longitud estándar (L_s)⁵ debido a que el deterioro de la aleta caudal impidió la medición de la longitud total (L_t)⁶ en la mayoría de los casos. Cuando fue conveniente, con fines de comparación, las longitudes totales se calcularon a partir de las longitudes estándar mediante la regresión $L_t(\text{cm}) = 1,209 \cdot L_s(\text{cm}) + 1,057$, o su equivalente en mm, obtenida a partir de ejemplares con la aleta caudal intacta.

⁵ La longitud estándar es la distancia entre paralelas que pasan por el extremo del hocico y la base de la aleta caudal.

⁶ La longitud total es la máxima distancia entre paralelas que pasan por el extremo del hocico y el extremo distal de la aleta caudal con sus lóbulos rotados hacia el eje del cuerpo.

4.2. Selectividad de las redes agalleras

Las estimaciones de selectividad de las redes agalleras utilizadas se efectuaron con el objeto de corregir las distribuciones de tallas de las capturas y para estimar los tamaños de malla adecuados para la pesca comercial en función de la longitud de primera captura recomendada.

La selectividad es la capacidad de un arte de pesca concreto para capturar individuos de especies y tallas determinadas. Teniendo en cuenta los factores que operan en el proceso, la selectividad puede definirse como el producto de la probabilidad de encuentro con el arte de pesca por la probabilidad de retención una vez producido el contacto. Si bien hay evidencias en algunos casos de que los peces de mayor tamaño tienen más probabilidades de encuentro con las redes agalleras utilizadas en forma estacionaria (atribuidas principalmente a su mayor velocidad de natación), también se conocen ejemplos en contrario. La probabilidad de encuentro depende en todo caso de un conjunto complejo de factores ambientales y de comportamiento muy difíciles de evaluar, por lo que en este caso sólo se considerará la estimación de la curva de retención, definida como la probabilidad relativa de que un pez de longitud L sea capturado al entrar en contacto con el arte de pesca. Por otra parte, éste es el dato requerido para la estimación de tamaños de malla adecuados para la pesca comercial.

Para la estimación de las curvas de retención se aplicaron los métodos de Holt (1963) y Sechin (1969) en sus versiones extendidas según Pet *et al.* (1995). El primero es un procedimiento indirecto de estimación (no requiere el conocimiento previo de la distribución de tallas de la población), que parte de la suposición de que la curva de retención puede describirse mediante la distribución normal.

Para estimar los parámetros de la curva se comparan las capturas de pares de redes de igual construcción y dimensiones y diferente tamaño de malla pero con curvas de retención solapadas, operando al mismo tiempo y en las mismas condiciones. La modificación introducida por Pet *et al.* (1995) sustituye el supuesto del modelo de igualdad de varianzas de las curvas por el más realista de un coeficiente de variación uniforme.

La selectividad (retención) de las redes agalleras para la captura por encaje o acuñamiento de una especie dada puede predecirse también de manera física a partir de mediciones del perímetro de la cabeza (perímetro opercular) y el perímetro máximo (generalmente a la altura del origen de la primera aleta dorsal). Sechin (1969) y Kawamura (1972) derivaron curvas teóricas de retención asumiendo que i) Todos los peces en los cuales el perímetro opercular es menor y el perímetro máximo es mayor que la abertura de la malla son capturados y ii) Los perímetros en cada clase de tamaño se distribuyen normalmente, con una varianza común para todas las clases. Este último supuesto no se cumple en muchos casos, incluyendo el del sábalo, en el que la dispersión de los perímetros aumenta con la longitud del pez (Fig. 4). Nuevamente, en la extensión adoptada por Pet *et al.* (1995) se asume una varianza común para las longitudes del intervalo de captura de mallas próximas, pero un coeficiente de variación constante para rangos más amplios.

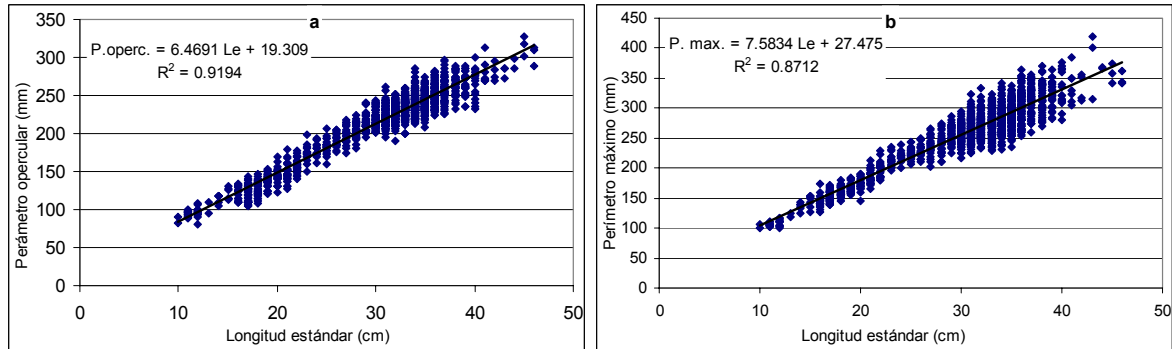


Figura 4. Relación entre la longitud estándar y los perímetros opercular (a) y máximo (b).

Las distribuciones de longitudes obtenidas con las mallas de 50 mm, 70 mm y 80 mm resultaron bimodales (Fig. 5), con una segunda moda correspondiente a las tallas más frecuentes en la población retenidas por enredo o enganche, mientras que las mallas de 105 mm a 160 mm presentaron distribuciones unimodales (no hubo capturas de sábalo en la malla de 180 mm). Cuando la red no queda completamente extendida, por ser su altura mayor que la profundidad en el sitio de calado, aumenta la proporción de peces enganchados o enredados. En este caso, los bajos niveles hidrométricos durante las campañas acentuaron este efecto, que prácticamente no se observa en las distribuciones de tallas por malla reportadas por otros autores (Prenski y Baigún, 1984; FUEM.NUPELIA, 1987; INTEC-CERIDE, 1999). Las capturas por enredo o enganche se excluyeron de los análisis para estimar las curvas de retención mediante los métodos de Holt (1963) y Sechin (1969) extendidos realizados en este estudio.

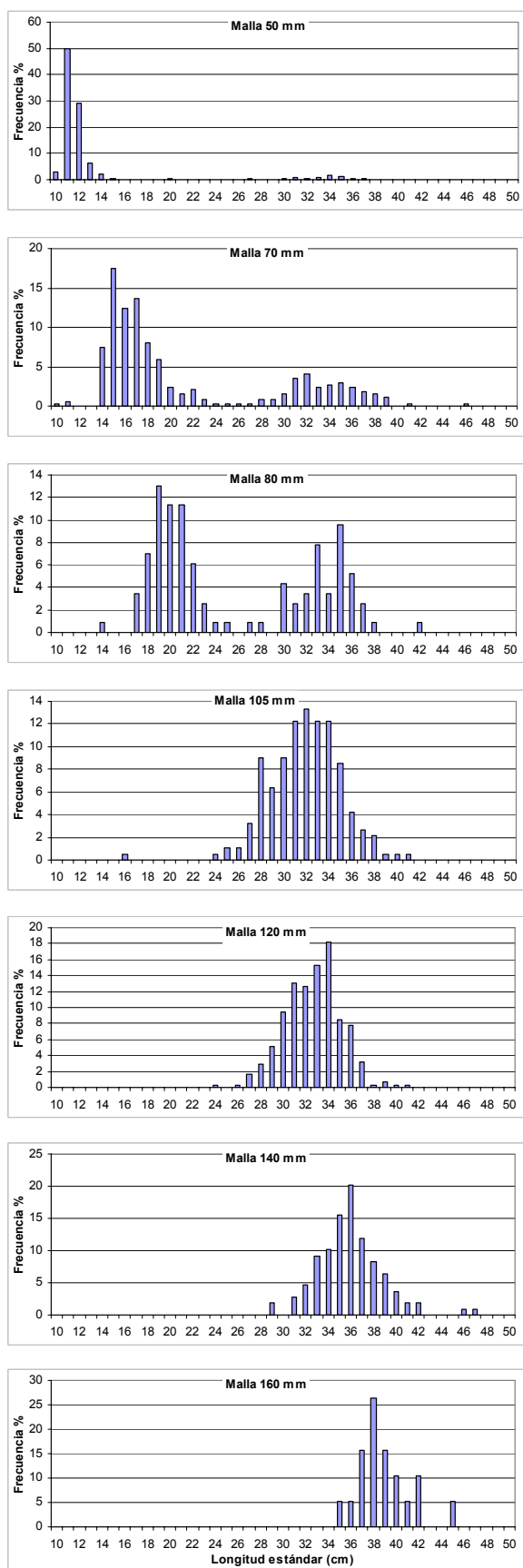


Figura 5. Distribución de tallas de los ejemplares capturados con las diferentes mallas del tren de redes agalleras utilizado (En la malla de 180mm no hubo capturas de sábalo).

El método de Sechin (1969) incluye factores de corrección (K_{gill} y K_{max}) en la relación de perímetros para incorporar la extensibilidad del hilo de las mallas y la compresibilidad del cuerpo de los peces. Los factores de corrección son diferentes para los perímetros opercular y máximo, principalmente por la mayor compresibilidad del cuerpo en este último que permitiría evadir la captura a ejemplares con perímetros máximos algo mayores que la abertura de la malla. Se pudo comprobar, sin embargo, que la particularidad del sábalo de poseer una placa predorsal, con dos espinas dirigidas hacia adelante, impide el deslizamiento de la malla más allá del perímetro máximo cuando ésta ciñe al cuerpo (Fig. 6). El uso en este caso del factor de corrección, basado en la relación observada entre la abertura de la malla y el perímetro en el punto de retención (evidenciado por la marca de los hilos) produciría un sesgo en los resultados, corriendo hacia la derecha la rama ascendente de la curva de retención. No ocurre lo mismo con el perímetro opercular, sin embargo, aquí el margen de compresión es generalmente menor y, además, el error probable no afecta la posición de la rama izquierda de la curva, utilizada para estimar la abertura de malla óptima en relación con el tamaño de primera captura.



Figura 6. Sábalo retenido a la altura del perímetro máximo. El detalle muestra la placa predorsal biespinosa que trava el deslizamiento de la malla.

Ambos métodos produjeron resultados similares (Fig. 7), aunque el de Sechin (1969) mostró un mejor ajuste con las distribuciones de frecuencias de longitud de las capturas, particularmente en los casos en que éstas fueron relativamente uniformes en el rango de selección de la malla.

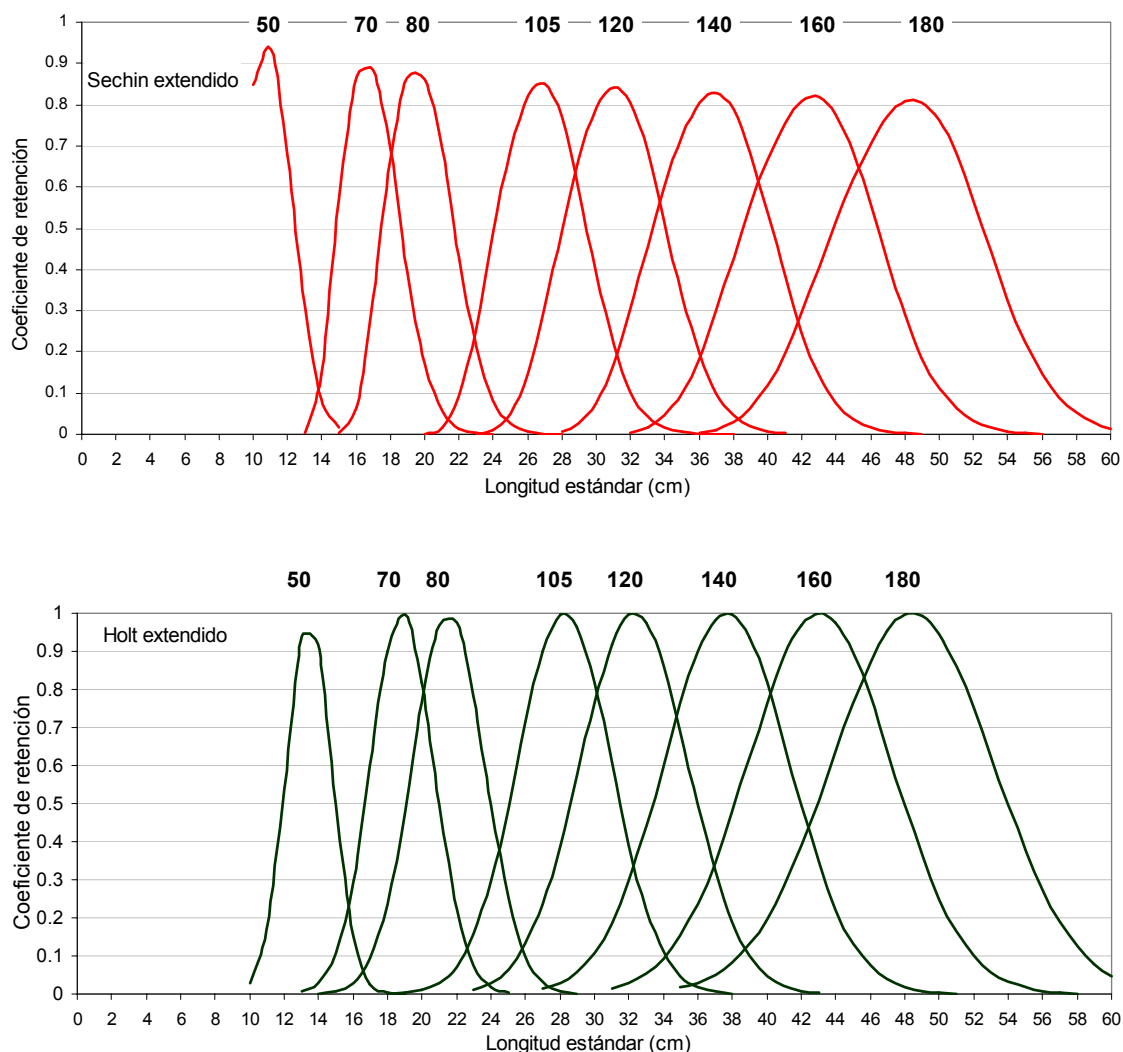


Figura 7. Curvas de retención estimadas con los métodos de Holt (1963) y Sechin (1969) modificados por Pet *et al.* (1995).

Las curvas de retención estimadas por el método de Holt extendido resultaron en general de amplitud algo mayor y ligeramente desplazadas hacia la derecha, salvo en el caso de la malla de 160 mm. (Fig. 8)

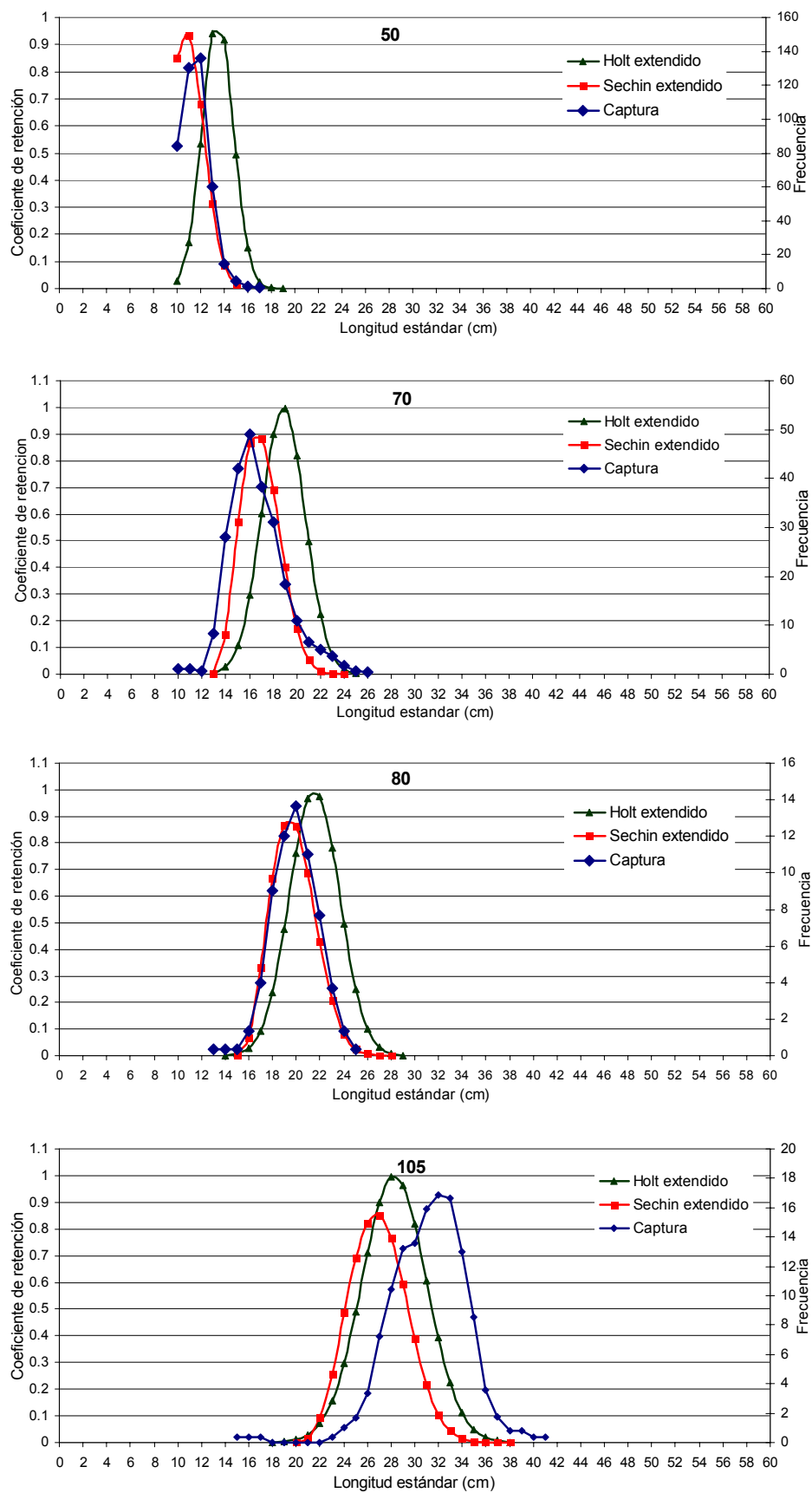


Figura 8. Curvas de retención y distribución de longitudes observada por tamaño de malla.

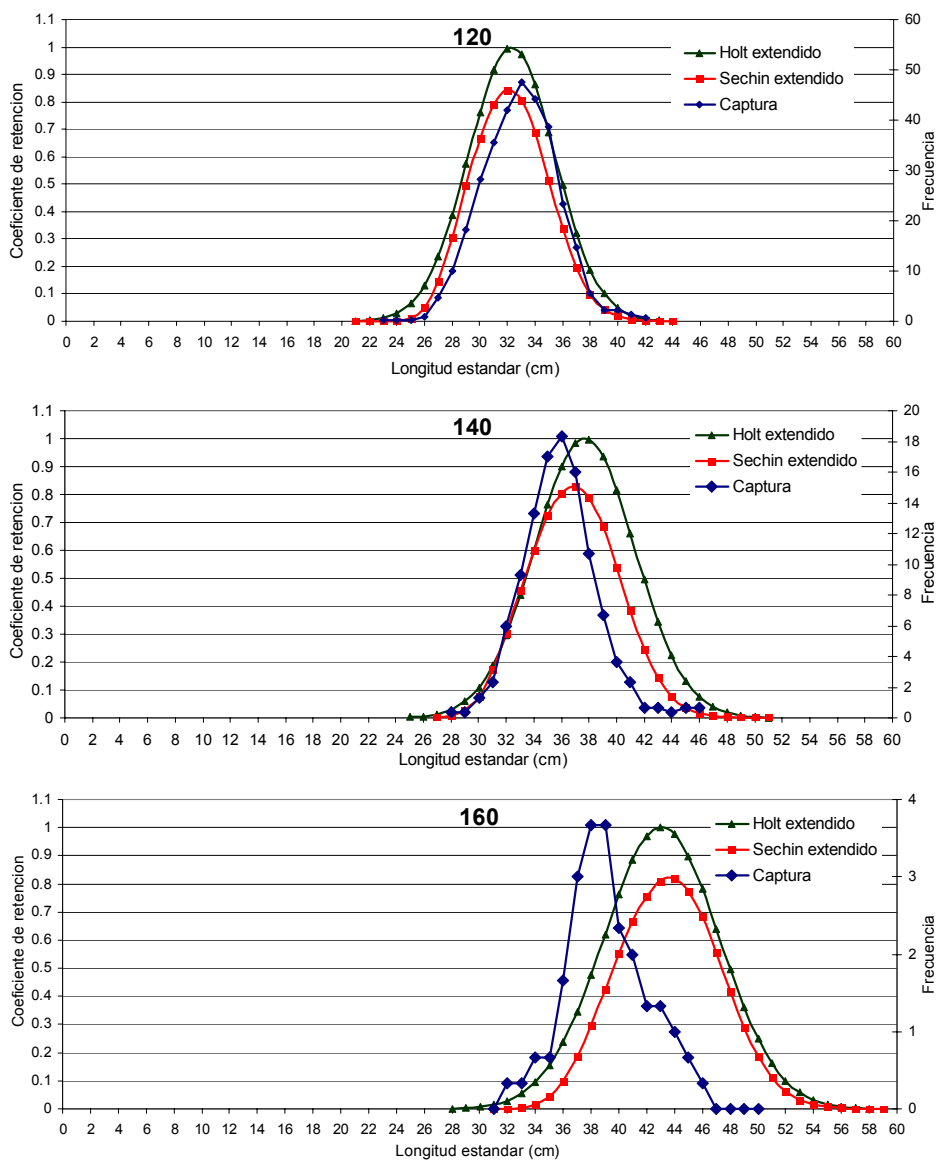


Figura 8 (cont.)

En la Figura 9 se muestra la curva de selección conjunta del tren de redes agalleras, estimada por ambos métodos y la distribución de tallas de la captura estandarizada corregida por las probabilidades de retención.

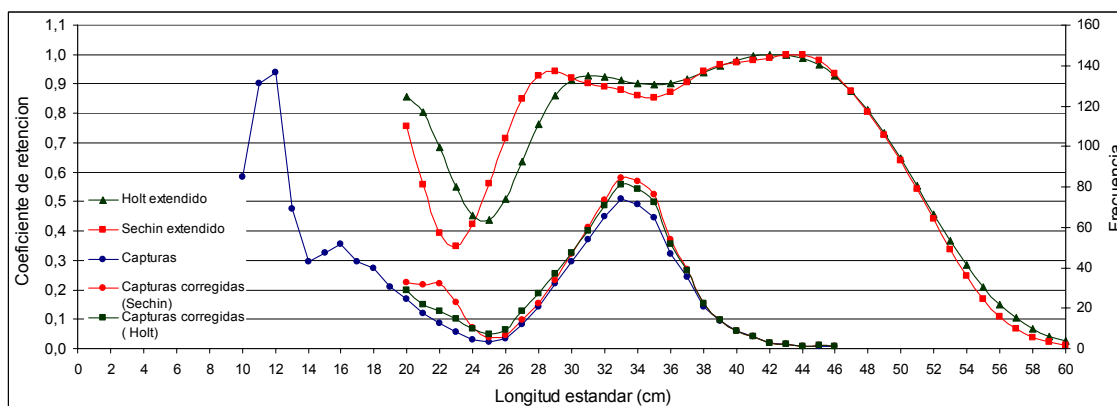


Figura 9. Curvas de retención conjuntas del tren de redes agalleras y distribución de longitudes corregida a partir de 20 cm (Ls).

Para corregir las distribuciones de tallas se utilizó la curva de selectividad global de la batería estimada por el método de Sechin extendido, sin embargo, para el análisis de las mallas recomendables en la pesquería artesanal se tuvieron en cuenta las curvas obtenidas por el método de Holt extendido, por ser de mayor amplitud en el rango de los tamaños de malla comerciales y ofrecer por lo tanto un margen de seguridad más alto.

4.3. Distribución de tallas e inferencias sobre el reclutamiento⁷

El análisis de las distribuciones de tallas de la pesquería artesanal mostró un corrimiento de la estructura de longitudes, cuyo valor medio pasó de alrededor de 48 cm en 1995 (Dománico y Delfino, 1998) a unos 42 cm en la actualidad (Fig. 10).

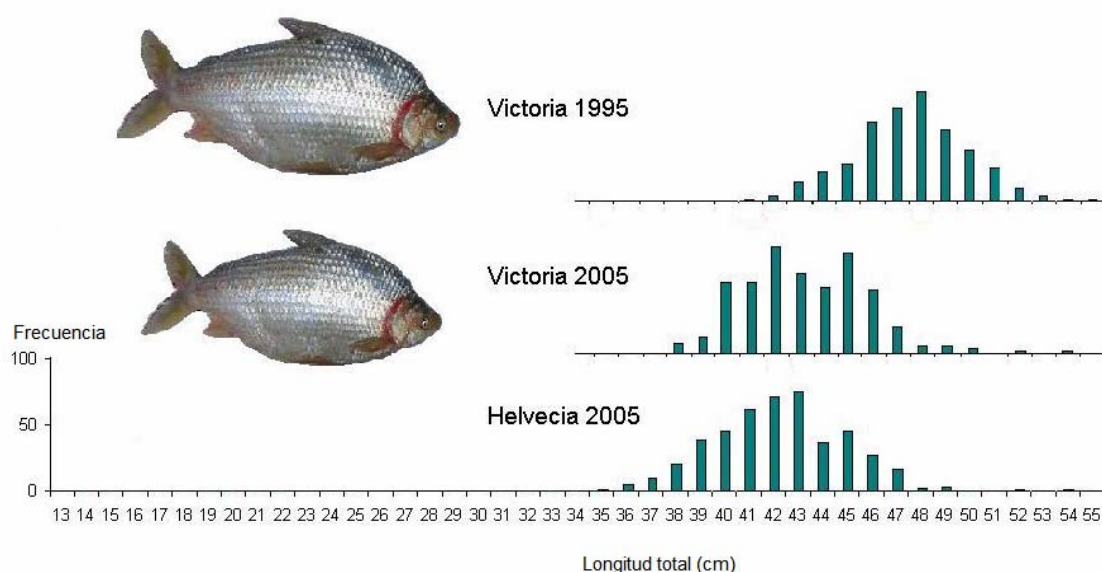


Figura 10. Distribuciones de frecuencias de longitud total de la captura comercial en Victoria en 1995 (Dománico y Delfino, 1998) y en Victoria y Helvecia en 2005, de acuerdo con los datos registrados durante las campañas del proyecto. El tamaño de las imágenes es proporcional a las tallas medias en 1995 y en 2005.

Las distribuciones estandarizadas de tallas o CPUE en número (CPUE(n)) de la pesca exploratoria por intervalo de talla y por campaña correspondientes a las zonas de Helvecia y de Victoria (Fig. 11) muestran una primera moda entre 10 cm y 16 cm de longitud estándar (Ls), particularmente abundante en Victoria durante la 2ª campaña, que corresponde al grupo de edad 0 (peces nacidos en el periodo reproductivo 2004-2005), tal como fue corroborado por la lectura de edades (ver más adelante). En las 3 primeras campañas (otoño, invierno y primavera) no se capturaron ejemplares en el intervalo de tallas de 20 cm a 26 cm correspondiente al grupo o clase de edad 1 (peces que hubieran debido originarse en el periodo reproductivo 2003-2004). Esta situación sugiere una falla en el reclutamiento prácticamente total, aunque no puede descartarse el efecto de un sesgo en el muestreo por características de distribución espacial de los juveniles. En las distribuciones de tallas de la 4ª y 5ª campañas se

⁷ A los fines de este informe se define como **reclutamiento** a la integración a la población muestreada de ejemplares juveniles de edad 0 (menos de un año de vida).

aprecia el crecimiento de los individuos de la cohorte más reciente, que empiezan a ocupar el intervalo vacío. Por otra parte, todas las distribuciones muestran una frecuencia muy baja de ejemplares por encima de 40 cm (Ls), equivalente a 49,4 cm (Lt) en la figura 10.

En el rango de tallas mayores, que incluye los tamaños comerciales, las CPUE(N) fueron generalmente más altas en la zona de Reconquista (fuera del área de pesca comercial del sábalo), intermedias en Helvecia y menores en Diamante (no mostradas en la Figura 11) y Victoria. Los juveniles, en cambio, estuvieron prácticamente ausentes de las capturas en Reconquista y fueron más abundantes en Victoria.

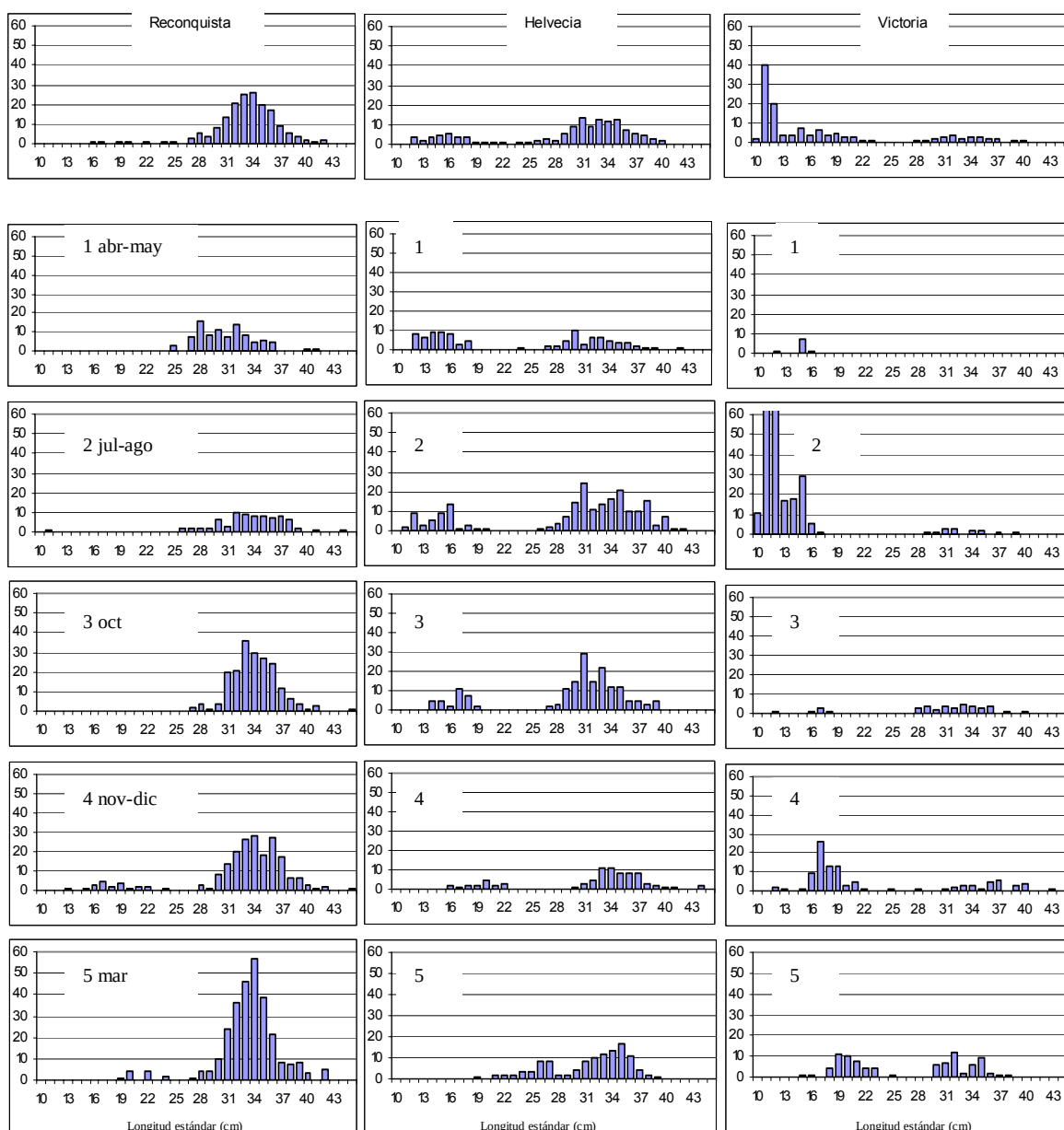


Figura 11. Distribuciones de frecuencias de longitud (Ls), estandarizadas y corregidas por selectividad, obtenidas en las zonas de muestreo de Reconquista, Helvecia-Cayastá y Victoria en las campañas realizadas. Fila superior: Frecuencias de longitud medias durante el ciclo anual; 1 a 5: campañas de pesca exploratoria.

Las larvas de sábalo no se alimentan en el cauce de los ríos durante la fase de dispersión por deriva (Rossi, 1992; Fuentes, 1998) y dependen del ingreso a los cuerpos de agua del valle aluvial para continuar su desarrollo (Bonetto, 1963; Fuentes, 1998; Agostinho *et al.*, 2001), por lo cual es esperable que la fuerza del reclutamiento dependa como en el caso de otros peces migratorios, pero probablemente en mayor medida, de la intensidad y la duración de las inundaciones (Welcomme, 1985; Quirós y Cuch, 1989, Agostinho *et al.* 1993; Gomes y Agostinho, 1997; Halls y Welcomme, 2001; Welcomme y Halls, 2003).

En ese sentido, las condiciones hidrológicas durante el periodo reproductivo de primavera y verano de 2003-2004 fueron particularmente desfavorables (Fig. 12) y podrían explicar, al menos parcialmente, la situación observada. Sólo en un breve pulso de crecida de verano se alcanzaron niveles de desborde, con un máximo ligeramente por encima de 3,50 m (Hidrómetro de Paraná), seguido inmediatamente por una rápida bajante hasta niveles por debajo de 2 metros. En el periodo 2004-2005, en cambio, se produjeron dos picos de creciente, uno en primavera y otro en verano con registros de alrededor de 4 m, y se mantuvieron niveles oscilantes entre 2,5 y 3 m hasta fines agosto. Durante el periodo 2005-2006 el escenario fue nuevamente de aguas bajas, con un ascenso en noviembre que superó los 3,5 m pero cayó rápidamente a niveles bajos (entre 2 y 2,5 m) que se mantuvieron durante el verano.

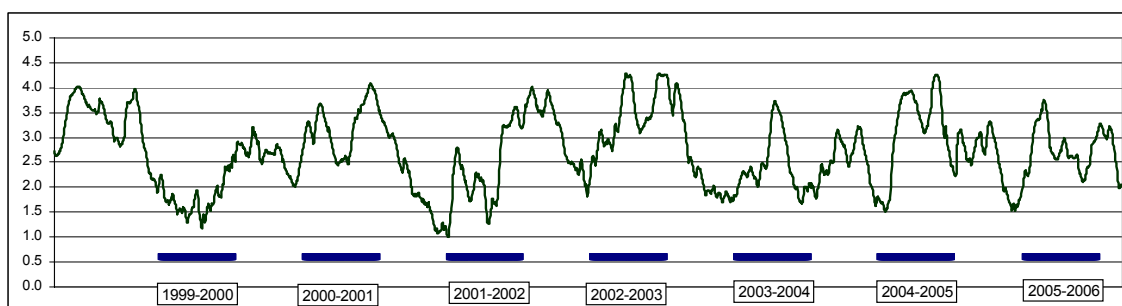


Figura 12. Niveles de altura del río registrados en el hidrómetro de Paraná en el periodo 1999 - 2006. Las barras señalan las temporadas de reproducción.

4.4. Estimación de edades y crecimiento

4.4.1. Métodos utilizados

Las edades se estimaron mediante la identificación y recuento de anillos de crecimiento en las escamas, de acuerdo con los antecedentes de trabajos en esta especie y otras del género (Cordiviola, 1971; Carozza y Cordiviola, 1991; Loubens y Panfili, 1992; Araya y Sverlij, 1999). Para ello se extrajeron escamas del flanco, entre la aleta dorsal y la línea lateral, en cantidad no menor de 30 debido al alto porcentaje de escamas regeneradas. Previo tratamiento con un detergente enzimático, las escamas se lavaron y montaron entre portaobjetos en número de tres o cuatro por ejemplar, descartando las que presentaban signos de regeneración.

Para la lectura de las escamas se utilizó un microscopio de proyección Shadowgraf Nikon® con 20 aumentos. Siguiendo a Cordiviola (1971), las distancias desde el centro o foco a cada uno de los anillos identificados y al borde se midieron sobre la línea imaginaria que forma un ángulo de 38° con el eje antero posterior de la escama.

El crecimiento se estudió mediante el método de retrocálculo, utilizando los radios a todos los anillos presentes en cada escama.

La relación entre la longitud del cuerpo del pez (L) y el radio de la escama (R) se estimó por medio de una regresión lineal ($L = a + b \cdot R$) basada en 1440 pares de datos abarcando un rango de 140mm a 460mm de longitud estándar. Con la constante de regresión así obtenida se retrocalcularon las tallas de los individuos en el momento de formación de los anillos mediante la ecuación de Fraser-Lee:

$$L_n = a + (L - a) \cdot (R_n / R),$$

Donde

L_n = longitud estándar del pez a la edad n,

L = longitud estándar a la edad actual,

R_n = radio de la escama a la edad n,

R = radio al borde de la escama, y

a = constante de regresión de la relación lineal entre la longitud estándar del pez y el radio de la escama.

Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (1943):

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

L_t (cm) = longitud a la edad t

L_{∞} (cm) = longitud asintótica,

k (año⁻¹) = constante de crecimiento y

t_0 (año) = edad teórica del pez cuando su tamaño es cero,

fueron estimados por regresión no lineal empleando el programa FAST 2.0 (Slipke & Maceina, 2001), en base a las longitudes retrocalculadas.

La relación longitud-peso se estimó según la ecuación:

$$\log P = c + n \cdot \log L$$

Donde:

P = peso total (g),

Ls = longitud estándar o total, según el caso, en mm

c y n = constantes

4.4.2. Determinación de edades

A partir de la interpretación de las marcas identificadas en las escamas se asignaron edades entre 0 y 6 años a los ejemplares muestreados (Fig. 13).

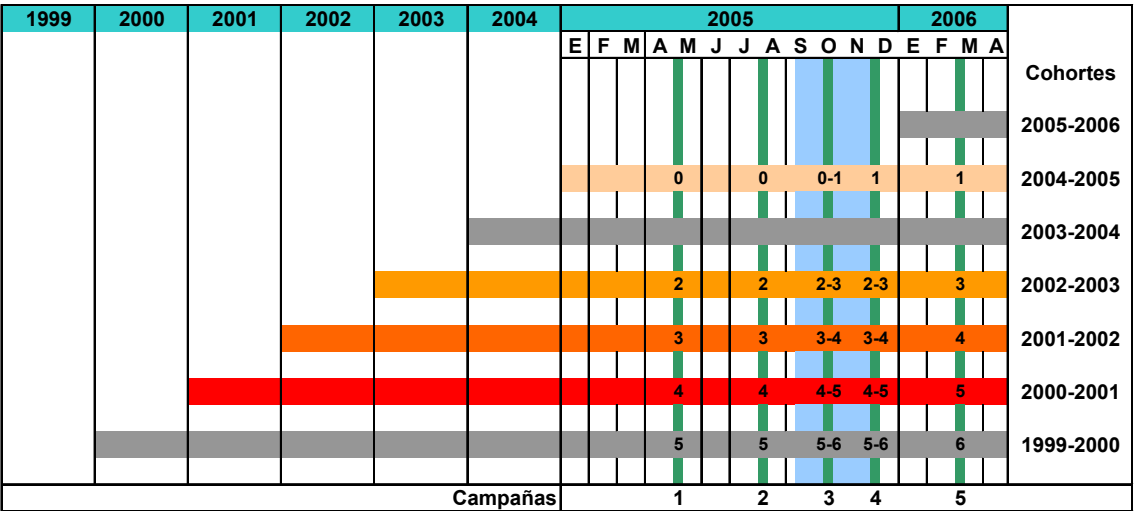
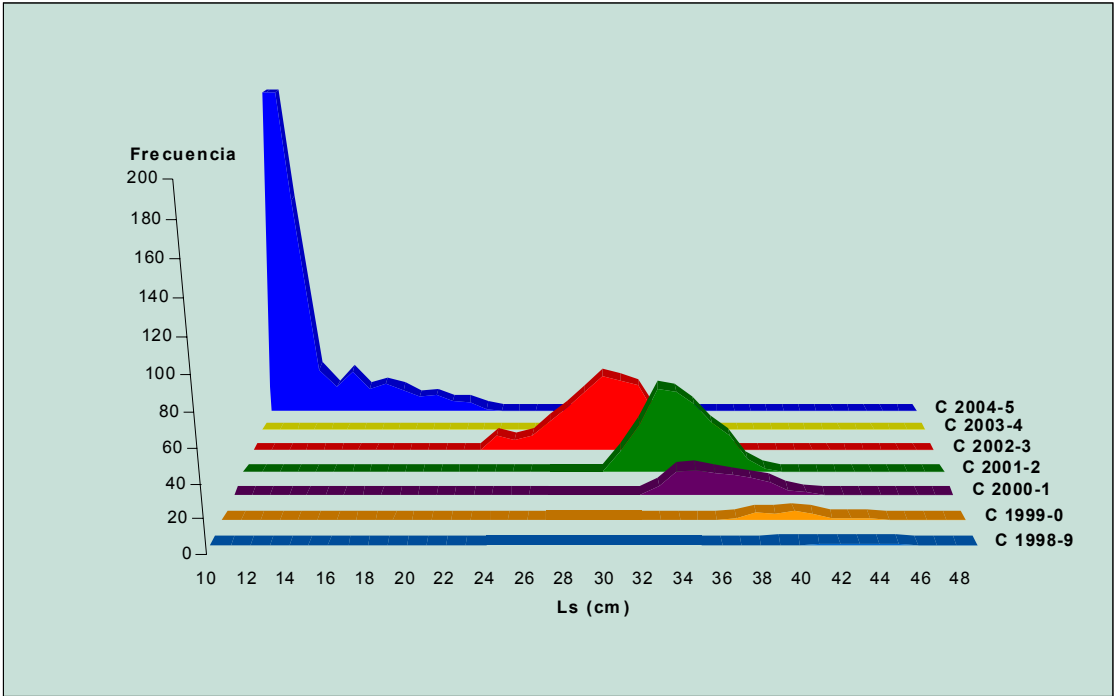


Figura 13. Edades determinadas en los muestreos de cada campaña, y cohortes correspondientes. La banda sombreada entre septiembre y diciembre indica la época estimada de marcación de los anillos de crecimiento en las escamas.

Pese a haber sido consideradas como las estructuras más adecuadas para la estimación de edades en otra especie del género (Panfili y Loubens, 1992), la identificación de los anillos de crecimiento en las escamas de sábalo presenta dificultades que se acentúan con el aumento de la edad, por lo que las determinaciones por encima de tres o cuatro años deben considerarse con cautela y están sujetas a un alto grado de incertidumbre. El estudio lepidológico permitió corroborar la falla de reclutamiento de la cohorte 2003-2004, y, con las limitaciones mencionadas, asignar edades tentativas con las que se estimó provisoriamente la



abundancia de las diferentes cohortes presentes (Fig. 14).

Figura 14. Distribución de frecuencias relativas de tallas (Ls) de las cohortes presentes durante el periodo de muestreo, de acuerdo con la asignación de edades por lectura de escamas. Nótese la ausencia de individuos correspondientes a la cohorte que debió originarse en el periodo reproductivo 2003-2004.

La ausencia de ejemplares atribuibles a la cohorte 2003-4 facilitó la validación del primer anillo en los individuos originados en el periodo reproductivo 2004-2005, que pudieron seguirse como un grupo de tallas claramente identificado durante el periodo de estudio. Ninguno de los ejemplares muestreados en las dos primeras campañas (otoño y fines de invierno) mostró anillos en las escamas, en la campaña realizada durante octubre muchos individuos mostraron escamas con un anillo próximo al borde, mientras que en la de verano todos presentaban un anillo único y un margen de crecimiento posterior considerable.

La época de marcación del primer anillo fue, por lo tanto, en primavera-verano. La observación de la frecuencia de anillos en el borde de la escama o muy próximos al mismo, sugiere que en individuos de mayor edad la marcación de los anillos se produjo también en este intervalo. La época de marcación podría variar, sin embargo, en relación con factores ambientales (Araya y Sverlij, 1999).

4.4.3. Crecimiento

Los valores de los parámetros obtenidos mediante el ajuste de la ecuación de von Bertalanffy a los tamaños medios por edad obtenidos mediante retrocálculo fueron: $L_{inf} = 55,12 \text{ cm (Lt)}$, $k = 0,374 \text{ año}^{-1}$ y $t_0 = -0,161 \text{ año}$. El valor de L_{inf} es relativamente más bajo y el de k más alto en relación con los obtenidos 35 años atrás por Cordiviola (1971). Esta discrepancia se puede explicar, sin embargo, por el rango más acotado de longitudes y edades disponible en este estudio (debido a la presión de pesca sumada probablemente a variaciones en la distribución y en el reclutamiento) y la fuerte influencia del intervalo de tallas y edades en el ajuste de la ecuación de von Bertalanffy. Si se estiman los parámetros con los datos de Cordiviola (1971), pero limitados al mismo rango de edades, los resultados son similares. Para obtener una curva de crecimiento más realista se optó entonces por fijar en el ajuste el valor de L_{inf} recalculado con los datos de Cordiviola de 1971, con lo que resultó: **$L_{inf} = 63,4 \text{ cm (Lt)}$, $k = 0,235 \text{ año}^{-1}$ y $t_0 = -0,657 \text{ año}$.**

La regresión lineal del logaritmo del peso total (en g) en función del logaritmo de la longitud total (en mm) resultó ser:

$$\text{Log Pt(g)} = 3,047 \cdot \text{log Lt(mm)} - 4,953$$

4.5. Biología reproductiva del sábalo

El sábalo es una especie dioica, sin dimorfismo sexual (Sverlij *et al.*, 1993), con una edad de primera maduración cercana a los dos años según Pignalberi (1965), aunque para Vidal (1967) el primer desove ocurriría después de los tres años.

Los adultos se desplazan aguas arriba para reproducirse, recorriendo en algunos casos trayectos de varios cientos de kilómetros hasta las áreas de reproducción, donde desovan en aguas abiertas en fase con las crecientes (Sverlij *et al.*, 1993). Los huevos y larvas derivan y se concentran en las márgenes aguas abajo. Desde allí, el ascenso de las aguas permite el ingreso de las larvas a los cuerpos de agua de la planicie aluvial, lugares propicios para su cría. En esos ambientes permanecen uno o más años hasta su salida al río, durante una creciente posterior (Fuentes & Espinach Ros, 1998). Los datos obtenidos por estos autores sugieren que el ciclo madurativo

podría ser controlado por el fotoperíodo y la temperatura del agua, mientras que los ascensos sostenidos del nivel de las aguas disparan la actividad reproductiva masiva.

En este estudio, las investigaciones estuvieron dirigidas principalmente a la estimación de variables reproductivas necesarias para la evaluación pesquera, tales como la proporción de sexos, la talla de primera madurez y la fecundidad. Esta información contribuirá a la formulación de recomendaciones con fundamento sobre el tamaño óptimo de captura y otros aspectos para un aprovechamiento racional y ecológicamente sustentable del recurso.

4.5.1. Proporción de sexos

La distribución de sexos por intervalo de tallas mostró un incremento de la proporción de hembras en función de la longitud, que pasó de una situación de equilibrio en el intervalo de 21 a 30 cm (Ls) a un predominio de hembras (71 %) en el intervalo de 41 a 50 cm (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de sexos en función de la talla

Intevalo de Ls	Hembras	Machos
(cm)	N (%)	N (%)
21 a 30	142 (47,7)	156 (52,3)
31 a 40	944 (55,9)	744 (44,1)
41 a 50	32 (71,1)	13 (28,9)

4.5.2. Tamaño de primera maduración

- **Datos biológicos y procesamiento histológico** En total se analizaron 982 ejemplares (530 hembras y 452 machos) procedentes de las 5 campañas realizadas. En cada caso se registró el peso total en g (Pt), longitud total (Lt), de furca (Lf) y estándar (Ls) en cm, sexo y estadio de maduración, y se conservaron las gonadas en formol al 10% tamponado. Para determinar el grado de maduración gonadal macroscópico se empleó una escala compuesta por las siguientes fases: 1) Virginal, 2) Maduración temprana, 3) Maduración intermedia, 4) Maduración avanzada, 5) Fluyente, 6) Regresión y 7) Reposo.

En laboratorio las gónadas se pesaron en una balanza electrónica, obteniendo así el peso gonadal (Pg). Luego los ovarios fueron procesados mediante deshidratación con alcohol etílico en diferentes concentraciones, se aclararon con xilol, y finalmente se incluyeron en parafina. Se realizaron cortes al micrótomos de aproximadamente 5 µm, los cuales se colorearon con la técnica de hematoxilina-eosina-floxina. Mediante el análisis microscópico de estas preparaciones histológicas, se estableció y describió el grado de desarrollo de los ovocitos, y se identificaron distintos componentes y formaciones tisulares involucradas en el diagnóstico de la condición madurativa.

- **Estadios de madurez:** A partir del análisis microscópicos de las gónadas y siguiendo el criterio descrito para otras especies (Macchi *et al.*, 1996; Macchi *et al.*, 2002) se identificaron los estadios que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadios de maduración microscópicos identificados.

Estadio	Hembras	Machos
Virginal	Formado por ovocitos en fase de crecimiento primario. Túnica ovárica delgada (Figura 15A)	Paredes testiculares delgadas, luz de los túbulos muy reducida o inexistente. Cistos formados por espermatogonias. (Figura 15G)
Maduración temprana	Presenta ovocitos con pequeñas vesículas de vitelo, alveolos corticales (incoloras), localizados en la zona periférica (Figura 15B)	Presenta cistos de espermatocitos I
Maduración intermedia	Ovocitos en comienzo de vitelogénesis (Figura 15C)	Cistos conteniendo espermatocitos I y II (Figura 15H)
Maduración avanzada	Presentan ovocitos completamente vitelados (Figura 15D)	Presentan todos los tipos celulares vistos y espermatidas (Figura 15I)
Maduración avanzada prepuesta	No se encontró	Con primeros espermatozoides (Figura 15J)
Maduración total	No se encontró	Pocos cistos con células germinales tempranas. Testículo con espermatozoides dispuestos ordenadamente
En puesta	No se encontró	Espermatozoides desordenados en cistos y ductos espermáticos (Figura 15K)
Puesta parcial	Conformado por ovocitos vitelados y folículos postovulatorios (Figura 15E)	Disminución notoria del número de espermatozoides. Aumenta considerablemente la luz en el túbulo.
Post-puesta	Con ovocitos residuales en atresia (Figura 15F)	Espermatozoides residuales (Figura 15L)
Reposo o reversión	Presenta ovocitos en crecimiento primario y atresias residuales. Túnica ovárica engrosada	Con espermatogonias. Paredes testiculares engrosadas

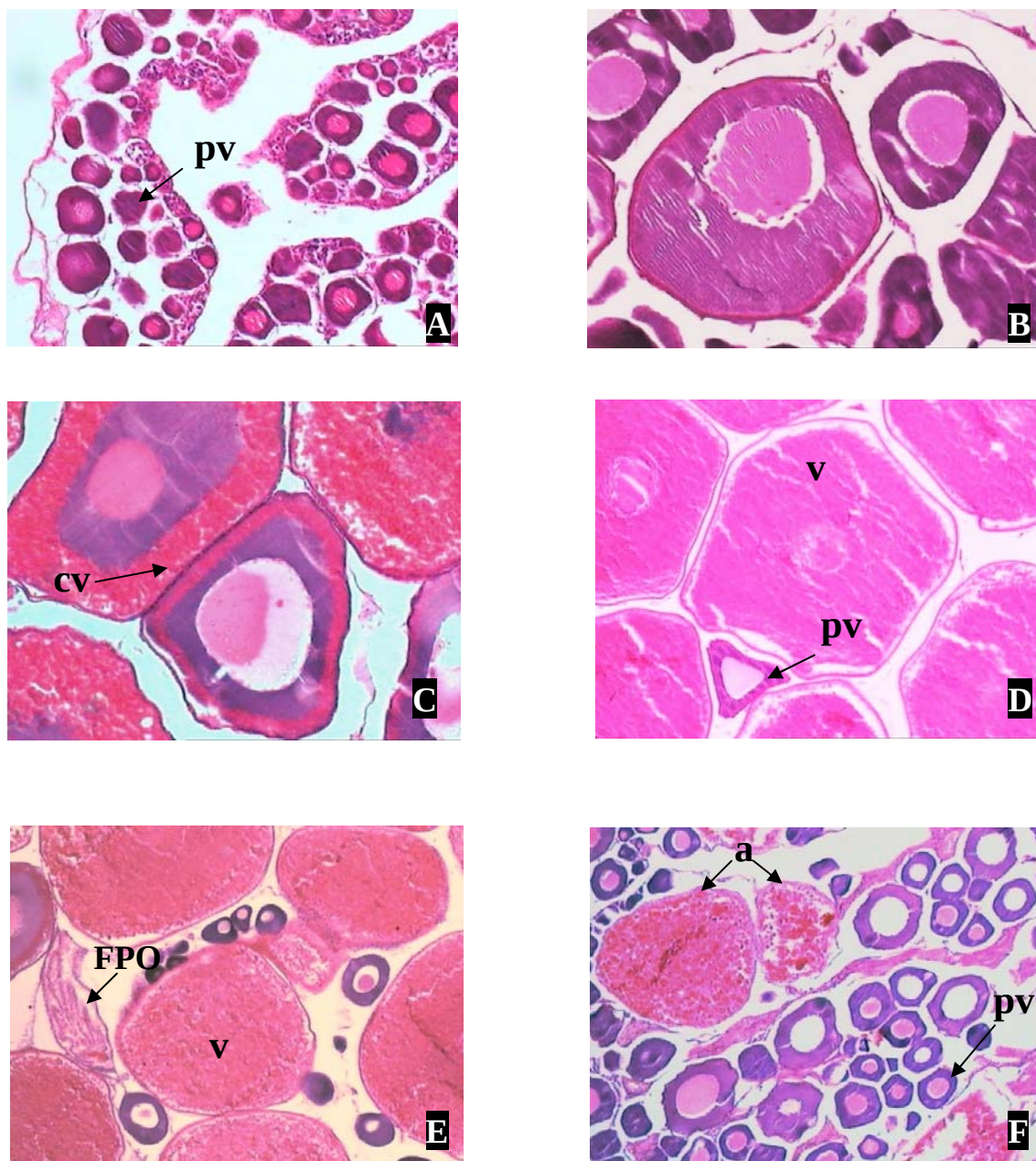


Figura 15. Fases de maduración ovárica. A) Juvenil; B) Maduración temprana; C) Maduración intermedia; D) Maduración avanzada; E) Puesta parcial; F) Postpuesta. (pv) ovocitos previtelogénicos; (cv) comienzo de vitelogénesis; (v) ovocitos vitelados; (FPO) folículos postovulatorios; (a) ovocitos residuales en atresia. Aumento utilizado: A, B y C: 10X. D, E y F: 4X.

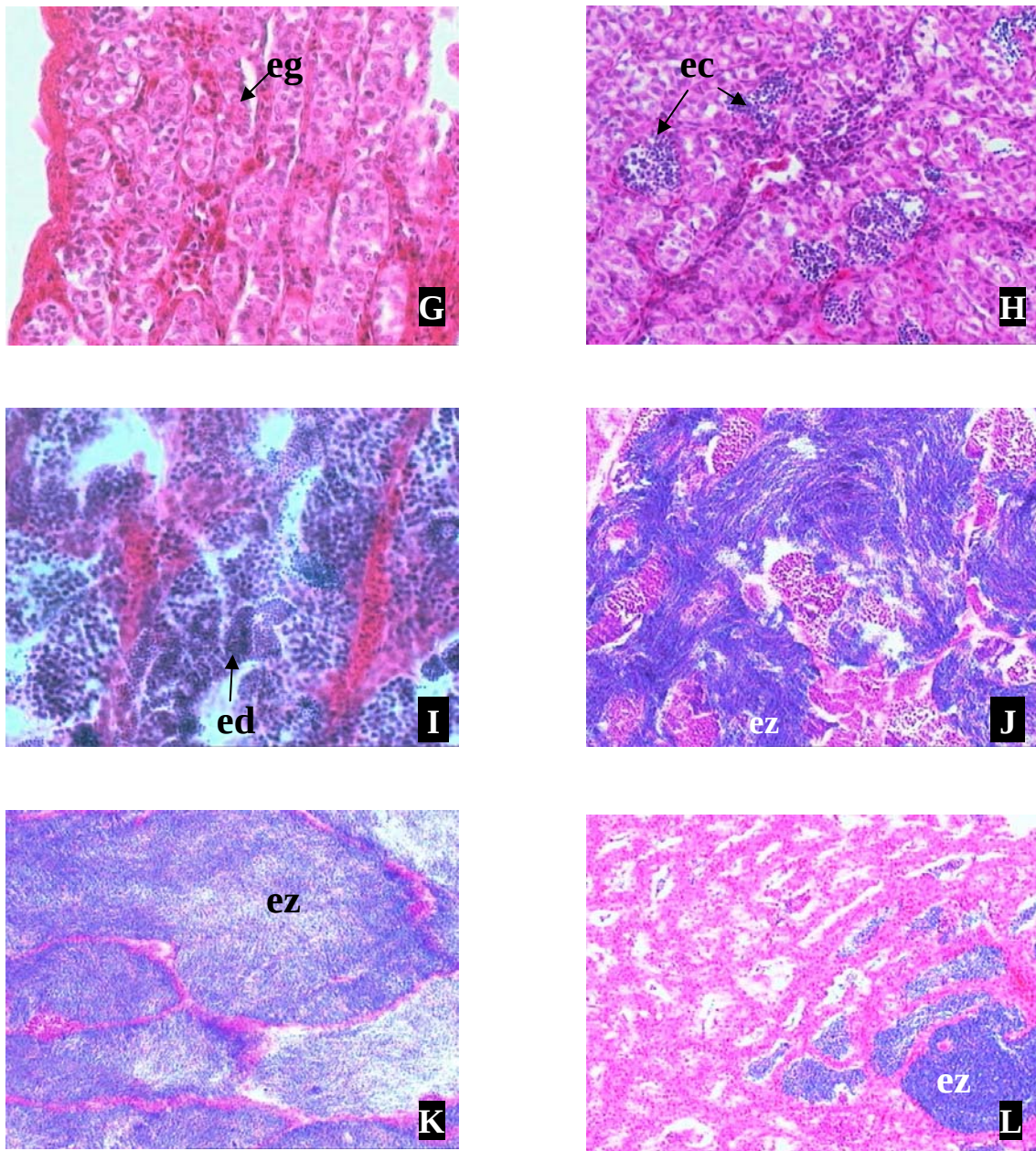


Figura 15. cont. Fases de maduración testicular. G) Juvenil; H) Maduración intermedia; I) Maduración avanzada; J) Maduración avanzada prepuesta; K) En puesta; L) Postpuesta. (eg) espermatogonias; (ec) espermatocitos I y II; (ed) espermátidas; (ez) espermatozoides. Aumento utilizado: G, H e I: 20X. J, K y L: 10X.

- **Distribución temporal de los estadios de madurez:** se analizó la frecuencia de estadios de madurez determinados mediante análisis histológico en los distintos periodos de muestreo. Pudieron observarse algunos individuos con grados avanzados de maduración durante gran parte del año, pero los picos reproductivos de la especie se encontrarían entre los meses de primavera-verano, tal como lo evidencia un marcado incremento en la frecuencia de ejemplares maduros y posteriormente, a fines de verano y otoño, un incremento de los estadios de reposo (Figura 16).

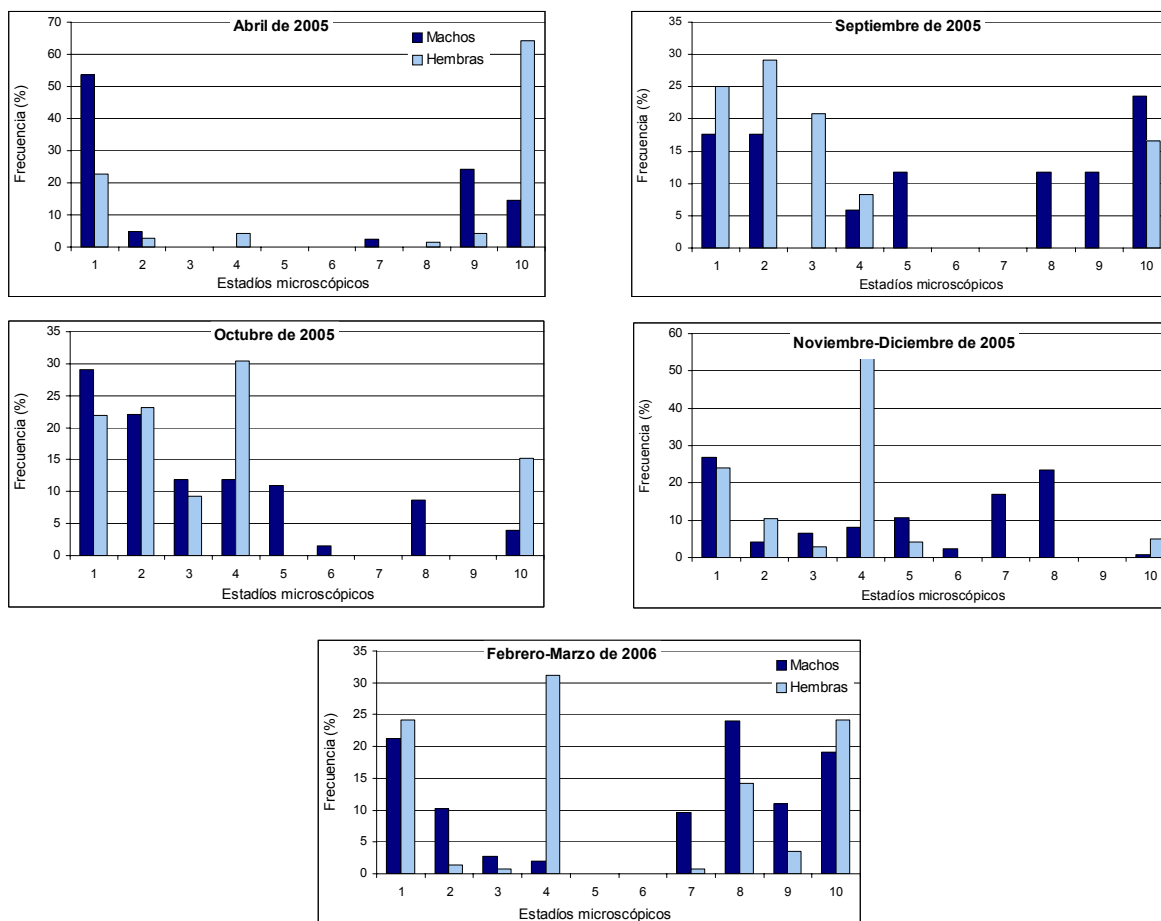


Figura 16. Frecuencia de los distintos estadios microscópicos en machos y hembras durante los diferentes meses de muestreo.

- **Estudio del patrón de desarrollo ovocitario:** una vez identificados los ovarios con mayor grado de maduración, que en este caso correspondieron a hembras en maduración avanzada con ovocitos vitelados, se tomaron muestras representativas de los diferentes grupos ovocitarios que componen este estadio (n=300) y se efectuaron mediciones del diámetro máximo con un ocular micrométrico y una magnificación de 4 y 10X. De esta manera se estableció la distribución de tallas ovocitarias en el momento previo al desove, con el propósito de describir el patrón de crecimiento ovocitario de la especie.

El análisis de la distribución de diámetros ovocitarios durante la fase de madurez previa al desove evidenció la existencia de 2 grupos dentro del conjunto de células germinales (Figura 17). El primero, entre 25 y 325 μm , corresponde a ovocitos en crecimiento primario o maduración temprana, mientras que el segundo grupo (entre 925 y 1375 μm) está constituido por los ovocitos vitelados. La existencia de

una discontinuidad en la distribución de diámetros entre el grupo de ovocitos inmaduros y vitelados, sugiere que el sábalo corresponde al conjunto de especies con fecundidad anual determinada. De manera que es factible estimar en esta especie la fecundidad total, a partir de hembras maduras en el momento previo al comienzo del desove (Hunter *et al.*, 1992).

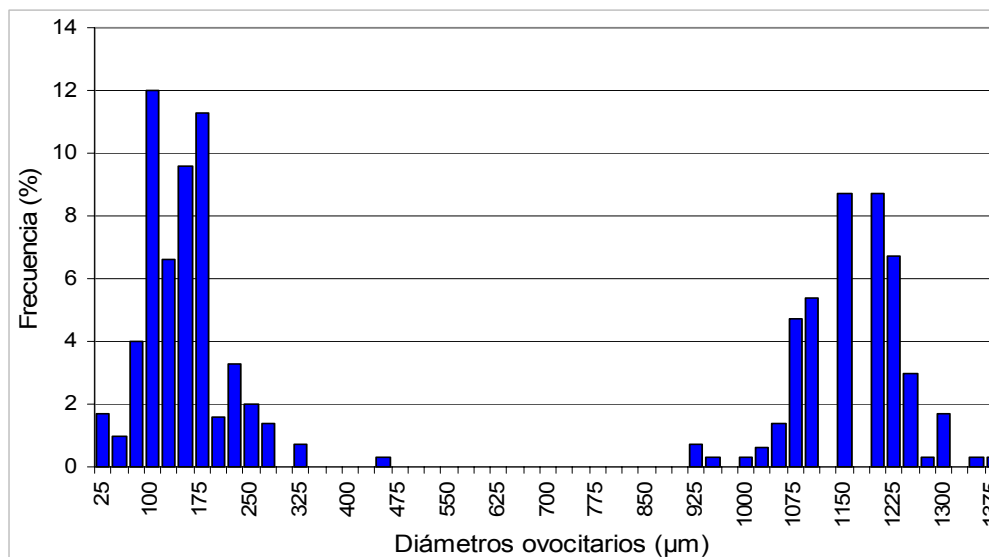


Figura 17. Distribución de frecuencias relativas de diámetros ovocitarios (n=300) en el estadio de madurez avanzada (IV).

- **Determinación de la talla de primera madurez:** para la estimación de la talla de primera madurez se determinó la proporción de individuos en maduración (con ovocitos en vitelogénesis o con evidencia de esperma) y adultos, por clase de talla, y se ajustó un modelo logístico a estos valores. El ajuste y comparación de tallas de primera maduración obtenidas para machos y hembras, fueron realizados por el método de máxima verosimilitud (Kendall y Stuart, 1967).

La talla de primera madurez fue calculada siguiendo dos criterios, por un lado se determinó a partir de todos los organismos que poseían tejidos gonadales de apariencia normal y por otro lado se utilizaron también aquellos que poseían ciertas anomalías en dichos tejidos (Figuras 18, 19 (A, B y C), 20, 21 y 22), dada la alta incidencia de estos diagnósticos principalmente en los machos (14,82% de los machos totales). La estimación de la talla de primera madurez sexual mostró diferencias altamente significativas entre sexos ($p < 0,0001$) y para ambas determinaciones (Tabla 3). Al considerar únicamente aquellos individuos sin anomalías, se observó que los machos alcanzaban su primera madurez sexual a una longitud estándar de 23,9 cm, mientras en las hembras este valor fue de 28,6 cm (Figura 23).

Al incorporar los diagnósticos con anomalías se encontró una variación importante en la talla de los machos (26,4 cm) siendo la de las hembras igual que en el caso anterior (Figura 24), ya que el 97% de las anomalías se encontraron en machos.

Por último, es importante destacar que estos valores deben considerarse como estimaciones preliminares, debido a que se contó con un escaso número de

ejemplares entre 25 y 30 cm Ls, es decir justamente el rango en el que se encuentra la talla de primera madurez.

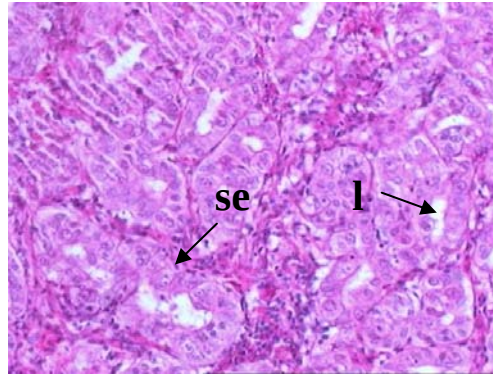


Figura 18. Formación tumoral de células sertolianas (se); se observan vesículas seminíferas conservando luz seminal (l). Aumento utilizado: 20X.

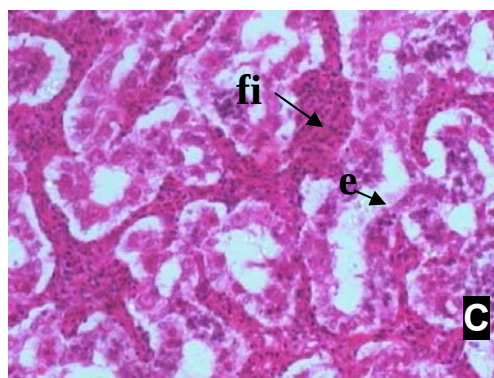
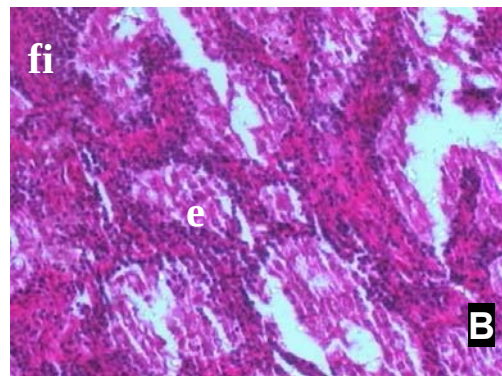
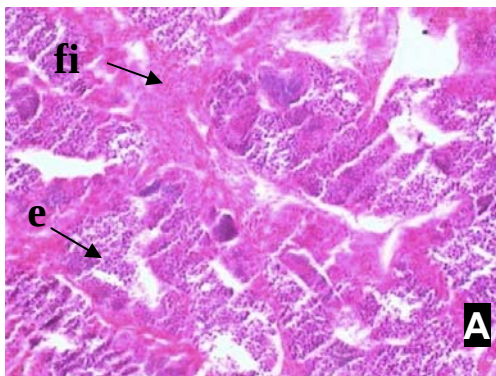


Figura 19 A, B y C. Fotomicrografías correspondientes a testículos marcadamente congestivos con presencia de fibrosis (fi). Además, las figuras muestran una posible sucesión degradativa del epitelio seminal (e), siendo leve en A, que aún conserva la capacidad espermatocitogénica, intermedia en B, y más avanzada en C, donde éste ha disminuido considerablemente. Aumento utilizado: A: 10X. B y C: 20X

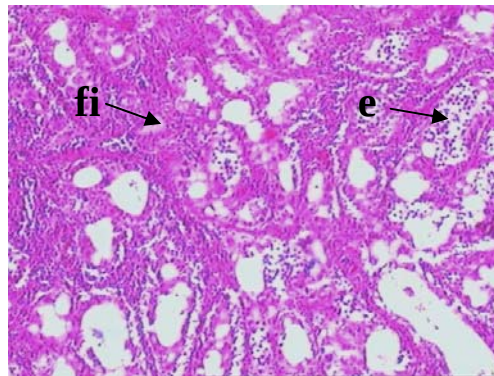


Figura 20. Tubos seminíferos aplásicos con restos de espermatocitogénesis (eg) y presencia de tejido conjuntivo en fibrosis (fi). Aumento utilizado: 10X

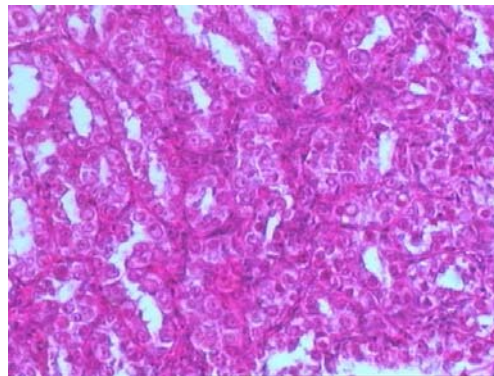


Figura 21. Testículo hipoplásico en el que no se observan secuencias de la fase proliferativa y de diferenciación espermatocitogénica. Aumento utilizado: 20 X

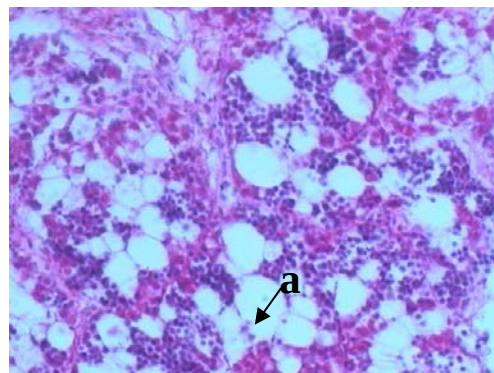


Figura 22. Testículo con presencia de presuntos adipocitos (a) (no se han realizado técnicas específicas). Aumento utilizado: 20 X.

Tabla 3. Parámetros del modelo logístico estimados por máxima verosimilitud para la determinación de la talla de primera madurez (L_{50}) en machos y hembras de sábalo, con y sin anomalías.

	Machos normales	Hembras normales	Machos normales y con anomalías	Hembras normales y con anomalías
	0,237652	0,758409	0,343132	0,767721
	23,9 (Ls) 29,96(Lt)	28,6 (Ls) 35,64 (Lt)	26,4 (Ls) 32,98 (Lt)	28,6 (Ls) 35,64 (Lt)
	4,85	3,82	3,032	3,78
	385	528	452	530

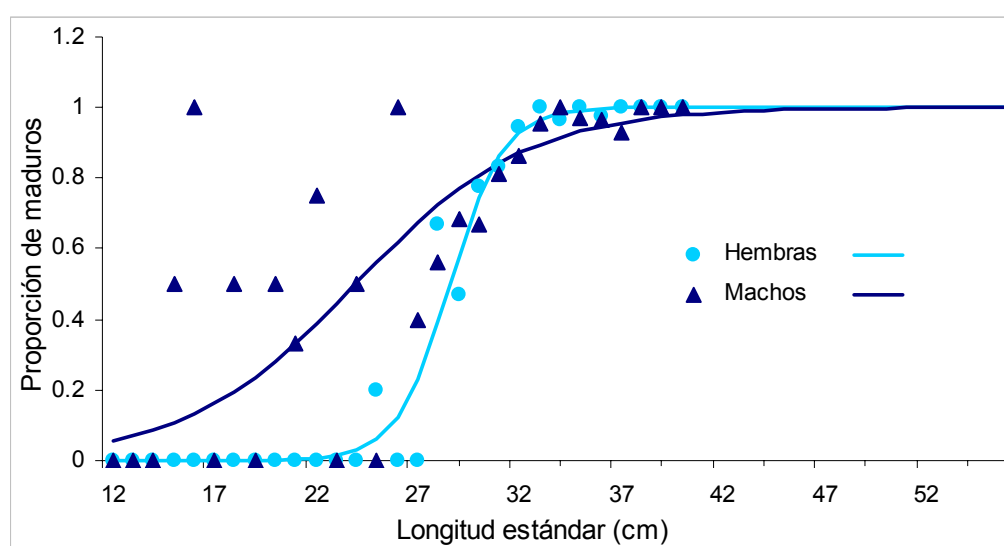


Figura 23. Porcentaje de hembras y machos maduros y de apariencia normal de sábalo en función de la longitud estándar.

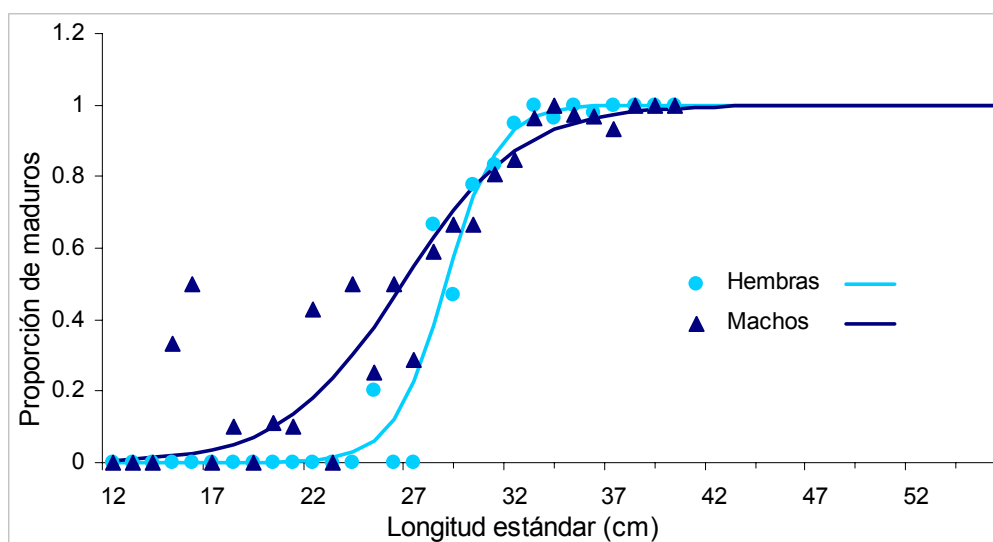


Figura 24. Porcentaje de hembras y machos maduros de sábalo, incluyendo los que presentaban anomalías tisulares, en función de la longitud estándar.

4.5.3. Estimación de la fecundidad

- **Aspectos metodológicos:** Teniendo en cuenta que la fecundidad total (Ft) es el número de ovocitos evacuados en una estación reproductiva, se procedió a estimar esta variable a partir del recuento de ovocitos vitelados en aquellos ovarios que no presentaban FPOs recientes ni atresias. Dado la ausencia de hembras con ovocitos hidratados en los muestreos, no fue factible estimar la fecundidad parcial de esta especie.

Para la estimación de fecundidad total se seleccionaron 50 ovarios en maduración avanzada (con ovocitos vitelados). El cálculo se realizó a partir del método gravimétrico, para lo cual se tomaron tres muestras de tejido correspondientes a la región anterior, media y posterior del mismo ovario. Estas muestras fueron pesadas en una balanza analítica ($\pm 0,1$ mg); posteriormente se determinó el número de ovocitos vitelados presentes en las mismas mediante conteo bajo lupa y se promediaron los valores obtenidos para cada ovario. La Ft fue calculada multiplicando el número de ovocitos vitelados por gramo de ovario obtenido de las muestras por el peso gonadal correspondiente a ese individuo. La fecundidad relativa (Fr, número de ovocitos vitelados por gramo de hembra) se determinó obteniendo el cociente entre la fecundidad total y el peso total del individuo sin los ovarios.

Las estimaciones de fecundidad (total y relativa) se relacionaron con las variables talla y peso total mediante análisis de regresión y correlación. El ajuste de las regresiones fue probado mediante los criterios de error medio cuadrático y relativo y se efectuaron análisis de residuales.

- **Estimaciones de fecundidad total y relativa:** La fecundidad total (Ft) arrojó un valor medio de 279.829 (± 147.815) ovocitos vitelados para una longitud promedio de 34 (± 3) cm Ls. Esta variable se incrementó en forma lineal tanto en función de la talla como del peso total sin ovarios ($p < 0,0001$) (Figuras 25 y 26).

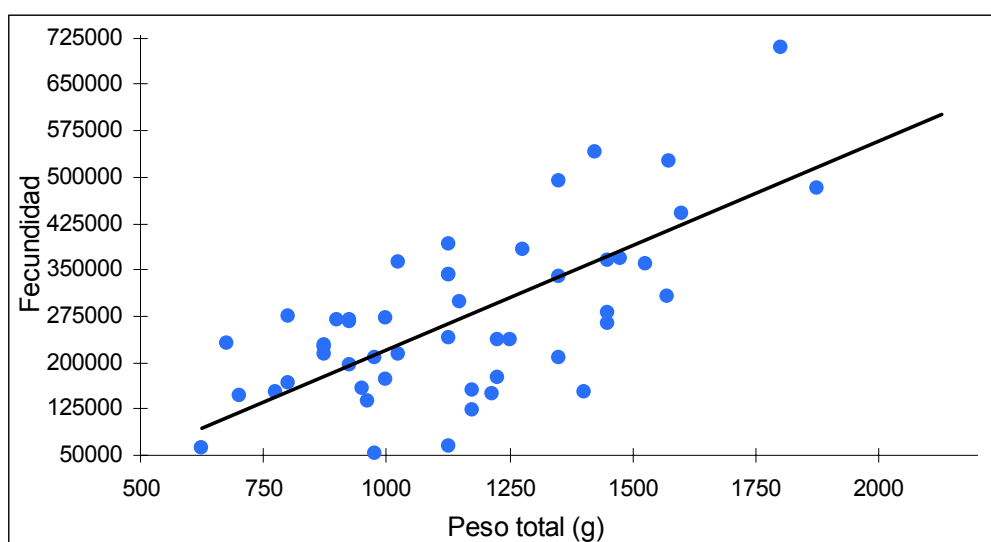


Figura 25. Relación de la fecundidad total con el peso total libre de ovarios (Pt) de las hembras maduras de sábalo.

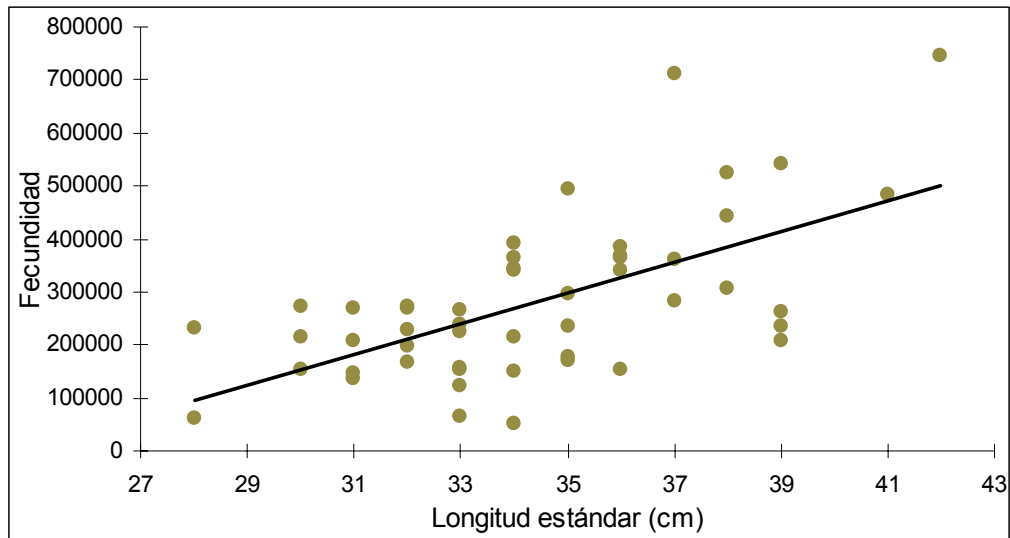


Figura 26. Fecundidad total de las hembras maduras de sábalo en función de la longitud estándar.

La fecundidad relativa varió entre 55 y 461 ovocitos vitelados por gramo de hembra libre de ovarios, con un valor medio de 293 (± 125) ovocitos vitelados esta variable no evidenció una relación significativa con la talla o el peso de las hembras ($p > 0,05$) (Figuras 27 y 28).

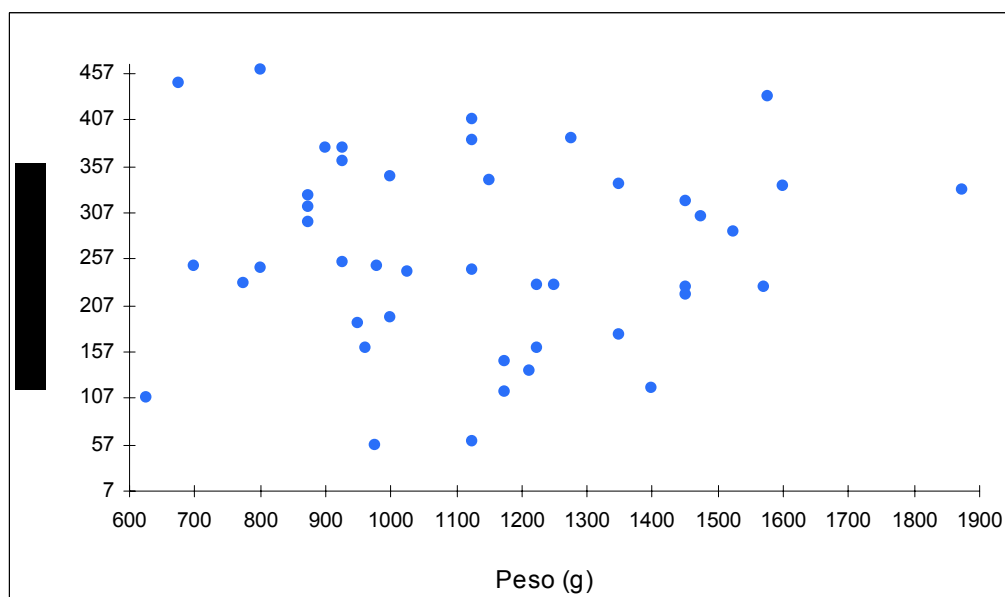


Figura 27. Fecundidad relativa de las hembras maduras de sábalo en función del peso total libre de ovarios (Pt).

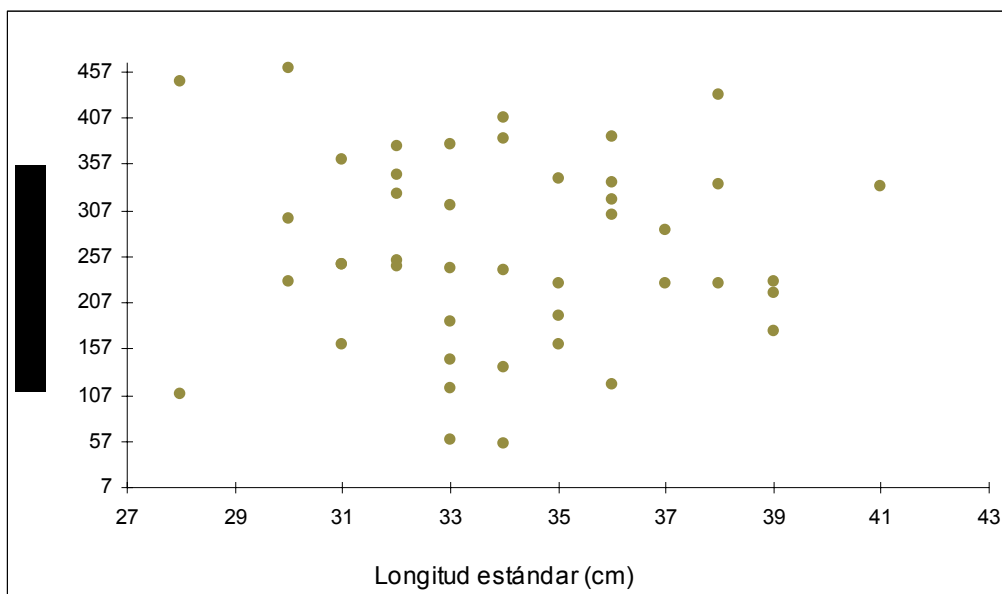


Figura 28. Fecundidad relativa de las hembras maduras de sábalo en función de la longitud estándar.

- **Diámetro y peso seco de los ovocitos hidratados:** el diámetro máximo de los componentes vitelados varió entre 1044 y 1700 μm para el conjunto de las hembras analizadas, con una media estimada de 1185 μm . La relación entre esta variable y la talla de los ejemplares no evidenció una correlación significativa ($p > 0,05$) (Figura 29).

Con respecto al peso seco varió entre 9,7 y 15,4 mg, tampoco en este caso se evidenció una relación significativa entre esta variable y la talla de las hembras ($p > 0,05$). (Figura 30).

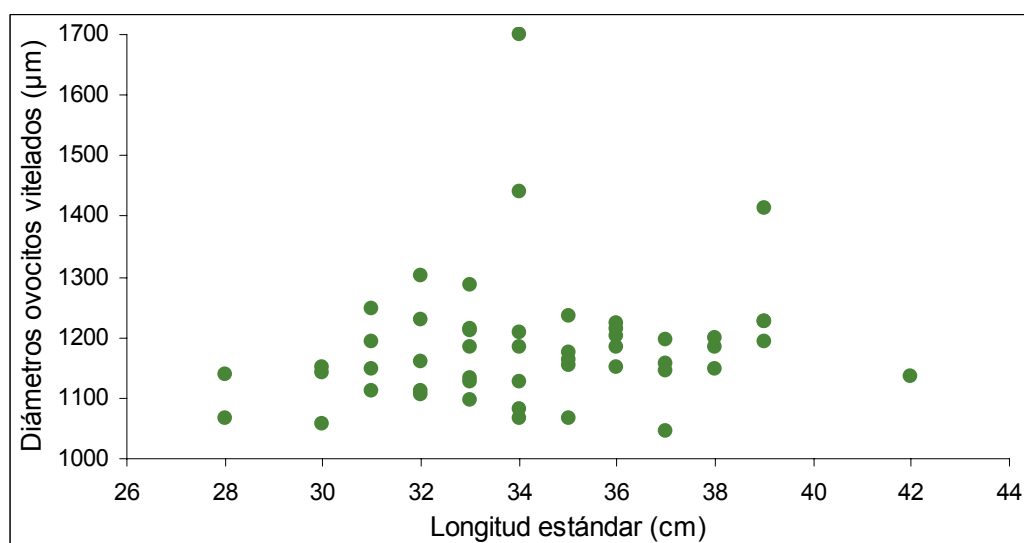


Figura 29. Relación entre el diámetro de los ovocitos vitelados y la longitud estándar de las hembras de sábalo (n=50).

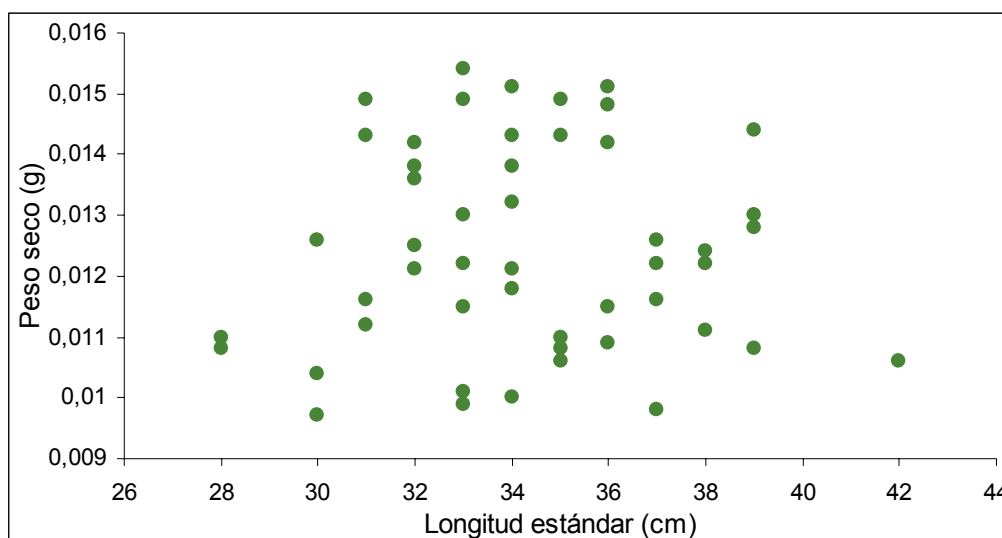


Figura 30. Relación entre el peso seco de los ovocitos vitelados y la longitud estándar de las hembras de sábalo (n=50).

4.5.4. Conclusiones

- Tanto la distribución de diámetros ovocitarios como el análisis microscópico de los ovarios maduros del sábalo permitió identificar una fase de puesta parcial, caracterizada por la presencia de ovocitos vitelados, en maduración, juntamente con folículos post-ovulatorios, indicadores de un reciente desove. Esto sugiere que en el sábalo el desove se da en forma fraccionada, expulsando varias camadas de ovocitos durante la misma estación reproductiva. Por otra parte, la distribución de diámetros ovocitarios fue bimodal, mostrando una separación entre las fases más inmaduras y la de ovocitos maduros, resultado similar al encontrado por Telichevsky *et al.* (1985), y característico de desovantes con fecundidad determinada.
- En cuanto al ciclo reproductivo, pudieron observarse ejemplares maduros durante gran parte del año, con un pico reproductivo entre los meses de primavera-verano coincidiendo con lo hallado por Telichevsky *et al.* (1985), quienes proponen que la puesta se extendería desde noviembre a marzo con un máximo en diciembre-enero.
- La estimación de la talla de primera madurez sexual mostró diferencias altamente significativas entre los valores obtenidos en cada sexo. Como fuera mencionado previamente, algunos organismos presentaron en sus tejidos gonadales ciertas anomalías tales como hipoplasias, aplasias, reacciones inflamatorias y tumorales (Christiansen, com. pers.⁸). En este caso los machos alcanzarían su primera madurez sexual a una longitud estándar mayor que los machos con tejidos normales, lo que podría estar relacionado con una utilización diferencial de la energía empleada en el esfuerzo reproductivo. En ambos casos las hembras presentaron tallas de primera madurez mayores.
- La fecundidad total de *P. lineatus* estuvo comprendida entre 51.999 y 744.283 ovocitos para hembras entre 28 y 42 cm Ls. La fecundidad relativa varió entre 55 y

⁸ Dr. Haraldo Ernesto Christiansen. Laboratorio de Histología. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

461 ovocitos por g de hembra (sin ovarios) con un valor medio de 293 ± 125 ovocitos.

- Las relaciones entre la fecundidad total y las variables longitud total y peso total, evidenciaron un incremento en el número de huevos en función del tamaño y peso de las hembras. En el caso de la fecundidad relativa no se obtuvo una relación significativa entre esta variable y la talla o el peso de los ejemplares.
- En cuanto a la relación entre el diámetro y el peso seco de los ovocitos vitelados y la talla de las hembras, no se observó una tendencia que sugiera una influencia del tamaño parental sobre estas características. Algunos autores sugieren que el tamaño de los ovocitos maduros está relacionado con la cantidad de reservas acumuladas o la condición fisiológica de las hembras (Kjesbu *et al.*, 1997), aunque esto aún se encuentra en discusión (Bromage *et al.*, 1992; Brooks *et al.*, 1997).

4.6. Estimaciones de la mortalidad natural y por pesca

Mediante la regresión de los logaritmos naturales de la abundancia media estimada de las cohortes (ver el párrafo 3.4.2.), se obtuvo una estimación preliminar del coeficiente instantáneo de mortalidad total (Z) de $1,26 \text{ año}^{-1}$, con las limitaciones impuestas por las probables variaciones en el reclutamiento (Fig. 31)

Con los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy estimados y una temperatura media de $20,0 \text{ °C}$, la tasa instantánea de mortalidad natural (M), estimada a partir de la regresión de Pauly (1980) actualizada en Froese y Pauly (2006), resultó ser de $0,41 \text{ año}^{-1}$

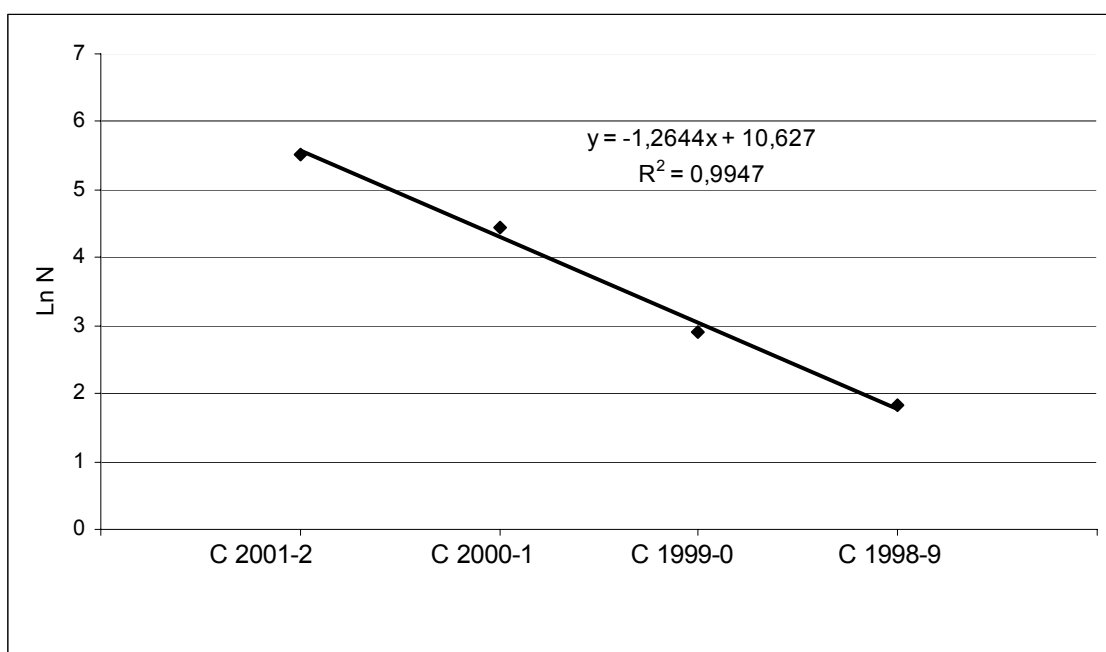


Figura 31. Estimación de la tasa instantánea de mortalidad total (Z)

A partir de estos valores, la estimación de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F) = $Z - M$, fue de $0,86 \text{ año}^{-1}$.

La tasa de explotación (en el sentido de Ricker, 1975)⁹ correspondiente fue por lo tanto: $\mu = F/Z * (1 - e^{-Z}) = 0,48$

4.7. Rendimiento por recluta e inferencias sobre talla de primera captura y mallas recomendadas.

Los valores de rendimiento por recluta según el modelo de Beverton y Holt (1957) y de potencial reproductivo por recluta o, más estrictamente, cociente de desove potencial por recluta (SPR, “*spawning potential ratio*”) se calcularon con el programa FAST (Slipke y Maceina, 2001) para disponer de una estimación preliminar del estado de explotación de la población (a pesar del apartamiento de la condición de equilibrio), y para identificar el tamaño óptimo de primera captura y la abertura de malla asociada.

El SPR (Goodyear, 1993) se define como el cociente $P_{\text{explotado}}/P_{\text{virgen}}$, donde P es la fecundidad potencial por recluta, calculada como el número de huevos maduros producidos a lo largo de la vida de un recluta promedio en una población en equilibrio en la que no hay efectos denso-dependientes sobre el crecimiento o la supervivencia. Goodyear (1993) recomienda mantener objetivos de SPR de no menos de 20% a 30% para minimizar riesgos de sobrepesca en relación con el reclutamiento.

Aunque se desconoce la selectividad global de la pesquería, el uso de redes con diferentes tamaños de malla y trasmallos (“tres telas”) justifica, como primera aproximación, la suposición de una mortalidad por pesca constante a partir del tamaño de primera captura (L_c). Enfoques similares se han adoptado para la evaluación del estado de las pesquerías de varias especies en ambientes fluviales neotropicales (Petrere, 1983, 1989; Isaac y Ruffino, 1996; Ruffino e Isaac, 1999; Mateus *et al.*, 2002, 2004; Araya *et al.*, 2005).

⁹ La tasa de explotación se define como la fracción, en número, de los peces de una población presentes en un momento dado que es pescada durante un lapso de tiempo inmediatamente posterior (en este caso 1 año)

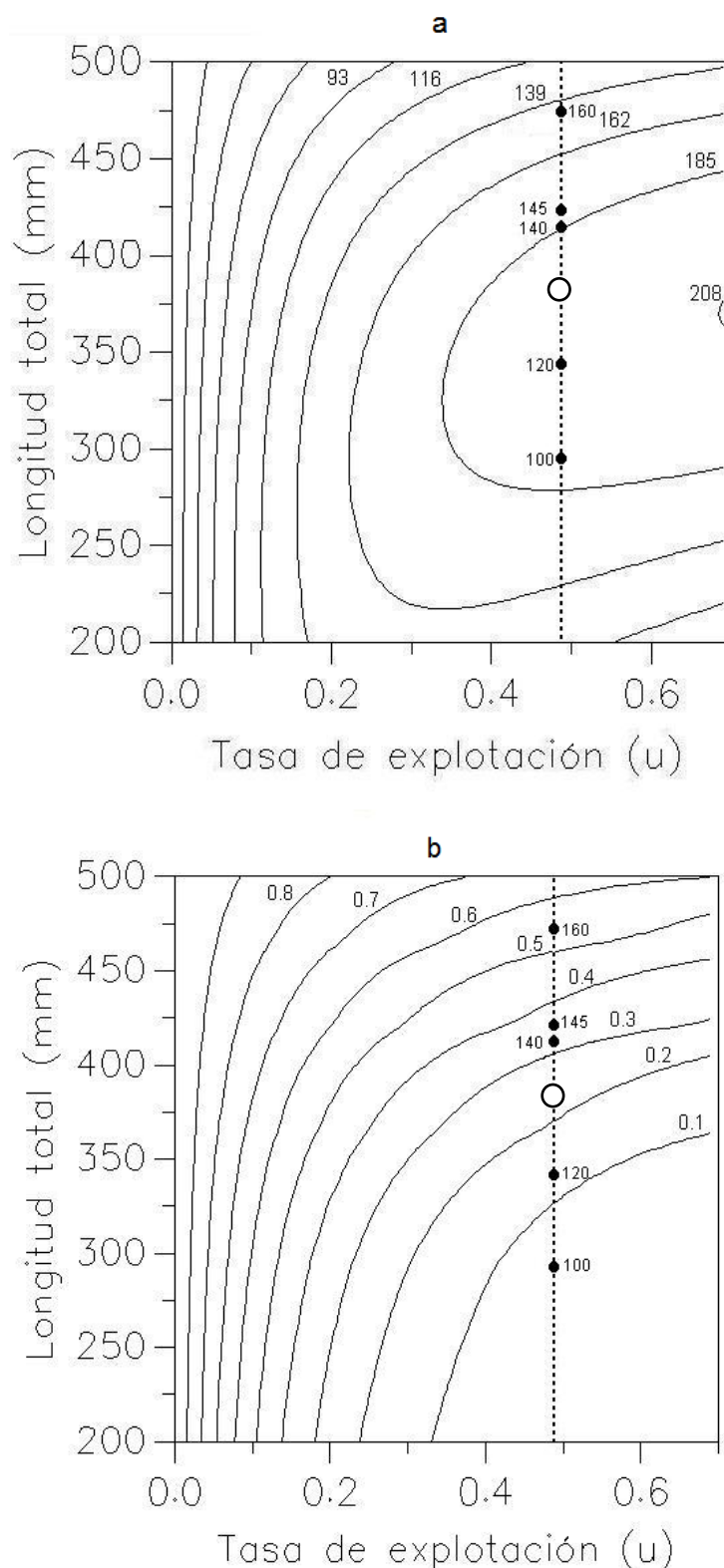


Figura 32. Isopletas de rendimiento en kg (a) y cociente de desove potencial (b) considerando un número arbitrario de 1000 reclutas. La línea segmentada vertical representa la tasa de explotación actual estimada; el círculo muestra la situación actual de la pesquería y los puntos corresponden a las longitudes de captura con un coeficiente de retención de 50% de las mallas de 100mm, 120mm, 140mm, 145mm y 160mm.

Los valores ingresados para correr el programa fueron los siguientes:

$L_{inf} = 634 \text{ mm (Lt)}$

$k = 0,235 \text{ año}^{-1}$

$t_0 = -0,657 \text{ año}$

Edad máxima = 12 años

cm (mortalidad natural condicional, $1 - e^{-M}$) = 0,34
($M = 0,41$)

c (ordenada al origen de la relación Longitud-Peso en su forma logarítmica) = -4,953
 n (pendiente de la relación Longitud-Peso en su forma logarítmica) = 3,047

a (intercepción de la regresión F_t en función de L_t (mm)) = -740776

b (pendiente de la regresión F_t en función de L_t (mm)) = 2395

$Em(50\%)$ (edad de primera maduración) = 2,5 años

% de hembras entre 2,5 y 3 años = 50

% de hembras entre 4 y 6 años = 56

% de hembras entre 7 y 12 años = 71

% de hembras desovantes entre 2,5 y 3 años = 75

% de hembras desovantes entre 4 y 6 años = 100

% de hembras desovantes entre 7 y 10 años = 100

Rango de valores de c_f (mortalidad por pesca condicional, $1 - e^{-M}$) = 0,0 a 0,8

Rango de valores de L_c (longitud de primera captura) = 200mm a 500mm

Los resultados se muestran en gráficos de isopletras (Fig. 32 A y B) que representan el rendimiento y el cociente de desove potencial (SPR) de un número arbitrario de 1000 reclutas, en función de la tasa de explotación (μ) y la longitud de primera captura L_c (expresada como Longitud total en cm).

La talla de primera captura en la pesquería comercial se ubicó, según los muestreos realizados durante las campañas, entre 38 y 39 cm de longitud total, algo por debajo de la talla crítica¹⁰, calculada en 40,1 cm (Lt) a partir de los parámetros estimados de crecimiento y mortalidad natural con la fórmula $L_{crit} = L_{inf} * (3 / (3 + M/k))$.

¹⁰ La *talla crítica* es aquella a la cual la cohorte (conjunto de los individuos nacidos en una misma temporada de desove) alcanza su máxima biomasa, en ausencia de explotación pesquera.

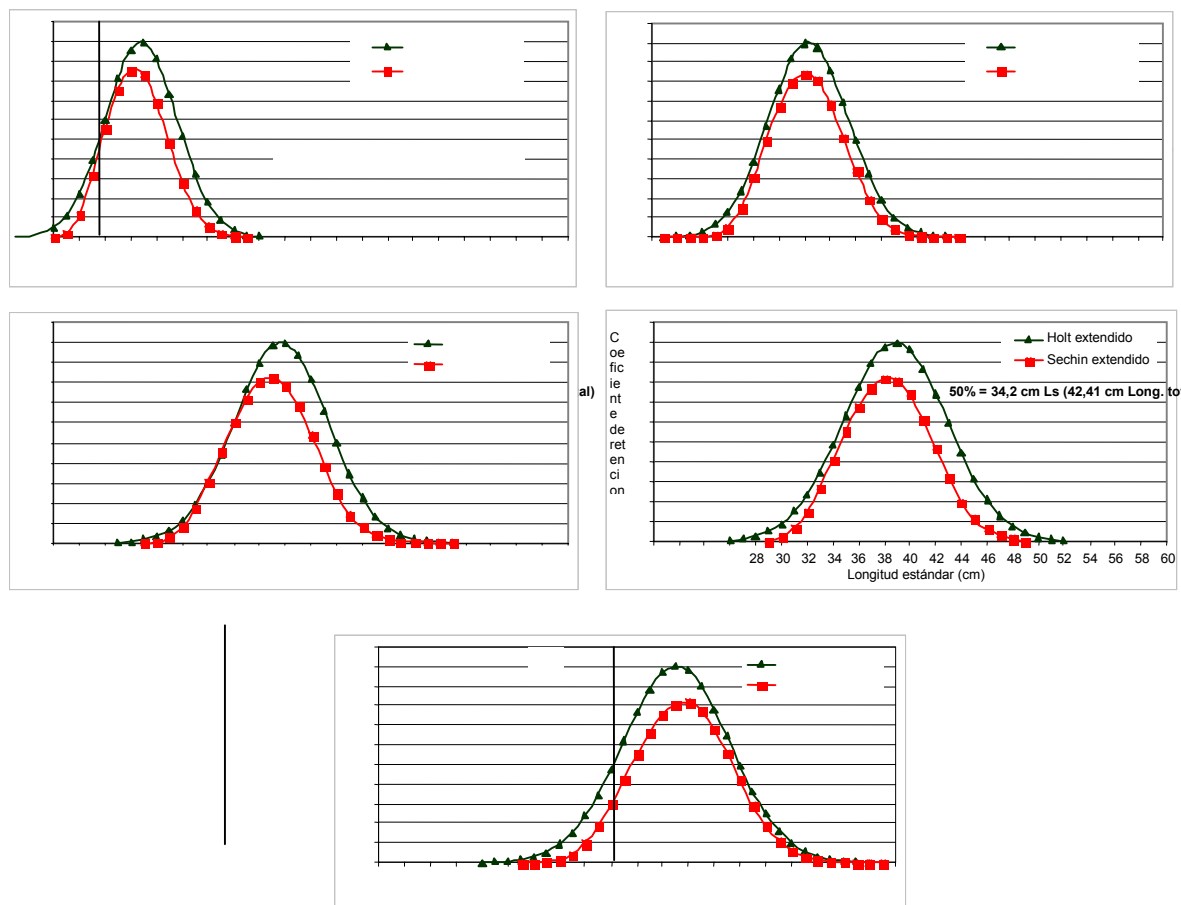


Figura 33. Longitudes con coeficientes de retención del 50% para aberturas de malla entre 100 a 160 mm.

De acuerdo con el modelo de rendimiento por recluta, manteniendo esta talla de primera captura la tasa de explotación (en condiciones de equilibrio) podría incluso aumentarse con incremento del rendimiento (Fig. 32A). Sin embargo, el valor correspondiente del SPR está en una zona considerada de riesgo, por debajo del 30%, y un pequeño aumento en la tasa de explotación podría llevarlo a menos del 20% (Fig. 32b). En el diagrama de isopletras se pueden visualizar además las consecuencias de la generalización del uso de mallas de diferente abertura, considerando como L_c a la longitud de retención del 50% (Fig. 33) calculada a partir de las estimaciones de selectividad (selección en “filo de cuchillo”).

La generalización del uso de mallas de 120 mm llevaría a la sobrepesca en relación con el reclutamiento y el de las de 100 también en relación con el crecimiento. Tamaños de malla entre 140 y 145 mm permitirían obtener rendimientos razonables a largo plazo, con niveles de SPR por encima del 30%. La adopción, en cambio, de mallas de 160 mm desplazaría la situación hacia la subutilización del recurso con una reducción del rendimiento sostenible de alrededor del 28%.

4.8. Otras especies

El muestreo realizado incluyó el registro de las capturas de todas las especies, por tamaño de malla, como información de base para estudios a nivel de la comunidad de peces y el ecosistema, y para evaluar el efecto directo de las mallas comerciales sobre especies no objetivo.

La lista de especies (o categorías taxonómicas mayores cuando no se alcanzó la determinación específica) capturadas con la batería de redes agalleras, y su abundancia relativa, se muestran en la tabla 4 y la figura 34. La tararira (*Hoplias malabaricus*), que también se captura comercialmente en el área resultó ser la especie mas abundante en peso, después del sábalo.

Como era de esperar, las mallas de tamaños menores capturaron mayor diversidad de especies (Fig. 35) y mayor cantidad de ejemplares en número y en peso (Fig. 36).

En relación con la incidencia sobre especies no objetivo, las distribuciones de captura por malla muestran que la captura de ejemplares juveniles de especies de interés comercial y deportivo es baja y se produce principalmente en mallas por debajo de 140 mm, salvo en el caso del surubí donde la captura es particularmente escasa y se distribuye más o menos uniformemente (Fig. 37). Las máximas capturas de tararira, que actualmente es objeto de una creciente explotación en el área junto con el sábalo, se obtienen con mallas de 120 mm y menores. La captura conjunta de estas especies es por lo tanto un factor adicional que impulsa hacia la reducción de los tamaños de malla utilizados en la pesquería. Es necesario investigar técnicas de captura que no afecten simultáneamente a la población del sábalo y controlar la extracción de la tararira, que por sus características biológicas resulta particularmente vulnerable.

Tabla 4. Lista de especies identificadas en los muestreos (excluyendo al sábalo) y captura total en peso y número

ESPECIE	Peso Total (g)	Nº Individuos
1 <i>Acestrorhynchus pantaneiro</i>	43249	276
2 <i>Ageneiosus brevifilis</i>	31923	60
3 <i>Ageneiosus valenciennesi</i>	30461	115
4 <i>Apteronotus albifrons</i>	400	1
5 <i>Astyanax</i> sp.	459	16
6 <i>Auchenipterus nuchalis</i>	21965	249
7 <i>Auchenipterus osteomystax</i>	483	7
8 <i>Bergiaria westermanni</i>	15705	128
9 <i>Brycon orbygnianus</i>	1045	15
10 <i>Callichthyidae</i>	41371	184
11 <i>Catathyridium jenynsii</i>	33458	136
12 <i>Cichlasoma</i> sp.	91	2
13 <i>Crenicichla</i> sp.	2972	8
14 <i>Curimatidae</i>	42100	602
15 <i>Cynopotamus</i> sp.	17728	178
16 <i>Cyprinus carpio</i>	12750	3
17 <i>Eigenmannia virescens</i>	654	6
18 <i>Gymnogeophagus</i> sp.	75	3
19 <i>Gymnotus carapo</i>	3304	3
20 <i>Hemiodus orthonops</i>	50	2
21 <i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	6003	14

22	<i>Hoplias malabaricus</i>	954040	1231
23	<i>Hypophthalmus sp.</i>	575	1
24	<i>Hypostomus sp.</i>	121072	224
25	<i>Leporinus obtusidens</i>	168738	349
26	<i>Liposarcus anisitsi</i>	504846	655
27	Loricariinae	592955	2414
28	<i>Luciopimelodus pati</i>	38144	49
29	<i>Lysengraulis grossidens</i>	1278	8
30	<i>Megalonema platanum</i>	150	1
31	<i>Metynnis sp.</i>	3936	42
32	<i>Mylossoma sp.</i>	3600	13
33	<i>Odontesthes bonariensis</i>	13144	26
34	<i>Oligosarcus sp.</i>	580	8
35	<i>Oxydoras kneri</i>	177200	103
36	<i>Pachyurus sp.</i>	26893	242
37	<i>Parapimelodus valenciennis</i>	54156	547
38	<i>Pellona flavipinnis</i>	12160	52
39	<i>Pimelodella sp.</i>	14	2
40	<i>Pimelodus albicans</i>	5073	9
41	<i>Pimelodus brevis</i>	375	2
42	<i>Pimelodus maculatus</i>	66033	216
43	<i>Pimelodus ornatus</i>	175	1
44	<i>Pinirampus argentinus</i>	271	2
45	<i>Plagioscion sp.</i>	162055	383
46	<i>Platydoras costatus</i>	150	1
47	<i>Potamotrygon sp.</i>	144810	133
48	<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>	45270	25
49	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>		
50	<i>Pterodoras granulatus</i>	45187	59
51	<i>Raphiodon vulpinus</i>	26454	52
52	<i>Rhamdia quelen</i>	5840	9
53	<i>Rhamphichthys rostratus</i>	1825	5
54	<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	5156	38
55	<i>Roeboides paranensis</i>	50	2
56	<i>Roeboides sp.</i>	1811	11
57	<i>Salminus brasiliensis</i>	135195	216
58	<i>Schizodon sp.</i>	119667	276
59	Serrasalminae	232558	454
60	<i>Sorubim lima</i>	4933	13
61	<i>Sternopygus macrurus</i>	1650	6
62	<i>Symbranchus marmoratus</i>	2407	3
63	<i>Tetragonopterus argenteus</i>	142	9
64	<i>Thoracocarax stellatus</i>	148	1
65	<i>Trachelyopterus sp.</i>	78382	692
66	<i>Trachydoras paraguayensis</i>	150	5
67	<i>Triporthus paranensis</i>	9017	124
	Total	4074511	10722

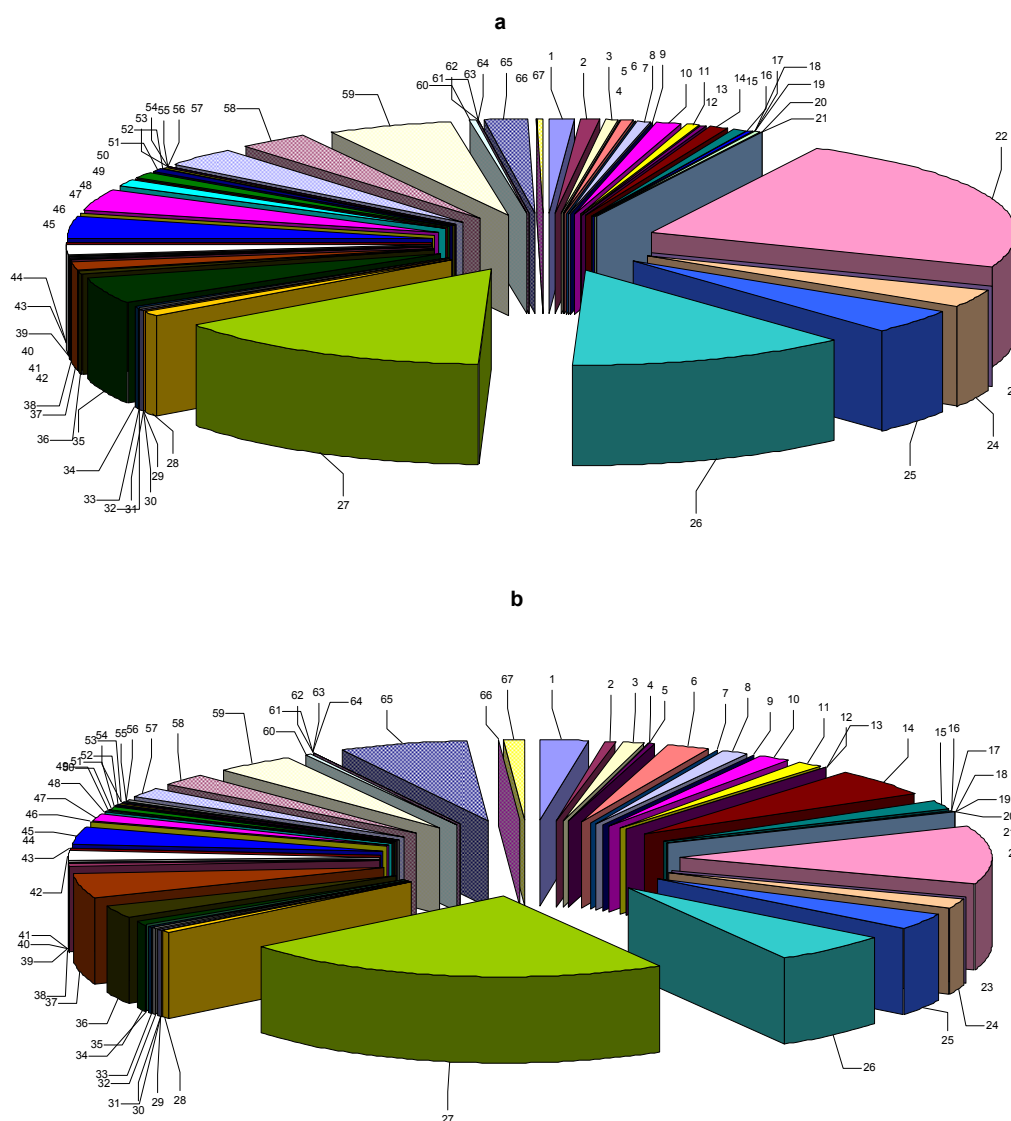


Figura 34. Abundancia relativa en peso (a) y en número (b) de las especies capturadas con la batería de redes enmalladoras (excluyendo al sábalo), en las 5 campañas realizadas. Los números corresponden a las especies de la Tabla 4.

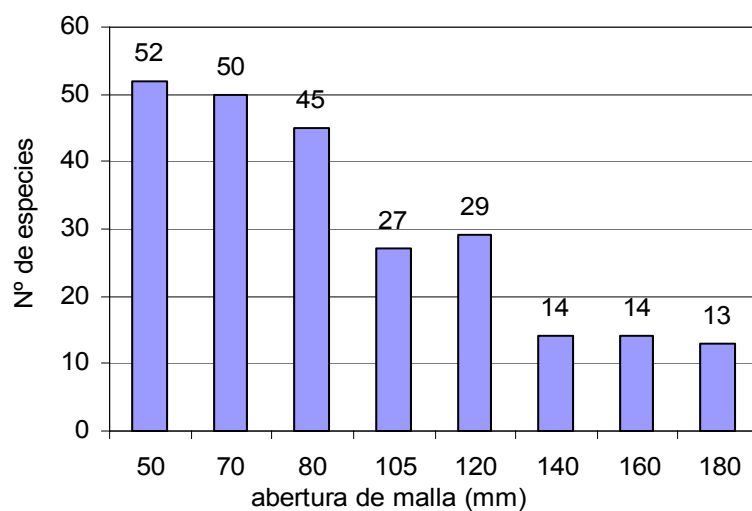


Figura 35. Cantidad de especies capturadas por tamaño de malla

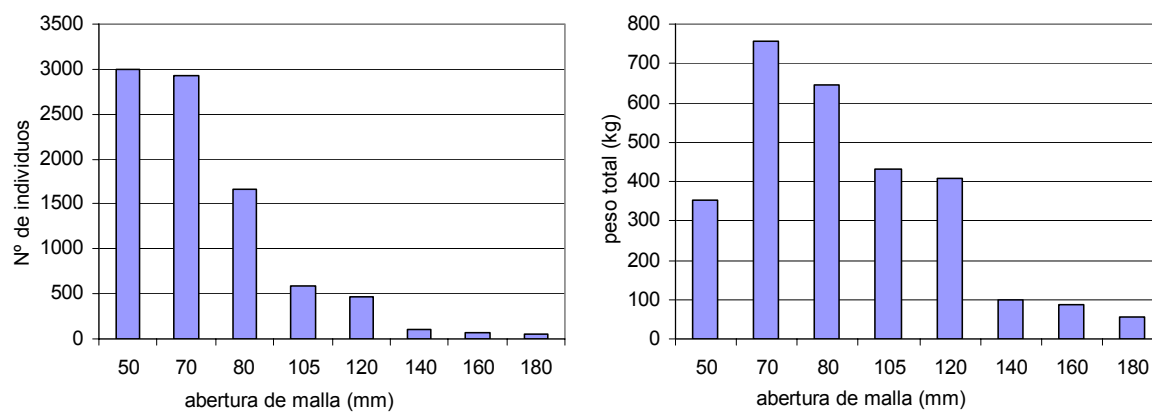


Figura 36. Número de individuos y peso total de la captura por tamaño de malla

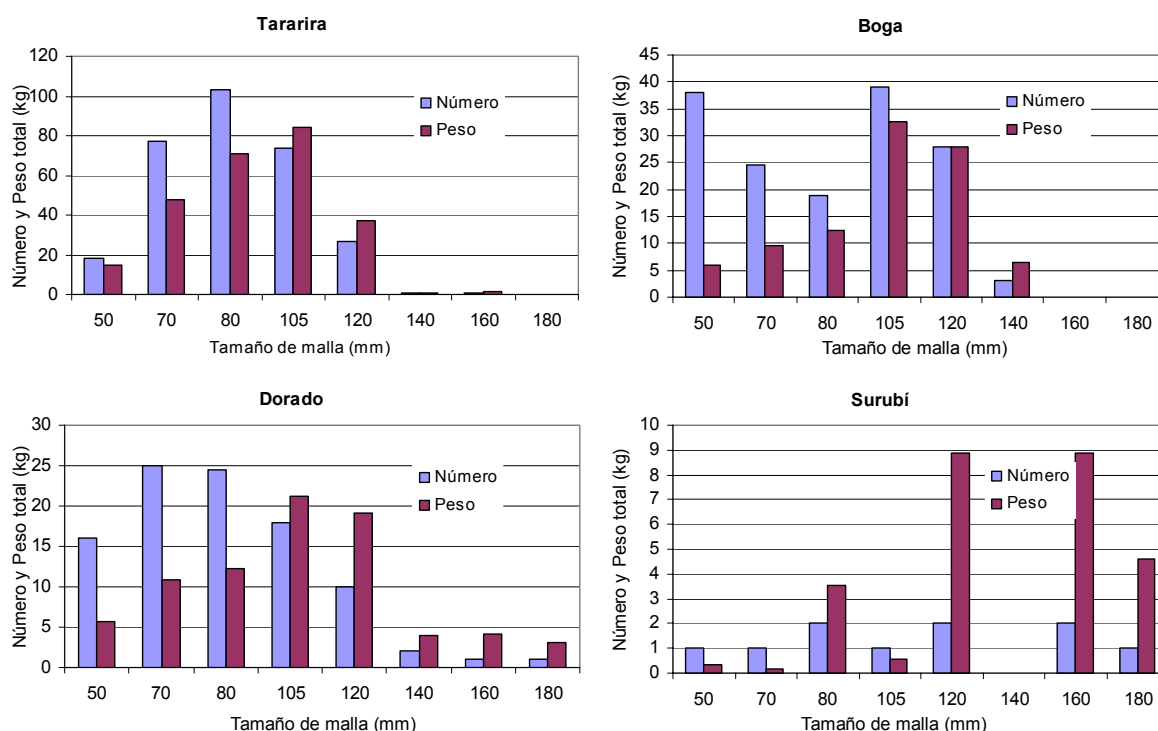


Figura 37. Captura de especies de interés comercial y deportivo, en número de individuos y peso total por tamaño de malla.

5. Estado de la pesquería de sábalo del río Paraná y medidas de manejo propuestas

Los altos niveles de captura que han caracterizado a la pesquería en los últimos años son seguramente transitorios, ya que incluyen la apropiación de una fracción importante de la biomasa de peces acumulada, extraída en el proceso de transición a niveles progresivamente mayores de esfuerzo de pesca, incremento del área explotada y reducción de la talla de captura.

De acuerdo con las estimaciones realizadas sobre crecimiento y mortalidad natural, la talla crítica correspondiente al stock de sábalo del área es de 40,1 cm de longitud total, mientras que la longitud de primera maduración ha sido estimada en 30 cm y 35,6 cm para machos y hembras respectivamente. De este modo, las tallas de los peces capturados actualmente, con una media de alrededor de 42 cm y longitudes mínimas ligeramente por encima de la de primera maduración, están ya próximas a los límites mínimos aceptables. Al mismo tiempo, el potencial reproductivo, medido por el SPR, se encuentra en una zona de alarma entre los niveles de 20% y 30%.

Teniendo en cuenta el alto grado de incertidumbre asociado a estas estimaciones y la tendencia de la pesquería al incremento del esfuerzo y la reducción de los tamaños de malla, **la situación debe ser considerada como riesgosa.**

Otro aspecto preocupante, que surge de los monitoreos efectuados, es la escasa abundancia de ejemplares de gran tamaño, que son probablemente los de mayor eficiencia reproductiva dada su mayor fecundidad y capacidad migratoria. La conservación de un segmento de la población con tallas por sobre el rango de captura proveería una garantía adicional para el mantenimiento de la capacidad reproductiva de la población en su conjunto. Para asegurar la supervivencia de estos ejemplares de tallas mayores es importante imponer el uso de artes selectivas que disminuyan su mortalidad por efecto de la pesca, junto al mantenimiento o establecimiento de áreas protegidas (libres de pesca) como refugios naturales.

Por otra parte, la abundancia de las generaciones de sábalo, producto de los procesos de reproducción anuales, fluctúa ampliamente debido principalmente a variaciones en las condiciones hidrológicas necesarias para garantizar el éxito de dichos procesos. Esto trae aparejadas oscilaciones importantes en las capturas, cuando el producto de dichos desoves se incorpora o recluta a la pesquería. En este sentido, la detección de una abundancia extremadamente baja de peces que deberían haber nacido en el periodo reproductivo de fines de 2003 a principios de 2004, tal como surge de los monitoreos realizados, pronostica un escenario desfavorable para la pesca comercial durante los próximos 2 ó 3 años.

Los monitoreos realizados muestran también la presencia de una clase anual de 2004-2005 cuya abundancia y por consiguiente su capacidad de contribuir al stock pescable en el futuro deberá ser determinada. Debe también mencionarse, como signo de preocupación, la no detección hasta el presente de la clase anual 2005-2006.

De no implementarse medidas de manejo que contemplen la actual composición demográfica de la población, podría acentuarse la presión de captura hacia tallas menores a las legales, sin permitir que la cohorte alcance su talla mínima sustentable, lo que implicaría caer en sobrepesca.

Los bajos caudales registrados durante la primavera 2006 comprometen también la reproducción de la actual temporada de puesta, que, en el mejor de los casos, quedaría limitada al pico de verano 2007 si se produjera un incremento suficiente del nivel hidrométrico.

Ante este escenario, se hace necesario adoptar un criterio precautorio, si se quiere, en principio, evitar la sobrepesca y a futuro mantener el recurso en niveles óptimos de rendimiento sustentable. Es por ello que se sugieren las siguientes medidas de manejo:

- ***A fin de mitigar el efecto sinérgico entre las condiciones hidrológicas desfavorables y la abundancia posiblemente reducida del stock desovante es aconsejable reducir fuertemente o suspender las actividades de pesca al menos durante los meses del verano 2006-2007 para evitar la captura masiva de reproductores, que serán más accesibles y vulnerables al producirse un incremento del nivel hidrométrico y desencadenarse la actividad reproductiva.***
- ***Posteriormente se aconseja fijar una captura máxima permisible (CMP) con criterio precautorio para el año 2007, basada en los niveles de captura históricos de la especie, que no debería exceder de 10.000 - 15.000 toneladas en total.***

- ***Adoptar un tamaño de primera captura no inferior a 34 cm de longitud estándar (42 cm de longitud total) mediante la utilización de mallas de no menos de 14,5 cm entre nudos opuestos (7,25 cm “bar”), de acuerdo con las estimaciones de selectividad realizadas.***
- ***Evitar efectivamente el uso de trasmallos o redes de tres telas, para reducir la mortalidad por pesca de los ejemplares mayores (“mega-reproductores”)***
- ***Estudiar la posibilidad de ampliar el sistema de áreas protegidas, libres de pesca, con ubicación y extensión adecuadas para funcionar como reservorios.***

Tanto la CMP como el resto de las medidas de manejo deberán estar sujetas a revisión en función de los resultados de los monitoreos y el ajuste de las estimaciones disponibles sobre parámetros poblacionales y estructura del efectivo pesquero.

A fin de avanzar más allá de estas medidas de ordenación de corto y mediano plazo es necesario incorporar nuevas actividades para cumplir con los objetivos planteados en el Proyecto, apuntando a un manejo ecosistémico y sustentable de la pesquería en su conjunto que incluya la armonización de los intereses de los diversos usuarios del recurso. Se trata sin dudas de un Proyecto de largo aliento, que requiere un enfoque necesariamente multidisciplinario y participativo. En ese sentido, la planificación de la segunda etapa prevista, además de la continuación y ampliación de las tareas iniciadas, incorpora los siguientes aspectos prioritarios:

- ***Diseño de un sistema eficiente de obtención de datos de captura y esfuerzo y otros datos biológico-pesqueros, económicos, sociales y ambientales requeridos para el manejo de la pesquería, para su implementación por los organismos de administración competentes.***
- ***Caracterización estructural de la pesquería.***
- ***Identificación de poblaciones o unidades subpoblacionales.***
- ***Investigación de nuevas técnicas para la determinación de edades***
- ***Profundización de los estudios de dinámica poblacional y evaluación de riesgos.***
- ***Evaluación de los efectos de variables ambientales sobre el reclutamiento.***
- ***Monitoreo de pre-reclutas.***
- ***Identificación y caracterización de zonas a proteger.***
- ***Evaluación de la incidencia de la pesquería de sábalo sobre especies no objetivo y otros usos de los recursos pesqueros.***

6. Bibliografía

- Agostinho A.A., A.E.A. de M. Vazzoler, L.C. Gomes, E.K. Okada. 1993. Estratificación especial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipú, Paraná, Brasil. Rev. Hydrobiol. Trop. 26(1): 79-90.
- Agostinho A.A., L.C. Gomes, M. Zalewski. 2001. The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper river Paraná. Ecohydrology & Hydrobiology. (1-2): 209-217.
- Angelescu V., F. Gneri. 1949. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio en algunos peces del río Uruguay y del río de La Plata; I. Tipo omnívoro e iliófago en representantes de las familias "Loricaridae" y "Anostomatidae". Revista Ciencias Zoológicas. I(6):162-214.
- Araya P.R., A.A. Agostinho, J.A. Bechara. 2005. The influence of dam construction on a population of *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Anostomidae) in the Yaciretá Reservoir (Argentina), Fisheries Research 74: 198-209.
- Araya P.R., S.B. Sverlij. 1999. Edad y crecimiento de *Prochilodus scrofa*. (Characiformes, Prochilodontidae) en el Alto Río Paraná, Argentina, Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, (86): 45-54.
- Bayley P.B. 1973. Studies on the migratory characin, (*Prochilodus platensis*) Holmberg 1889, (Pisces, Characoidei) in the River Pilcomayo, South America. J. Fish Biol. 3:23-40.
- Bertalanffy L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Human Biol. 10:181-213.
- Bertoletti J.J. 1985. Aspectos sistemáticos e biológicos da ictiofauna do río Uruguay. Veritas, Porto Alegre, 30(117):93-129.
- Beverton R.J., J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Minist. Agric. Fish, Food Fish. Invest. (Ser 2) 19, 533 p.
- Bonetto A.A. 1963. Investigaciones sobre migraciones de peces en los ríos de la Cuenca del Plata. Ciencia e Invest., 19(1-2):12-26.
- Bonetto A.A. 1986. Fish of the Paraná system. The Ecology of River Systems, edited by B. R. Davies y K. F. Walker. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Bonetto A.A., M. Cannon Veron, D. Roldán. 1981. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el río Paraná. Ecosur, 8:29-40.
- Bonetto A.A., E. Cordiviola de Yuan, C. Pignalberi, O. Oliveros. 1969. Ciclos hidrológicos del río Paraná y las poblaciones de peces contenidas en las cuencas temporarias de su valle de inundación. Physis, 29(78): 213-223.

- Bonetto A.A., C. Pignalberi. 1964. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de los peces en los ríos mesopotámicos de la República Argentina. *Comunic. Inst. Nac. Limnol.*; Santo Tomé (Santa Fe), 1: 1-14.
- Bonetto A.A., C. Pignalberi. 1965. Contribución al conocimiento de las poblaciones de peces de las lagunas isleñas en el Paraná medio. An. II Congr. Lat. Amer. Zool., Sao Paulo, 2:131-154.
- Bowen S.H. 1983. Detritivory in neotropical fish communities. En: *Env. Biol. Fishes.* 9(2):137-144.
- Bromage N.R., J. Jones, C. Randall, M. Thrush, B. Davies, J. Springate, J. Duston. G. Barker. 1992. Brood stock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100:141-166.
- Brooks S., C.R. Tyler, J.P. Sumpter. 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg? *Reviews in fish Biology and Fisheries*, 7:387-416.
- Carozza C., E. Cordiviola de Yuan. 1991. Estudios ictiológicos en la laguna La Cuarentena (Isla Carabajal), Río Paraná, Argentina: Edad y crecimiento del "Sábalo" *Prochilodus lineatus* (Val.), periodo 1984-1985 (Pisces, Curimatidae). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 24 (2): 119-129.
- Colombo J. C., C. Bilos, M. Remes Lenicov, D. Colautti, P. Landoni. C. Brochu. 2000. Detritivorous fish contamination in the Río de la Plata estuary: a critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds. *Can. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1139-1150.
- Cordiviola de Yuan, E., C. Pignalberi. 1981. Fish Populations in the Paraná River. 2. Santa Fe and Corrientes Areas. *Hidrobiologia*, 77:261-272.
- Cordiviola de Yuan, E. 1971. Crecimiento de peces del Paraná Medio. I "Sábalo" (*Prochilodus Platensis* Holmberg). (Pisces, Tetragonoperidae). *Physis* Tomo XXX No 81: 483-504.
- Del Barco D. 2004. Proyecto "La producción pesquera en la provincia de Santa Fe". Universidad Nacional del Litoral (inédito).
- De Vincenzi G.J., M. Taegue. 1942. Ictiofauna del río Uruguay medio. *An.Mus.Hist.Nat.Montevideo*, 2ª serie, V(4):60 p
- Dománico A., Delfino R. 1998. Pesquerías del sábalo (*Prochilodus lineatus*) en la zona de Victoria, Entre Ríos (32° 40'S, 60°10'W), *Natura Neotropicalis* 29(2): 127-136.
- Espinach Ros A. C.M. Fuentes. 2000. Recursos Pesqueros y Pesquerías de la Cuenca del Plata. En Bezzi, S; Akselman, R. y Boschi, E. (Editores). Síntesis del Estado de las Pesquerías Marítimas Argentinas y de la Cuenca del Plata. p. 353-388. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Argentina.
- Espinach Ros A. C. Ríos. 1997. Conservación de la fauna íctica en el Embalse de Salto Grande. Publicación conjunta Comisión Administradora del Río Uruguay-Comisión Técnica Mixta de Salto Grande. Julio, 1997.

- Espinach Ros A., S. Sverlij, F. Amestoy, M. Spinetti. 1998. Migration pattern of the sábalo *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) tagged in the lower Uruguay River. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26, 2234-2236.
- Fallows J.A. 1987. Some Biological Features of the Rio Pilcomayo Sábalo, *Prochilodus platensis*. O.D.A. Internal Publication, Trinidad, Bolivia.
- Froese R., D. Pauly. 2006. (Editores). FishBase World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Fuentes C.M. 1998. "Deriva de larvas de sábalo, *Prochilodus lineatus*, y otras especies de peces de interés comercial en el río Paraná Inferior". Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- FUEM NUPELIA/ITAIPÚ Binacional. 1987. Ictiofauna e biología pesqueira. Velatorio do Prometo Fundação Universidade Estadual de Maringa, 640 pp.
- Fuentes C.M., A. Espinach Ros. 1998. Variación de la actividad reproductiva del sábalo, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847), estimada por el flujo de larvas en el río Paraná inferior. Natura Neotropicalis. 29(1): 25-32.
- Godoy M.P. 1954. Locais de desovas de peixes num trecho do rio Mogi-Guassu, Estado de Sao Paulo, Brasil. Rev. Bras. Biol., 14(4):375-396.
- Godoy M.P. 1959. Age, growth, sexual maturity, behaviour, migration, tagging and transplantation of the curimbata, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, 1881, of the Mogi Guassu River, Sao Paulo State, Brazil. Ann. Acad. Bras. Cienc., 31:447-477.
- Godoy M.P. 1980. Poluição-Peixes e Pesca. Reconhecimento preliminar com descrição de duas especies novas de peixes Rios Uruguay, Pelotas e Apuae. Aproveitamentos de ita e Machadinho. Eletrosul, Centrais Eletricas do Sul de Brasil. Eletrobas, Centrais Eletricas Brasileiras, 45 p.
- Gomes L.C., A.A. Agostinho. 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Stindachner, in upper Paraná River, Brazil. Fisheries Management and Ecology, 4: 263-274.
- Goodyear C.P. 1993. Spawning stock biomass per recruit in fisheries management: foundation and current use. Pag 67-71. En S. J. Smith, J. J. Hunt, and D. Rivard (Editores). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Special Publication 120.
- Halls A.S., R.L. Welcomme. 2001. Dynamics of River Fish Populations in Response to Hydrological Conditions: A Simulation Study. River Res. Applic. 20: 985-1000.
- Holt S.J. 1963. A method for determining gear selectivity and its application ICNAF Spec. Publ. 5: 106-110.
- Hunter J.R., B.J. Macewicz, N.C.H. Lo, C.A. Kimbrell. 1992. Fecundity, spawning and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. Fish. Bull. 90(1): 101-128.

- Intec-Ceride. 1999. Pautas de Manejo para la Operacion del Sistema de Transferencia para Peces de Yaciretá. Informe a la EBY.
- Isaac V.J., M.L. Ruffino. 1996. Population dynamics of tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Lower Amazon, Brazil, Fisheries Management and Ecology 1996, 3: 315-333.
- Kendall M.K., A. Stuart. 1967. The advanced theory of Statistics. Charles Griffin & Company Limited. London. Vol. 2690 pp.
- Kjesbu O.S., J. Klungsøyr, H. Kryvi, P.R. Witthames, M.G. Walker. 1997. Fecundity atresia and egg size of captative atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48 :2333-2343.
- Loubens G., J. Panfili. 1992. Estimation de l'âge de *Prochilodus nigricans* (Teleostei, Prochilodontidae) dans le Béni (Bolivie): protocole de'étude et application. Aqua Living Resour 5:41–56
- Kawamura G. 1972. Gillnet mesh selectivity curve developed from length-girth relationship. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 38: 1119–1127.
- Machi G.J., E.M. Acha, C.A. Lasta. 1996. Desove y fecundidad de la corvina rubia *Micropogonias furnieri* Desmarest, 1823 del estuario del Río de la Plata, Argentina. Boletín del Instituto Español de Oceanografía (Madrid, España), 12(2):99-113.
- Machi G.J., E.M. Acha, C.A. Lasta. 2002. Reproduction of black drum (*Pogonias cromis*) in the Rio de la Plata estuary, Argentina. Fish. Res., 59:83-92
- Mateus L.A. de F., G.M.B. Estupiñan. 2002. Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá River basin, Pantanal of MATO Grosso, Brazil, Braz. J. Biol., 62(1): 165-170.
- Mateus L.A.F., J.R.M. Petrere. 2004. Age, growth and yield per recruit analysis of the pintado *Pseudoplatysoma corruscans* (Agassiz, 1829) in the Cuiabá River basin, Pantanal Matogrossense, Brazil, Braz. J. Biol., 64(2): 257-264.
- Mochev A.D., D.S. Pavlov. 1998. The Ecology of Sábalo *Prochilodus lineatus* (Curimatidae, Characoidei) of the Pilcomayo River (South America). Journal of Ichthyology. 38(1): 28-36.
- Oldani N. 1990. Variaciones de la abundancia de peces del valle del río Paraná (Argentina). Rev. Hidrobiol. Trop. 23(1): 67-76.
- Paiva M.P. 1984. Aproveitamento de recursos faunísticos do Pantanal de Matto Grosso: pesquisas necesarias e desenvolvimento de sistemas de produção mais adequados a região. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA) Documento 7. Brasília, Brasil.
- Panfili J., G. Loubens. 1992. Mise en évidence des structures de croissance pour l'estimation de l'âge individuel des poissons. Exemple de *Prochilodus nigricans* (Prochilodontidae, Characiforme). En : Tissus durs et âge individuel des Vertébrés, Colloque National, Bondy, France, 4-6 mars 1991. Baglinière J. L., Castanet J., Conand F. & Meunier F.J. (Editores), Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA, 335-340.

- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM, 39 (2): 175-192.
- Payne A.I. 1986. A survey of the río Pilcomayo sábalo fishery in July 1986. Dept.Biol.Sci., Coventry Lanchester Polytechnica, UK, Overseas Development Administration, 56 p.y
- Payne A.I., M.J. Harvey. 1989. An assessment of the *Prochilodus platensis* Holmberg population in the Pilcomayo River fishery, Bolivia using scale-based and computer-assisted methods. Aquaculture and Fisheries Management 20: 233-248.
- Pet J.S., C. Pet-Soede, W.L.T. van Densen. 1995. Comparison of methods for the estimation of gillnet selectivity to tilapia, cyprinids and other fish species in a Sri Lankan reservoir, Fisheries Research, 24: 141-164.
- Petrere M. 1983. Yield per recruit of tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazonas State, Brazil. Journal of Fish Biology, v.22, p. 133-144.
- Petrere M. 1989. River Fisheries in Brazil: a review. In: Regulated Rivers: Research and Management. Vol. 4: 1-16.
- Pignalberi C. 1965. Evolución de las gónadas en *Prochilodus platensis* y ensayo de clasificación de los estados sexuales (Pisces, Characidae). Ann. II Congr. Latino Am. Zool. (Sao Paulo) 2:203-208.
- Prenski L.B., C.R. Baigun. 1984. Resultados de la prospección pesquera en el embalse de Salto Grande (febrero 1980–febrero 1981). B. Aires, Argentina, Inst. Nac. Invest. Des. Pesq. 440 p.
- Quirós R. 1990. The Paraná River Basin development and the changes in the lower basin fisheries. Interciencia 15: 442-451.
- Quirós R., S. Cuch. 1989. The Fisheries and Limnology of the Lower Plata Basin, En D.P. Dodge (Editores). Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 429-443.
- Quirós R. 2004. The La Plata River basin: International basin development and riverine fisheries. En R. L. Welcomme, T. Petr (Editores). Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, Volume I. pp. 253-272. RAP Publication 2004/16, FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Board. Can. No 191, 383 p.
- Ringuelet R.A., R.H. Arámburu, A. Alonso de Arámburu. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. La Plata, 1997, 602 pp.
- Rossi L.M. 1992. Evolución morfológica del aparato digestivo de postlarvas y prejuveniles de *Prochilodus lineatus* (val., 1847) (Pisces, Curimatidae) y su relacion con la dieta. Rev. Hidrobiol. Trop., 25(2):159-167.

- Ruffino M., V.J. Isaac. 1999. Dinámica poblacional do surubim-tigre, *Pseudoplatystoma tigrinum* (Valenciennes, 1840) no medio Amazonas (Siluriformes, Pimelodidae). Acta Amazonica, 29:463-476.
- Sechin Y.T. 1969. A mathematical model for the selection curve of a gillnet. Rybn. Khoz. 45: 56–58. (en ruso).
- Slipke J.W., M.J. Maceina. 2001. Fishery Analyses and Simulation Tools (Fast 2.0), Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, Alabama 36849 USA.
- Sverlij S.B., L. Geracitano, A. Espinach Ros. 1992. Estructura de edades de los efectivos de sábalo, (*Prochilodus lineatus*) del tramo inferior del río Uruguay. Publicaciones de la Comisión Administradora del Río Uruguay. Serie Técnico-Científica 1:54-62.
- Sverlij S.B., A. Espinach Ros, G. Orti. 1993. Sinopsis de los Datos Biológicos y Pesqueros del Sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) FAO Sinopsis Sobre la Pesca, No 154. Roma, Fao.: 64 p.
- Tablado A., N. Oldani. 1984. Consideraciones generales sobre las migraciones de peces en el río Paraná. Boletín de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, 4 (3): 31-34. Argentina.
- Telichevsky S., A. Fortuny, G. Picotti. 1985. Ciclo sexual del sábalo (*Prochilodus platensis* Holmberg, 1888). INIDEP, Informe 89, cod. 710.
- Vidal J.C. 1967. Contribución al estudio biológico del sábalo en los ríos Paraná y Uruguay. Sec. Est. Agric. y Ganadería. 51 p.
- Welcomme R. L. 1985. River fisheries. FAO Fish. Tech.Pap., (262): 330 p.
- Welcomme R. L., A. Halls. 2003. Dependence of tropical river fisheries on flow. En R.L. Welcomme & T. Petr, (Editores). Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries Volume 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. RAP Publication 2004/17. pp. 267-284.