

Tesis Doctoral

# Características de historia de vida y explotación comercial de la raya *Sympterygia bonapartii* en el Golfo San Matías

Estalles, María Lourdes

2012

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Estalles, María Lourdes. (2012). Características de historia de vida y explotación comercial de la raya *Sympterygia bonapartii* en el Golfo San Matías. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:

Estalles, María Lourdes. "Características de historia de vida y explotación comercial de la raya *Sympterygia bonapartii* en el Golfo San Matías". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2012.

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

# **Características de historia de vida y explotación comercial de la raya *Sympterygia bonapartii* en el Golfo San Matías**

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos  
Aires en el área de Ciencias Biológicas

**María Lourdes Estalles**

Director de tesis: Dr. Edgardo E. Di Giácomo.

Consejero de estudios: Dr. Juan C. Vilardi.

Lugar de trabajo: Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni”.

Buenos Aires, 2012.

## **Características de historia de vida y explotación comercial de la raya *Sympterygia bonapartii* en el Golfo San Matías.**

*Sympterygia bonapartii* se distribuye desde Río de Janeiro (23° S), Brasil hasta Santa Cruz (51° S), Argentina. El objetivo de este estudio fue estimar los parámetros de historia de vida y caracterizar los desembarques comerciales de la especie en la pesquería de arrastre de fondo del Golfo San Matías (GSM).

Los ejemplares se colectaron en el GSM durante los años 2004-2010. Los mismos provinieron de las campañas de evaluación de recursos demersales realizadas por el Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni”; del programa de observadores a bordo de las embarcaciones pesqueras de la Provincia de Río Negro y de los muestreos mensuales de desembarques de la flota de arrastre local.

Las mayores concentraciones de individuos se registraron entre los 80 y 100 m de profundidad en el sector este del golfo. La talla de madurez sexual para los machos y las hembras se estimó en 545 y 594 mm, respectivamente. La especie presentó un ciclo reproductivo estacional. La época de apareamiento ocurriría de julio a diciembre y la de puesta de septiembre- octubre a febrero.

De acuerdo al análisis de la dieta, la especie se consideró como consumidora secundaria, de hábitos bentónicos. La dieta se describió como carcinófaga y presentó variaciones de acuerdo al sexo, talla y período del año.

En la pesquería de arrastre local, *S. bonapartii* fue la raya con mayor cantidad de individuos desembarcados y la segunda por su contribución en peso. Los desembarques de la especie se caracterizaron por un predominio de ejemplares maduros y de hembras. Esto sugiere la presencia de segregación sexual y de una selección de tallas a bordo de las embarcaciones por parte de la tripulación.

**Palabras claves: Elasmobranchii; Batoidea; Distribución; Reproducción; Dieta; Pesquería.**

**Life history characteristics and exploitation of the skate  
*Sympterygia bonapartii* of San Matías Gulf.**

*Sympterygia bonapartii* is distributed from Rio de Janeiro (23° S) Brazil to Santa Cruz (51° S) Argentina. The objective of this study was to describe its life history traits and to characterize its commercial landings in the bottom trawl fishery of San Matías Gulf (SMG).

Individuals of *S. bonapartii* were sampled in GSM during 2004-2010. They were collected during research surveys performed by the Institute of Marine Biology and Fisheries “Alte. Storni” aiming at assessing demersal resources; the onboard observer program of Río Negro Province and monthly samples of port landings from the local fishery.

*Sympterygia bonapartii* showed the highest concentrations of individuals between 80 and 100 m deep, in the eastern region of SMG. Size at maturity (TL50%) was estimated at 545 and 594 mm for males and females respectively. The skate exhibited a seasonal reproductive pattern. The mating season was estimated to take place from July to December and the egg-laying season from September-October to February. The skate was considered a secondary consumer with benthic habits. Its diet was mainly composed of crabs and showed significant differences depending on sex, size group and period of the year.

*Sympterygia bonapartii* exhibited the highest number of individuals and it was the second one for its contribution in weight in commercial landings from the local fishery. The presence of the species was detected throughout the year, with predominance of females and of mature individuals. These suggest that the species may segregate by sex and that the crew may perform a selection of the individuals on board the vessels.

**Keywords: Elasmobranchii; Batoidea; Distribution; Reproduction; Diet; Fishery.**

## Agradecimientos

A Raquel Perier y Edgardo Di Giácomo por darme la oportunidad de formar parte de su grupo de trabajo, por ser referentes en lo académico, por su dedicación y amor al trabajo, por la coherencia con la que viven, por ser personas de bien, por sus consejos, por su ayuda y por estar en los momentos difíciles (varios) cuando los necesitamos.

A mis directores el Dr. Di Giácomo y la Dra. Perier por las horas dedicadas a este trabajo de tesis y a mi formación general como profesional. Su guía durante cada una de las etapas ha sido fundamental para mí.

A los jurados el Dr. Ramiro Sánchez, la Dra. Andrea López Cazorla y el Dr. Martín Ehrlich por sus valiosos aportes a este trabajo.

Al Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni” y a la Universidad Nacional del Comahue por darme lugar de trabajo, permitirme utilizar las instalaciones y el instrumental de trabajo.

Al téc. Matías N. Suarez, la téc. Gimena J. Mora, la téc. Bettiana Rivero y el téc. Miguel Camarero por su valiosa asistencia en los muestreos y en el procesamiento de las muestras.

Particularmente quiero agradecer al Téc. Matías Suarez, Mati, por su constante ayuda y predisposición y por el aguante y la paciencia.

Al Programa de Observadores a Bordo de la Provincia de Río Negro por proveer muestras.

A las empresas pesqueras radicadas en San Antonio Oeste que cedieron material y prestaron sus instalaciones para que realicemos los muestreos, entre ellas Al Pesca, Marítima San José, Calme Pesquera y Camaronera Patagónica.

Al personal administrativo del IBMP, Analía Álvarez y Adela Entraiga por facilitarnos los trámites y especialmente a Analía Álvarez por el aporte de su valiosa información cuando la requerimos; y a Sabina y Lucrecia gracias por las atenciones.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por haber financiado este doctorado.

A los proyectos que financiaron la investigación: “Pez gallo, tiburones y rayas del golfo San Matías: hacia una explotación sustentable”. SI-04M20 y “Condrictios del Golfo San Matías: biología, ecología y explotación pesquera”. SI-04M-017. Proyectos financiados por la Secretaría de Investigación de la Universidad Nacional del Comahue. Ambos dirigidos por la Dra. María Raquel Perier.

A mis amigos del laboratorio con quien compartí todos estos años, Marina Coller, Matías Suarez, Gimena Mora y Federico Bernasconi, muchas gracias por su ayuda, consejos y compañía.

Al Lic. Gustavo Chiaramonte, Lic. Jorge Pérez y e Dr. Guido Pastorino les agradezco haberme permitido dar los primeros pasos de esta profesión junto a ustedes.

Al Dr. Diego C. Luzzatto por su predisposición y ayuda en los muestreos, análisis de datos y escritura de este trabajo.

Al Dr. Guido Pastorino del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” por su constate ayuda en la identificación de moluscos.

A la Dra. Branda Dotti de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA por revisar la identificación de isópodos.

Al Dr. Orensanz y su equipo del Centro Nacional Patagónico por su colaboración en la identificación de poliquetos.

Al Lic. Jorge Pérez por su ayuda con la estadística.

A mis amigos los nuevos, los de Buenos Aires, los del Mueso, la facultad y de la vida, gracias por alegrar mi vida.

A mi familia que siempre estuvo y estará junto a mí. A mi mamá y papá y mis hermanas porque sin su compañía y ayuda en el cuidado de Agustín no hubiera podido terminar este doctorado. A mi papá particularmente gracias por traerme y llevarme de aquí para allá a la facu, a los cursos e inclusive a casa.

A mis abuelos que hoy no están pero que siempre estarán en mi corazón y forman parte de lo que soy.

A Annette, Julio César y Mónica por cuidar de la familia cuando estaba en los cursos y por ayuda durante el doctorado.

A Diego mi compañero de vida, por estar siempre a mi lado y a Agustín por alborotar la casa con sus risas,

**¡Gracias!**

**Marilú**

**A mis abuelos por todo su amor**

**A Diego y Agustín con todo mi amor**

## Índice

<b>Capítulo 1:</b> Introducción	8
<b>Capítulo 2:</b> Características del área de estudio y procedencia de la muestras	18
<b>Capítulo 3:</b> Distribución espacial y batimétrica de <i>Sympterygia bonapartii</i>	31
Introducción	31
Materiales y métodos	32
Resultados	34
Discusión	41
<b>Capítulo 4:</b> Biología reproductiva de <i>Sympterygia bonapartii</i>	44
Introducción	44
Materiales y métodos	45
Resultados	49
Discusión	68
Apéndice	75
<b>Capítulo 5:</b> Alimentación de <i>Sympterygia bonapartii</i>	79
Introducción	79
Materiales y métodos	80
Resultados	89
Discusión	112
Apéndice	119
<b>Capítulo 6:</b> Desembarques de <i>Sympterygia bonapartii</i> y de otros batoideos en la pesquería de arrastre del Golfo San Matías	120
Introducción	120
Materiales y métodos	122
Resultados	124
Discusión	136
<b>Capítulo 7:</b> Conclusiones	141
<b>Referencias bibliográficas</b>	143



## Capítulo 1: Introducción

---

### Clasificación sistemática

La clase Chondrichthyes constituye el grupo de vertebrados vivos con mandíbulas más antiguo del que se tenga registro. Su presencia data del Silúrico tardío principios del Devónico, hace aproximadamente 400 millones de años (Wourms & Demski, 1993). Esta clase se divide en dos subclases, Holocephali y Elasmobranchii. La subclase Holocephali es un grupo pequeño de condriactios que comprende sólo un orden vivo, Chimaeriformes, con tres familias, seis géneros y 33 especies. Las especies pertenecientes a este grupo son conocidas vulgarmente como quimeras y peces gallos. La subclase Elasmobranchii es el grupo más numeroso de condriactios y consta de aproximadamente 1.100 especies (Compagno, 1990; Nelson, 2006).

Los elasmobranquios vivos se agrupan en la división Neoselachii, que incluye a la subdivisión Selachii (tiburones) y subdivisión Batoidea (rayas). La subdivisión Selachii comprende nueve órdenes, 34 familias, 106 géneros y 403 especies (Compagno, 2005; Nelson, 2006). La subdivisión Batoidea es el grupo de elasmobranquios más numeroso con alrededor de 574 especies descritas (Ebert & Compagno, 2007).

La subdivisión Batoidea, desde el punto de vista de la sistemática, es considerada un grupo monofilético. Sin embargo, a nivel de órdenes y familias existen controversias sobre las interrelaciones, y las clasificaciones varían de acuerdo con los autores (e.g. McEachran & Aschliman, 2004; Compagno, 2005; Nelson, 2006). En el presente estudio se adoptará la clasificación propuesta por McEachran y Aschliman en el 2004 que divide a este grupo en cuatro órdenes: Torpediniformes (rayas eléctricas); Pristiformes (rayas sierra); Rajiformes (rayas) y Myliobatiformes (chuchos). Los órdenes Rajiformes y Myliobatiformes son los dominantes con aproximadamente 280 y

183 especies descritas respectivamente (McEachran & Aschliman, 2004; Nelson, 2006; Ebert & Compagno, 2007). El orden Rajiformes comprende dos familias, Rajidae y Rhinobatidae (McEachran & Ashliman, 2004). La familia Rajidae es la más numerosa y comprende 27 géneros con alrededor de 250 especies. La especie *Sympterygia bonapartii* Müller & Henle 1841 se ubica en esta familia.

#### Características de historia de vida

La mayoría de los condriictios son de hábitos marinos. Su distribución batimétrica abarca desde la zona intermareal hasta profundidades abisales, aunque la mayoría habita a profundidades menores a los 200 m (Kyne & Simpfendorfer, 2010). Sólo el 5% de ellos son exclusivamente de agua dulce, y corresponden a batoideos del orden Myliobatiformes. Dentro de este orden habitan en agua dulce la familia Potamotrygonidae, que se encuentra en ríos de Sudamérica, y especies de los géneros *Dasyatis* y *Himantura*, que habitan en ríos y lagos de Africa y Asia (Compagno, 1990).

Todos los condriictios vivientes se reproducen por fecundación interna y presentan desarrollo directo. La fecundación se realiza por medio de órganos copulatorios llamados mixopterigios o “claspers”. El 55% de las especies son vivíparas. La clasificación actualmente utilizada de los modos reproductivos agrupa a las especies en lecitotróficas y matotróficas, dependiendo de la nutrición de los embriones durante el desarrollo (Hamlett et al., 2005a).

En las especies lecitotróficas la alimentación de los embriones depende exclusivamente del vitelo (Hamlett et al., 2005a). Este tipo de reproducción se encuentra representado en todos los ordenes de condriictios, salvo en Lamniformes, incluyendo especies ovíparas y vivíparas (Musick & Ellis, 2005).

En las especies matotróficas la alimentación del vitelo es suplementada con nutrientes aportados por la hembra, generando un aumento en el peso del embrión durante su desarrollo. Esta categoría abarca una amplia variedad de estrategias incluyendo especies matotróficas histotróficas, oofágicas y placentarias (Hamlett et al., 2005a).

En las especies matotróficas histotróficas el suplemento alimentario se encuentra constituido por secreciones del útero ricas en proteínas y lípidos. Dependiendo del tipo de secreción este grupo se divide en especies con histotrofia lipídica e histotrofia limitada. La histotrofia lipídica se encuentra en los batoideos del suborden Myliobatoidei. En estas especies las secreciones, llamadas leches uterinas, presentan un alto valor energético debido a su alta composición lipídica. La histotrofia limitada se encuentra más difundida con representantes en los batoideos del orden Pristiformes y en tiburones del orden Squaliformes y de la familia Triakidae del orden Carcharhiniformes. En este grupo las secreciones que suplementan la nutrición del vitelo son sustancias del tipo mucosa (Hamlett et al., 2005a).

En las especies matotróficas oofágicas la alimentación del vitelo es suplementada por oocitos sin fecundar y/o por el canibalismo intrauterino (Gilmore et al., 2005). Todas las especies del orden Lamniformes en las cuales se conoce el modo reproductivo presentan matotrofia oofágica. También es el modo reproductivo de las especies de la familia Pseudotriakidae del orden Carcharhiniformes, aunque existen diferencias entre ambos modos reproductivos (Gilmore, 1993; Musick & Ellis, 2005). La única especie de condricio conocida que además de presentar oofagia presenta adelfofagia es *Carcharias taurus* del orden Lamniformes (Compagno, 1990; Gilmore, 1993).

El último grupo de especies matotróficas se encuentra constituido por las placentarias en las cuales la alimentación se suplementa vía placenta. Este tipo reproductivo sólo se

encuentra representado en algunos tiburones del orden Carcharhiniformes (Compagno, 1990; Hemlett et al., 2005b).

La baja fecundidad es una característica de la biología reproductiva de todos los condriictios. El número de crías o cápsulas producidas anualmente varía de 1 o 2 como en *Carcharias taurus* hasta 135 o 150 como en el caso del tiburón azul *Prionace galuca* o las rayas. Sin embargo la mayoría de las especies produce menos de 50 crías por año. Los períodos de desarrollo embrionario son prolongados abarcando de los cuatro meses a más de dos años en las especies vivíparas y entre los dos meses a más de un año en las especies ovíparas (Compagno, 1990). Hasta el momento no se conocen especies que presenten cuidado parental post-natal, sin embargo, algunas de ellas utilizan sitios específicos en donde depositan las cápsulas o paren sus crías (Wourms, 1977).

La mayoría de los condriictios presenta crecimiento lento. Dependiendo de la especie, la madurez sexual es alcanzada entre los dos y cuatro años como en el caso de especies pertenecientes al género *Mustelus* o superando los 20 como en el caso de *Rhinocodon typus*. La mayoría de las especies estudiadas son longevas. Un ejemplo son las rayas del género *Dipturus* con longevidades estimadas en 50 años (Caillet & Goldman, 2004).

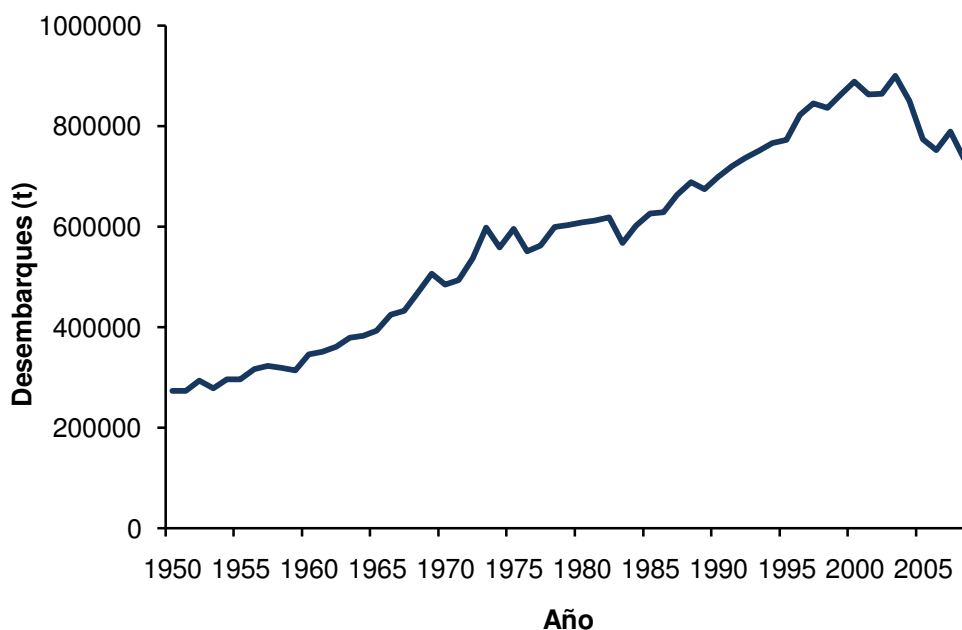
#### Explotación pesquera

Como resultado de las características de la historia de vida anteriormente mencionadas los condriictios presentan tamaños poblacionales pequeños en comparación a los de la mayoría de los peces óseos. Estas especies son particularmente vulnerables a la explotación pesquera y una vez colapsadas sus poblaciones, dependiendo de las características biológicas de la especie, varía su respuesta de recuperación (Holden, 1973).

Los condriictios son capturados en pesquerías de todo el mundo debido a la amplia gama de productos que se extraen de ellos. Entre otros se comercializan la carne, aletas e hígado para el consumo, la piel para la fabricación de cueros, el cartílago y sus componentes con fines terapéuticos y los aceites obtenidos del hígado para la industria farmacéutica (Bonfil, 1994; Vannuccini, 1999; Musick, 2005).

La pesca industrial es considerada la mayor amenaza para la abundancia y es causal de cambios en las proporciones de estas especies en el ecosistema. Los condriictios son capturados como especies blanco o como pesca incidental en pesquerías mono y multi-específicas (Stevens et al., 2000; Field et al., 2009). En comparación, las pesquerías que capturan condriictios como especies blanco son pocas siendo las especies capturadas principalmente como fauna acompañante (Bonfil, 1994).

Desde fines de la década del ochenta se registra a nivel mundial un incremento en los desembarques de condriictios producto de la expansión del comercio internacional (FAO, 2001). Actualmente, los desembarques rondan las 700.000 t, registrándose un pico histórico en el 2003 con aproximadamente 900.000 t (Fig. 1.1; FAO, 2010). Las capturas de condriictios representan alrededor del 1% de las capturas mundiales de peces marinos (FAO, 2010). Sin embargo, las estimaciones realizadas indican que los desembarques podrían ser el doble si se considera a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (Bonfil, 1994; Field et al., 2009). A su vez a las estimaciones realizadas deben sumarse la de los ejemplares que mueren al ser descartados por no sobrevivir a las prácticas post-captura (Field et al., 2009).



**Figura 1.1:** Desembarques anuales de condriictios a nivel mundial para el período 1950-2008. Referencia: FAO 2010.

La sustentabilidad de la explotación pesquera de los condriictios es un tema de debate desde la década del setenta (Holden, 1973; Walker, 1998; Stevens et al., 2000). Durante los últimos años varios estudios han concluido que como resultado de la explotación pesquera, las poblaciones particularmente de tiburones, se encuentran al borde de la extinción, prediciendo como colorario cambios drásticos en los ecosistemas (Casey & Myers, 1998; Baum & Myers, 2004; Baum et al., 2003; 2005; Myers & Worm, 2003; Worm et al., 2006). Si bien existe consenso sobre la vulnerabilidad de estas especies frente a la pesca intensiva, los problemas en las bases de datos utilizadas y en la interpretación de los resultados obtenidos, ponen en duda los resultados y conclusiones de estos trabajos (Walters, 2003; Burgess et al., 2005; Polachek, 2005; Hilborn, 2006; Sibert et al., 2006; de Mutsert et al., 2008).

La percepción de vulnerabilidad de los condriictios frente a la pesca se encuentra fundamentada en los ejemplos documentados de extinciones locales, drásticas

disminuciones en las abundancias poblacionales y cambios en las proporciones de las especies como consecuencia de la sobreexplotación (Brander, 1981; Field et al., 2009; Dulvy & Forrest, 2010). Sin embargo, también se registran casos de explotaciones sustentables (Walker, 1998).

A nivel mundial existe preocupación sobre el estado de conservación y explotación de los condriictios (IUCN, 2011; FAO, 2010). Los posibles efectos negativos de la pesca, el incremento en los desembarques y la ausencia de pautas para el manejo para la mayoría de las especies llevaron a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura Ganadería y la Alimentación (FAO) ha elaborar un Plan de Acción Internacional para la conservación y ordenación de su explotación (PAI- Tiburones) (FAO, 2001).

Este plan elaborado en el año 1999, se enmarca en el Código para la Pesca Responsable (FAO, 2001). El PAI- Tiburones designa bajo el nombre de “tiburones” a todas las especies de condriictios y tiene como objetivo asegurar la conservación y ordenación de los tiburones y su aprovechamiento sostenible a largo plazo. La aplicación del PAI- Tiburones en los Estados es de carácter voluntario. El PAI alienta y ofrece orientaciones técnicas para que aquellos Estados que contribuyen a la mortalidad por pesca de los tiburones desarrollen sus Planes de Acción Nacionales (PAN- Tiburones).

En Argentina los primeros avances en la elaboración de un Plan de Acción Nacional se dieron en el 2007 y su aprobación fue en el 2009 por el Consejo Federal Pesquero (Resolución N°6/2009). El mismo fue elaborado con los aportes de los institutos de investigación nacionales y provinciales, las universidades nacionales, los organismos gubernamentales provinciales y nacionales, la cancillería Argentina y las organizaciones no gubernamentales (Sánchez et al., 2011). Este plan tiene entre sus objetivos:

garantizar la explotación sostenible y protección de las especies poniendo particular atención en las poblaciones vulnerables o amenazadas; reducir al mínimo los descartes y capturas incidentales; evaluar las amenazas y determinar los hábitats críticos de las especies; fomentar la investigación, educación y recolección de datos biológicos de estas especies; mejorar la recolección de datos sobre las capturas y desembarques a nivel específico (FAO, 2001; Sánchez et al., 2011).

#### Antecedentes sobre la especie *Sympterygia bonapartii* y objetivos del estudio

En Argentina los condrictios con mayores volúmenes desembarcados son los batoideos (MinAGyP, 2011). Las especies destinadas a la comercialización pertenecen principalmente a la familia Rajidae y los mayores volúmenes reportados son de las capturas en las pesquerías de arrastre de fondo (Massa et al., 2004; Tamini et al., 2006; Pérez et al., 2011; Perier et al., 2011). La especie *S. bonapartii* o raya marmorada es una de las más abundantes en los desembarques de estas pesquerías (Massa et al., 2004; Tamini et al., 2006; Pérez et al., 2011; Perier et al., 2011).

*Sympterygia bonapartii* (Fig. 1.2) se distingue morfológicamente por presentar cartílago rostral no identificable al tacto; hocico corto (13 al 15% del largo total); bordes anteriores del disco espinulados, rectos o ligeramente ondulados; bordes externos redondeados y aleta pélvicas no bilobuladas. Presenta el extremo rostral espinulado; un par de espinas preorbitales y un par postorbitales; de dos a seis espinas nucales y un promedio de trece espinas caudales. Además pueden presentar formaciones espinosas con base circular y púa central aguda ubicadas sobre la faz dorsal o ventral del disco (Menni, 1973; Cousseau et al., 2007).

El patrón de coloración de la especie es variable. En general la faz dorsal es castaño oscuro o claro con manchas marmóreas más oscuras y con una mancha negra en forma

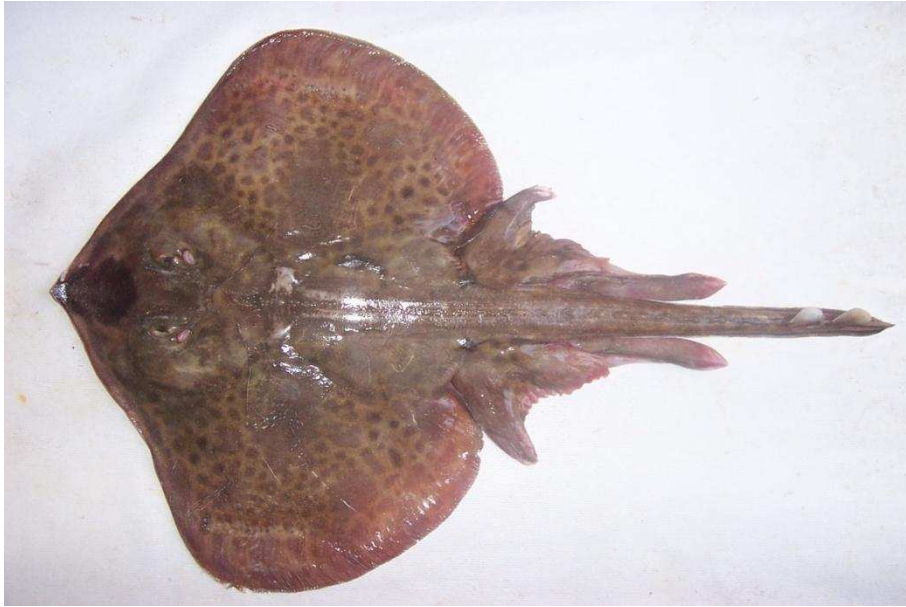


de reloj de arena en el hocico. La faz ventral es blanca, con el extremo de la cola oscuro (Menni, 1973; Cousseau et al., 2007).

La distribución y abundancia de la especie se estudió en la región costera del sur de Brasil, Uruguay y litoral bonaerense, plataforma continental Argentina, Golfo San Jorge y sur de la provincia de Santa Cruz (Menni, 1973; Figueredo, 1977; Menni et al., 1981; Menni & Gosztonyi, 1982; Menni & López, 1984; Massa et al., 2004; Jaureguizar et al., 2004; 2006; Vooren & Klippel, 2005; Menni et al., 2009; Lucifora et al., 2011).

La biología reproductiva de *S. bonapartii* se estudió a partir de los ejemplares colectados en Sur de Brasil, Uruguay y Provincia de Buenos Aires. Estos estudios realizaron descripciones del ciclo reproductivo y estadios de madurez sobre la base de observaciones macroscópicas e histológicas de los tractos reproductivos y determinaron la talla de madurez sexual (Menni & Stehmann, 2000; Mabragaña et al., 2002; Oddone & Velasco, 2004; Oddone & Vooren, 2008; Galíndez et al., 2010; Díaz Andrade, 2010; Moya, 2010). Otras características reproductivas como la tasa de puesta y el período de incubación de los embriones en las cápsulas, se describieron a partir de experiencias con ejemplares en cautiverio (Jañez & Sueiro, 2007; 2009).

La dieta de *S. bonapartii* se describió sobre la base de ejemplares colectados en la Zona Común de Pesca Argentino- Uruguaya, Provincia de Buenos Aires, Golfo San Jorge y en la región sur Patagónica entre los 48° y 55° S (Barrera Oro & Maranta, 1996; Sánchez & Prenski, 1996; Paesch, 2000; Sánchez & Mabragaña, 2002; Barbini, 2010).



**Figura 1.2:** Fotografía de un ejemplar macho maduro de 584 mm LT de *Sympterygia bonapartii*.

El objetivo general de este estudio es contribuir al conocimiento de los parámetros de la historia de vida de *S. bonapartii* y caracterizar los desembarques, de esta especie y otros batoideos, en la pesquería de arrastre del Golfo San Matías.

Para llevarlo a cabo se plantean los siguientes objetivos particulares:

- Analizar la distribución espacial y batimétrica de la especie.
- Analizar las características morfológicas y caracterizar los estadios de madurez sexual.
- Estimar la talla de primera madurez sexual y la talla a la cual el 50% de la población alcanza la madurez sexual.
- Describir el ciclo reproductivo.
- Describir la composición de la dieta y analizar sus variaciones.
- Estimar la amplitud de nicho y el nivel trófico de la especie.
- Analizar la composición y variación estacional de los desembarques de *S. bonapartii* y de otros batoideos en la pesquería de arrastre local.

## Capítulo 2: Características del área de estudio y procedencia de las muestras

---

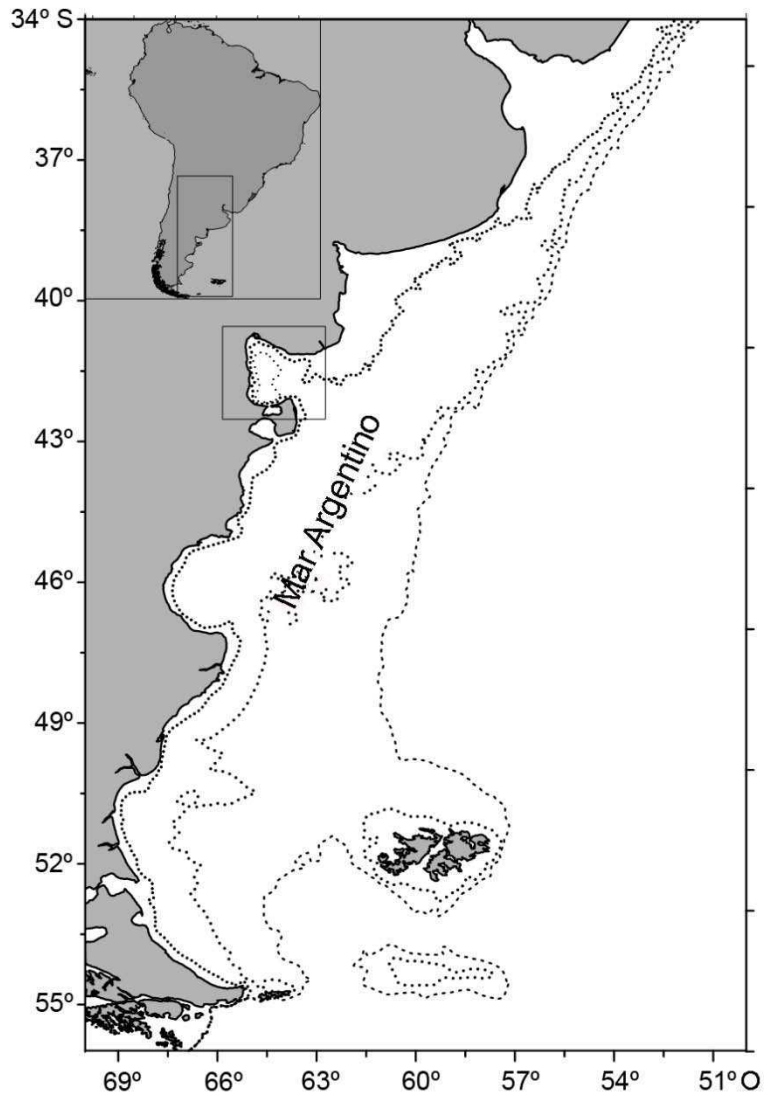
### Área de estudio

El Golfo San Matías (GSM) se encuentra localizado entre los 41° y 42° S y los 64° y 65° O (Fig. 2.1). Es el golfo más extenso del sector norpatagónico y constituye un ecosistema particular del mar Argentino. En su parte central la profundidad ronda los 200 m, existiendo depresiones máximas acotadas de 219 m (Perier & Di Giácomo, 2002a). Se separa de la plataforma continental adyacente por un zócalo de profundidades que promedian los 80 m. En esta zona, la boca del golfo es de aproximadamente 53 millas náuticas de ancho (Perier & Di Giácomo, 2002a). La geometría de la boca restringe el intercambio de agua del GSM con la plataforma adyacente, convirtiéndolo en un ambiente semicerrado con temperaturas superficiales entre los 11 y 18 °C y temperaturas de fondo entre los 10,4° y 11,3° C (Piola & Rivas 1997; Perier & Di Giácomo, 2002a).

Una característica del GSM es la formación durante la primavera- verano de un frente con dirección NE-SO (a la altura del paralelo de 42°) que separa dos masas de agua que difieren en temperatura y salinidad (Piola & Scasso, 1988; Gagliardini & Rivas, 2004). La masa del norte presenta una salinidad mayor a los 34‰ y una temperatura entre 1 y 3° C superior a la masa de agua del sur la cual presenta características similares a las aguas de la plataforma continental adyacente (Piola & Scasso, 1988, Gagliardini & Rivas, 2004). Durante el período de permanencia del frente, la circulación en el sector norte del golfo presenta un giro ciclónico mientras que la circulación en el sector sur presenta un giro anticiclónico (Piola & Rivas, 1997). Estos giros promueven el ingreso de agua más fría y menos salina por el sur y el egreso de agua más cálida y salina por el

norte (Piola & Rivas, 1997). Durante el otoño- invierno este frente se diluye y la masa de agua del golfo se homogeniza (Piola & Scasso, 1988; Gagliardini & Rivas, 2004).

Desde el punto de visto biológico la presencia de este frente ha sido relacionada a los patrones de distribución y reproducción de algunas especies de peces. Un ejemplo lo constituye la merluza común *Merluccius hubsi*. Esta especie presenta en el GSM una unidad demográfica independiente de las existentes en aguas de la plataforma continental (Di Giácomo & Perier, 1992; Di Giácomo et al. 1993). El sector norte del GSM constituye la zona de desove, mientras que en el sector sur se localizan los ejemplares en reposo o recuperación gonadal (Di Giácomo & Perier, 1992; Di Giácomo et al., 1993). El pico de desove de la especie ocurre durante la primavera y la circulación ciclónica de la masa de agua del norte contribuiría con la retención larvaria (Di Giácomo et al., 1993). Otro ejemplo lo constituye la presencia estacional del savorín, *Seriorella porosa*, la cual es asociada a la presencia de la masa cálido-templada del sector norte del golfo. Para esta especie el sector norte del GSM constituye una zona de desove (Perier & Di Giácomo, 2002a).



**Figura 2.1:** Ubicación geográfica del Golfo San Matías (□).

### Los condrictios en el Golfo San Matías

Hasta el presente, 33 especies de condrictios, 13 especies de tiburones, 19 de batoideos y un holocéfalo, se registraron en el GSM (Tabla 2.1 elaborada a partir de Perier et al., 2011).

De acuerdo con la clasificación zoogeográfica propuesta, el golfo se encuentra ubicado en la zona de transición entre el Distrito Bonaerense de la Provincia Argentina y el Distrito Patagónico de la Provincia Magallánica (Balech & Ehrlich, 2008). Como

resultado, la fauna de condrictios de este lugar se describe como un ensamble de especies características de estas dos provincias (Perier et al., 2011).

Los condrictios de mayor abundancia y frecuencia de ocurrencia en el GSM son el holocéfalo *Callorhynchus callorhynchus*; los tiburones *Mustelus schmitti*, *Galeorhinus galeus*, *Squatina guggenheim*, *Notorynchus cepedianus*, *Carcharhinus brachyurus* y *Squalus acanthias* y los batoideos *Myliobatis goodei*, *Discopyge tschudii*, *Atlantoraja castelnaui*, *A. cyclophora*, *A. platana*, *Psammobatis lentiginosa*, *Rioraja agassizii*, *Sympterygia bonapartii*, *S. acuta*, *Dipturus trachyderma* y *D. chilensis* (Perier et al., 2011).

Los trabajos publicados sobre estas especies en el GSM incluyen: el estudio de la distribución, abundancia, biología reproductiva, alimentación y explotación pesquera del *Callorhynchus callorhynchus*; aspectos de la biología reproductiva de *Squatina guggenheim*; la distribución, abundancia, biología reproductiva, dieta, edad y crecimiento de *Atlantoraja platana*; la distribución y aspectos de la biología reproductiva de *Discopyge tschudii*; la biología reproductiva de *Psammobatis lentiginosa*; aspectos de la explotación pesquera de rayas y tiburones y la descripción del ensamble de especies (Di Giácomo, 1990; 1992; Di Giácomo & Perier, 1991; 1994; 1996; Di Giácomo et al., 1994; 2009; Van der Molen et al., 1998; Awruch et al., 2008; Perier et al., 2010; Coller, 2012; Coller et al., 2011; López et al., 2010; Estalles et al., 2011a, b; Perier et al., 2011).

**Tabla 2.1:** Especies de condriactos registrados en el Golfo San Matías. Referencia: Perier et al., 2011.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	
Chimaeriformes	Callorhinchidae	Callorhynchus callorhynchus (Linnaeus, 1758)	Pez gallo	
Hexanchiformes	Hexanchidae	Notorynchus cepedianus (Perón, 1807)	Gato pardo	
Squaliformes	Squalidae	Squalus acanthias Linnaeus, 1758	Espinillo	
Squatiniiformes	Squatinaidae	Squatina guggenheim Marini, 1936	Pez Ángel	
Lamniformes	Odontaspidae	Carcharias taurus Rafinesque, 1810	Escalandrún	
	Alopiidae	Alopias vulpinus (Bonnaterre, 1788)	Tiburón zorro	
	Cetorhinidae	Cetorhinus maximus (Gunnerus, 1765)	Tiburón peregrino	
	Lamnidae	Isurus oxyrinchus Rafinesque, 1810	Mako	
Carcharhiniiformes	Carcharhinidae	Carcharhinus brachyurus (Güther, 1870)	Bacota	
		Prionace glauca (Linnaeus, 1758)	Tiburón azul	
	Scyliorhinidae	Schroederichthys bivius (Müller & Henle, 1838)	Pintarroja	
		Triakidae	Galeorhinus galeus (Linnaeus, 1758)	Cazón
Torpediniiformes	Torpedinidae	Torpedo puelcha Lahille, 1926	Torpedo	
		Narcinidae	Discopyge tschudii Heckel, 1846	Raya eléctrica
	Rajiformes	Rajidae	Atlantoraja castelnaui (Miranda Ribeiro, 1907)	Raya a lunares
			Atlantoraja cyclophora (Regan, 1903)	Raya ojona
			Atlantoraja platana (Günther, 1880)	Raya platana
			Bathyraja brachyrops (Fowler, 1910)	Raya de cola corta
			Bathyraja multispinis (Norman, 1937)	Raya aserrada
			Bathyraja macloviana (Norman, 1937)	Raya Espinosa
			Psammobatis lentiginosa McEachran, 1983	Raya lentiginosa
			Psammobatis bergi Marini, 1932	Raya marmolada
			Psammobatis rudis Günther, 1870	Raya de hocico corto
			Rioraja agassizii (Müller & Henle, 1841)	Raya lisa
Sympterygia bonapartii Müller & Henle, 1841	Raya marmorada			
Myliobatiformes	Myliobatidae	Sympterygia acuta Garman, 1877	Raya picuda	
		Amblyraja doellojuradoi (Pozzi, 1935)	Raya erizo	
		Dipturus trachyderma (Kreff & Stehmann, 1975)	Raya de vientre áspero	
		Dipturus chilensis (Guichenot, 1848)	Raya hocicuda	
Myliobatiformes	Dasyatidae	Myliobatis goodei Garman, 1885	Chucho	
		Dasyatis hypostigma Santos & de Carvalho, 2004	Raya látigo	

## La pesca en el Golfo San Matías

Al menos 10 especies de condriactos forman parte de los recursos ícticos demersales en la pesquería local. La explotación industrial de peces comenzó en el GSM en 1971 (Di Giácomo & Perier, 1992). Los artes de pesca utilizados son la red de arrastre y el palangre, siendo la pesquería de arrastre la que desembarca los mayores volúmenes.

Los desembarques de esta pesquería promedian las 13.000 t anuales (Millán, 2010). La pesquería tiene como especie blanco a *M. hubbsi* que contribuye con más del 60% de la captura de peces desembarcada (Millán, 2010). Sin embargo, estacionalmente la presencia de agregaciones reproductivas de *Seriorella porosa* y la demanda de mercado

de esta especie provocan un cambio en el patrón de explotación y la flota dirige su esfuerzo hacia su captura (Perier & Di Giacomo, 2002a).

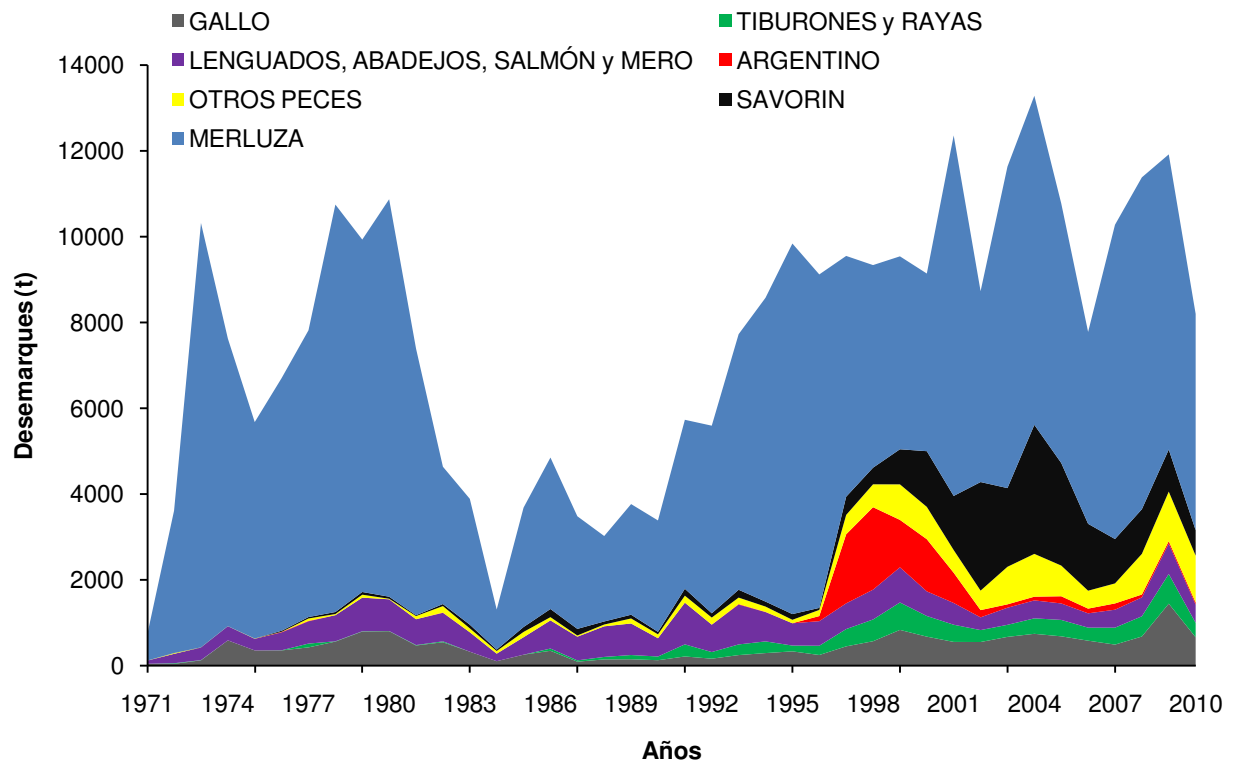
La pesca en el GSM se encuentra bajo jurisdicción de la Provincia de Río Negro. Desde el punto de vista del manejo la pesquería es considerada monoespecífica debido a que las medidas de manejo se focalizan en *M. hubbsi*. Las regulaciones establecen una captura máxima permisible de 9.000 t para la especie, un tamaño mínimo de malla de la red, limitación de la potencia de las embarcaciones y el establecimiento durante octubre y noviembre de una zona de veda al norte del paralelo 41° 30'S con el objetivo de proteger la actividad reproductiva de esta especie.

Alrededor de 24 especies de peces son desembarcadas por la pesquería de arrastre. Entre ellas nueve, además de *M. hubbsi*, se destacan por su contribución a los desembarques (Fig. 2.2). *Seriorella porosa* desde el 2000 constituye la segunda especie en volúmenes desembarcados (Perier & Di Giacomo, 2002a). Los lenguados, *Paralichthys isoceles*, *P. patagonicus* y *Xystreureys rasile*, se desembarcan en forma conjunta sin discriminación entre especies. Los desembarques de lenguados, junto a los del mero, *Acanthistius patachonicus*, el abadejo, *Genypterus blacodes*, y el salmón de mar, *Pseudoperca semifasciata*, rondan las 450 toneladas (Perier & Di Giacomo, 2002b; Millán, 2010). La merluza de cola o argentino, *Macrurus magellanicus*, aunque en la actualidad su contribución no supera el 1%, durante el período 1997 al 1999 fue la segunda especie en volúmenes desembarcados (Perier & Di Giacomo, 1999).

Entre los condriictios, el pez gallo, *Callorhynchus callorhynchus*, es la más desembarcada. Durante el período 1971 al 1986 fue la segunda especie en los desembarques (Di Giacomo & Perier, 1991; Perier et al., 2011). Los tiburones y las rayas son también capturados y desembarcados por la flota de arrastre aunque sus



aportes son menores al 4% (Millán, 2010; Perier et al., 2011). *Sympterygia bonapartii* se encuentra entre las rayas de interés comercial (Perier et al., 2011).



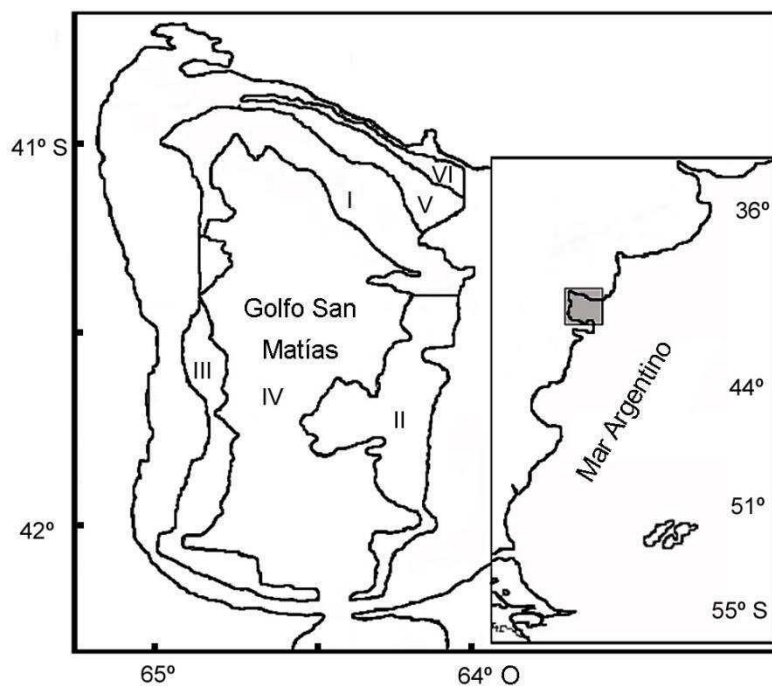
**Figura 2.2:** Capturas de peces, por grupo, declaradas en la pesquería de arrastre del Golfo San Matías desde 1971 al 2010.

## Procedencia de las muestras

Los parámetros de historia de vida de *S. bonapartii* se estimaron a partir del muestreo de ejemplares provenientes de las campañas de evaluación de recursos demersales, el programa de observadores a bordo de las embarcaciones pesqueras de la Provincia de Río Negro, y los muestreos mensuales de desembarques de la flota de arrastre.

Las campañas de recursos demersales (REDE) se organizaron por el Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni” durante la primavera. En cada una de ellas se realizaron lances de 30 minutos de duración. Se utilizaron embarcaciones comerciales o de investigación que contaban con una red con portones estándar de 96 pies de ancho de boca y 120 mm de luz de malla. La selectividad de la red fue reducida por el agregado de otra red interna (“calcetín”) de 40 mm de luz de malla, a los fines de capturar los ejemplares más pequeños. El área de prospección abarcó toda la zona del GSM operable con red de arrastre entre los 20 y 175 m de profundidad. Los diseños de muestreos variaron entre años.

Durante el período 1992- 1997 el método de muestreo utilizado en las REDE fue estratificado aleatorio, dividiendo al GSM en seis estratos dependiendo de las profundidades y características oceanográficas del golfo (Fig. 2.3). Los estratos I, II y III abarcaban un rango de profundidades de 90 a 130 m; el estrato IV abarcaba las profundidades mayores a los 130 m; los estratos V y VI dividían la zona norte y abarcaban el estrato V de 50 a 89 m y el estrato VI de 20 a 49 m (Perier & Di Giácomo 2002a). Datos colectados durante la REDE 1995 fueron utilizados en este estudio.



**Figura 2.3:** Diseño de muestreo empleado durante los años 1992 al 1997. Referencia: Perier & Di Giácomo 2002a.

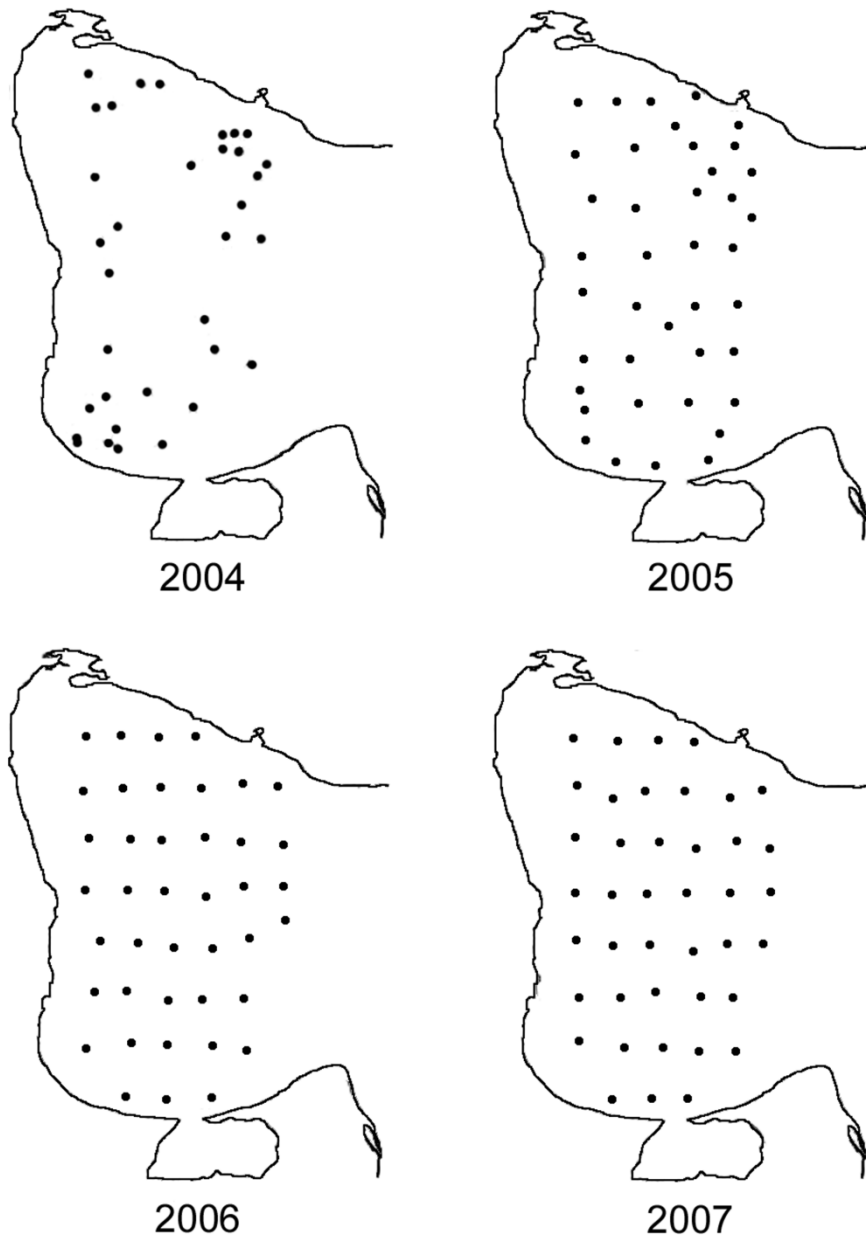
Durante el año 2004 y 2005 los estratos V y VI se agruparon y su rango de profundidad fue de 53 a 89 m. Durante el año 2004 el diseño de muestreo utilizado fue estratificado aleatorio dividiendo al golfo en cinco estratos. La embarcación utilizada fue el buque pesquero Chiarpesca 59 de 38,30 m de eslora y potencia de máquina de 368 HP. Durante este año se realizaron 34 lances. En el año 2005 se utilizó un método de muestreo mixto en el cual se dispusieron lances de manera aleatoria en cinco estratos y lances de manera sistemática. Se realizaron 40 lances entre los 53 y 166 m de profundidad. El buque pesquero fue el Marina Z de 25 m de eslora y potencia de máquina de 425 HP.

En los años 2006 y 2007 el diseño adoptado fue sistemático o regular, ampliando la zona de muestreo. Se realizaron 41 lances. Las embarcaciones fueron en el 2006 el buque pesquero Viernes Santo de 29,36 m de eslora y potencia de máquina de 800 HP,

y en el 2007 el buque Siempre San Salvador de 28 m de eslora y 600 HP (Fig. 2.4; Ocampo, 2010).

Durante los años 2007 al 2009 el programa de observadores a bordo de las embarcaciones pesqueras contribuyó a este estudio con ejemplares de *S. bonapartii* principalmente de tallas pre-comerciales. Además se obtuvieron muestras de la fracción comercial a partir de ejemplares colectados en las plantas procesadoras de pescado entre los años 2007 al 2010 (Tabla 2.2).

Los ejemplares se midieron desde la punta de hocico al extremo de la cola (LT), pesados y se les determinó el sexo y estadio de madurez sexual, siempre que fue posible. Luego, en el laboratorio, se les diseccionó el hígado, el aparato reproductivo y el estómago. El aparato reproductivo e hígado se procesaron in situ, mientras que el estómago se preservó en alcohol al 70% para su posterior procesamiento.



**Figura 2.4:** Esquema de los diseños de muestreos empleados en las campañas de evaluación de recursos demersales del 2004 al 2007. Fuente: Ocampo, 2010.

**Tabla 2.2:** Procedencia de los ejemplares de *S. bonapartii* muestreados para la descripción de las características de la historia de vida.

Fuente	Fecha	Nº de ejemplares muestreados
REDE 2004	10/11/2004	56
REDE 2005	05/12/2005	106
REDE 2006	06/11/2006	211
REDE 2007	02/11/2007	335
Muestreo en planta	19/04/2007	28
Muestreo en planta	18/05/2007	81
Observadores a bordo	21/06/2007	53
Muestreo en planta	22/06/2007	20
Muestreo en planta	15/07/2007	82
Muestreo en planta	16/08/2007	29
Muestreo en planta	22/09/2007	46
Muestreo en planta	10/10/2007	70
Observadores a bordo	27/11/2007	18
Observadores a bordo	14/12/2007	11
Muestreo en planta	22/01/2008	71
Observadores a bordo	18/02/2008	5
Muestreo en planta	20/02/2008	63
Muestreo en planta	28/03/2008	33
Muestreo en planta	24/04/2008	54
Muestreo en planta	11/06/2008	70
Observadores a bordo	14/07/2008	53
Muestreos en planta	20/07/2008	7
Muestreo en planta	22/08/2008	65
Observadores a bordo	03/09/2008	16
Muestreo en planta	29/09/2008	12
Muestreo en planta	15/12/2008	196
Muestreo en planta	20/01/2009	12
Muestreo en planta	04/02/2009	9
Muestreo en planta	15/01/2010	68
Muestreo en planta	07/02/2010	77
Muestreo en planta	01/06/2010	26
Muestreo en planta	25/08/2010	14
Muestreo en planta	13/10/2010	102
Muestreo en planta	19/11/2010	44
<b>Total</b>		<b>2.144</b>

La caracterización de la fracción comercial de *S. bonapartii* y de otras rayas capturadas por la pesquería de arrastre local, se realizó a partir de muestreos de los desembarques en las plantas de procesamiento de pescado entre abril 2007 y diciembre

2009. En cada muestreo se registraron las especies, tallas, sexos y estadios de madurez de los ejemplares desembarcados. Se estableció como número mínimo de muestra 10 cajones de rayas (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3:** Ejemplares muestreados para la descripción de la fracción comercial de *S. bonapartii* y de otras rayas en la pesquería de arrastre local.

<b>Fecha</b>	<b>Empresa</b>	<b>Embarcación</b>	<b>Nº de ejemplares muestreados</b>
19/04/2007	Marítima San José	Siempre San Salvador	436
08/05/2007	Marítima San José	Siempre San Salvador	417
05/06/2007	Marítima San José	Siempre San Salvador	284
03/07/2007	Marítima San José	Siempre San Salvador	243
06/07/2007	Al Pesca	Marina Z	103
13/08/2007	Al Pesca	Marina Z	566
11/09/2007	Marítima San José	Siempre San Salvador	287
04/10/2007	Al Pesca	Marina Z y San Pedro Apostol	352
28/11/2007	Marítima San José	Siempre San Salvador	261
10/01/2008	Marítima San José	Siempre San Salvador	199
22/01/2008	Marítima San José	Siempre San Salvador	195
20/02/2008	Marítima San José	Siempre San Salvador	169
27/02/2008	Marítima San José	Santa María Madre	180
28/03/2008	Marítima San José	Santa María Madre	175
24/04/2008	Marítima San José	Santa María Madre	282
14/05/2008	Al Pesca	Nueva Neptunia I	392
11/06/2008	Al Pesca	Nueva Neptunia I	300
30/07/2008	Al Pesca	Nueva Neptunia I	236
27/08/2008	Al Pesca	Nueva Neptunia I	163
29/09/2008	Marítima San José	Santa María Madre	148
16/10/2008	Marítima San José	Santa María Madre	272
04/12/2008	Poseidón	Victoria I	79
15/12/2008	Camaronera Patagónica	Nueva Neptunia I	234
19/01/2009	Camaronera Patagónica	Sofía B y Norman	144
04/02/2009	Camaronera Patagónica	Norman	131
22/06/2009	Camaronera Patagónica	Golfo Azul	68
25/06/2009	Camaronera Patagónica	Sofía B	208
12/08/2009	Camaronera Patagónica	Sofía B	140
25/11/2009	Calme Pesquera	Siempre San Salvador	151
17/02/2009	Calme Pesquera	Victoria I	248
<b>Total</b>			<b>7.063</b>

## Capítulo 3: Distribución espacial y batimétrica de *Sympterygia bonapartii*

---

### Introducción

Las especies pertenecientes a la familia Rajidae son de hábitos marinos y se distribuyen en los océanos del mundo desde el Ártico a la Antártida, y desde la costa hasta los 3000 m de profundidad (McEachran & Miyake, 1990; Nelson, 2006). Estas especies presentan su mayor diversidad en latitudes templadas donde se las registra desde el sector submareal hasta profundidades abisales. En los trópicos y en los polos son especies raras o poco frecuentes y su distribución se encuentra restringida a la plataforma externa (McEachran & Miyake, 1990). A diferencia de otros condriictios los rajoideos presentan rangos distribucionales acotados, siendo las especies, o inclusive todo un género, endémicos de una región zoogeográfica (McEachran & Miyake, 1990).

El género *Sympterygia* comprende 4 especies: *S. brevicaudata* (Cope, 1877); *S. lima* (Poepping, 1835); *S. bonapartii* Müller & Henle, 1841 y *S. acuta* Garman, 1877. Las dos primeras especies sólo se encuentran en el Océano Pacífico.

La especie *S. brevicaudata* se distribuye desde Ecuador (3° S) al centro de Chile (37° S), mientras que *S. lima* desde el norte de Chile (18° S) hasta el centro de Chile (40° S) (McEachran, 1982). Las especies *S. acuta* y *S. bonapartii*, en cambio, se distribuyen principalmente en el Atlántico Sudoccidental. *Sympterygia acuta* se distribuye desde Río de Janeiro hasta Península Valdés (Figueiredo, 1977; Menni & Stehmann, 2000).

*Sympterygia bonapartii* se distribuye de forma continua desde Río de Janeiro (23°S), Brasil, hasta Santa Cruz (51°S), Argentina (Figueiredo, 1977; Sánchez & Mabragna, 2002). Si bien se encuentra ausente de los registros de ictiofauna del canal Beagle (López et al., 1996), se documentó un ejemplar en el Estrecho de Magallanes, sector



chileno (55° S) (Lamilla & Sáenz, 2003), siendo considerado este, el registro más austral de la especie.

Desde el punto de vista zoogeográfico la principal área de su distribución geográfica abarca los Distritos Surbrasileño y Bonaerense de la Provincia Argentina y el Distrito Patagónico de la Provincia Magallánica (Menni & Stehmann, 2000).

*Sympterygia bonapartii* es una de las rayas costeras más abundantes desde el sur de Brasil hasta el Golfo San Jorge, Argentina (Paesch, 1999; Menni & Stehmann, 2000; Massa et al., 2004). En profundidad, se la registra principalmente desde la costa hasta los 100 m (Menni et al., 1981; Cousseau et al., 2007; Menni & Stehmann, 2000).

En el GSM *S. bonapartii* también es una de las rayas más abundantes (Perier et al., 2011). Un análisis preliminar indica el sector este del golfo como su principal área de distribución geográfica, en un rango de profundidad que abarca de los 67 a los 171 m (Perier et al., 2007).

El objetivo general de este capítulo es analizar la distribución espacial y batimétrica de la especie, ampliando la base de datos utilizada anteriormente, y analizar la estructura de tallas de la población y sus variaciones en el tiempo.

#### Materiales y métodos

Para la realización de este estudio se utilizó la información de los ejemplares colectados durante las campañas REDE del 2004 al 2007.

La distribución espacial de la especie se determinó a partir de la disposición espacial del número de individuos por lance estimado en cada campaña. El patrón de distribución de la especie se evaluó, en cada campaña, mediante el índice de agregación de Morisita ( $I_{\delta}$ ):

$$I_{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)} \times N$$

En donde N es el número de muestras,  $n_i$  es el número de individuos en la muestra  $i$  y  $n$  es el número total de individuos en toda la muestra. Si  $I_{\delta}$  es igual a 1, entonces los individuos se encuentran distribuidos al azar; si  $I_{\delta} > 1$  los individuos se encuentran agregados; y si  $I_{\delta} < 1$  se encuentran distribuidos regularmente. La significancia del valor de  $I_{\delta}$  se luego evaluó utilizando el estadístico F:

$$F = \frac{I_{\delta}(n - 1) + N - 1}{N - 1}$$

El valor de F estimado se comparó con el valor de tabla de una distribución F con N-1 grados de libertad en el numerador e infinito en el denominador, con un  $\alpha$  igual a 0,05 (Poole, 1974).

Se analizó la distribución de tallas de los ejemplares obtenidos en las campañas de evaluación pesquera. A fin de evaluar diferencias en las estructuras de tallas a lo largo del tiempo, se comparó la distribución de tallas de los individuos colectados durante la REDE 2004 y 2005 con la distribución de tallas obtenida en la campaña REDE 1995. Luego se realizó una comparación de las estructuras de tallas de los ejemplares colectados durante las campañas (REDE 2004 al 2007) y la estructura de tallas de los ejemplares desembarcados por la flota comercial durante el período 2007 al 2009.

En ambos casos las distribuciones se compararon mediante un test de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov (KS) para datos continuos y número de individuos por muestra desiguales (Sokal & Rohlf, 1987). La significancia del test ( $\alpha= 0,05$ ) se contrastó con el valor teórico obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$D_{(\alpha, n_1+n_2)} = 1,358 \times \left( \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}} \right)$$

Dónde  $n_1$  es el número de individuos muestreados durante las campañas del 2004 y 2005 y  $n_2$  durante la campaña de 1995.

Se analizó la distribución batimétrica de la especie a partir de la estimación de la proporción de ejemplares colectados por intervalo de profundidad media. La relación entre la talla de los ejemplares colectados y la profundidad media a la que se realizaron los lances se analizó mediante un test de correlación de Spearman ( $r$ ). Se seleccionó este test de correlación no paramétrico debido a que las variables no se ajustaron a una distribución normal (Zar, 1984).

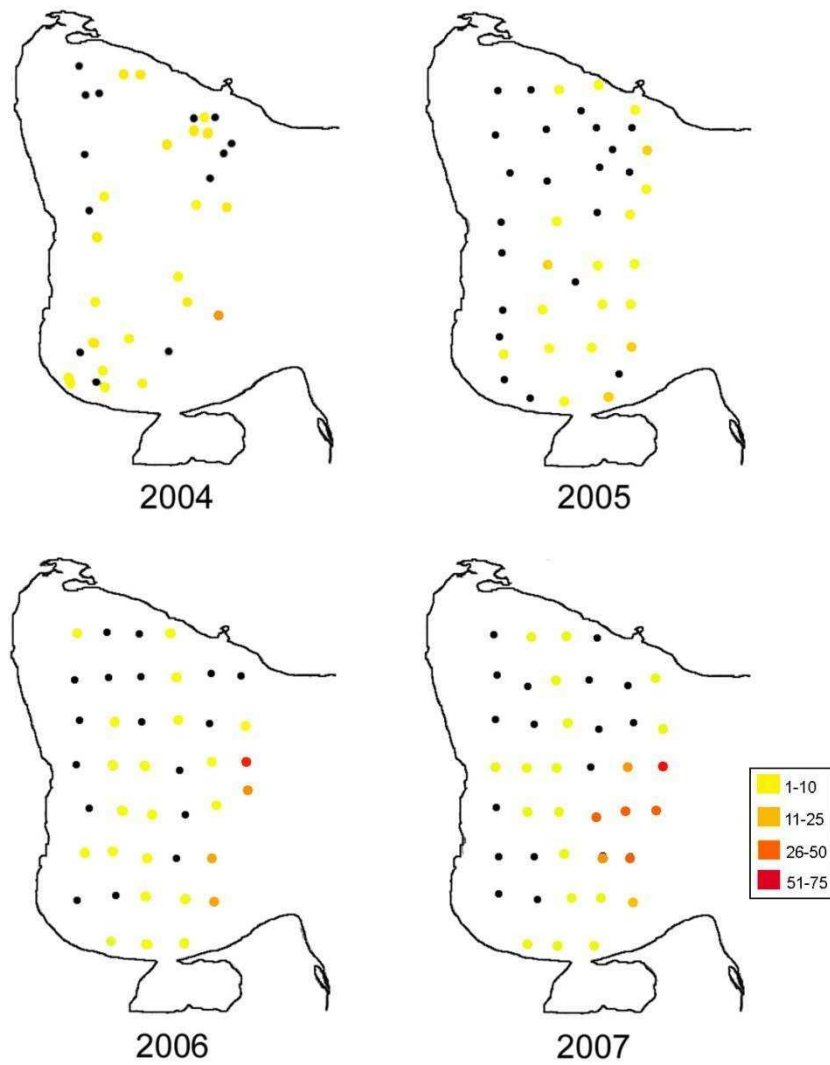
También se estimaron la proporción de ejemplares de cada sexo y la proporción de ejemplares inmaduros en cada campaña. Las proporciones de sexos se compararon mediante una prueba de  $\chi^2$  (Zar, 1984). Luego para el período 2004 al 2007 se agruparon los datos y se analizó la proporción de ejemplares de cada sexo en relación a profundidad.

## Resultados

*Sympterygia bonapartii* presentó, como la mayoría de los organismos marinos, un patrón de distribución agregado en todas las campañas analizadas. Las mayores concentraciones de individuos se registraron en el sector este, esto se evidenció principalmente en las REDE 2006 y 2007 (Fig. 3.1).

Los ejemplares inmaduros dominaron las muestras de todas las campañas. La comparación entre los sexos mostró predominio de los machos, en una relación aproximadamente 2:1, en las REDE 2004 y 2005. Sin embargo, en las REDE 2006 y

2007 no se encontraron diferencias significativas en las proporciones de los sexo (Tabla 3.1).

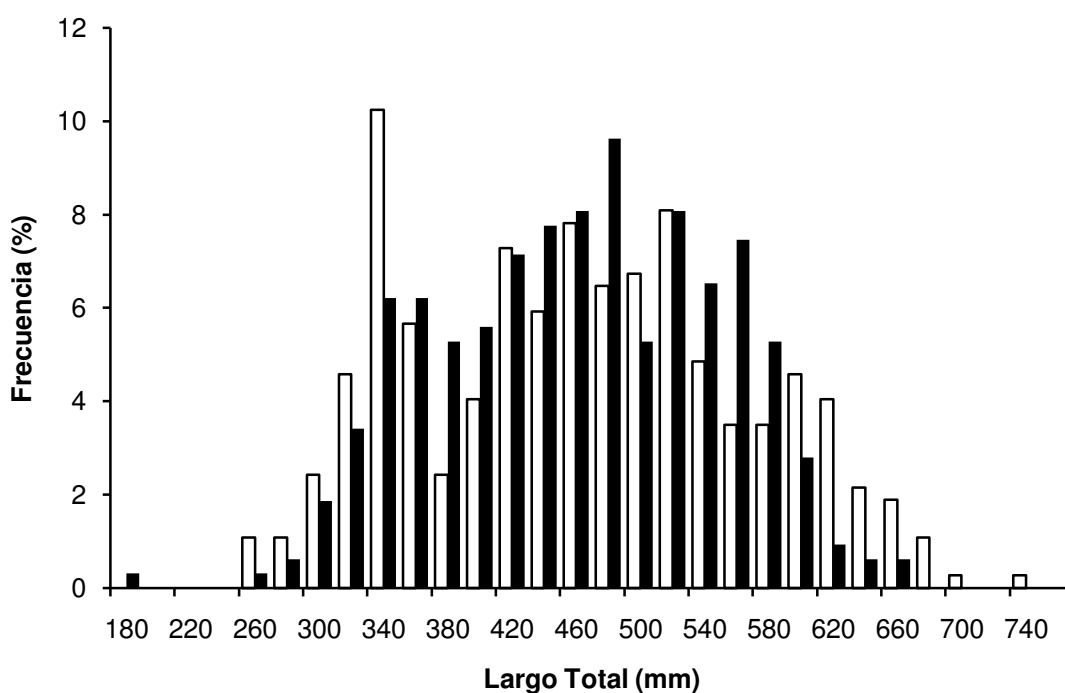


**Figura 3.1:** Distribución espacial de los individuos de *S. bonapartii* colectados durante las campañas REDE del 2004 al 2007. En el recuadro se indica el número de individuos por lance.

**Tabla 3.1:** Resultados de los análisis de las campañas REDE 2004 al 2007.  $I_{\delta}$ : Índice de agregación de Morisita. \*Proporciones de los sexo significativamente diferentes de los esperado 1:1  $P < 0,05$ .

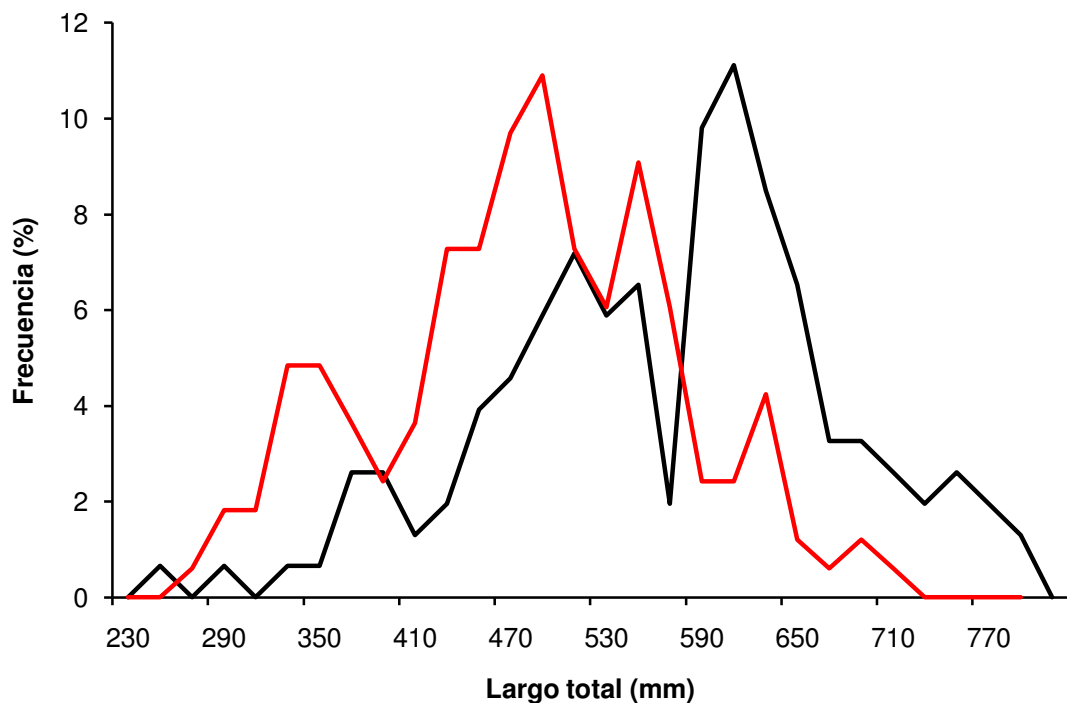
Campaña	$I_{\delta}$	F	P<	Inmaduros (%)	Proporción de sexos $\text{♂} : \text{♀}$
REDE 2004	3,55	6,92	0,001	67	2:1*
REDE 2005	3,39	10,39	0,001	88	2:1*
REDE 2006	6,67	36,61	0,001	82	1:1
REDE 2007	4,56	38,04	0,001	85	1:1

El rango de talla de los ejemplares machos abarcó de los 185 a los 670 mm LT y el de las hembras de los 260 a los 750 mm LT. En los machos la moda de la distribución se ubicó en los 480 mm LT y en las hembras en los 350 mm LT (Fig. 3.2).



**Figura 3.2:** Distribución de tallas de los ejemplares registrados durante las campañas REDE del 2004 al 2007. Machos (■): n= 328 y hembras (□): n= 378.

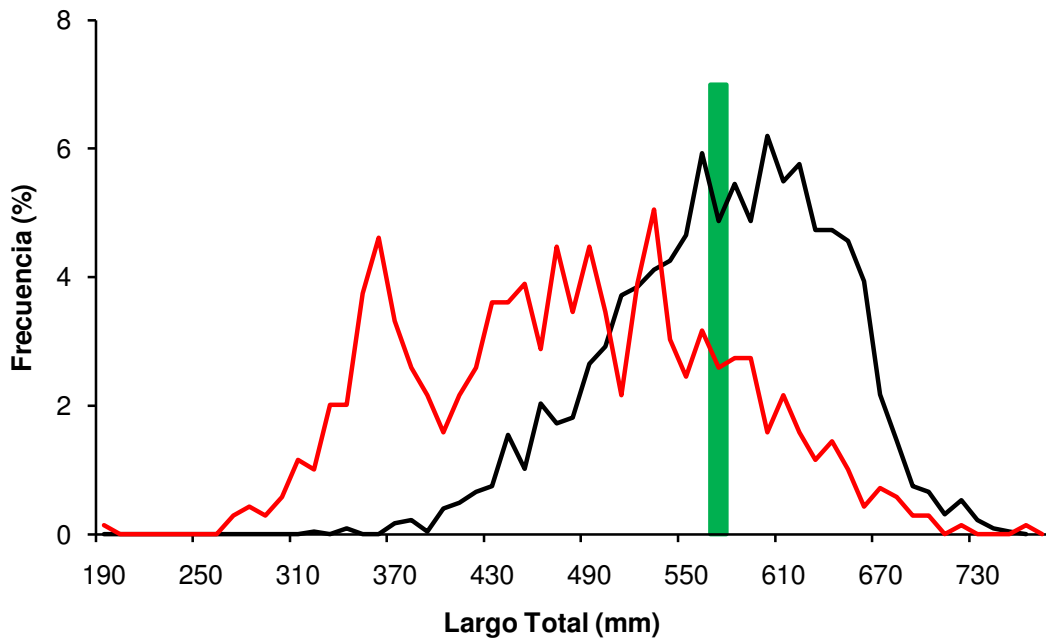
La comparación de las estructuras de tallas de los ejemplares colectados durante la campaña REDE 1995 y los colectados durante las campañas REDE 2004 y 2005 mostró diferencias significativas ( $KS= 0,44$ ;  $P < 0,05$ ). La talla máxima registrada durante ese período fue de 710 mm LT, y el valor modal de la distribución se ubicó en los 490 mm LT. En el período 1995 la talla máxima registrada fue de 800 mm LT y la moda de la distribución se ubicó en los 610 mm LT (Fig. 3.3).



**Figura 3.3:** Distribuciones de tallas de los ejemplares colectados durante REDE 2004- 2005 (—): n= 165 y REDE 1995 (—): n= 153.

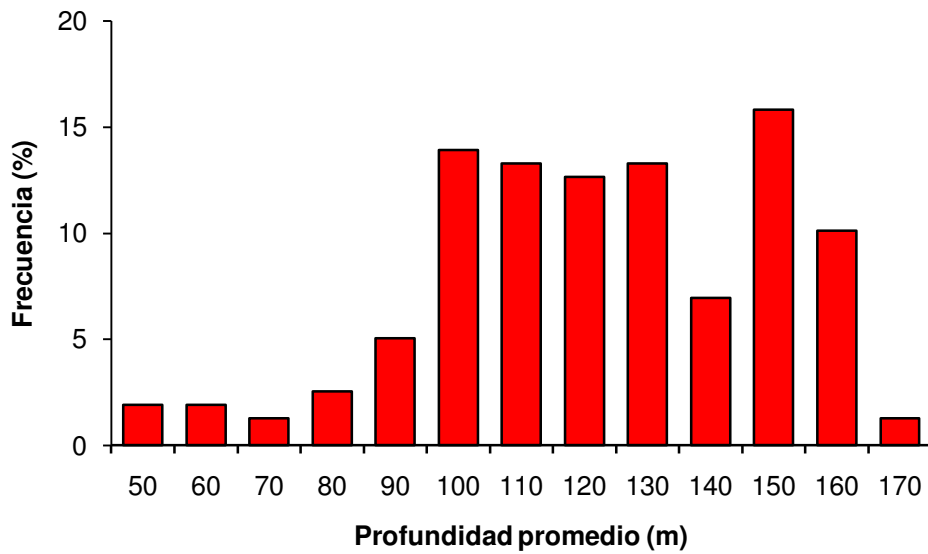
Las distribuciones de tallas de los ejemplares colectados durante las campañas REDE del 2004 al 2007 y la de los desembarcados por la flota de arrastre local también difirieron significativamente ( $KS= 0,47$ ;  $P < 0,05$ ). El 80% de los ejemplares colectados durante las campañas presentaron tallas menores a la talla promedio de madurez sexual

de los machos y las hembras (560 mm LT). En los desembarques, en cambio, sólo un 40% de los ejemplares registraron tallas menores a este valor (Fig. 3.4).

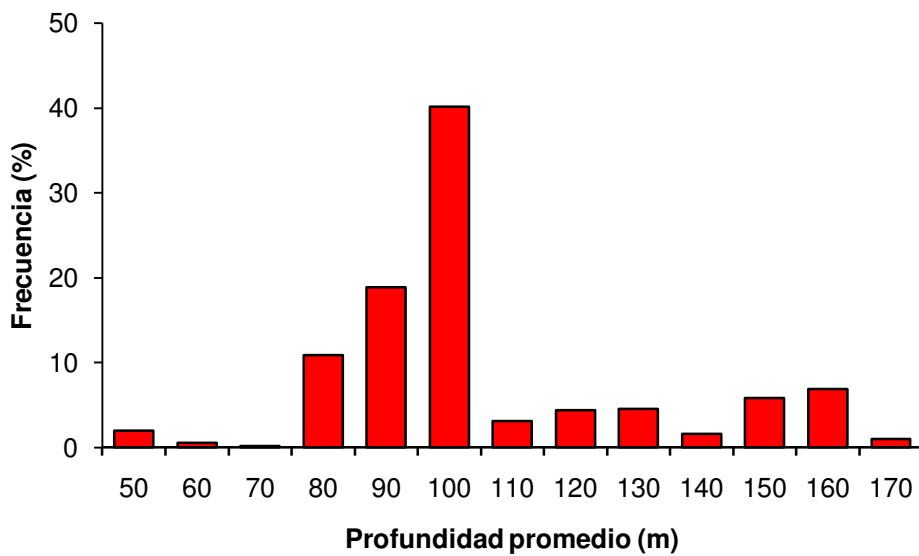


**Figura 3.4:** Distribuciones de tallas de los ejemplares colectados durante REDE 2004 al 2007 (—): n= 706 y los desembarcados durante el período 2007- 2009 (—): n= 2.258. La barra verde corresponde a la talla promedio estimada de machos y hembras de madurez sexual.

En las campañas de investigación los lances se realizaron entre los 53 a los 171 m, la mayoría de los mismos (> 70%) entre los 100 y 160 m (Fig. 3.5). Sin embargo 70% de los ejemplares de *S. bonapartii* se registró entre los 80 y 100 m de profundidad promedio (Fig. 3.6). Además se detectó una correlación positiva entre el largo total de los ejemplares y la profundidad promedio a la que se registraron ( $r = 0,20$ ; I.C.<sub>95%</sub> = 0,12- 0,27; n= 706;  $P < 0,0001$ ).



**Figura 3.5:** Distribución batimétrica de los lances realizados durante REDE 2004 al 2007; n= 154.

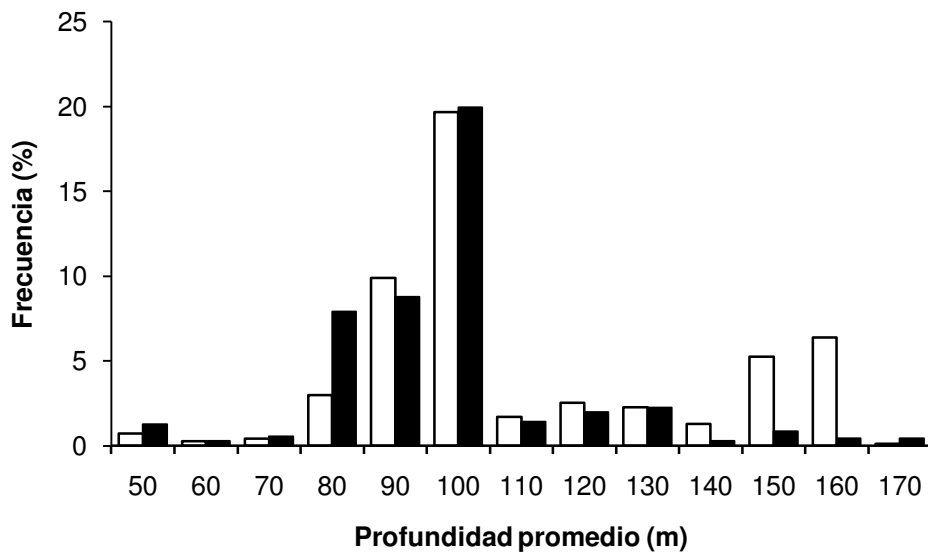


**Figura 3.6:** Distribución batimétrica de los ejemplares muestreados durante las campañas REDE 2004 al 2007; n= 706.

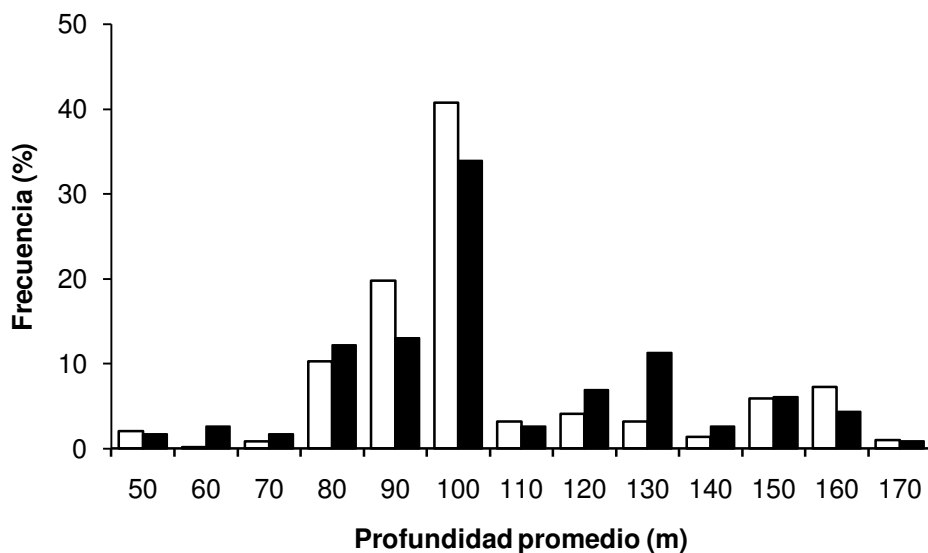
La proporción de sexos no difirió significativamente de lo esperado 1:1 a profundidades menores a los 100 m ( $\chi^2 = 2,25$ ; d.f.=1;  $P > 0,05$ ). Sin embargo, las hembras fueron más abundantes a profundidades mayores (Fig. 3.7;  $\chi^2 = 36,75$ ; d.f.=1;  $P < 0,0001$ ). Ambos estadios de madurez, maduros e inmaduros, presentaron las



mayores proporciones de individuos en el rango de profundidades promedio de los 100 m (Fig. 3.8).



**Figura 3.7:** Distribución batimétrica de los ejemplares muestreados durante las campañas REDE del 2004 al 2007. Machos (■): n= 328 y hembras (□): n= 378.



**Figura 3.8:** Distribución batimétrica de los ejemplares muestreados durante las campañas REDE del 2004 al 2007. Inmaduros (□): n= 591 y maduros (■): n= 115.

## Discusión

*Sympterygia bonapartii* presentó un patrón de distribución agregado en el GSM. Las mayores concentraciones de ejemplares se registraron en el sector este del golfo, coincidiendo con lo reportado por Perier et al. (2007). Durante el período en el que se realizaron las campañas (fines de primavera) este sector del golfo se encontraba influenciado por la presencia del frente termohalino (Gagliardini & Rivas, 2004). La presencia de *S. bonapartii* en esta zona podría encontrarse relacionada con la presencia del mismo.

La distribución batimétrica es consistente con estudios previos en otras áreas de distribución de la especie en el Mar Argentino, que reportan las mayores abundancias hasta los 100 m (Menni et al., 1981; Cousseau et al., 2007; Menni & Stehmann, 2000). En el presente estudio la mayor proporción de ejemplares se detectó en el rango de los 80 a los 100 m. Sin embargo estos resultados pueden haberse visto sesgados por el diseño de las campañas. Por ejemplo, si las mismas incluyeran mayor cantidad de lances en el rango de los 0 a 80 m, es posible que este patrón se vea modificado.

A profundidades mayores a los 100 m se detectó segregación sexual. Este comportamiento es común en las especies de elasmobranquios (Wearmouth & Sims, 2008), y en el caso de *S. bonapartii* podría estar relacionado con el comportamiento reproductivo de las hembras. Esto se debe a que se registraron, junto a una mayor proporción de hembras, los ejemplares de mayores tallas y una mayor proporción de ejemplares maduros.

La distribución de frecuencia de tallas de los individuos de *S. bonapartii* colectados en las REDE del 2004 al 2007 mostró un amplio rango, abarcando desde tallas cercanas a la de nacimiento (140 mm; Jañez & Sueiro, 2007) hasta la máxima registrada, 750 mm, durante el período 2004- 2010. Esto, junto al registro de todos los estadios

reproductivos a lo largo del año sugiere la presencia en el GSM de una población estable.

En un período de 10 años se detectó un cambio significativo en la estructura de talla de la especie y una disminución de la talla máxima observada, de aproximadamente 40 mm LT. Desde los comienzos de la pesquería hasta 1996, las rayas fueron capturadas y descartadas a bordo. A partir de ese año, comenzaron a ser desembarcadas para su comercialización. Esto significó, probablemente, un aumento de la presión pesquera sobre este recurso y los cambios observados podrían ser el resultado del mismo. Otras especies de la familia Rajidae que habitan el Atlántico Sudoccidental, también presentan reducciones y cambios significativos en sus estructuras de tallas (Agnew et al., 2000; Oddone et al., 2007). Al igual que en el presente estudio, estos cambios se interpretaron como una consecuencia de la explotación pesquera sobre el recurso (Agnew et al., 2000; Oddone et al., 2007).

La comparación de la estructura de tallas de los ejemplares colectados en las campañas y la de los ejemplares destinados a la comercialización mostró diferencias significativas, sugiriendo una selección y el descarte de los ejemplares precomerciales por parte de la tripulación. Un estudio realizado en la pesquería de arrastre de Puerto Quequén demostró que el 77% de los ejemplares de *S. bonapartii* capturados por la flota de arrastre llegan vivos a bordo (Chiaramonte et al., 2011). Sumado a esto, experimentos realizados a bordo de las embarcaciones sugieren que el 80% de esos ejemplares se recuperan completamente de los efectos producidos por las prácticas de captura en un período menor a 2 horas (Chiaramonte et al., 2011). Si bien en el GSM no se cuenta con estudios de estimación de la tasa de supervivencia, estudios como éste sugieren que una alta proporción de los ejemplares descartados serían capaces de

sobrevivir. Es por esto que futuras investigaciones deberían evaluar ésta hipótesis ya que resulta clave en el análisis de propuestas de manejo.

Una estimación precisa de la abundancia poblacional de los recursos pesqueros permite determinar el nivel de explotación a los que son sometidos. La información sobre la distribución espacial y batimétrica de *S. bonapartii* aquí presentada, junto a la información disponible de otros condrictios del Golfo San Matías, podría ser utilizada para el rediseño de las campañas de evaluación de recursos demersales del golfo. De esta manera, las REDE también tendrían entre sus objetivos la estimación de biomasa de los condrictios.

## Capítulo 4: Biología reproductiva de *Sympterygia bonapartii*

---

### Introducción

Las especies de la familia Rajidae son todas lecitotróficas. En general presentan mayor fecundidad que otros grupos de condriictios produciendo, la mayoría, entre 40 y 150 cápsulas por año (Frisk, 2010). El proceso de formación de la cápsula es rápido, durando entre 12 y 24 hs (Hamlett & Koob, 1999). Una vez formadas, las cápsulas son depositadas sobre el lecho marino o sujetadas a algún sustrato donde continua el desarrollo del embrión (Hamlett & Koob, 1999), durante un lapso de tiempo que abarca de los dos meses hasta más de un año dependiendo de la especie (Carrier et al., 2004). En este período el embrión se alimenta del vitelo y obtiene agua y minerales de su medio externo (Hamlett & Koob, 1999).

La mayoría de las rayas se reproducen durante todo el año, pudiendo presentar uno o dos picos de puesta (Wourms, 1977; Hamlett & Koob, 1999; Frisk, 2010). Algunas especies, incluso, realizan migraciones a sitios específicos para su reproducción y puesta (Frisk, 2010). Un ejemplo es la especie *Bathyraja parmifera* en el Mar de Bering que migra a un área pequeña ( $< 2 \text{ km}^2$ ) de gran productividad para depositar sus cápsulas (Hoff, 2008; 2010). Estas zonas de puesta, o nurseries, se caracterizan por presentar una alta densidad de cápsulas ( $> 100.000 \text{ cápsulas/km}^2$ ) con embriones en diferentes etapas de desarrollo (Hoff, 2008; 2010). Otras especies que habitan el Mar de Bering como *B. aleutica* and *B. interrupta* también utilizan zonas de puesta (Hoff, 2010), al igual que *Raja rhina* en el sur de California (Love et al., 2008).

En *S. bonapartii* la reproducción es estacional, siendo el período de puesta desde los fines de la primavera a principios del verano (Mabragaña et al., 2002; Díaz Andrade, 2010). Durante esta época las hembras depositarían sus cápsulas en zonas poco

profundas, cercanas a estuarios. Las zonas externas de los estuarios de Bahía Blanca y del Río de la Plata y las aguas costeras de la plataforma del Sur de Brasil son señaladas como áreas de presencia de neonatos y de juveniles (Mabragaña et al., 2002; Vooren & Klippel, 2005; Díaz Andrade, 2010).

La tasa de puesta de la especie se estimó en 0,5 cápsulas por día y el período de desarrollo del embrión dentro de las mismas en 135 días (Jañez & Sueiro, 2007; 2009).

De acuerdo con los estudios realizados, *S. bonapartii* presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras más grandes que los machos (Mabragaña et al., 2002; Oddone & Velasco, 2004; Díaz Andrade, 2010). Los rangos de madurez sexual estimados para la especie abarcan desde los 580 mm hasta los 651 mm en los machos y desde los 625 mm hasta los 655 mm en las hembras (Mabragaña et al., 2002; Oddone & Velasco, 2004; Díaz Andrade, 2010).

El objetivo del presente capítulo es describir las características morfológicas y los estadios de madurez de *S. bonapartii*, estimar la talla de madurez sexual y describir su ciclo reproductivo en el área de estudio.

### Materiales y Métodos

En este estudio se utilizaron ejemplares provenientes de las campañas de evaluación pesquera REDE del 2004 al 2007, ejemplares colectados por el programa de observadores a bordo de las embarcaciones pesqueras y ejemplares muestreados en plantas de procesamiento de pescado.

A los individuos se les registró el largo total (LT), desde la punta del rostro hasta el extremo de la cola; el ancho de disco (AD), distancia máxima entre los extremos de las aletas pectorales (Francis, 2006); el peso total (P); peso del hígado (PH) y peso de las gónadas (PG). Todas las medidas se registraron en milímetros y los pesos en gramos.

A los ejemplares se les determinó el estadio de madurez sexual a partir de la observación macroscópica de los tractos reproductivos. Los estadios se definieron modificando la escala de madurez propuesta por Stehmann (2002).

En los machos se determinaron tres estadios de madurez. Se clasificaron como inmaduros a los ejemplares que presentaron gónadas pequeñas no desarrolladas de aspecto homogéneo; conductos eferentes, epidídimos y conductos de Wolff no diferenciados de aspecto filiforme. En este estadio los claspers se encontraban flexibles (no calcificados) y no superaban o superaban apenas el largo de las aletas pélvicas.

Se clasificaron como machos en maduración a los ejemplares que presentaron gónadas en desarrollo; comienzo de diferenciación del lóbulo testicular del órgano epigonal y los conductos parcialmente contorneados. Los claspers sobrepasaban el lóbulo posterior de las aletas pélvicas, pero se encontraban aún flexibles.

Se clasificaron como machos maduros a los ejemplares que presentaron gónadas desarrolladas; conductos y epidídimos diferenciados de aspecto contorneado. Los claspers se encontraban rígidos (completamente calcificados) y superaban el largo de las aletas pélvicas.

En las hembras se determinaron cuatro estadios de madurez. Se clasificaron como inmaduras aquellas que presentaron gónadas no desarrolladas de aspecto blanquecino y homogéneo sin diferenciación aparente de los oocitos; oviductos estrechos de aspecto filiforme; glándulas oviductales sin diferenciación que presentan el mismo ancho que el oviducto o que se presentan como leves expansiones del mismo.

Se clasificaron como en maduración las hembras que presentaban gónadas con oocitos diferenciados pero con escaso o nulo vitelo (previtelogénicos); glándulas oviductales que se diferencian de los oviductos pero no se encuentran completamente desarrolladas y presentaban oviductos comenzando a ensancharse. Las hembras

maduras presentaron gónadas con oocitos vitelados, glándulas completamente desarrolladas y diferenciadas de los oviductos. Las maduras con cápsulas presentaron cápsulas completa o parcialmente formadas en sus úteros.

A los ejemplares machos se les midió además el largo del cláster (LC) desde el extremo posterior de la cloaca hasta el extremo distal del mismo. En las hembras se registró el ancho de la glándula oviductal (GO) y su peso (PGO) y el peso de los úteros (PU). En las hembras maduras se contabilizó en cada ovario el número de oocitos maduros y se registró su diámetro.

#### Características morfológicas

En cada sexo se estimaron las relaciones LT- P, LT- AD y LT- PH y se las comparó mediante una prueba t de Student (Zar, 1984). Las comparaciones de las curvas LT- P y LT- PH se realizaron transformando previamente los datos con el logaritmo natural. La hipótesis de crecimiento del peso isométrico ( $b=3$ ) de los sexos se evaluó de acuerdo al procedimiento descrito por Pauly en 1984.

#### Estimación de la talla de madurez sexual

La talla a la cual el 50% de la población alcanza la madurez sexual ( $LT_{50\%}$ ) se estimó a partir de la construcción de una curva logística. Para su construcción se agruparon las tallas por intervalos de clase de 10 mm y se registró la proporción de ejemplares maduros en cada uno de ellos. La curva utilizada fue:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(LT-LT_{50\%})}}$$

En donde P es la proporción de ejemplares maduros en el intervalo de tallas, r es el parámetro de ajuste a la curva; LT es la talla del intervalo y  $LT_{50\%}$  la talla estimada a la cual el 50% de la población alcanza la madurez sexual. El ajuste de la curva se realizó



por el método de cuadrados mínimos utilizando el programa FISHPARM. 3.05 (Prager et al., 1989).

#### Reproducción y descripción del ciclo reproductivo

La madurez sexual fue descrita en función del grado de desarrollo de los órganos reproductivos (Conrath, 2005). Para esto se describieron, en los machos, las relaciones entre LT- LC y LT- PG por estadio reproductivo, y en las hembras las relaciones entre LT- GO y LT- PG.

Para cada sexo, estadio reproductivo y mes del año se calcularon los siguientes índices (Wilk et al., 1990; Di Giacomo & Perier, 1994; Conrath, 2005):

$$\text{Índice Hepatosomático: IH} = \frac{PH \times 100}{P}$$

$$\text{Índice Gonadosomático: IG} = \frac{PG \times 100}{P}$$

En las hembras se estimó además:

$$\text{Índice de la Glándula Oviductal: IGO} = \frac{PGO \times 100}{P}$$

$$\text{Índice del Útero: IU} = \frac{PU \times 100}{P}$$

Las diferencias en los valores obtenidos entre estadios reproductivos se analizaron mediante un análisis de la varianza. Cuando aún transformando los datos no se cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedacia se utilizaron pruebas no paramétricas. En ejemplares maduros, las variaciones mensuales en los índices fueron analizadas para la descripción del ciclo reproductivo (Conrath, 2005).

En las hembras se utilizó la medición del diámetro oocito maduro más grande en cada ovario y se estimó su valor promedio. De manera análoga se estimó el número de oocitos maduros promedio por hembra. Luego se estimó un valor promedio mensual del diámetro máximo y número promedio de oocitos maduros, DPO y NPO. La

comparación a lo largo del año de los valores de DPO y NPO se utilizó para inferir el ciclo ovulatorio (Conrath, 2005). Debido a que durante el mes de octubre sólo se obtuvieron dos muestras, los datos de los meses de octubre y septiembre se analizaron agrupados.

Se evaluaron las relaciones entre el LT de la hembra y el DPO y NPO mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) ya que ambas variables mostraron una distribución normal (Zar, 1984). Estas variables fueron analizadas debido a su relación con la fertilidad de las hembras (Conrath, 2005).

## Resultados

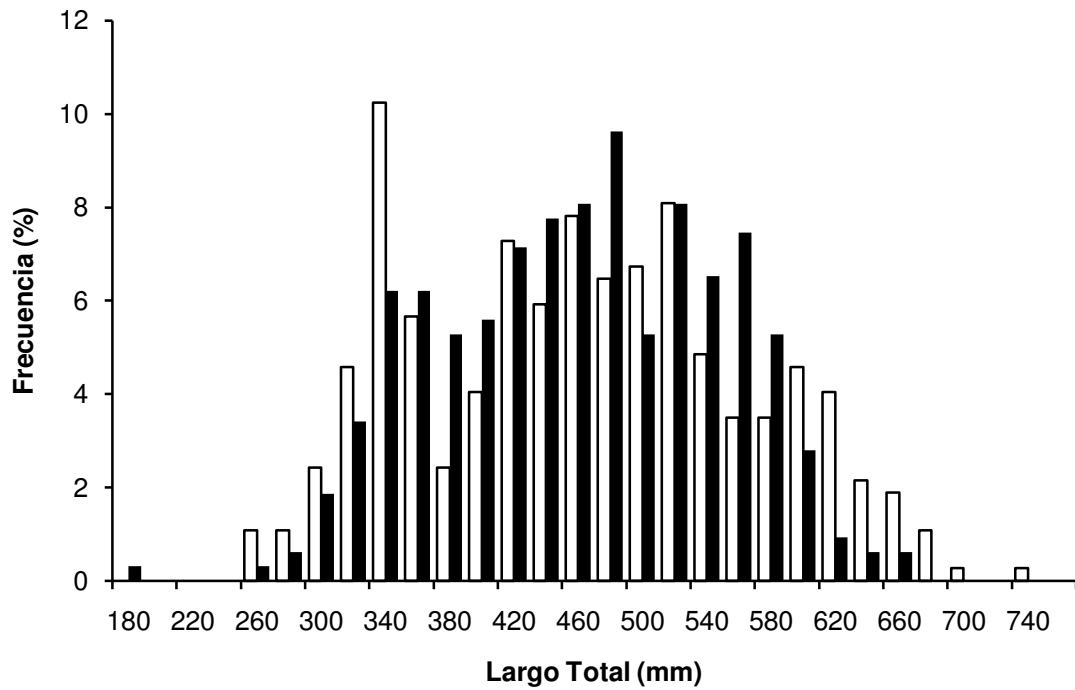
### Características morfológicas

Se analizaron un total de 2.126 ejemplares, 1.299 hembras y 827 machos. El rango de tallas en los machos abarcó de los 185 a los 687 mm y en las hembras de los 260 a los 742 mm (Fig. 4.1). El rango de pesos registrado en los machos fue de los 30 a los 2.130 g y en las hembras de los 130 a los 3.130 g.

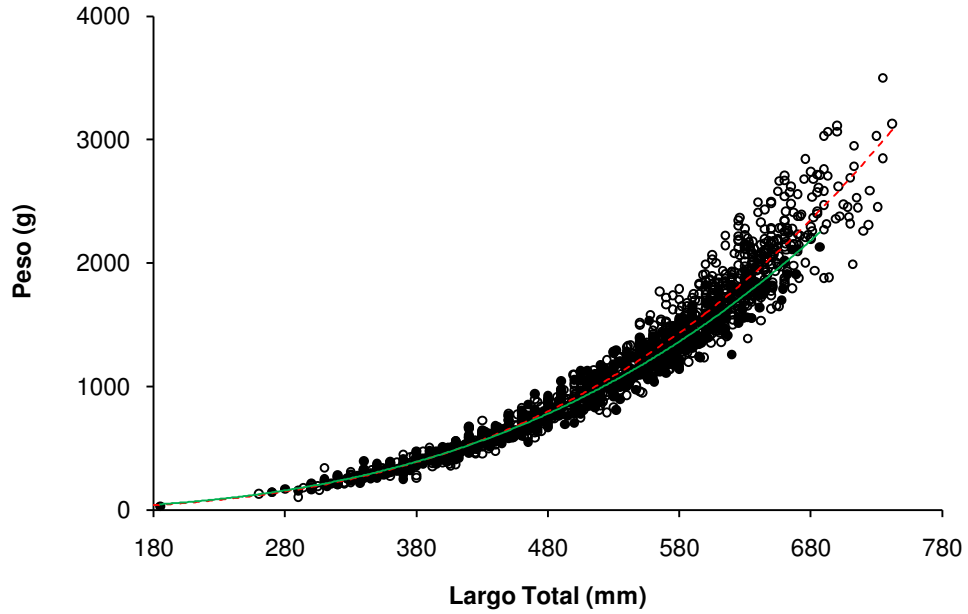
Las curvas LT- P estimadas para cada sexo difirieron significativamente, siendo las hembras más pesadas a un mismo largo total que los machos (Fig. 4.2;  $t= 5,28$ ; d.f.= 1.600;  $P < 0,001$ ). En las hembras el peso presentó un crecimiento alométrico positivo con respecto al largo total ( $t= 6,07$ ; d.f.= 1.024;  $P < 0,001$ ), mientras que en los machos fue alométrico negativo ( $t= 2,11$ ; d.f.= 576;  $P < 0,05$ ).

Las curvas LT- AD estimadas difirieron significativamente entre sexos ( $t= 3,98$ ; d.f.= 708;  $P < 0,001$ ), presentando las hembras anchos de disco mayores que los machos a un mismo largo total (Fig. 4.3). Las curvas LT- PH también difirieron entre sexos ( $t= 7,87$ ; d.f.= 1.297;  $P < 0,001$ ), presentando las hembras hígados más pesados que los machos a

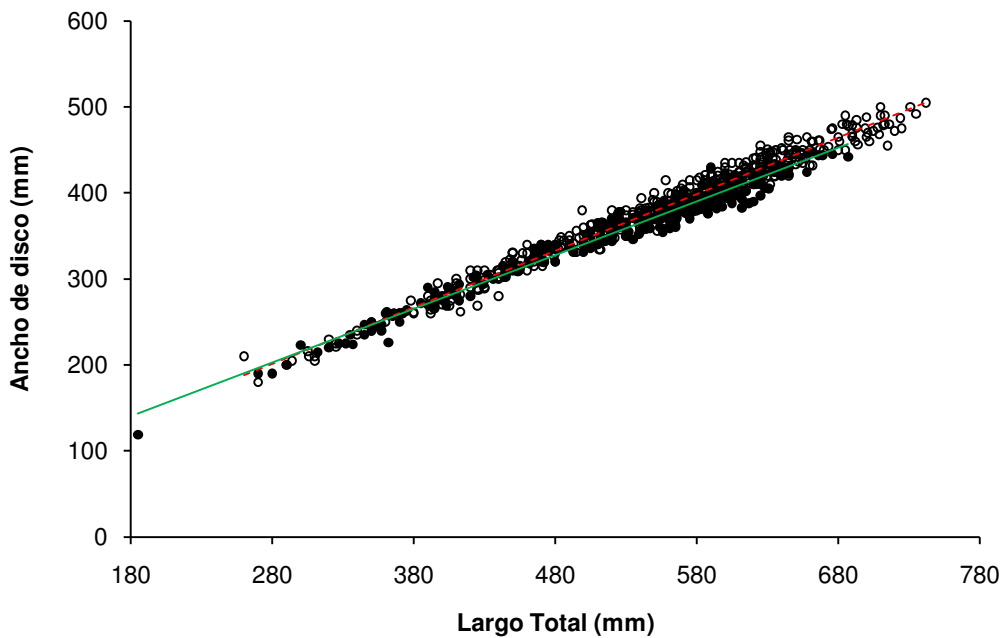
una misma longitud total ( $PH = 5 \times 10^{-8} LT^{3,2093}$ ;  $R^2 = 0,83$ ;  $n = 448$  para los machos y  $PH = 5 \times 10^{-10} LT^{3,9686}$ ;  $R^2 = 0,86$ ;  $n = 854$  para las hembras).



**Figura 4.1:** Distribución de frecuencia de tallas de los ejemplares analizados. Machos (■):  $n=827$  y hembras (□):  $n= 1.299$ .



**Figura 4.2:** Relaciones largo total- peso. Machos (●):  $P(\text{—}) = 9 \times 10^{-6}LT^{2,9577}$ ;  $R^2 = 0,97$ ;  $n = 578$ . Hembras (○):  $P(\text{--}) = 4 \times 10^{-6}LT^{3,1007}$ ;  $R^2 = 0,97$ ;  $n = 1.036$ .



**Figura 4.3:** Relaciones largo total- ancho de disco. Machos (●):  $AD(\text{—}) = 0,62 \times LT + 28,308$ ;  $R^2 = 0,97$ ;  $n = 264$ . Hembras (○):  $AD(\text{--}) = 0,66 \times LT + 17,473$ ;  $R^2 = 0,97$ ;  $n = 448$ .

## Reproducción y talla de madurez sexual

### Machos

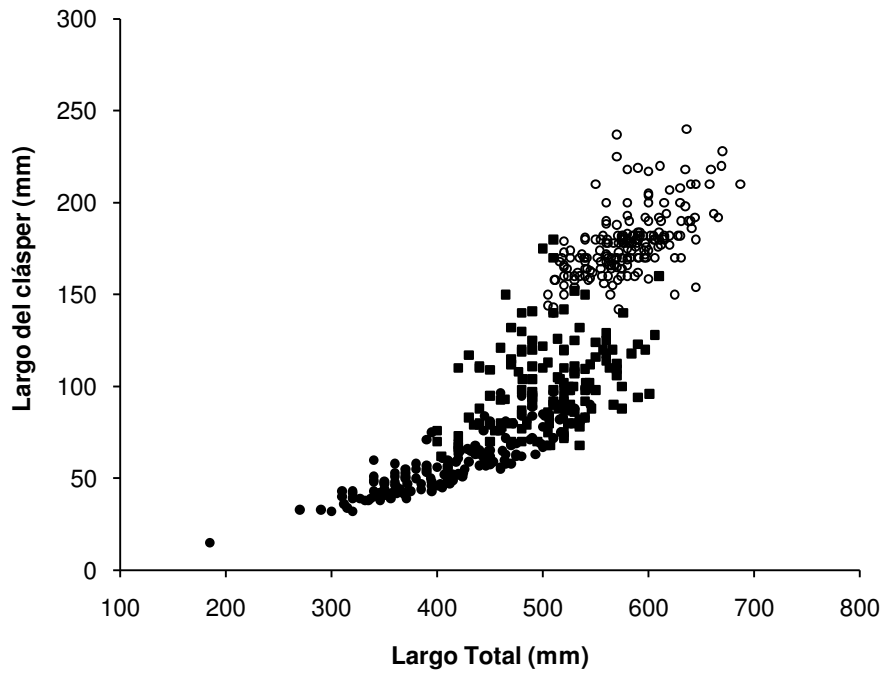
A partir de una muestra de 827 ejemplares se clasificó como machos inmaduros al 35% (n= 286), como machos en maduración al 31% (n= 258) y como machos maduros al 34% (n= 283).

El rango de tallas de los ejemplares inmaduros fue de 185 a 545 mm, se caracterizaron por presentar claspers de 15 a 97 mm de largo (Fig. 4.4) y gónadas de entre 0,18 a 8,38 g (Fig. 4.5).

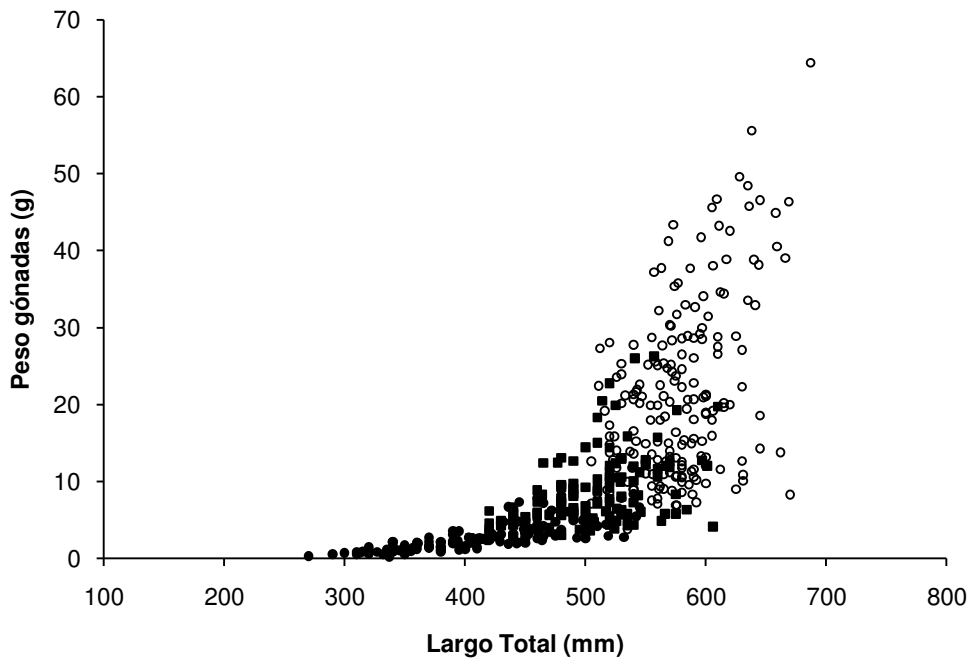
En los machos en maduración el rango de tallas fue de 400 a 620 mm, presentaron claspers de entre 62 y 180 mm de largo (Fig. 4.4) y gónadas de entre 2,64 y 26,27 g (Fig. 4.5).

El rango de tallas de los ejemplares maduros fue de 505 a 687 mm. Se caracterizaron por presentar claspers de entre 140 y 240 mm de largo totalmente calcificados (Fig. 4.4) y gónadas entre 3,8 y 64,9 g (Fig. 4.5). La talla de madurez a la cual el 50% de la población alcanzó la madurez sexual ( $LT_{50\%}$ ) se estimó en 545 mm (Fig. 4.6).

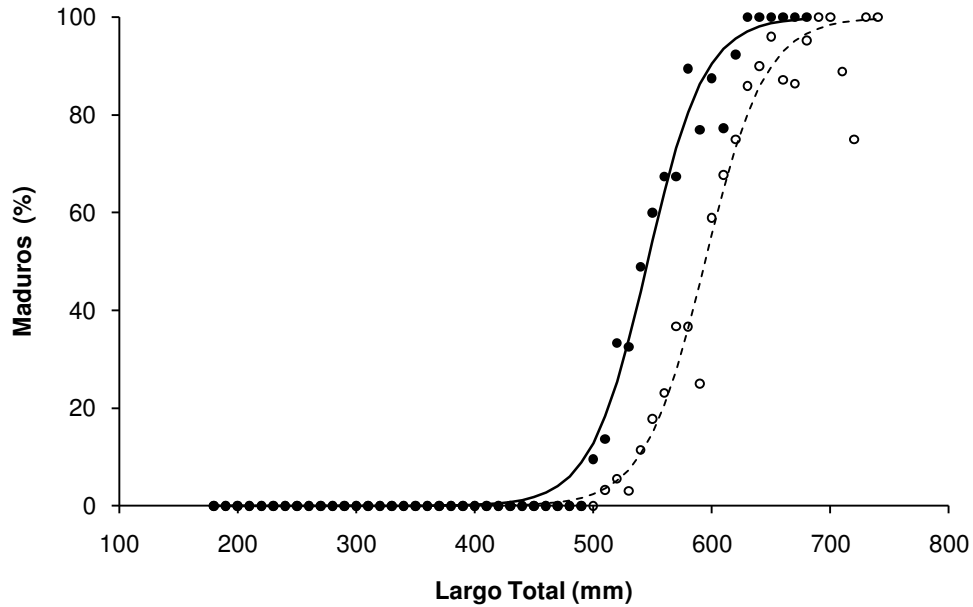
La relación LT- LC en función del estadio reproductivo presentó un incremento continuo, con un rango entre los 490 y 550 mm en los cuales se observa el solapamiento de los estadios reproductivos (Fig. 4.4). La relación entre el LT- PG mostró un incremento del tipo exponencial  $PG = 0,0268e^{0,0111LT}$ ;  $R^2 = 0,79$ ; n= 446, con un incremento en la dispersión de los valores con el aumento de la tallas (Fig. 4.5).



**Figura 4.4:** Relación entre el largo total y el largo del cláspes. Inmaduros (●): n= 166; En maduración (■): n= 145; Maduros (○): n= 191.



**Figura 4.5:** Relación entre el largo total y el peso de las gónadas. Inmaduros (●): n= 132; En maduración (■): n= 123; Maduros (○): n= 191.



**Figura 4.6:** Talla del 50% de madurez. Machos (●):  $LT_{50\%}$  (—)= 545 mm;  $n= 827$ ;  $R^2= 0,99$ . Hembras (○):  $LT_{50\%}$  (- -)= 594 mm;  $n= 1.268$ ;  $R^2= 0,98$ .

#### Hembras

A partir de una muestra de 1.268 ejemplares se clasificó como hembras inmaduras al 26% ( $n= 327$ ), como hembras en maduración al 34% ( $n= 429$ ), como hembras maduras al 38% ( $n= 484$ ) y como hembras maduras con cápsulas al 2% ( $n= 28$ ).

Las hembras inmaduras midieron entre 260 y 625 mm, presentaron glándulas de entre 4 y 14 mm de diámetro promedio (media= 7,26 mm; DE= 2,15; Fig. 4.7) y ovarios de entre 0,37 y 9,27 g de peso (media= 3,05; DE= 1,71; Fig. 4.8).

Las hembras en maduración midieron entre 408 y 702 mm, presentaron glándulas de entre 13 y 31,5 mm de diámetro promedio (media= 22,01 mm; DE= 6,22; Fig. 4.7) y ovarios de entre 1,5 y 16,1 g de peso (media= 7,2; DE= 2,92; Fig. 4.8).

Las hembras maduras midieron de 514 a 742 mm de largo. Presentaron las glándulas de 22,5 a 45 mm de ancho promedio (media= 32,72 mm; DE= 4,26; Fig. 4.7) y los ovarios de 4,95 a 136,67 g (media= 37,39; DE= 28,30; Fig. 4.8). Los ovarios

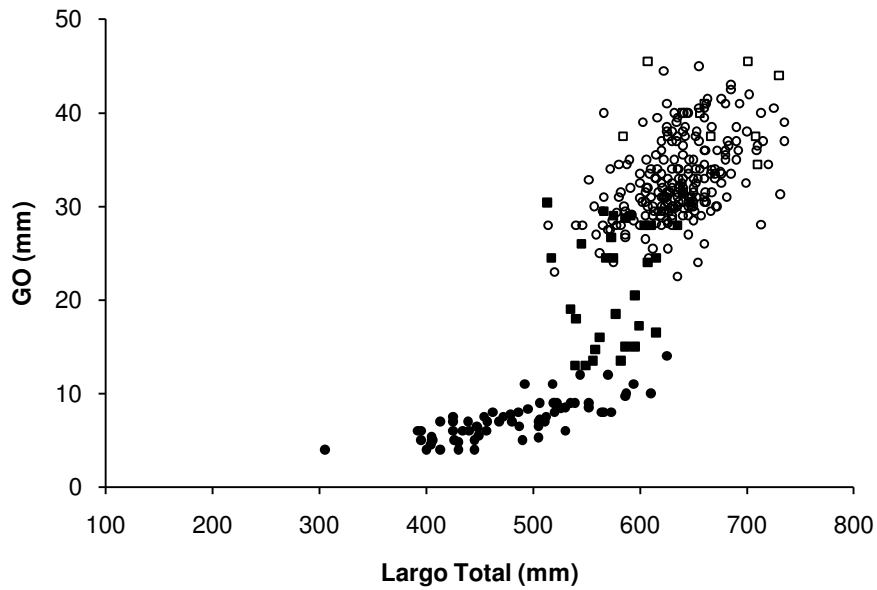
presentaron los oocitos con vitelo en un número variable, de 1 a 28 oocitos por ovario y de  $6,5 \pm 0,5$  a  $38 \pm 0,5$  mm de diámetro máximo promedio.

De noviembre a febrero se registró la presencia de las hembras con cápsulas (Fig. 4.9 y 4.10). Éstas midieron entre 580 y 730 mm, presentaron las glándulas de 34,5 a 45,5 mm de ancho promedio (media= 40,05 mm; DE= 3,64; Fig. 4.7) y los ovarios de 42,47 a 144,42 g de peso (media= 79,19; DE= 29,9; Fig. 4.8). Los ovarios presentaron de 5 a 16 oocitos con vitelo de  $24 \pm 3,5$  a  $38 \pm 3,3$  mm de diámetro máximo promedio.

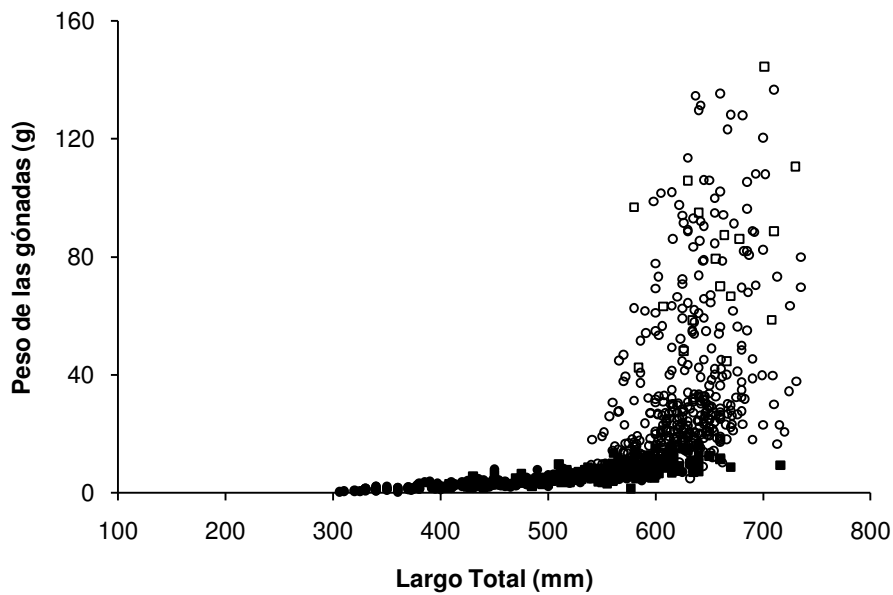
Sólo ocho cápsulas se encontraron completamente formadas. Las mismas midieron  $77,9 \pm 5,1$  mm (media  $\pm$  DE) de largo,  $47,3 \pm 2,4$  mm de ancho y pesaron  $24,5 \pm 4,9$  g. La talla de madurez a la cual el 50% de la población alcanzó la madurez sexual se estimó en 594 mm, siendo superior a la de los machos (Fig. 4.6).

La relación LT- GO por estadio reproductivo presentó un abrupto incremento entre los 520 y 620 mm de LT (Fig. 4.7). A medida que las hembras alcanzaron la madurez sexual las glándulas aumentaron considerablemente su ancho, presentando las hembras maduras y con cápsulas los mayores valores (Fig. 4.7). La relación LT- PG por estadio reproductivo mostró a las hembras maduras y maduras con cápsulas con los mayores valores (Fig. 4.8). En las hembras maduras se detectó una correlación positiva entre el LT y NPO y DPO (Fig. 4.11 y 4.12).

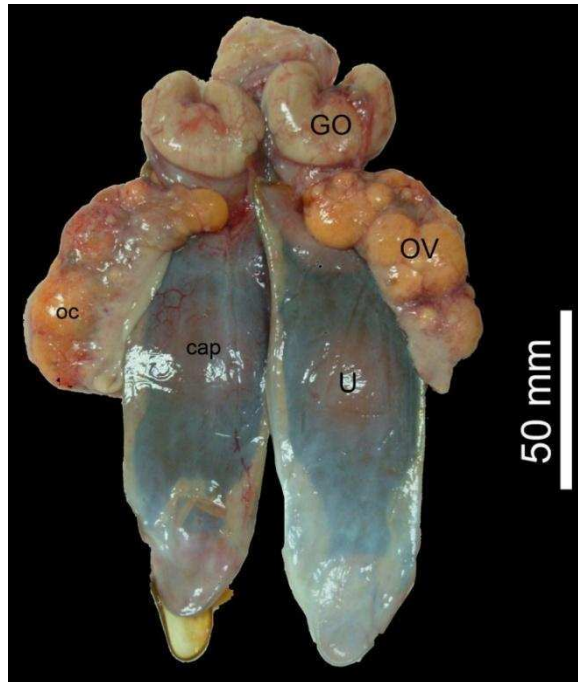




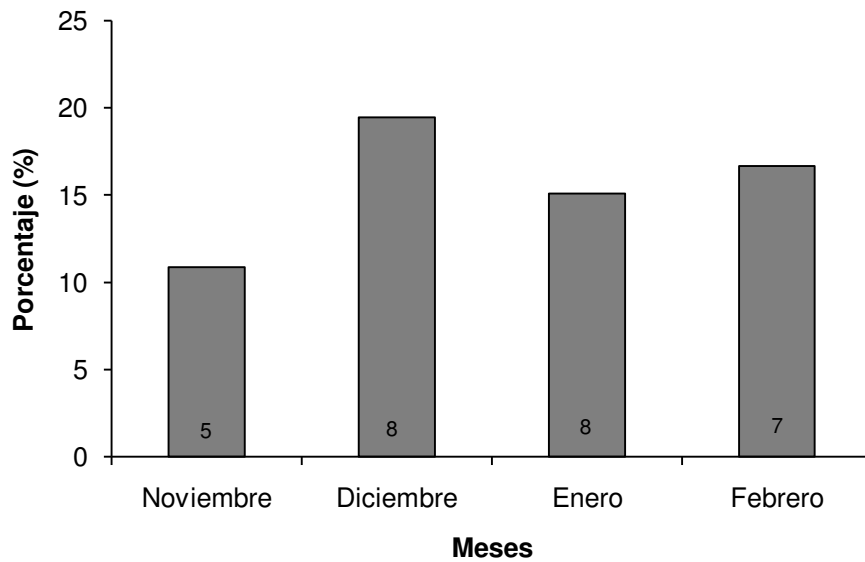
**Figura 4.7:** Relación entre el diámetro promedio de la glándula oviductal (GO) y el largo total de la hembra. Inmaduras (●): n= 69; en maduración (■): n= 30; maduras (○): n= 236; maduras con cápsulas (□): n= 11.



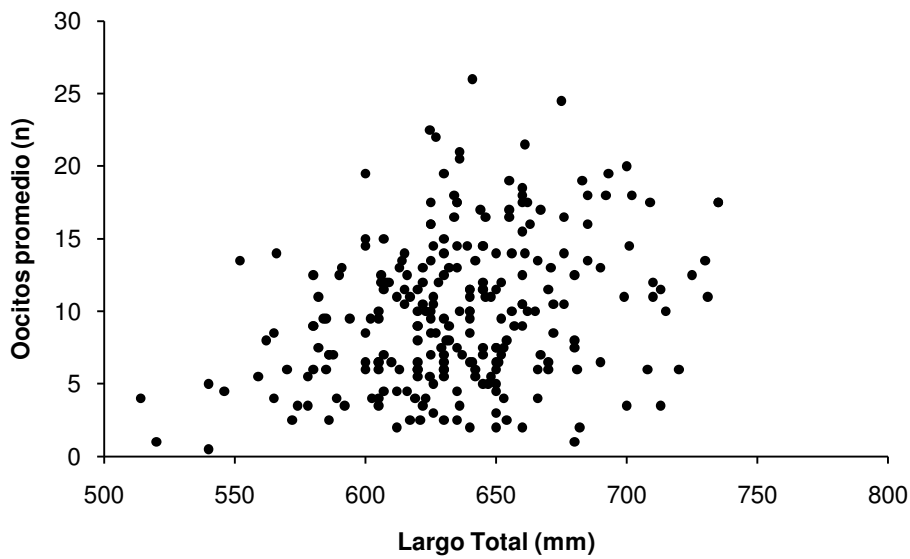
**Figura 4.8:** Relación entre el largo total y el peso de las gónadas. Inmaduras (●): n= 225; en maduración (■): n= 230; maduros (○): n= 376 y maduras con cápsulas (□): n= 17.



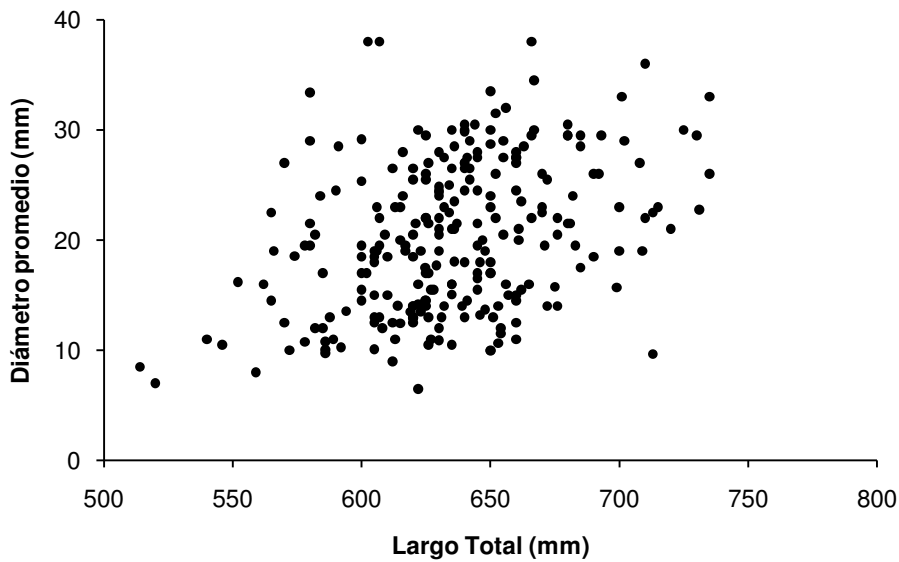
**Figura 4.9:** Fotografía del tracto reproductor de una hembra con cápsulas. GO: glándula oviductal; OV: ovario; U: útero; oc: oocito completamente provisto de vitelo; cap: cápsulas vista por transparencia dentro de los úteros.



**Figura 4.10:** Porcentaje mensual de presencia de hembras maduras con cápsulas. Dentro de las barras se muestra el número de hembras con cápsulas registradas.



**Figura 4.11:** Relación entre el número de oocitos promedio y el largo total en las hembras maduras. Coeficiente de correlación  $r=0,30$ ;  $P<0,001$ ;  $n=255$ .



**Figura 4.12:** Relación entre el diámetro promedio de los oocitos maduros y el largo total de las hembras maduras. Coeficiente de correlación  $r=0,37$ ;  $P<0,001$ ;  $n=255$ .

## Ciclo reproductivo

### Índice Hepatosomático

En ambos sexos se encontraron diferencias significativas entre estadio reproductivo en los valores de IH estimados (Tabla 4.1;  $H= 26,83$ ;  $k= 3$  y  $H= 335,74$ ;  $k=4$ ;  $P < 0,001$ , para los machos y las hembras respectivamente). En los machos, los resultados de las comparaciones entre estadios reproductivos mostraron que los ejemplares en maduración presentaron el mayor IH; mientras que los machos inmaduros no presentaron diferencias significativas con los maduros ( $Q_{\text{inm-en mad}}= 5,63$ ;  $k=3$ ;  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{inm-mad}}= 2,33$ ;  $k=3$ ;  $P > 0,05$  y  $Q_{\text{en mad-mad}}= 3,67$ ;  $k=3$ ;  $P < 0,01$ ).

En las hembras, las inmaduras presentaron los menores valores de IH. Los mayores valores de IH los presentaron las maduras y maduras con cápsulas que no difirieron significativamente entre sí. Tampoco se encontraron diferencias significativas al comparar las hembras en maduración con las maduras con cápsulas ( $Q_{\text{inm-en mad}}= 7,22$ ;  $k=4$ ;  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{inm-mad}}= 17,93$ ;  $k=4$   $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{en mad-mad c/c}}= 1,91$ ;  $k=4$ ;  $P > 0,05$ ;  $Q_{\text{en mad-mad}}= 9,90$ ;  $k=4$ ;  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{inm-mad c/c}}= 4,67$ ;  $k=4$ ;  $P < 0,001$ ; y  $Q_{\text{mad-mad c/c}}= 1,47$ ;  $k=4$ ;  $P > 0,05$ ).

**Tabla 4.1:** Índice hepatosomático por estadio reproductivo en los machos y las hembras.

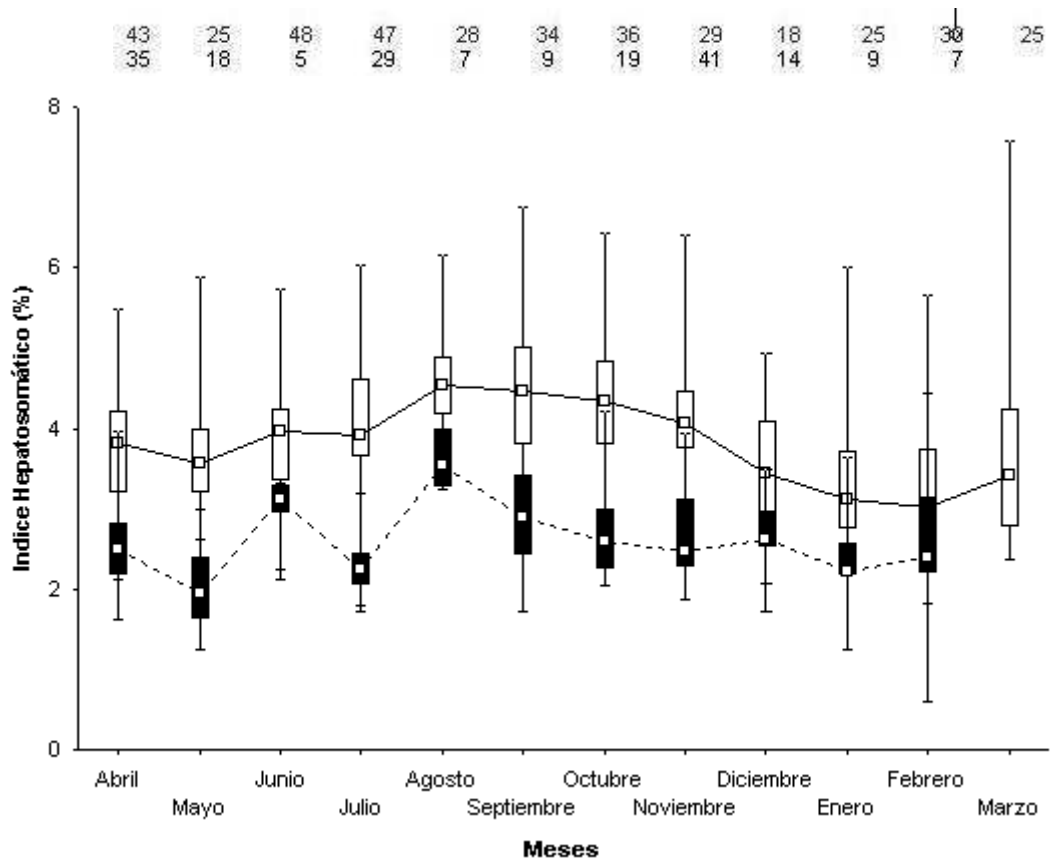
	Machos				Hembras		
	Inmaduros	En maduración	Maduros	Inmaduras	En maduración	Maduras	Maduras c/cápsulas
Media	2,43	2,80	2,61	2,55	3,11	3,91	3,35
DE	0,56	0,60	0,69	0,56	0,70	0,94	1,05
N	177	88	193	227	231	388	18

Se encontraron diferencias significativas en los valores mensuales del IH en los ejemplares maduros de ambos sexos ( $H= 46,87$ ;  $k=11$  y  $H= 91,96$ ;  $k= 12$ ;  $P< 0,001$ ; en los machos y las hembras respectivamente). En los machos, las diferencias se debieron principalmente a los meses en que se registraron el valor mínimo, mayo, y el máximo, agosto (Apéndice Tabla I).

El análisis de las variaciones mensuales mostró que el IH presentó un comportamiento irregular con alternancia de valores altos y bajos hasta el mes de agosto y luego una disminución hasta febrero (Fig. 4.13).

En las hembras también las diferencias en el IH se debieron principalmente a los meses en que se registraron sus mayores y menores valores, agosto y septiembre y enero y febrero respectivamente (Apéndice Tabla II).

Los valores mensuales del IH mostraron un aumento de agosto a noviembre y luego una disminución progresiva hasta febrero, mes en que se registró el valor mínimo (Fig. 4.13).



**Figura 4.13:** Variación mensual del índice hepatosomático. Machos (■) y hembras (□). Las cajas corresponden a los percentiles 25- 75%, las barras indican el rango de distribución de los datos, los cuadrados interiores a las medianas. En gris, en la línea superior, número de hembras muestreadas por mes. En negro, línea inferior, número de machos muestreados por mes.

### Índice Gonadosomático

El IG presentó diferencias significativas entre los estadios reproductivos en ambos sexos (Tabla 4.2;  $H= 233,29$ ;  $k=3$ ;  $P < 0,0001$  para machos y  $H= 598,37$ ;  $k=4$ ;  $P < 0,001$  para hembras). En ambos casos los test de comparaciones múltiples indicaron que los ejemplares maduros presentaron los máximos valores, seguidos por los individuos en maduración y los inmaduros.

En los machos, todos los estadios presentaron diferencias significativas entre sí ( $Q_{inm-en\ mad} = 7,34$ ,  $k=3$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{inm-mad} = 15,25$ ,  $k=3$ ,  $P < 0,001$  y  $Q_{en\ mad-mad} = 5,00$ ,  $k=3$ ,  $P <$

0,001). En las hembras, en cambio, las maduras y las maduras con cápsulas no presentaron diferencias significativas ( $Q_{\text{inm-en mad}} = 3,73$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,01$ ;  $Q_{\text{inm-mad}} = 9,67$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{inm-mad c/c}} = 21,42$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{en mad-mad}} = 8,29$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{en mad-mad c/c}} = 17,39$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$  y  $Q_{\text{mad-mad c/c}} = 2,54$ ,  $k=4$ ,  $P > 0,05$ ).

**Tabla 4.2:** Índice gonadosomático por estadio reproductivo en cada sexo.

	Machos				Hembras		
	Inmaduros	En maduración	Maduros	Inmaduras	En maduración	Maduras	Maduras c/cápsulas
Media	0,55	1,00	1,57	0,48	0,56	1,88	3,59
DE	0,24	0,47	0,93	0,18	0,15	1,20	1,00
N	168	88	193	225	225	376	17

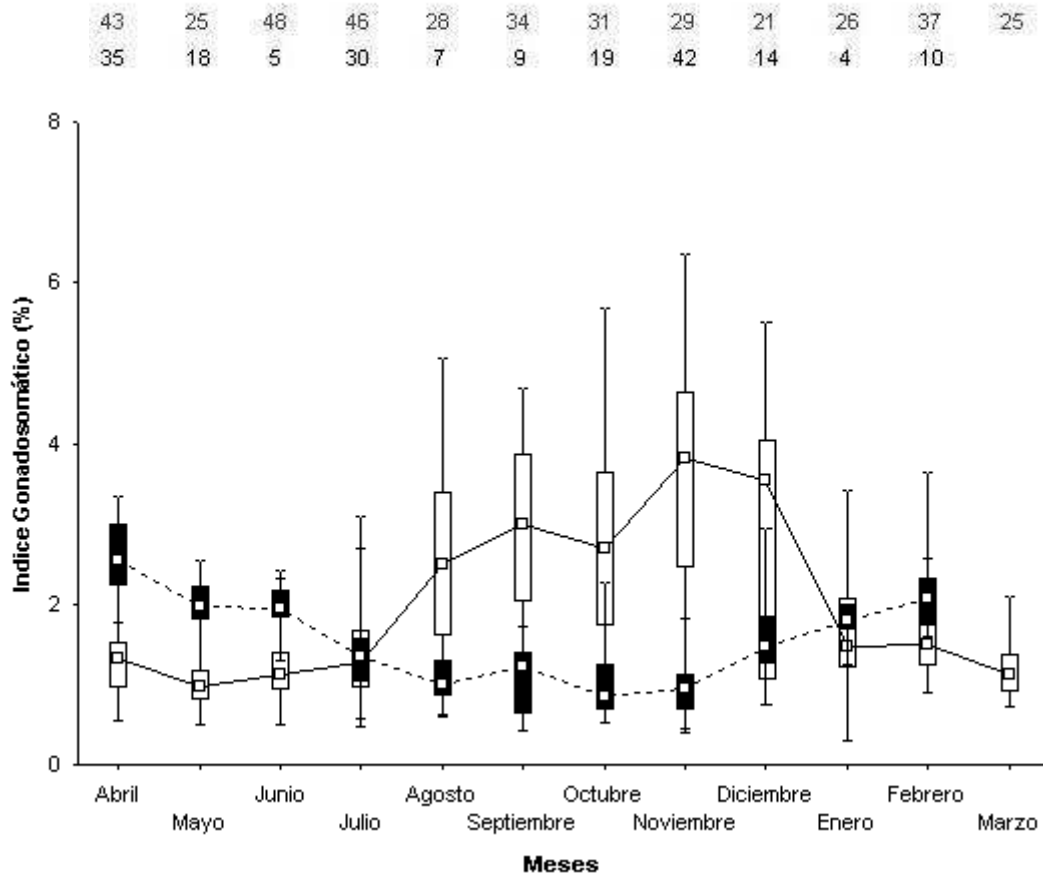
Los valores mensuales del IG presentaron diferencias significativas en ambos sexos ( $H = 124,56$ ,  $k=11$ ,  $P < 0,001$  y  $H = 145,30$ ,  $k= 12$ ,  $P < 0,001$ ; en los machos y las hembras respectivamente). En los machos, las diferencias se debieron principalmente a abril, mes en que el índice presentó su mayor valor, y los meses de septiembre a noviembre en los cuales se registraron los mínimos (Apéndice Tabla III).

El análisis de las variaciones mensuales mostró que de julio a noviembre se registraron los menores valores del IG. A partir de noviembre se registró una fase de aumento en el valor del índice hasta el mes de abril, mes en cual se registró el máximo (Fig. 4.14).

En las hembras, las diferencias se debieron principalmente a los meses de septiembre a noviembre, meses en que el IG presentó sus mayores valores (Apéndice Tabla IV).

El análisis de las variaciones mensuales mostró que el valor del índice presentó un aumento progresivo de julio a diciembre. A partir de diciembre se observó un abrupto descenso y los valores se mantuvieron bajos hasta mayo, mes en cual se registró el

mínimo. La comparación de las curvas entre sexos mostró que los mínimos valores en los machos se correspondieron con los máximos de las hembras (Fig. 4.14).



**Figura 4.14:** Variación mensual del índice gonadosomático. Machos (■) y hembras (□). Las cajas corresponden a los percentiles 25- 75%, las barras indican el rango de distribución de los datos, los cuadrados interiores a las medianas. En gris, en la línea superior, número de hembras muestreadas por mes. En negro, línea inferior, número de machos muestreados por mes.

### Índice de la Glándula Oviductal y del Útero

En las hembras se detectaron diferencias significativas entre los estadios reproductivos en los valores de IGO e IU ( $H= 571,02$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$  para el IGO y  $H= 420,73$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$  para el IU). Los valores de IGO difirieron significativamente entre todos los estadios reproductivos ( $Q_{inm-en\ mad} = 4,59$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{inm-mad} =$



19,48,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{inm-mad } c/c} = 10,95$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{en mad-mad}} = 17,50$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{en mad-mad } c/c} = 9,17$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$  y  $Q_{\text{mad-mad } c/c} = 3,21$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,01$ ). Del mismo modo, todos los estadios reproductivos presentaron diferencias significativas en los valores de IU estimados ( $Q_{\text{inm-en mad}} = 3,67$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,01$ ;  $Q_{\text{inm-mad}} = 14,86$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ,  $Q_{\text{inm-mad } c/c} = 9,86$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ,  $Q_{\text{en mad-mad}} = 16,09$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$ ;  $Q_{\text{en mad-mad } c/c} = 8,57$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,001$  y  $Q_{\text{mad-mad } c/c} = 3,31$ ,  $k=4$ ,  $P < 0,01$ ). Para ambos índices las comparaciones múltiples indicaron que los mayores valores los presentaron las hembras maduras con cápsulas, seguidas por las maduras y las en maduración. Las hembras inmaduras registraron los mínimos valores (Tabla 4.3).

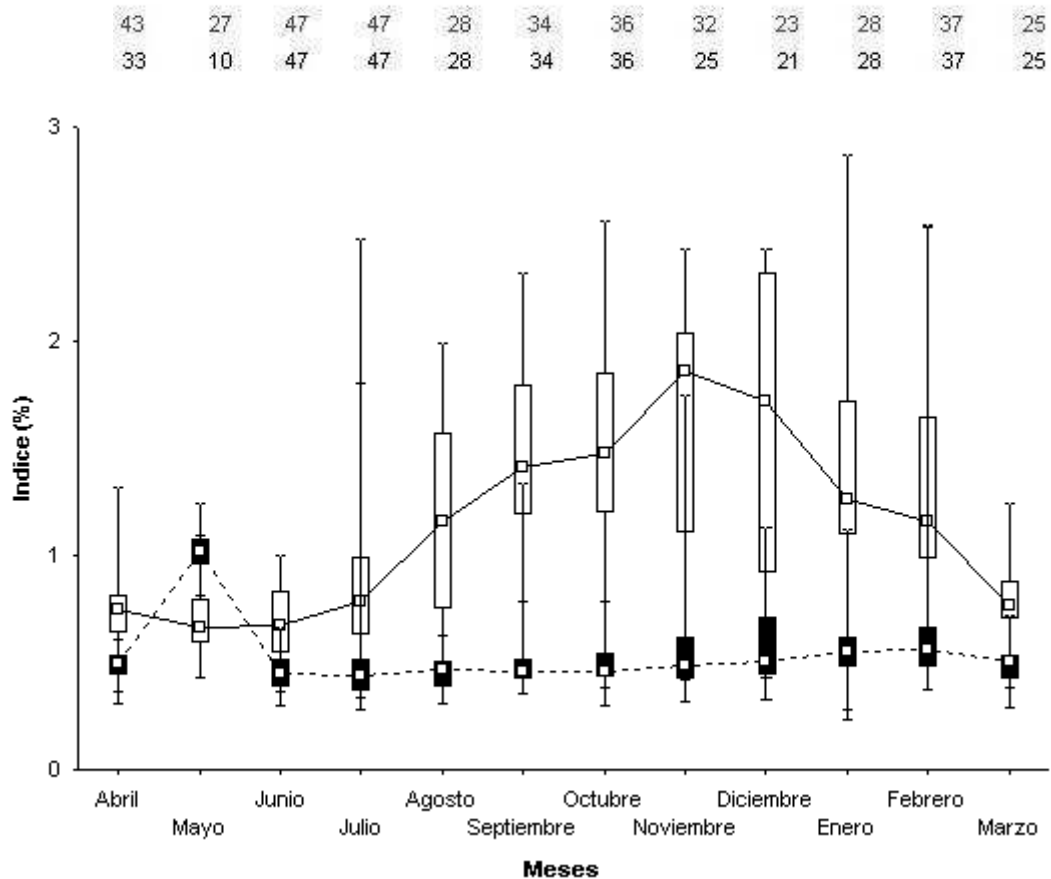
**Tabla 4.3:** Valores del índice de la glándula (IGO) e índice del útero (IU) por estadio reproductivo.

	Inmaduras			En maduración			Maduras			Maduras c/cápsulas		
	Media	DE	n	Media	DE	N	Media	DE	n	Media	DE	n
IGO	0,04	0,04	129	0,17	0,17	222	1,09	0,55	387	2,00	0,35	18
IU	0,05	0,02	71	0,16	0,15	199	0,53	0,26	356	0,80	0,16	15

Los valores mensuales de IGO y de IU en las hembras maduras mostraron diferencias significativas ( $H = 181,42$ ,  $k = 12$ ,  $P < 0,001$  para el IGO y  $H = 64,82$ ;  $k = 12$ ;  $P < 0,001$  para el IU). Para el IGO, las diferencias se debieron principalmente a los meses en que el índice registró sus menores valores, de marzo a julio, y a los meses en que se registraron los máximos, de septiembre a diciembre (Apéndice Tabla V).

El análisis de las variaciones mensuales del IGO mostró un aumento progresivo en el valor del índice de julio a noviembre, mes en que alcanzó su máximo valor. Luego se registró una fase de disminución de diciembre a marzo, mes en que se registró el valor mínimo (Fig. 4.15).

Para el IU las diferencias se debieron principalmente a mayo y enero y febrero, meses en que se registraron los máximos valores (Apéndice Tabla VI). Excluyendo el mes de mayo, el IU permaneció aproximadamente constante a lo largo de los meses, con un leve incremento de noviembre a febrero (Fig. 4.15).



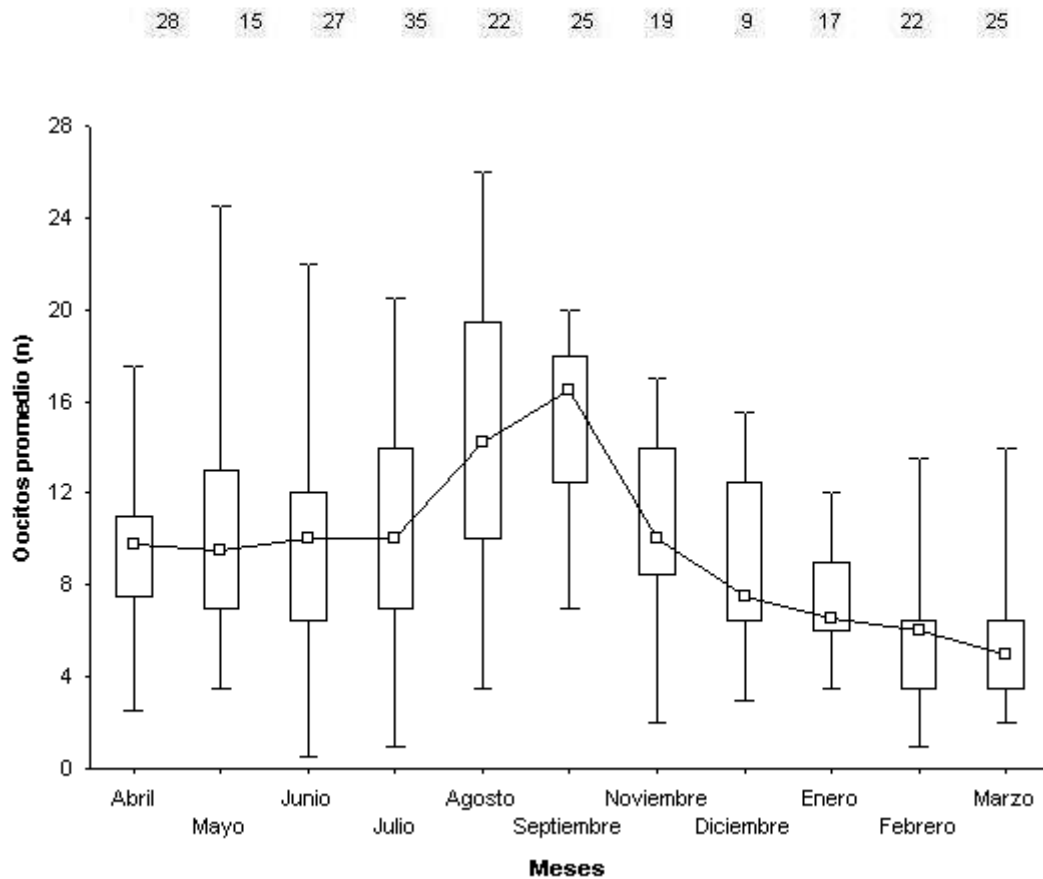
**Figura 4.15:** Variación mensual del índice de la glándula oviductal (□) y del útero (■). Las cajas corresponden a los percentiles 25- 75%, las barras indican el rango de distribución de los datos, los cuadrados interiores a las medianas. En gris, en la línea superior, número de muestras utilizadas en la estimación del índice de la glándula oviductal. En negro, línea inferior, número de muestras utilizadas en la estimación del índice del útero.

#### Número y diámetro promedio de los oocitos maduros

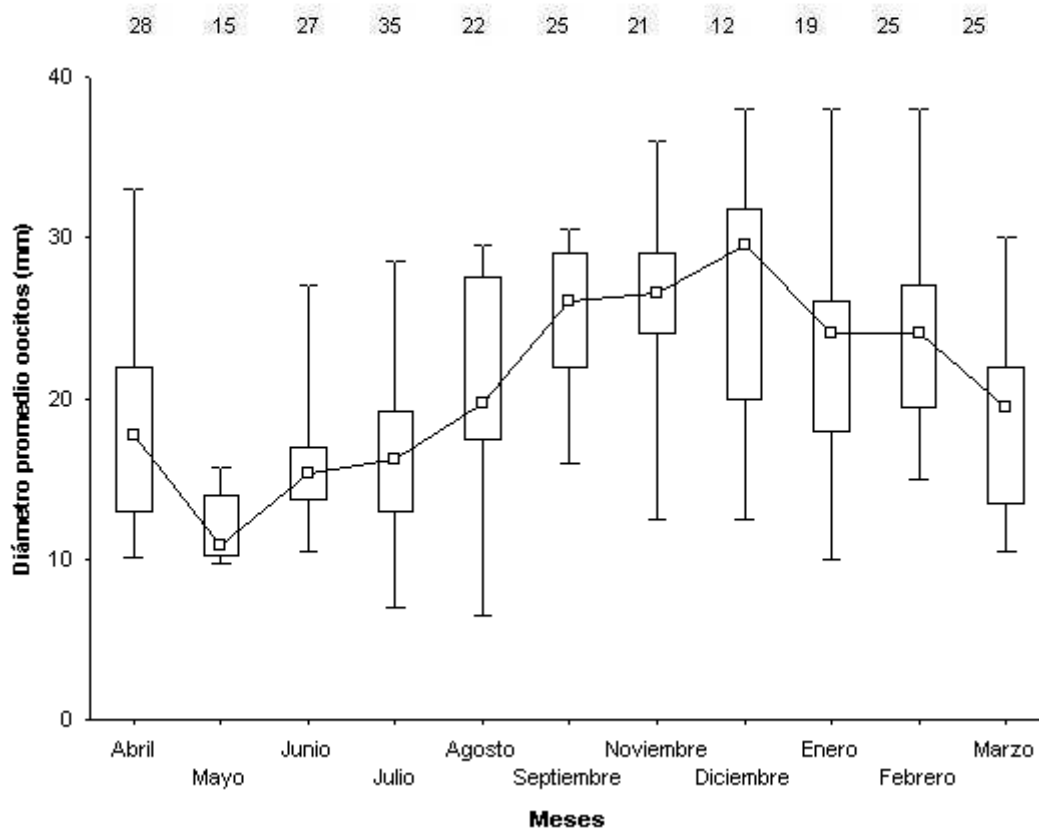
El NPO y el DPO presentaron variaciones mensuales ( $H = 79,918$ ;  $k=11$ ;  $P < 0,001$  para el NPO y  $H = 95,73$ ;  $k=11$ ;  $P < 0,001$  para el DPO). Para el NPO, las diferencias se

debieron principalmente a los meses en que el índice registró su menor valor, de enero a marzo, y a los meses en que se registraron los máximos, agosto y septiembre- octubre (Apéndice Tabla VII). Para el DPO, las diferencias se debieron principalmente al mes en que el índice registró su menor valor, mayo, y a los meses en que se registraron los máximos, de septiembre-octubre a diciembre (Apéndice Tabla VIII).

Ambos índices registraron un aumento en su valor en agosto y septiembre-octubre. Luego, mientras que el NPO disminuyó progresivamente hasta el mes de marzo, el DPO se mantuvo aproximadamente constante en valores altos hasta febrero y descendió en marzo (Fig. 4.16 y 4.17).



**Figura 4.16:** Variación mensual en el número promedio de oocitos maduros. Las cajas corresponden a los percentiles 25- 75%, las barras indican el rango de distribución de los datos, los cuadrados interiores a las medianas y los círculos a los valores extremos. Los datos de los meses de septiembre y octubre fueron agrupados bajo el nombre septiembre. En negro el número de muestras utilizadas.



**Figura 4.17:** Variación mensual en el diámetro promedio de los oocitos maduros. Las cajas corresponden a los percentiles 25- 75%, las barras indican el rango de distribución de los datos, los cuadrados interiores a las medianas. Los datos de los meses de septiembre y octubre fueron agrupados bajo el nombre septiembre. En negro el número de muestras utilizadas.

## Discusión

En el presente estudio los ejemplares de *S. bonapartii* muestreados en el GSM presentaron menores longitudes totales máximas y tallas de madurez que los documentados en otros sitios de la distribución geográfica de la especie (Tabla 4.4). Las especies de la familia Rajidae presentan, frecuentemente, variaciones morfológicas a lo largo de sus distribuciones geográficas (Templeman, 1984; 1987 a y b; Oddone et al., 2007; Licandeo & Cerna, 2007; Estalles et al., 2009; Frisk, 2010; Ainsley et al., 2011).

En el caso de *S. bonapartii* las diferencias encontradas entre éste y estudios anteriores podrían deberse a diferencias poblacionales a lo largo de la distribución geográfica de la especie. Sin embargo, esta hipótesis debería ser evaluada a fin de establecer si son el resultado de variaciones genéticas, indicativas de la presencia de diferentes stocks, o son el resultado de la plasticidad fenotípica a las variaciones ambientales (Frisk, 2010).

**Tabla 4.4:** Comparación de rangos de tallas y tallas de madurez entre estudios. ZCPAU: Zona Común de Pesca Argentino- Uruguaya; GSM: Golfo San Matías. (\*) La estimación se realizó sobre la base de la relación entre el largo total y el largo del cláster. Referencias: 1. Mabragna et al., 2002; 2. Oddone & Velasco, 2004; 3. Díaz Andrade, 2010; 4. Presente estudio.

Sexo	n	Rango de tallas (mm)	Talla máxima (mm)		Talla mínima (mm)	LT <sub>50%</sub> (mm)	Procedencia
			Inmaduros	En maduración	Maduros		
♂	282	200- 746	692	717	470	651	Prov. de Buenos Aires (34°- 40° S) <sup>1</sup> .
♀	245	227-808	675	-	415	636	
♂	123	410- 780	-	-	-	520-570(*)	ZCPAU (34° 30´- 39° 30´ S) <sup>2</sup> .
♀	436	300- 790	-	-	430	655	
♂	210	155- 734	550	665	540	580	Estuario de Bahía Blanca (39° S) <sup>3</sup> .
♀	387	155- 780	640	686	560	625	
♂	<b>812</b>	<b>185- 687</b>	<b>545</b>	<b>638</b>	<b>505</b>	<b>545</b>	<b>GSM (41°- 42° S)<sup>4</sup>.</b>
♀	<b>1254</b>	<b>260-742</b>	<b>625</b>	<b>702</b>	<b>514</b>	<b>594</b>	

*Sympterygia bonapartii* exhibió dimorfismo sexual siendo las hembras más grandes, pesadas y madurando a mayores tallas que los machos. En general, este patrón de dimorfismo sexual es relacionado con un incremento de la fecundidad de las hembras en función del aumento de la talla (Cortés, 2004). En el presente estudio se detectaron relaciones positivas significativas entre el número y el diámetro de los oocitos maduros y la talla de las hembras que podrían dar sustento al patrón descripto.

Los estudios anteriores de *S. bonapartii* coinciden en que las hembras presentaban mayores tallas y pesos que los machos (Mabragaña et al., 2002; Oddone & Velasco, 2004; Díaz Andrade, 2010). Sin embargo, no todos coinciden en que las hembras maduran a tallas mayores. En la ZCPAU y en el estuario de Bahía Blanca se estimó que las hembras madurarían a tallas mayores (Oddone & Velasco, 2004; Díaz Andrade, 2010), pero en el litoral bonaerense ambos sexos madurarían a tallas similares (Mabragaña et al., 2002). No obstante, esta última estimación podría estar sesgada por la falta de ejemplares machos maduros entre los 700 y 710 mm, que resultaría en un desplazamiento de la curva hacia tallas mayores (ver Fig. 3b en Mabragaña et al., 2002).

Por su parte los machos colectados en el estuario de Bahía Blanca exhibieron mayores anchos de disco que las hembras (Díaz Andrade, 2010), contraponiéndose a los resultados aquí obtenidos. Por lo tanto no puede concluirse de forma definitiva si el patrón de dimorfismo sexual detectado en el presente estudio se encuentra generalizado para la especie y las diferencias entre estudios se deben a sesgos muestrales, o si el mismo es variable entre poblaciones.

Si bien en el presente estudio los estadios de madurez de *S. bonapartii* se describieron a partir de la observación macroscópica de los tractos reproductivos, observaciones histológicas avalan algunos de los criterios aquí utilizados. En los machos, se verificó la

correspondencia entre el desarrollo gonadal y el grado de calcificación y de elongación de los claspers (Moya, 2010). En las hembras, las observaciones histológicas indican que los oocitos comienzan a acumular vitelo en su citoplasma a partir de los 1,2 mm de diámetro y a partir de los 7 mm el citoplasma de estas células se encuentra completamente ocupado por éste (Díaz Andrade, 2010). Coincidentemente en este estudio, se estableció como criterio de oocito maduro a aquel que presentaba vitelo y un diámetro mínimo de 6,5 mm. Estas observaciones macroscópicas e histológicas avalarían la utilización como criterio de madurez el grado de elongación y rigidez del cláster en los machos y la presencia de oocitos con vitelo de más de 7 mm de diámetro en las hembras. Proporcionando, así, un método rápido y sencillo de determinación de los estadios reproductivos, particularmente práctico en los estudios poblacionales que requieren el muestreo de numerosos animales (Walker, 2005).

#### Ciclo reproductivo

De acuerdo con las variaciones en los índices estimados en el presente estudio, se infiere que la época de apareamiento de *S. bonapartii* en el GSM sería de julio a diciembre (invierno- primavera). Durante estos meses en los machos se registró un descenso en el valor del IG y un aumento en las hembras del IG e IGO (Tabla 4.5).

En los machos, el uso IG como indicador de la época de apareamiento se fundamenta en la correlación entre la producción de esperma y el aumento en peso de las gónadas (Conrath, 2005). Sin embargo, los máximos valores de IG no siempre se corresponden con la época de apareamiento debido al tiempo que le lleva al esperma el descenso a través de los vasos deferentes, el empaquetamiento de los espermatozoides en espermatóforos y/o al almacenaje del mismo en las vesículas seminales (Holden, 1975; Conrath, 2005). Por esta razón, en el presente estudio, se utilizaron como indicadores

los mínimos valores de IG que se correspondieron con los mayores valores del índice en las hembras (Tabla 4.5).

**Tabla 4.5:** Síntesis del comportamiento de los índices utilizados para la determinación de la época de apareamiento y de puesta en *S. bonapartii*. Los colores indican los valores cualitativos de los índices. IG: índice gonadosomático; IGO: índice de la glándula oviductal; IU: índice del útero; NPO: número promedio de oocitos; DPO: diámetro promedio de los oocitos. Verde: valores altos; naranja: valores medios; y amarillo: valores bajos.

Sexo	Índice	Mes												
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	
		<b>APAREAMIENTO</b>												
♂	IG	Verde	Verde	Verde	Naranja	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Naranja	Verde	Verde		
	IG	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Naranja	Amarillo	Amarillo	
	IGO	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo
♀	IU	Amarillo	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Amarillo
	NPO	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde	Naranja	Naranja	Amarillo	Amarillo	Amarillo
	DPO	Naranja	Amarillo	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Naranja
		<b>PUESTA</b>												



En las hembras, el incremento en el IG es debido al aumento en la cantidad de vitelo almacenado en los oocitos a medida que se acerca el período de ovulación (Conrath, 2005). A su vez en *S. bonapartii* estudios histológicos muestran que la glándula oviductal durante la época de apareamiento y reproducción presenta un incremento en su tamaño (Galíndez et al., 2010; Díaz Andrade, 2010), el cual podría explicar el incremento en el valor del índice que se registró en el presente estudio.

En las hembras el patrón de variación registrado en el IG se correspondió con el del IH. Debe tenerse en cuenta que la síntesis del vitelo ocurre por un mecanismo mixto en el cual intervienen el ovario y el hígado (Hamlett & Koob, 1999). El vitelo es la única fuente de alimento durante el desarrollo del embrión en especies lecitotróficas y su precursor es una fosfolipoproteína denominada vitelogenina sintetizada por el hígado. Durante la época reproductiva los niveles de vitelogenina en plasma aumentan debido a que el crecimiento folicular necesita de un constante aporte de ésta (Hamlett & Koob, 1999). A su vez, el hígado es el órgano en cual se acumulan las reservas (Hamlett & Koob, 1999). La constante síntesis y secreción de esta proteína durante la época reproductiva, sumado al gasto energético que conlleva la reproducción podrían explicar las variaciones en el IH encontradas en el presente estudio.

En los machos la interpretación de las variaciones en IH se ven dificultadas por el comportamiento irregular que muestra el índice hasta agosto. Si bien después de agosto el índice presentó una fase aproximadamente constante con valores menores, la que podría estar relacionada en parte con el gasto energético durante la época reproductiva, los resultados aquí encontrados no son concluyentes.

De acuerdo a los resultados encontrados la época de puesta de *S. bonapartii* en el GSM ocurriría desde septiembre- octubre a febrero (primavera- verano). Durante septiembre- octubre los valores de NPO registraron su máximo y a partir de estos meses

se registraron los máximos valores de DPO, indicando que los oocitos se encontraban listos para ser ovulados (Tabla 4.5). De noviembre a febrero se registró, además, la presencia de hembras con cápsulas y el IU presentó un leve incremento. El valor de IU registrado durante el mes de mayo es considerado en el presente trabajo un valor anómalo. En marzo, todos los índices analizados presentaron valores bajos, esto indicaría el fin de la época reproductiva (Tabla 4.5).

De acuerdo con las hipótesis planteadas anteriormente, *S. bonapartii* presentaría un asincronismo entre la época de apareamiento y puesta. El apareamiento ocurriría en invierno-primavera (julio a diciembre), mientras que la puesta ocurriría entre fines de primavera- y fines de verano (septiembre-octubre a febrero) (Tabla 4.5). Luego sobrevendría una etapa de recuperación gonadal en otoño-invierno (marzo a junio). El asincronismo entre apareamiento y reproducción sería posible por el almacenaje de espermatozoides en las glándulas oviductales (Galíndez et al., 2010; Díaz Andrade, 2010). Un seguimiento mensual histológico de los tractos reproductivos en ambos sexos permitiría confirmar o rechazar estas hipótesis.

En el presente estudio se detectó una baja proporción de hembras con cápsulas. Trabajos anteriores reportan migraciones de *S. bonapartii* a zonas poco profundas (<50 m) durante la época de puesta y la utilización de áreas costeras cercanas a los estuarios como zonas de puesta y cría de neonatos (Mabragaña et al., 2002; Díaz Andrade, 2010). Durante el período estimado de puesta en el GSM, la flota se desplaza en un rango de profundidades promedio que abarca de los 125 a los 135 m en la zona sureste y sur golfo donde se obtienen los mayores rendimientos de merluza (Ocampo, 2010). Si la especie utiliza áreas con profundidades <50 m en el golfo para depositar sus cápsulas, quedarían mayoritariamente fuera del alcance de la flota pesquera. Esto explicaría la

baja proporción de hembras con cápsulas, ya que la mayor parte de las muestras durante la época de puesta estimada provinieron de la fracción comercial.

Entre las especies pertenecientes a la familia Rajidae estudiadas en el GSM, *S. bonapartii* constituye, hasta el presente, la única con un ciclo reproductivo estacional. Los estudios realizados en *Psammobatis lentiginosa* y *Atlantoraja platana* muestran que estas especies presentan un ciclo anual con una o dos estaciones de mayor actividad (Perier et al., 2010; Coller, 2012). De acuerdo con resultados preliminares otras especies frecuentes en el golfo como *A. cyclophora*, *A. castelnaui* y *Dipturus chilensis* también presentarían ciclos anuales. Esto sugiere que el presentar un ciclo reproductivo anual o estacional constituye una estrategia reproductiva de la especie independientemente del área en la cual se reproduzcan.

## Apéndice

**Tabla I:** Esquema de diferencias en el índice hepatosomático en los machos maduros. Resultados de las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P> 0,05; (\*) P< 0,05; (\*\*) P< 0,01; (\*\*\*) P< 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron: Q<sub>abril-agos</sub>= 3,49; Q<sub>agos-jul</sub>= 4,50; Q<sub>agos-mayo</sub>= 5,40; Q<sub>dic-mayo</sub>= 3,64; Q<sub>nov-mayo</sub>= 4,01; Q<sub>oct-mayo</sub>= 3,78 y Q<sub>sep-mayo</sub>= 3,67.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Abril	—	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mayo		—	ns	ns	***	*	**	**	*	ns	ns
Junio			—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Julio				—	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Agosto					—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Septiembre						—	ns	ns	ns	ns	ns
Octubre							—	ns	ns	ns	ns
Noviembre								—	ns	ns	ns
Diciembre									—	ns	ns
Enero										—	ns
Febrero											—

**Tabla II:** Esquema de diferencias en el índice hepatosomático en las hembras maduras. Resultados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P> 0,05; (\*) P< 0,05; (\*\*) P< 0,01; (\*\*\*) P< 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron: Q<sub>abril-agos</sub>= 3,86; Q<sub>agos-dic</sub>= 3,94; Q<sub>agos-ene</sub>= 5,58; Q<sub>agos-feb</sub>= 6,44; Q<sub>agost-mar</sub>= 4,30; Q<sub>agos-may</sub>= 3,92; Q<sub>dic-sept</sub>= 3,50; Q<sub>ene-jul</sub>= 3,92; Q<sub>ene-nov</sub>= 3,97; Q<sub>ene-oct</sub>= 4,64; Q<sub>ene-sept</sub>= 5,30; Q<sub>feb-jul</sub>= 4,71; Q<sub>feb-jun</sub>= 4,05; Q<sub>feb-nov</sub>= 4,68; Q<sub>feb-oct</sub>= 5,33; Q<sub>feb-sept</sub>= 6,10; Q<sub>mar-sept</sub>= 3,86; Q<sub>may-sept</sub>= 4,08.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Abril	—	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mayo		—	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Junio			—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Julio				—	ns	ns	ns	ns	ns	**	***	ns
Agosto					—	ns	ns	ns	**	***	***	**
Septiembre						—	ns	ns	*	***	***	**
Octubre							—	ns	ns	***	***	ns
Noviembre								—	ns	**	***	ns
Diciembre									—	ns	ns	ns
Enero										—	ns	ns
Febrero											—	ns
Marzo												—

**Tabla III:** Índice gonadosomático en los machos maduros. Esquema de diferencias entre el par de meses analizados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P > 0,05; (\*) P < 0,05; (\*\*) P < 0,01; (\*\*\*) P < 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron:  $Q_{\text{abril-agos}}= 4,91$ ;  $Q_{\text{abril-dic}}= 3,69$ ;  $Q_{\text{abril-jul}}= 6,10$ ;  $Q_{\text{abril-nov}}= 9,21$ ;  $Q_{\text{abril-oct}}= 7,34$ ;  $Q_{\text{abril-sep}}= 5,28$ ;  $Q_{\text{feb-nov}}= 3,95$ ;  $Q_{\text{feb-oct}}= 3,60$ ;  $Q_{\text{may-nov}}= 5,35$ ;  $Q_{\text{may-oct}}= 4,52$ ;  $Q_{\text{may-sept}}= 3,35$ .

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Abril	—	ns	ns	***	***	***	***	***	*	ns	ns
Mayo		—	ns	ns	ns	*	***	***	ns	ns	ns
Junio			—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Julio				—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Agosto					—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Septiembre						—	ns	ns	ns	ns	ns
Octubre							—	ns	ns	ns	*
Noviembre								—	ns	ns	**
Diciembre									—	ns	ns
Enero										—	ns
Febrero											—

**Tabla IV:** Índice gonadosomático en las hembras maduras. Esquema de diferencias entre el par de meses analizados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P > 0,05; (\*) P < 0,05; (\*\*) P < 0,01; (\*\*\*) P < 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron:  $Q_{\text{abril-agos}}= 3,82$ ;  $Q_{\text{abril-nov}}= 5,90$ ;  $Q_{\text{abril-oct}}= 4,91$ ;  $Q_{\text{abril-sept}}= 5,86$ ;  $Q_{\text{agos-jul}}= 3,53$ ;  $Q_{\text{agos-jun}}= 4,73$ ;  $Q_{\text{agos-mar}}= 3,99$ ;  $Q_{\text{agos-may}}= 4,99$ ;  $Q_{\text{dic-jun}}= 4,15$ ;  $Q_{\text{dic-mar}}= 3,58$ ;  $Q_{\text{dic-may}}= 4,51$ ;  $Q_{\text{ene-nov}}= 3,89$ ;  $Q_{\text{ene-sept}}= 3,76$ ;  $Q_{\text{feb-may}}= 3,78$ ;  $Q_{\text{feb-nov}}= 3,69$ ;  $Q_{\text{feb-sept}}= 3,55$ ;  $Q_{\text{jul-nov}}= 5,64$ ;  $Q_{\text{jul-oct}}= 4,63$ ;  $Q_{\text{jul-sept}}= 5,59$ ;  $Q_{\text{jun-nov}}= 6,87$ ;  $Q_{\text{jun-oct}}= 5,87$ ;  $Q_{\text{jun-sept}}= 6,88$ ;  $Q_{\text{mar-nov}}= 5,82$ ;  $Q_{\text{mar-oct}}= 4,94$ ;  $Q_{\text{mar-sept}}= 5,75$ ;  $Q_{\text{may-nov}}= 6,82$ ;  $Q_{\text{may-oct}}= 5,96$ ;  $Q_{\text{may-sept}}= 6,79$ .

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Abril	—	ns	ns	ns	**	***	***	***	ns	ns	ns	**
Mayo		—	ns	ns	**	***	***	***	***	ns	*	ns
Junio			—	ns	***	***	***	***	**	ns	ns	ns
Julio				—	*	***	***	***	ns	ns	ns	**
Agosto					—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Septiembre						—	ns	ns	ns	*	*	***
Octubre							—	ns	ns	ns	ns	***
Noviembre								—	ns	**	*	***
Diciembre									—	ns	ns	*
Enero										—	ns	ns
Febrero											—	ns
Marzo												—

**Tabla V:** Índice de la glándula oviductal en las hembras maduras. Esquema de diferencias entre el par de meses analizados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P> 0,05; (\*) P< 0,05; (\*\*) P< 0,01; (\*\*\*) P< 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron: Q<sub>abril-agos</sub>= 3,77; Q<sub>abril-sept</sub>= 6,51; Q<sub>abril-oct</sub>= 6,52; Q<sub>abril-nov</sub>= 6,65; Q<sub>abril-dic</sub>= 5,39; Q<sub>abril-ene</sub>= 5,29; Q<sub>abril-feb</sub>= 5,26; Q<sub>may-sept</sub>= 5,98; Q<sub>may-oct</sub>= 5,97; Q<sub>may-nov</sub>= 6,13; Q<sub>jun-nov</sub>= 7,32; Q<sub>jun-oct</sub>= 7,21; Q<sub>jun-sept</sub>= 5,94; Q<sub>jul-nov</sub>= 5,68; Q<sub>jul-oct</sub>= 5,51; Q<sub>jul-sept</sub>= 5,51; Q<sub>agos-may</sub>= 3,57; Q<sub>agos-jun</sub>= 4,35; Q<sub>dic-mar</sub>= 4,27; Q<sub>dic-may</sub>= 5,08; Q<sub>dic-jun</sub>= 5,96; Q<sub>dic-jul</sub>= 4,48; Q<sub>ene-may</sub>= 4,94; Q<sub>ene-jul</sub>= 4,32; Q<sub>ene-mar</sub>= 4,09; Q<sub>feb-may</sub>= 4,85; Q<sub>feb-jun</sub>= 5,93; Q<sub>feb-jul</sub>= 4,22; Q<sub>mar-sept</sub>= 5,07; Q<sub>mar-oct</sub>= 5,03; Q<sub>mar-nov</sub>= 5,23.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Abril	—	ns	ns	ns	*	***	***	***	***	***	***	ns
Mayo		—	ns	ns	*	***	***	***	***	***	***	ns
Junio			—	ns	**	***	***	***	***	ns	***	ns
Julio				—	ns	***	***	***	***	**	**	ns
Agosto					—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Septiembre						—	ns	ns	ns	ns	ns	***
Octubre							—	ns	ns	ns	ns	***
Noviembre								—	ns	ns	ns	***
Diciembre									—	ns	ns	**
Enero										—	ns	**
Febrero											—	ns
Marzo												—

**Tabla VI:** Índice del útero en las hembras maduras. Esquema de diferencias entre el par de meses analizados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P> 0,05; (\*) P< 0,05; (\*\*) P< 0,01; (\*\*\*) P< 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron: Q<sub>abril-mar</sub>= 4,34; Q<sub>may-sept</sub>= 4,93; Q<sub>may-oct</sub>= 4,41; Q<sub>may-nov</sub>= 3,91; Q<sub>jun-may</sub>= 5,62; Q<sub>jul-may</sub>= 5,67; Q<sub>agos-may</sub>= 5,14; Q<sub>agos-feb</sub>= 3,62; Q<sub>ene-jul</sub>= 3,54; Q<sub>ene-jun</sub>= 3,45; Q<sub>feb-jul</sub>= 4,49; Q<sub>feb-jun</sub>= 4,40; Q<sub>mar-may</sub>= 4,02.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Abril	—	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mayo		—	***	***	***	***	***	**	ns	ns	ns	**
Junio			—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	ns
Julio				—	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	ns
Agosto					—	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Septiembre						—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Octubre							—	ns	ns	ns	ns	ns
Noviembre								—	ns	ns	ns	ns
Diciembre									—	ns	ns	ns
Enero										—	ns	ns
Febrero											—	ns
Marzo												—

**Tabla VII:** Número promedio de oocitos maduros. Esquema de diferencias entre el par de meses analizados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P> 0,05; (\*) P< 0,05; (\*\*) P< 0,01; (\*\*\*) P< 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron: Q<sub>abril-mar</sub>= 3,33; Q<sub>abril-sept/oct</sub>= 3,99; Q<sub>agos-ene</sub>= 3,23; Q<sub>agos-feb</sub>= 4,66; Q<sub>agos-mar</sub>= 5,44; Q<sub>ene-sept/oct</sub>= 5,07; Q<sub>feb-jul</sub>= 3,53; Q<sub>feb-sept/oct</sub>= 6,32; Q<sub>jul-mar</sub>= 4,41; Q<sub>jun-sept/oct</sub>= 4,12; Q<sub>mar-sept/oct</sub>= 3,79; Q<sub>mar-nov</sub>= 7,13.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept-Oct	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Abril	—	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*
Mayo		—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Junio			—	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Julio				—	ns	ns	ns	ns	ns	*	***
Agosto					—	ns	ns	ns	*	***	***
Sept/Oct						—	ns	ns	***	***	***
Noviembre							—	ns	ns	ns	**
Diciembre								—	ns	ns	ns
Enero									—	ns	ns
Febrero										—	ns
Marzo											—

**Tabla VIII:** Diámetro promedio de oocitos maduros. Esquema de diferencias entre el par de meses analizados en las comparaciones múltiples de Dunn (Q). Ns= P> 0,05; (\*) P< 0,05; (\*\*) P< 0,01; (\*\*\*) P< 0,001. Los valores de los estadísticos en los pares de meses que presentaron diferencias significativas fueron: Q<sub>abril-nov</sub>= 3,92; Q<sub>abril-sept/oct</sub>= 4,09; Q<sub>agos-may</sub>= 3,92; Q<sub>dic-jul</sub>= 3,87; Q<sub>dic-jun</sub>= 4,04; Q<sub>dic-may</sub>= 5,27; Q<sub>ene-may</sub>= 4,70; Q<sub>feb-jun</sub>= 4,40; Q<sub>feb-jul</sub>= 4,26; Q<sub>feb-may</sub>= 5,70; Q<sub>jul-nov</sub>= 4,83; Q<sub>jul-sept/oct</sub>= 5,07; Q<sub>jun-nov</sub>= 4,92; Q<sub>jun-sept/oct</sub>= 5,16; Q<sub>mar-may</sub>= 3,43; Q<sub>mar-sept/oct</sub>= 3,36; Q<sub>may-sept/oct</sub>= 6,35; Q<sub>may-nov</sub>= 5,97.

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept-Oct	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Abril	—	ns	ns	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	ns
Mayo		—	ns	ns	**	***	**	***	***	***	*
Junio			—	ns	ns	***	***	**	ns	***	ns
Julio				—	ns	***	***	**	ns	**	ns
Agosto					—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sept/Oct						—	ns	ns	ns	ns	*
Noviembre							—	ns	ns	ns	ns
Diciembre								—	ns	ns	ns
Enero									—	ns	ns
Febrero										—	ns
Marzo											—

## Capítulo 5: Alimentación de *Sympterygia bonapartii*

---

### Introducción

Las especies pertenecientes a la familia Rajidae debido a su abundancia y diversidad específica son importantes componentes de las comunidades demersales y de las tramas tróficas de los mares templados (Compagno, 1990; Ebert et al., 1991; Wetherbee & Cortés, 2004; Dolgov, 2005; Sánchez et al., 2005; Ebert & Bizzarro, 2007). En general, son consumidoras secundarias ubicándose en un nivel trófico inferior al de la mayoría de los grupos de tiburones (Ebert & Bizzarro, 2007). Sin embargo, las especies que alcanzan los mayores portes ( $LT > 100$  cm) presentan niveles tróficos similares y son, al igual que estos, consideradas depredadores tope (Wetherbee & Cortés, 2004; Ebert & Bizzarro, 2007; Heithaus et al., 2010).

En la dieta de las especies de la familia Rajidae predominan los crustáceos decápodos y los peces. Los poliquetos y los anfípodos son considerados presas suplementarias. Los calamares, eufáusidos, mysicidos y otros crustáceos presentan contribuciones menores, y los bivalvos, pulpos, sepias y condrictios son considerados ítems no importantes (Ebert & Bizzarro, 2007).

A nivel específico la dieta puede presentar variaciones de acuerdo al sexo, talla, estadio reproductivo, época del año y regiones geográficas (Wetherbee & Cortés, 2004). En particular, los estudios realizados en *S. bonapartii* muestran que los crustáceos constituyen su principal presa y que la dieta varía con la talla, estadio reproductivo, estaciones del año y región geográfica (Barrera Oro & Maranta, 1996; Sánchez & Prenski, 1996; Paesch, 2000; Sánchez & Mabragaña, 2002; Barbini, 2010).



El presente capítulo tiene como objetivo estimar el nivel trófico de *S. bonapartii*, describir y cuantificar su dieta en el GSM, y evaluar las variaciones entre sexos, estadio reproductivo y época del año.

#### Materiales y Métodos

En este estudio se utilizaron ejemplares provenientes de las campañas de investigación pesquera de recursos demersales, ejemplares colectados por el programa de observadores a bordo y ejemplares muestreados en plantas de procesamiento de pescado.

La descripción de la dieta de *S. bonapartii* se realizó a partir del análisis de los contenidos estomacales. Los estómagos de los ejemplares fueron diseccionados y preservados en alcohol 70%. Cada contenido fue lavado en agua corriente utilizando un tamiz de 800  $\mu\text{m}$  y luego escurrido.

Las presas se identificaron hasta el menor taxón posible, se contabilizaron, se pesaron con una precisión de 0,001 g y se midieron, siempre que fue posible. A los peces se les registró el largo estándar (Ls), a los cangrejos el largo del caparazón (Lc), a los langostinos el largo del cefalopereion (Lcp), a los cefalópodos el largo del manto (Lm) y a los bivalvos el largo total (Lt). Las medidas se realizaron con calibre con una precisión de 0,01 mm.

Los restos duros como otolitos, vértebras, huesos y picos de cefalópodos, sin restos de tejidos, se separaron e identificaron. De encontrarse en el mismo estómago restos de tejidos correspondientes a la misma especie, los restos duros se asociaron a esa especie siempre que las relaciones entre tallas fueran coincidentes.

La identificación taxonómica de las presas se realizó con la utilización de guías de identificación y colecciones de referencia. Las claves taxonómicas utilizadas fueron:

Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. I. Peces de importancia comercial (Volpedo & Echeverría, 2000); Guía técnica para la identificación de invertebrados epibentónicos asociados a los bancos de viera patagónica (*Zygochlamys patagónica*) en el Mar Argentino (Bremec et al., 2003); Atlas de huesos craneales y de cintura escapular de peces costeros patagónicos (Gosztonyi & Kuba, 1996); Moluscos del Golfo San Matías (Provincia de Río Negro, República Argentina). Inventario y Claves para su identificación (Scarabino, 1977); Moluscos Magallánicos. Guía de moluscos de Patagonia y sur de Chile (Forcelli, 2000); Catálogo ilustrado de los crustáceos estomatópodos y decápodos marinos de Argentina (Boschi et al., 1992); Los isópodos de la familia Serolidae de la Argentina. Clave para su reconocimiento (Bastida & Torti, 1973).

Los poliquetos y los isópodos se identificaron con la ayuda de especialistas y colecciones de referencia. Los poliquetos fueron clasificados por el Dr. Orenzans y su equipo pertenecientes al Centro Nacional Patagónico- CONICET. Los isópodos fueron identificados por la Dra. Dotti de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- UBA. En ambos casos se confeccionaron las colecciones.

También se utilizó la colección de otolitos del Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni” (Failla, 2001), como material de referencia para la identificación de los peces y cefalópodos.

El Dr. Pastorino del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”- CONICET colaboró con la identificación de los moluscos. El Dr. Zelaya de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- UBA corroboró la identificación de *Solemya* sp.

### Tamaño mínimo de muestra

El número mínimo de estómagos necesarios para describir y analizar la dieta se determinó a partir de la construcción de curvas del valor acumulado del índice de diversidad de Shannon- Wiener (H) en función del número de estómagos. Debido a que el valor del índice puede verse sesgado por el orden en que se analizan las muestras, se realizaron 100 aleatorizaciones de las matrices originales. Las curvas se construyeron con los valores promedio de H y su desvío estándar (DE) (Barbini & Lucifora, 2010). Se consideró que el número de muestras era suficiente cuando las curvas alcanzaron su valor asintótico (Ferry & Cailliet, 1996). Se utilizó como criterio de corte el número de estómagos al cual el DE fue menor a 0,05 (Koen Alonso et al., 2001). Las curvas se realizaron para el total de la muestra y para cada uno de los factores evaluados utilizando el paquete `vegan` Community Ecology Package (Oksanen, 2011) del software R versión 2.11.1 (R Development Core Team).

### Descripción de la dieta y estrategia alimentaria

La dieta se describió a partir de la estimación de los tres parámetros más utilizados en los estudios de dieta (Berg, 1979; Hyslop, 1980). Para cada ítem se estimó la frecuencia de ocurrencia en porcentaje (%F), el porcentaje en número (%N) y porcentaje en peso (%P):

$$\%F = \frac{\sum Ni}{NT} \times 100$$

$$\%N = \frac{\sum ni}{nt} \times 100$$

$$\%P = \frac{\sum Pi}{PT} \times 100$$

Donde Ni es el número de estómagos con la presa i, NT el número total de estómagos, ni es el número de presas i registradas en el total de los estómagos, nt es la sumatoria de

presas identificadas en todos los estómagos,  $P_i$  es el peso de las presas  $i$  y  $PT$  es el peso total de los contenidos muestreados (Hyslop, 1980).

Con las estimaciones de estos parámetros se calculó el índice compuesto de importancia relativa IRI, expresado como porcentaje según lo sugerido por Cortés (1997). Durante los últimos años se discutió el uso del %IRI como descriptor de la dieta (Ferry & Cailliet, 1996; Tirasin & Jorgensen, 1999; Brown et al., 2011). La elección de su incorporación en el presente estudio se fundamenta en la posibilidad que brinda su uso de comparar con otros estudios.

El %IRI fue calculado como:

$$IRI_i = \%F \times (\%P + \%N)$$

$$\%IRI = \frac{IRI_i}{\sum_{i=1}^n IRI_i} \times 100$$

Donde  $n$  es el número total de categorías presas consideradas en un nivel taxonómico dado.

Luego se estimó el nivel trófico (NT) de la especie como:

$$NT = 1 + (\sum_{j=1}^n P_j \times NT_j)$$

En donde  $NT$  es el nivel trófico de *S. bonapartii*,  $NT_j$  es el nivel trófico del ítem presa  $j$  y  $P_j$  es su proporción en la dieta. Los niveles tróficos de las presas se obtuvieron de la bibliografía disponible (Cortés, 1999; Ebert & Bizzarro, 2007). Los valores asignados a los ítems se muestran en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1:** Nivel trófico y composición de los grupos taxonómicos.

Grupo	Taxones incluidos en el grupo	Nivel Trófico
<b>Peces</b>	Clase Actinopterygii	3,24
<b>Cefalópodos</b>	Clase Cephalopoda	3,20
<b>Bivalvos</b>	Clase Bivalvia	2,10
<b>Cangrejos</b>	Infraorden Anomura e Infraorden Brachyura	2,52
<b>Langostinos</b>	Suborden Dendrobranchiata e infraorden Caridea	2,40
<b>Estomatópodos</b>	Orden Stomatopoda	2,40
<b>Isópodos</b>	Orden Isopoda	3,18
<b>Cumáceos</b>	Orden Cumacea	2,40
<b>Anfípodos</b>	Orden Amphipoda	3,18
<b>Otros crustáceos</b>	Ordenes Mysida, Lophogatrída y Euphausiacea	2,25
<b>Poliquetos</b>	Clase Polychaeta	2,60
<b>Otros</b>	Phyla Echinodermata y Echiura	2,50
<b>Invertebrados</b>		

La estrategia alimentaria de *S. bonapartii* y la importancia relativa de las presas en la dieta se analizó con el método gráfico de Amundsen et al. (1996). Para ello las presas se agruparon teniendo en cuenta el grupo taxonómico al que pertenecen y sus características morfológicas y ecológicas. Se formaron ocho grupos: peces, cefalópodos, poliquetos, estomatópodos, cangrejos, bivalvos, langostinos y otros crustáceos. Los grupos fueron similares a los presentes en la tabla 5.1 con la excepción del grupo “otros crustáceos” en el cual se agruparon a los anfípodos, isópodos, cumáceos, mysidos, lofogátridos y eufáusidos. Debido a su bajo aporte a la dieta el grupo “otros invertebrados” se eliminó del análisis.

Para cada grupo de ítems se estimó la abundancia específica ( $P_i$ ). Este parámetro es definido como el número total de presas de un grupo dividido el total de presas presentes en los estómagos, teniendo en cuenta sólo aquellos estómagos en los cuales la presa se encuentra presente. En términos matemáticos:

$$P_i = \left( \frac{\sum S_i}{\sum S_t} \right) \times 100$$

En donde  $P_i$  es la abundancia específica de la presa  $i$ ,  $S_i$  es el número de presas  $i$  y  $S_t$  es el número total de presas sólo en los estómagos en los cuales la presa  $i$  estuvo presente. Luego la abundancia específica de los grupos de presas se graficó en relación a su frecuencia de ocurrencia (Amundsen et al., 1996).

De acuerdo con este método gráfico, la importancia de las presas en la dieta es descrita en función de la posición de los grupos con respecto a los ejes. Las especies dominantes presentan una frecuencia de ocurrencia cercana a uno y una abundancia específica cercana al 100%. En el otro extremo, las especies raras presentan una frecuencia de ocurrencia cercana a cero y una abundancia específica menor al 50%. Por otro lado, la estrategia alimenticia de la especie es considerada generalista cuando los grupos presentan una frecuencia de ocurrencia menor a 0,5 y una abundancia específica menor al 50%. En contraposición, las especialistas presentan uno o unos pocos grupos de presas con frecuencias de ocurrencia cercanas a uno y abundancias específicas cercanas al 100% (Amundsen et al., 1996). Este análisis se realizó para el total de la muestra y para la combinación de factores analizados.

Luego se estimó el índice de amplitud de nicho de Levin (B) y su estandarización ( $B_A$ ):

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

En donde  $P_i$  es la proporción del ítem presa  $i$  en la dieta y  $n$  es el número total de ítems presa (Marshall & Elliott, 1997). El índice  $B_A$  abarca de 0 a 1, siendo cero cuando la especie presenta la mínima amplitud de nicho y 1 cuando la amplitud de nicho es máxima. Este índice se calculó para el total de la muestra y para combinación de factores analizados.

#### Relación entre la talla del depredador y de la presa

La relación entre la talla del depredador y la de la presa se evaluó mediante el test de correlación de Spearman ( $r$ ). Se seleccionó un test no paramétrico debido a que las variables no se ajustaron a una distribución normal (Zar, 1984). Las presas incluidas en este análisis fueron *Engraulis anchoita*, *Pleoticus mulleri*, *Peltarion spinosulum*, *Libidoclea granaria*, *Solemya* sp. y *Eledone massyae*. Las variables correlacionadas fueron el LT de la raya y el Ls en el pez, el Lc en los cangrejos, el Lcp en los langostinos y los camarones, el Lt en los bivalvos y el Lm en el pulpo. Los datos de las demás presas fueron insuficientes para realizar las correlaciones ( $n < 20$ ).

## Variación de la dieta

Se evaluaron las diferencias en la composición de la dieta de los sexos, a lo largo de la ontogenia y entre las estaciones del año. Estos análisis se realizaron mediante análisis multivariados no paramétricos de la varianza (Anderson, 2001; 2005). Las variables evaluadas fueron el número de ítems presentes en cada grupo de presas. Se conformaron ocho grupos de presas: peces, cefalópodos, bivalvos, cangrejos, langostinos, estomatópodos, otros crustáceos y poliquetos. El grupo “otros crustáceos” se compuso por isópodos, anfípodos, cumáceos, eufaúsidos, mysidos, lofogátridos. El grupo “otros invertebrados” se eliminó del análisis debido a su baja contribución en la dieta.

Las variables se transformaron previamente a la realización de los análisis, a fin de evitar que sólo uno o unos pocos grupos de presas, las más abundantes, sean los únicos comparados por los análisis. La transformación utilizada fue la raíz cuarta ya que reduce el peso relativo de los grupos más abundantes, permitiendo una mayor contribución de los que presentan menores aportes (Field et al., 1982; Clarke, 1993; Clarke & Green, 1988; Anderson, 2001).

Las comparaciones se realizaron a partir de la construcción de una matriz de similitud entre las muestras, utilizando el coeficiente de similitud de Bray- Curtis (Bray & Curtis, 1957; Field et al., 1982; Clarke, 1993; Clarke & Green, 1988). Este coeficiente es ampliamente utilizado en los análisis multivariados porque permite el análisis de todo tipo de datos y no se encuentra afectado por ausencias conjuntas. La matriz de similitud es triangular y expresa de manera relativa las diferencias entre muestras. Cada celda adopta un valor de cero a uno, siendo uno cuando las muestras son idénticas y cero cuando son completamente disímiles (Field et al., 1982).

Una vez obtenida la matriz de similitud se realizó un test no paramétrico multivariado de la varianza el cual permitió cuantificar la probabilidad de diferencias



entre los grupos analizados. El test seleccionado para evaluar estas diferencias fue la PERMANOVA o NP-ANOVA (Anderson, 2001; 2005). La selección de éste método se basó en las ventajas que ofrece el mismo en comparación a otros tipos de análisis. La PERMANOVA permite analizar múltiples variables en forma simultánea de manera análoga al análisis multivariado de la varianza (MANOVA), pero sin realizar suposiciones sobre la distribución de las mismas. Este método utiliza permutaciones para construir una distribución del estadístico F bajo la hipótesis nula de no diferencias entre grupos (o tratamientos). Luego, el estadístico F es comparado con el que se obtiene de la matriz de similitud y se calcula un valor de probabilidad P (Anderson, 2001). En este estudio las diferencias se consideraron significativas cuando  $P < 0,05$ .

Las diferencias en la composición de la dieta entre los sexos se evaluaron utilizando un modelo de un factor (sexo), con dos niveles (machos y hembras) y ocho variables (estomatópodos, cangrejos, peces, langostinos, poliquetos, cefalópodos, otros crustáceos y bivalvos). Debido a que el programa (PERMANOVA) sólo permite analizar diseños balanceados las comparaciones se realizaron utilizando, siempre que fue posible, ejemplares muestreados durante los mismos meses y utilizando el mismo rango de tallas.

Luego, para cada uno de los sexos se analizaron las variaciones ontogenéticas en la composición de la dieta. Para ello primero se graficaron los aportes del %N de cada uno de los grupos de presas en función de la talla de los depredadores. A partir de estos gráficos se dividió a los ejemplares en dos grupos: “rayas grandes” y “rayas pequeñas”.

La probabilidad de diferencias entre estos dos grupos se evaluó utilizando una ANOVA no paramétrica. Se construyó un modelo de un factor (talla), con dos niveles (“grandes” y “pequeñas”) y las mismas ocho variables que constituyeron los grupos de

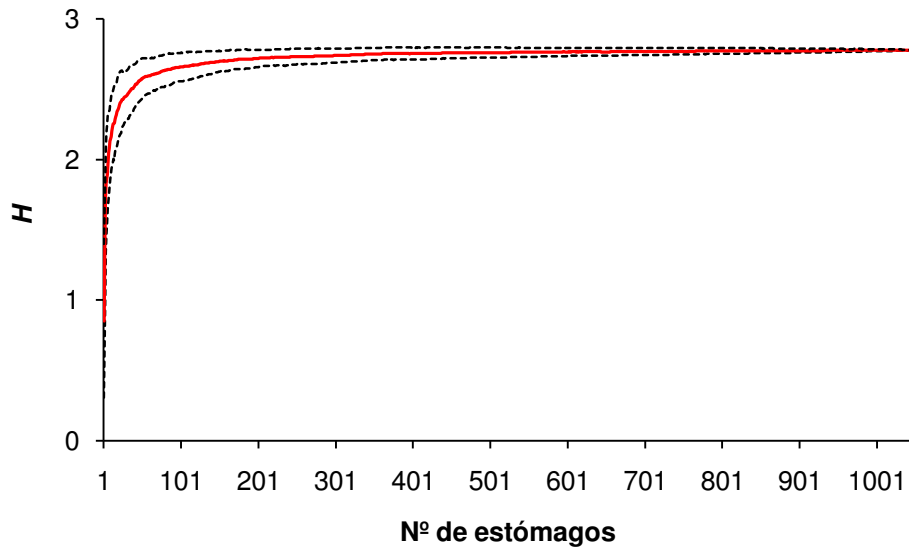
presas. Las comparaciones se realizaron utilizando, siempre que fue posible, ejemplares muestreados durante los mismos meses.

Por último se evaluaron las variaciones estacionales en la dieta. Las muestras se dividieron en tres períodos. El período I abarcó de marzo a junio, el período II de julio a octubre y el período III de noviembre a febrero. Las diferencias se analizaron utilizando un modelo de un factor (período), con tres niveles y se utilizaron las mismas ocho variables. Cuando las diferencias fueron significativas se realizaron test de comparaciones múltiples. En la evaluación estacional de la dieta sólo se utilizaron las hembras grandes ya que fue el único grupo que contó con la cantidad necesaria de ejemplares. La comparación cualitativa de la dieta entre períodos se realizó con el método gráfico de Amundsen et al. (1996).

## Resultados

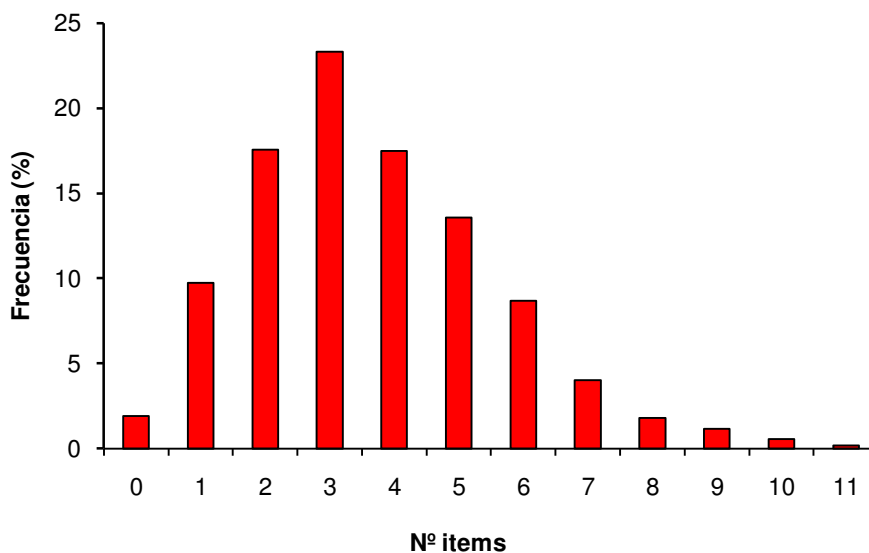
### Descripción de la dieta y estrategia alimentaria

Se analizaron 1.047 estómagos de los cuales 1.024 (97,8%) presentaron presas. El número mínimo de estómagos necesarios para la descripción de la dieta se estimó en 301, indicando que el tamaño de muestras analizado fue suficiente (Fig. 5.1).



**Figura 5.1:** Estimación del número mínimo de estómagos necesarios para la descripción de la dieta. Índice de Shannon- Weiner (H). Línea sólida (—): H promedio; líneas punteadas (- -): desvío estándar.

En la dieta de *S. bonapartii* se identificaron 81 ítems (Tabla 5.2). El número de ítems presentes en cada estómago varió de 0 a 11, siendo el valor más frecuente tres (Fig. 5.2).



**Figura 5.2:** Porcentaje de ítems presas encontrados en los estómagos.

**Tabla 5.2:** Listado taxonómico y contribución de las presas encontradas en la dieta de *S. bonapartii*. Contribución en número (%N), en peso (%P) y frecuencia de ocurrencia (%N), índice de importancia relativa (IRI) y su expresión como porcentaje (%IRI).

Taxón	%N	%P	%F	IRI	%IRI
<b>Phylum Annelida</b>					
<b>Clase Polychaeta</b>	<b>5,26</b>	<b>4,11</b>	<b>36,61</b>	<b>343,04</b>	<b>3,43</b>
Polychaeta S/I	2,46	1,31	17,43	65,70	1,08
Subclase Aciculata					
Familia Aphroditidae					
Aphroditella alta	0,47	1,39	4,18	7,77	0,13
Familia Glyceridae					
Glyceridae S/I	0,08	0,09	0,68	0,12	0,002
Glycera americana	0,05	0,07	0,49	0,06	0,001
Glycera capitata	0,38	0,26	3,51	2,25	0,043
Glycera magellanica	0,01	0,003	0,10	0,001	0,0002
Familia Goniadidae					
Goniada gigantea	0,01	0,01	0,10	0,002	0,0003
Familia Sigalionidae					
Leanira quatrefagesi	0,03	0,01	0,29	0,01	0,0002
Subclase Canalipalpata					
Familia Flabelligeridae S/I	0,50	0,22	4,67	3,36	0,06
Familia Maldanidae S/I	1,26	0,73	11,49	22,87	0,38
Familia Terebellidae					
Artacama proboscidea	0,01	0,01	0,10	0,002	0,0000
Phylum Arthropoda					
Clase Malacostraca					
Subclase Hoplocarida					
<b>Orden Stomatopoda</b>	<b>2,74</b>	<b>0,94</b>	<b>11,98</b>	<b>44,09</b>	<b>0,44</b>
Familia Squilloidea					
Pterygosquilla armata armata	2,74	0,94	11,98	44,09	0,72

Subclase Eumalacostraca					
Superorden Peracarida					
<b>Orden Mysida</b>	<b>4,26</b>	<b>0,03</b>	<b>2,63</b>	<b>11,28</b>	<b>0,11</b>
Mysida S/I	4,26	0,03	2,63	11,28	0,19
<b>Orden Amphipoda</b>	<b>7,22</b>	<b>0,14</b>	<b>16,16</b>	<b>118,94</b>	<b>1,19</b>
Amphipoda S/I	6,26	0,12	14,11	90,02	1,48
Familia Gammaridae	0,96	0,02	2,04	2,00	0,03
<b>Orden Isopoda</b>	<b>3,68</b>	<b>0,35</b>	<b>17,04</b>	<b>68,67</b>	<b>0,68</b>
Isopoda S/I	0,26	0,02	1,85	0,52	0,01
Familia Serolidae					
Serolidae S/I	0,38	0,05	2,24	0,96	0,016
Acanthoserolis schythei	0,05	0,003	0,39	0,02	0,0003
Neoserolis exigua	0,01	0,006	0,10	0,002	0,0003
Familia Anturidae	0,01	0,0003	0,10	0,001	0,0002
Familia Cirolanidae					
Natatolana pastorei	0,28	0,03	1,85	0,57	0,01
Familia Idoteidae	0,03	0,001	0,19	0,006	0,0001
Familia Chaetilidae					
Macrochiridothea sp.	0,04	0,001	0,19	0,008	0,0001
<b>Orden Cumacea</b>	<b>10,29</b>	<b>0,34</b>	<b>3,99</b>	<b>42,41</b>	<b>0,70</b>
<b>Cumacea S/I</b>	<b>10,29</b>	<b>0,34</b>	<b>3,99</b>	<b>42,41</b>	<b>0,42</b>
<b>Orden Lophogatrída</b>	<b>2,51</b>	<b>0,15</b>	<b>9,54</b>	<b>25,38</b>	<b>0,23</b>
Familia Eucopiidae	2,51	0,15	9,54	25,38	0,42
Superorden Eucarida					
<b>Orden Euphausiacea</b>	<b>0,97</b>	<b>0,02</b>	<b>3,02</b>	<b>2,99</b>	<b>0,03</b>
Euphausiacea S/I	0,97	0,02	3,02	2,99	0,05
Orden Decapoda					
<b>Suborden Dendrobranchiata</b>	<b>9,14</b>	<b>3,56</b>	<b>28,14</b>	<b>357,38</b>	<b>3,52</b>
Dendrobranchiata S/I	0,06	0,01	0,19	0,01	0,0002

<b>Familia Penaeidae</b>					
Artemisa longinaris	0,07	0,02	0,19	0,02	0,0003
<b>Familia Solenoceridae</b>					
Pleoticus muelleri	9,05	3,53	28,04	352,74	5,79
<b>Familia Sergestidae</b>					
Peisos petrunkevitchi	0,01	0,001	0,10	0,001	0,00002
<b>Suborden Pleocyemata</b>					
<b>Infraorden Caridea</b>	<b>2,26</b>	<b>0,83</b>	<b>14,70</b>	<b>45,42</b>	<b>0,45</b>
<b>Familia Alpheidae</b>					
Alpheus puapeba	1,07	0,44	9,83	14,84	0,24
Betaeus liliana	0,01	0,005	0,10	0,002	0,00003
<b>Familia Hippolytidae</b>					
Nauticaris magellanica	0,14	0,02	1,07	0,17	0,003
<b>Familia Pandalidae</b>					
Austropandalus grayi	0,22	0,07	0,58	0,17	0,003
<b>Familia Crangonidae</b>					
Pontoscaris boschii	0,76	0,27	4,09	4,21	0,07
<b>Infraorden Anomura</b>	<b>0,53</b>	<b>0,21</b>	<b>3,41</b>	<b>2,52</b>	<b>0,03</b>
<b>Familia Galatheidae</b>					
Munida sp.	0,37	0,18	2,43	1,33	0,02
Munida gregaria	0,16	0,03	0,97	0,18	0,002
<b>Infraorden Brachyura</b>	<b>36,90</b>	<b>43,23</b>	<b>84,71</b>	<b>6787,81</b>	<b>66,82</b>
Brachyura S/I	0,36	0,59	3,41	3,24	0,05
<b>Familia Majidae S/I</b>					
Collodes rostratus	0,02	0,001	0,19	0,004	0,00007
Leurocyclus tuberculatus	1,25	0,75	9,06	18,12	0,30
Libinia spinosa	0,01	0,07	0,10	0,01	0,00001
Libidoclea granaria	3,04	7,82	19,96	216,77	3,56
Rochinia gracilipes	0,1	0,21	0,49	0,15	0,002
Lucippa pentagona	0,01	0,01	0,10	0,002	0,00003
<b>Familia Atelecyclidae</b>					
Peltarion spinosulum	29,68	28,42	68,84	3999,60	65,62

Familia Portunidae					
Coenophthalmus tridentatus	1,00	0,98	5,94	11,76	0,19
Familia Platyxanthidae					
Platyxanthus patagonicus	0,72	4,25	6,43	31,96	0,52
Familia Xanthidae					
Pilumnoides hassleri	0,01	0,003	0,10	0,001	0,0002
Pilumnus reticulatus	0,01	0,003	0,10	0,001	0,0002
Familia Pinnotheridae					
Pinnixa sp. S/I	0,61	0,13	5,16	3,82	0,06
Pinnixa brevipollex	0,04	0,04	0,39	0,03	0,0005
Pinnotheres garthi	0,01	0,001	0,10	0,001	0,00002
Phylum Mollusca					
<b>Clase Bivalvia</b>	<b>5,18</b>	<b>5,83</b>	<b>32,13</b>	<b>353,75</b>	<b>3,48</b>
Bivalvia S/I	0,06	0,004	0,58	0,04	0,001
Subclase Protobranchia					
Familia Solemyidae					
Solemya sp.	1,99	2,36	11,68	50,81	0,83
Familia Nuculidae					
Ennucula puelcha	0,04	0,001	0,29	0,01	0,0002
Familia Malletidae					
Malletia sp.	3,06	3,46	23,27	151,72	2,49
Subclase Heterodonta					
Familia Cuspidariidae					
Cuspidaria patagonica	0,02	0,06	0,19	0,02	0,0003
Cardiomya cleryana	0,01	0,003	0,10	0,001	0,00001
Subclase Pteriomorphia					
Familia Pectinidae					
Aequipecten tehuelchus	0,04	0,001	0,39	0,02	0,0003
Zygochlamys patagonica	0,01	0,001	0,10	0,001	0,00002
<b>Clase Cephalopoda</b>	<b>1,10</b>	<b>8,83</b>	<b>8,96</b>	<b>88,97</b>	<b>0,88</b>
Cephalopoda S/I	0,31	1,17	2,24	3,32	0,05
Subclase Coleoidea					
Familia Ommastrephidae					

Illex argentinus	0,13	0,80	1,07	1,00	0,02
Familia Loliginidae					
Loligo sp.	0,14	0,20	1,07	0,36	0,006
Familia Octopodidae					
Eledone massyae	0,53	6,66	4,67	33,58	0,55
<b>Phylum Echinodermata</b>	<b>0,04</b>	<b>0,001</b>	<b>0,39</b>	<b>0,02</b>	<b>0,0002</b>
Clase Ophiuroidea					
Orden Ophiurida					
Ophiurida S/I	0,01	0,0002	0,10	0,001	0,00002
Clase Echinoidea					
Echinoidea S/I	0,02	0,0004	0,19	0,004	0,0001
Sterechinus agassizii	0,01	0,0002	0,10	0,001	0,00002
<b>Phylum Echiura</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>0,10</b>	<b>0,005</b>	<b>0,0002</b>
Orden Echiura					
Familia Urechidae					
Urechis chilensis	0,01	0,04	0,10	0,005	0,0001
Phylum Chordata					
Subphylum Vertebrata					
<b>Clase Actinopterygii</b>	<b>7,75</b>	<b>32,91</b>	<b>44,21</b>	<b>1797,58</b>	<b>17,70</b>
Actinopterygii S/I	0,21	0,39	1,95	1,17	0,02
Orden Batrachoidiformes					
Familia Batrachoididae					
Thiathalassothia argentina	0,01	0,16	0,10	0,017	0,0003
Orden Clupeiformes					
Familia Engraulidae					
Engraulis anchoita	6,23	10,53	36,32	608,72	9,99
Orden Gadiformes					
Familia Merlucciidae					
Merluccius hubbsi	1,30	21,88	9,93	230,18	3,78
Orden Perciformes					
Familia Serranidae					



Serranus auriga	0,01	0,20	0,10	0,02	0,0003
Orden Pleuronectiformes					
Familia Paralichthyidae					
Paralichthys sp.	0,01	0,0002	0,10	0,001	0,0001
Orden Gadiformes					
Familia Moridae					
Salilota australis	0,01	0,04	0,10	0,005	0,0001
<b>Material Digerido</b>	0,07	0,13	0,68	0,14	0,002
<b>Sin identificar</b>	0,02	0,06	0,19	0,02	0,002
<b>Nº Estómagos= 1047</b>					
<b>Nº Vacíos= 23</b>					

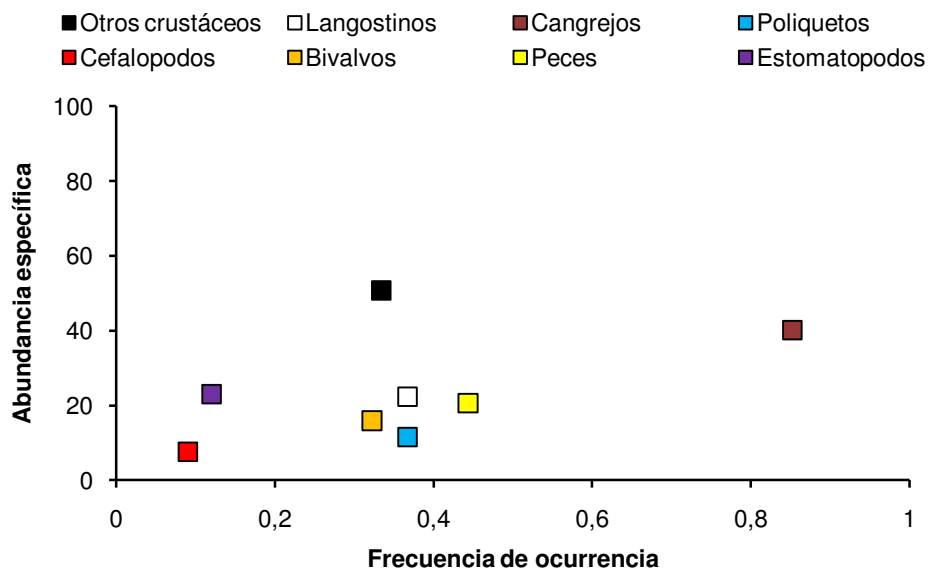
La dieta se encontró principalmente compuesta por crustáceos brachyuros. En segundo lugar de importancia se ubicaron los teleosteos de la clase Actinopterygii. Estos dos grupos presentaron las mayores contribuciones en %N, %P, %F e %IRI. Considerando los valores de %IRI, siguieron en orden de importancia los crustáceos del Suborden Dendrobranchiata, los moluscos bivalvos, los anélidos poliquetos, los anfípodos, los moluscos cefalópodos, los cumáceos, los isópodos, los crustáceos del Infraorden Caridea y los estomatópodos. Los restantes grupos presentaron valores de %IRI < 0,25% (Tabla 5.2).

La especie que presentó la mayor contribución a la dieta fue Peltarion spinosulum, y en segundo lugar se ubicó Engraulis anchoita. Ambas especies presentaron las mayores contribuciones en %N, %P, %F e %IRI. Otras presas importantes en la dieta de acuerdo con su contribución en %IRI fueron Pleoticus muelleri, Merluccius hubbsi, Libidoclea granaria, Malletia sp., Solemya sp. (ver Apéndice), Eledone massyae, Pterygosquilla armata armata y los isópodos de la familia Cirolanidae (Tabla 5.2).

De acuerdo con el gráfico de Amundsen et al. (1996), en la dieta de *S. bonapartii* predominó el grupo de los cangrejos. Los aportes de los grupos restantes fueron

menores. En segundo lugar de importancia, de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia, se ubicó el grupo de los peces. Sin embargo, de acuerdo con la abundancia específica el grupo de otros crustáceos (myscidos, lofogátridos, cumáceos, isópodos, anfípodos; Fig. 5.3).

El índice de amplitud de nicho ( $B_A$ ) se estimó en 0,43, indicando que el nicho trófico de la especie fue moderado. El nivel trófico se estimó en 3,64, de acuerdo con este valor *S. bonapartii* se considera un consumidor secundario.



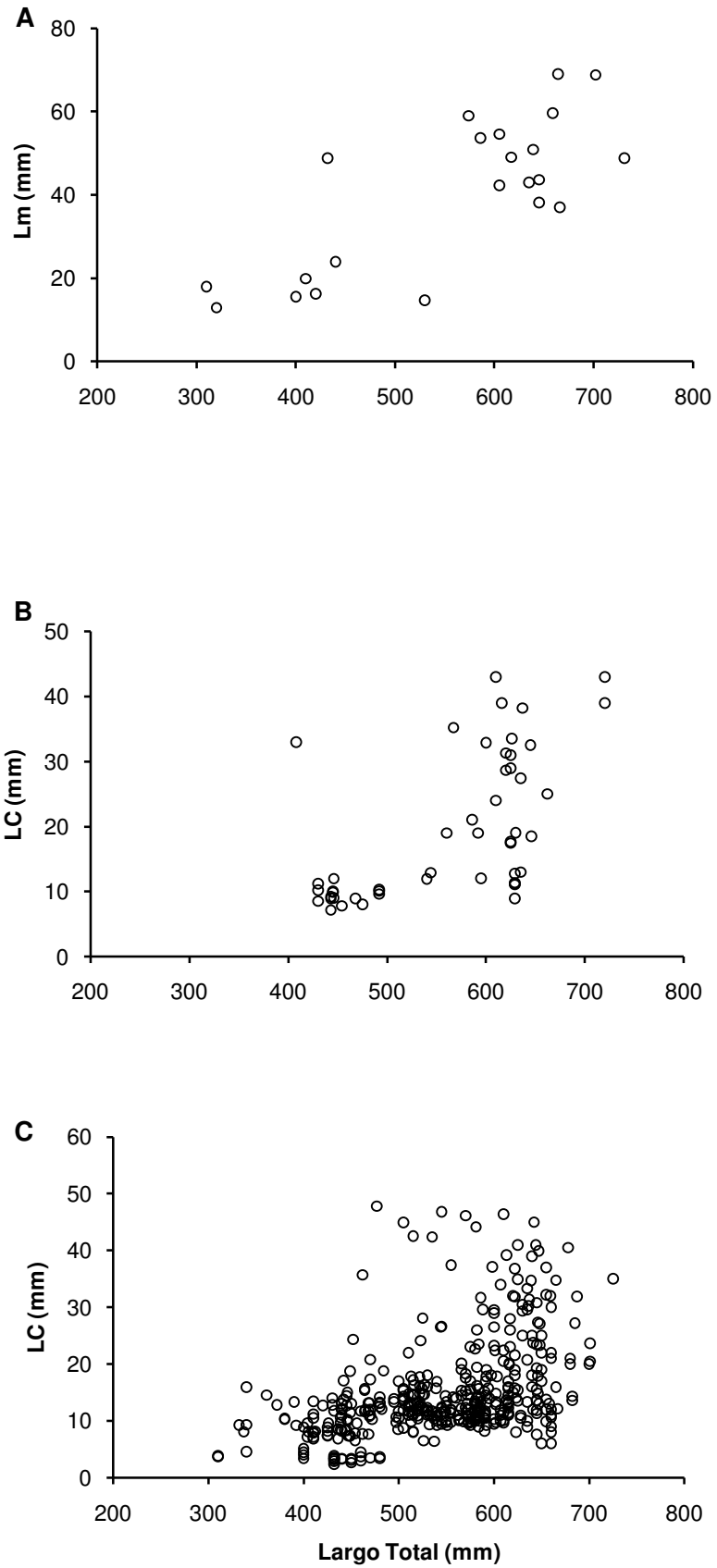
**Figura 5.3:** Relación entre la abundancia específica de las presas y su frecuencia de ocurrencia. El grupo “otros crustáceos” se encuentra integrado por mysicidos, lofogátridos, cumáceos, isópodos, anfípodos.

### Relación entre la talla del depredador y la talla de la presa

Se detectó una correlación positiva entre el tamaño de los depredadores y el tamaño de las siguientes presas: *Peltarion spinosulum*, *Libidoclea granaria* y *Eledone massyae*. En los tres casos se observó un incremento de las tallas de las presas con el aumento en la talla del depredador (Fig. 5.4 a-c). Las demás especies de presas analizadas no presentaron correlaciones significativas (Tabla 5.3).

**Tabla 5.3:** Resultados de los análisis de los test de correlación, n= pares de datos analizados; r= coeficiente de correlación de Spearman; IC<sub>95%</sub>= intervalo de confianza del coeficiente de correlación.

<b>Especie</b>	<b>Talla media (mm)</b>	<b>DE</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b>IC<sub>95%</sub></b>	<b>P</b>
<b><i>Engraulis anchoita</i></b>	81,26	20,00	109	0,14	-0,05- 0,33	0,14
<b><i>Pleoticus muelleri</i></b>	9,80	5,92	174	0,01	-0,14- 0,16	0,89
<b><i>Peltarion spinosulum</i></b>	15,05	8,74	429	0,47	0,39- 0,54	<b>0,0001</b>
<b><i>Libidoclea granaria</i></b>	19,46	11,15	49	0,66	0,45- 0,80	<b>0,0001</b>
<b><i>Eledone massyae</i></b>	40,36	18,11	22	0,77	0,52- 0,90	<b>0,0001</b>
<b><i>Solemya sp.</i></b>	23,99	8,37	27	0,18	-0,23- 0,53	0,37



**Figura 5.4:** Relaciones entre la talla de las presas y la talla del depredador. **A:** *Eledone massyae*; **B:** *Libidoclea granaria* y **C:** *Pelation spinosulum*.

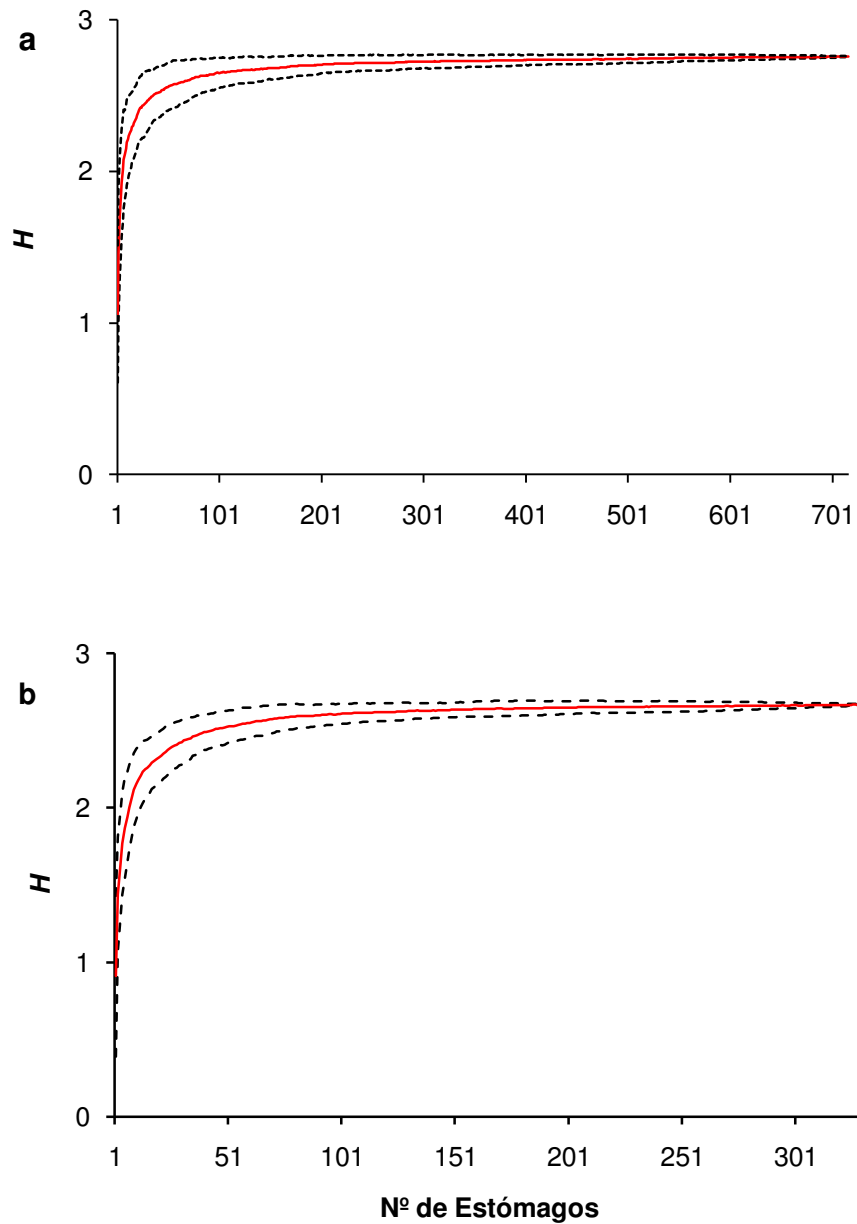
### Variaciones entre sexos

El número de estómagos analizado fue de 716 en las hembras y 331 en los machos. En las hembras, el 1,7% de los estómagos se encontraron vacíos, mientras que en los machos el 2,4%. El número de estómagos necesarios para describir la dieta se estimó en 267 y 138, en las hembras y los machos respectivamente, indicando que en ambos casos el número de muestras fueron suficientes.

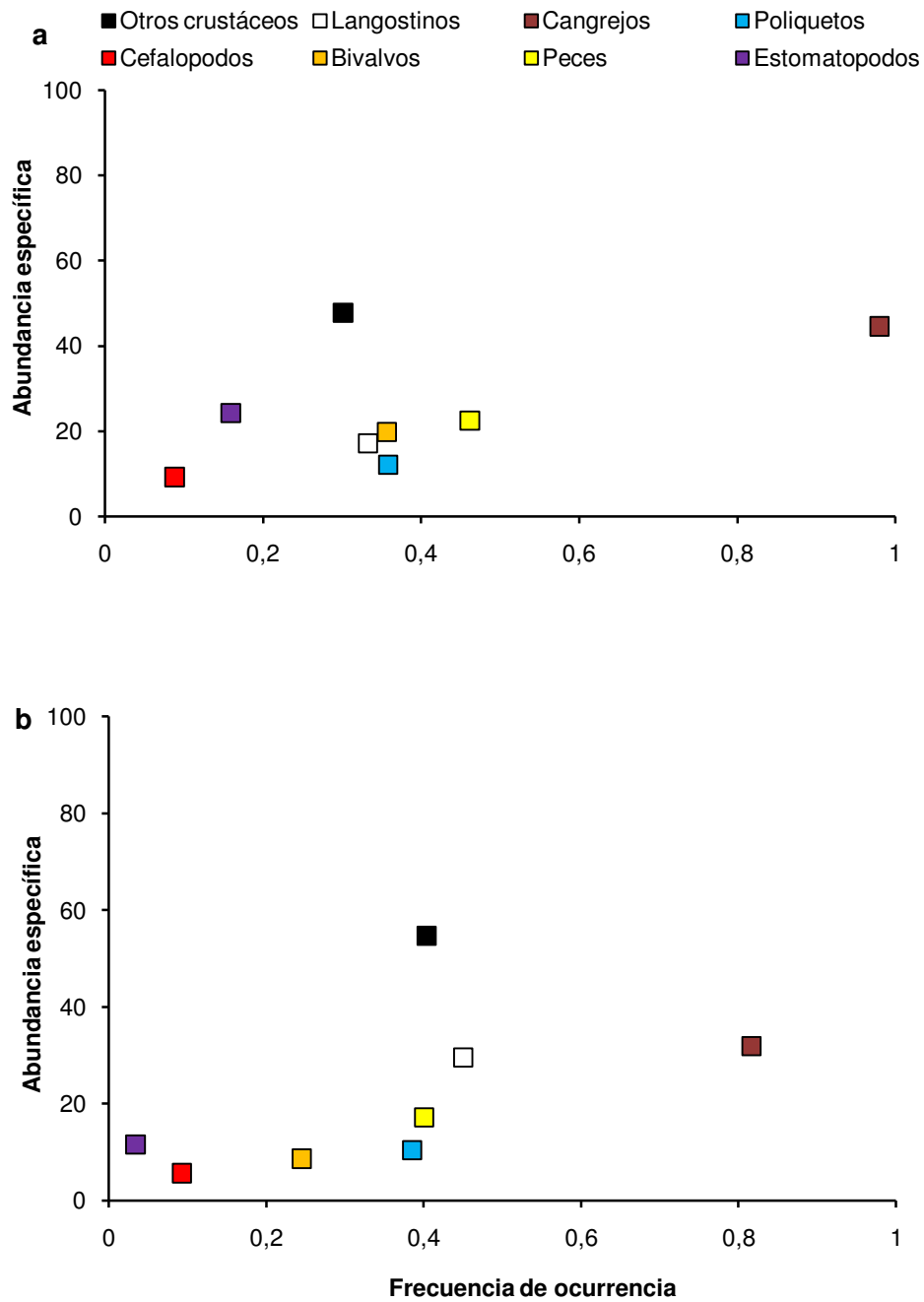
La dieta de las hembras presentó una mayor diversidad que la de los machos. En el caso de las hembras la asíntota se alcanzó en  $H= 2,75$  y en los machos en  $H= 2,66$  (Fig. 5.5 a y b).

Se detectaron diferencias significativas en la composición de la dieta entre los sexos ( $F= 7,81$ ; d.f.= 1; d.f.= 654;  $P < 0,01$ ). Si bien en ambos casos estuvo principalmente compuesta por cangrejos, se observaron diferencias en los aportes de éste y los demás grupos. En las hembras, la frecuencia de ocurrencia de los cangrejos fue del 98%, mientras que en los machos fue del 82%. En ambos casos el grupo de otros crustáceos presentó la mayor abundancia específica, sin embargo, su contribución fue mayor en la dieta de los machos. Teniendo en cuenta la frecuencia de ocurrencia, el segundo grupo en orden de importancia fue el de los peces en las hembras y el de los langostinos en los machos. Los grupos con menores incidencias fueron, en las hembras, el de los cefalópodos y, en los machos, el de los estomatópodos (Fig. 5.6 a y b).

En las hembras el NT se estimó en 3,61 y en los machos en 3,58, presentando las hembras un leve incremento en el nivel trófico con respecto a los machos. El índice  $B_A$  se estimó en 0,42 en las hembras y en 0,39 en los machos, presentando las hembras una amplitud de nicho levemente mayor.



**Figura 5.5:** Estimación del número mínimo de estómagos necesarios para la descripción de la dieta. **a** hembras y **b** machos. Índice de Shannon-Weiner (H). Línea sólida (—): H promedio; líneas punteadas (- -): desvío estándar.



**Figura 5.6:** Relación entre la abundancia específica de las presas y su frecuencia de ocurrencia. **a:** hembras y **b:** machos. El grupo “otros crustáceos” se encuentra integrado por mysicidos, lofogátridos, cumáceos, isópodos, anfípodos.

### Variaciones ontogenéticas

En ambos sexos se observaron variaciones en la composición de la dieta en relación al largo total de los individuos muestreados (Fig. 5.7 a y b). Para este análisis se utilizaron un total de 698 estómagos en las hembras y 324 en los machos.

En ambos sexos el grupo de los cangrejos fue un componente importante de la dieta todo a lo largo de la ontogenia. Se observó, además, con el incremento de la talla una disminución en la contribución del grupo de otros crustáceos y un aumento en la contribución de los peces.

En ambos gráficos se diferenciaron tres grupos dietarios. Hasta los 480 mm LT la dieta se encontró principalmente compuesta por el grupo otros crustáceos y el grupo de los cangrejos fue el segundo en orden de importancia. A partir de los 480 mm LT se registró un intervalo de tallas, variable de acuerdo al sexo, que podría ser considerado una composición dietaria de transición. En este rango se registraron aportes importantes de los grupos de presas característicos de los ejemplares pequeños (< 480 mm LT) y de los grandes (> 580 mm LT en las hembras y > 540 mm LT en los machos).

En las hembras, el rango de transición se registró entre los 481 y 580 mm LT. En este intervalo la dieta pasó a componerse principalmente por los cangrejos, pero la contribución del grupo de otros crustáceos siguió siendo importante. Se registró además un incremento en la contribución del grupo de los peces, pero la contribución de los cefalópodos siguió siendo prácticamente nula.

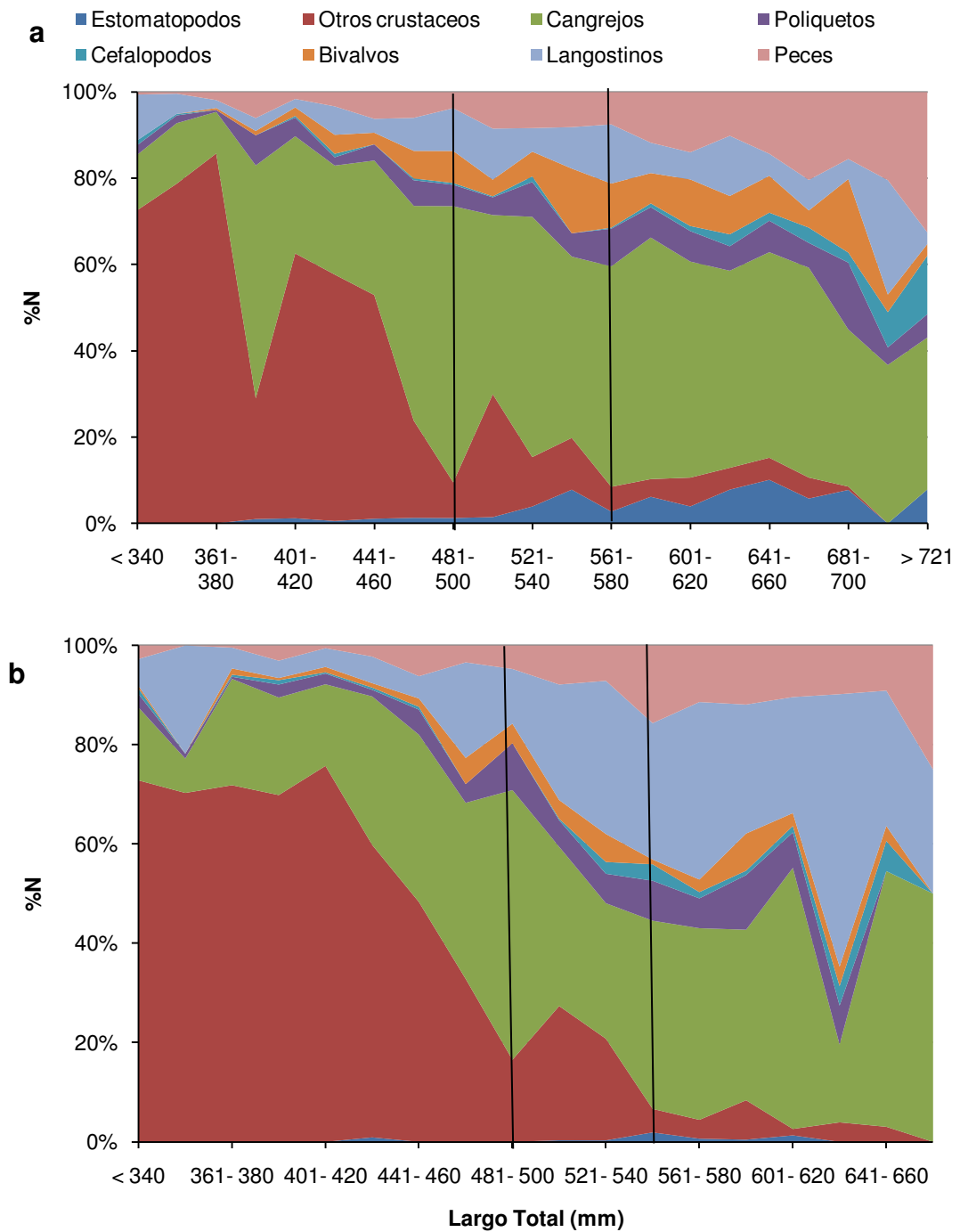
A partir de los 580 mm LT se observó un cambio en la composición de la dieta. Los cangrejos fueron el grupo preponderante y se incrementaron las contribuciones de los peces y los cefalópodos. El grupo de otros crustáceos, por el contrario, disminuyó marcadamente hasta desaparecer de la dieta a tallas mayores a los 700 mm (Fig. 5.7a).



En los machos el rango de transición se registró entre los 481 y 540 mm LT. En este intervalo los cangrejos y los langostinos pasaron a ser los grupos preponderante en la dieta, pero la contribución del grupo de otros crustáceos siguió siendo elevada.

A partir de los 541 mm LT los cangrejos y los langostinos siguieron siendo los grupos preponderantes, se incrementaron los aportes de los peces y los cefalópodos y disminuyó marcadamente el aporte del grupo de otros crustáceos (Fig. 5.7b).

La comparación de ambos gráficos mostró que en los machos los aportes de los grupos de otros crustáceos y langostinos fueron mayores que en las hembras. A su vez, en los machos el aporte de los estomatópodos fue casi nulo. En las hembras, por el contrario, se destacaron el mayor aporte de los peces y los cefalópodos.

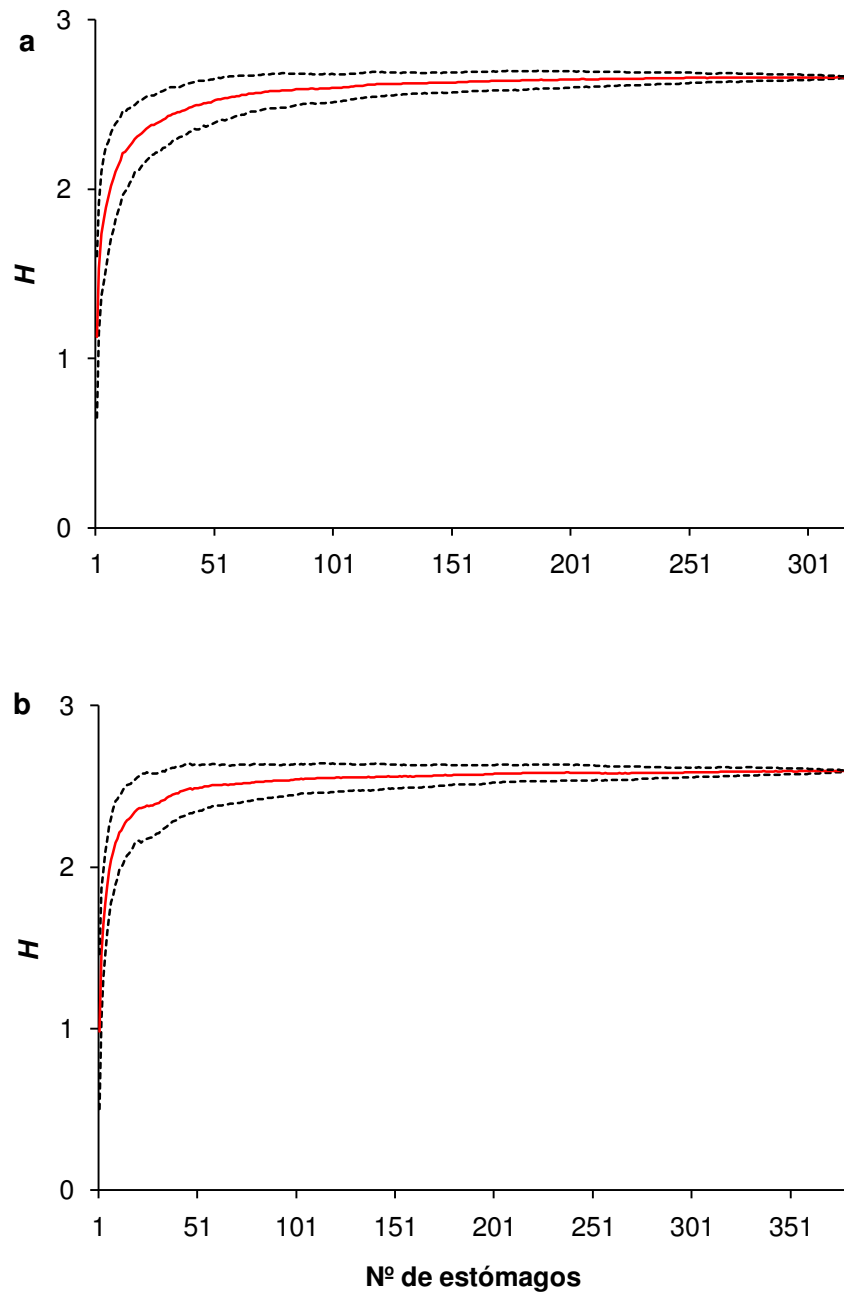


**Figura 5.7:** Porcentaje en número de la contribución de los grupos de presas en los estómagos muestreados por intervalo de talla de 20 mm de largo total. **a:** hembras y **b:** machos. El grupo “otros crustáceos” se encuentra integrado por mysicidos, lofogátridos, cumáceos, isópodos, anfípodos. Las líneas negras representan los rangos de tallas analizadas.

En las hembras la probabilidad de diferencias en la composición de la dieta en relación a la ontogenia se evaluó dividiendo a los ejemplares de acuerdo con lo observado en la Fig. 5.7 a. Se conformaron dos grupos, el de las “rayas pequeñas” (LT menor e igual a 580 mm; n= 322) y el de las “rayas grandes” (LT mayor a 580 mm; n= 389)

El número mínimo de estómagos necesarios para describir la dieta se estimó en 199 y en 242, para las hembras pequeñas y las grandes respectivamente (Fig. 5.8 a y b). El porcentaje de estómagos vacíos fue de 1,1% (n= 4) y de 2,3% (n= 9), en las hembras pequeñas y las grandes respectivamente.

Ambos grupos presentaron diferencias significativas en sus dietas ( $F= 20,21$ ; d.f.= 1; d.f.= 634;  $P < 0,001$ ), avalando las interpretaciones realizadas sobre la figura 5.7a. El índice  $B_A$  se estimó en 0,34 y en 0,39, presentando las hembras pequeñas la menor amplitud de nicho. El NT fue similar en ambos grupos de tallas, estimándose en 3,58 en las hembras pequeñas y 3,60 en las hembras grandes.

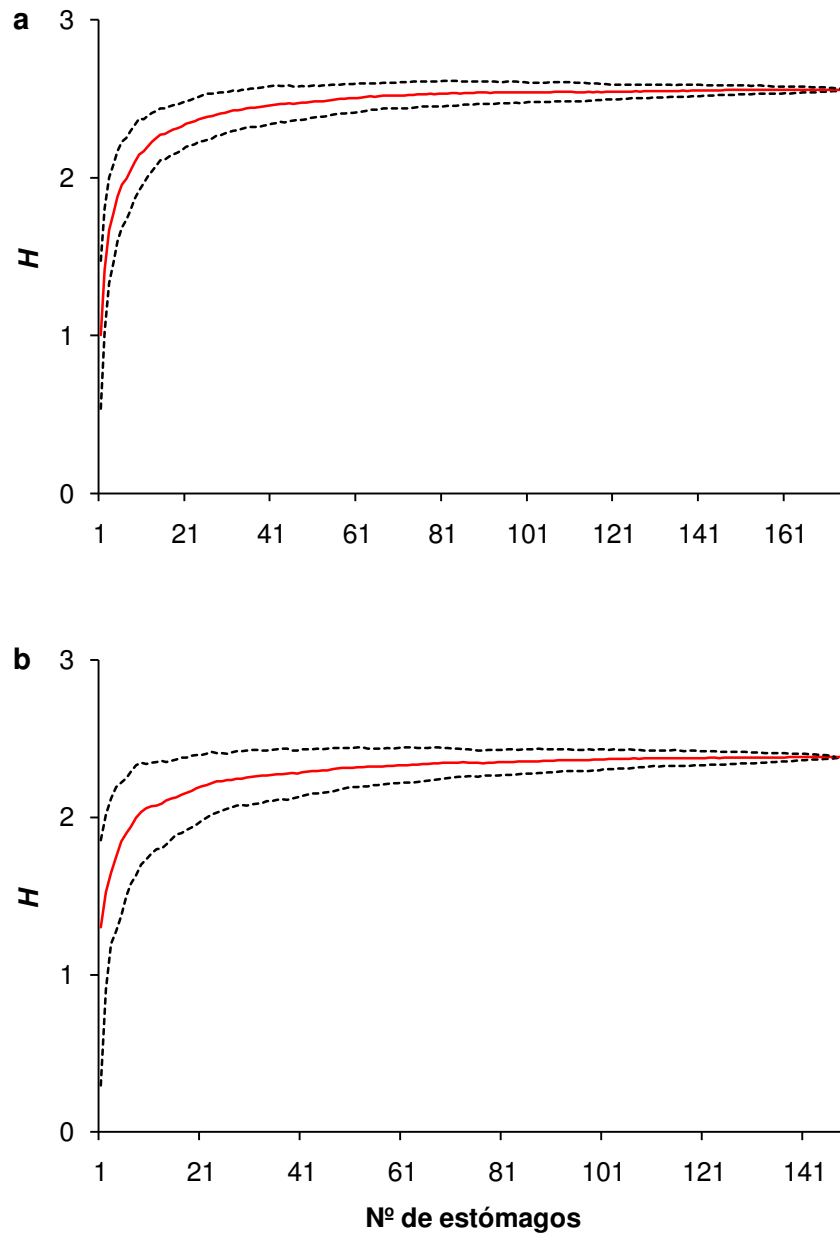


**Figura 5.8:** Estimación del número mínimo de estómagos necesarios para la descripción de la dieta. **a** hembras pequeñas menores e iguales a 580 mm LT y **b** hembras grandes > 580 mm. Índice de Shannon-Weiner (H). Línea sólida (—): H promedio, líneas punteadas (- -): desvío estándar.

En los machos la probabilidad de diferencias significativas en la composición de la dieta se evaluó considerando a los ejemplares con tallas menores o iguales a 540 mm como “pequeños” (n= 177) y los mayores como “grandes” (n= 154) de acuerdo con lo observado en la figura 5.7 b.

El número mínimo de muestras necesarias para describir la dieta de cada grupo se estimó en 121 y 110 estómagos, para los machos chicos y los grandes respectivamente (Fig. 5.9 a y b). El porcentaje de estómagos vacíos fue de 1,1 (n= 2) y 3,2% (n= 5), en los machos pequeños y los grandes respectivamente.

La composición de la dieta de ambos grupos fue significativamente diferente ( $F= 15,23$ ; d.f.= 1; d.f.= 296;  $P < 0,001$ ), avalando las interpretaciones realizadas a partir de la figura 5.7 b. El índice  $B_A$  se estimó en 0,31 para los machos pequeños y 0,45 para los grandes, presentando este último grupo mayor amplitud de nicho. El NT de ambos grupos fue similar, estimándose en 3,59 y 3,60, en los machos chicos y los grandes respectivamente.



**Figura 5.9:** Estimación del número mínimo de estómagos necesarios para la descripción de la dieta. **a** Machos chicos tallas menores e iguales a 540 mm y **b** machos grandes > 540 mm. Índice de Shannon-Weiner (H). Línea sólida (—): H promedio, líneas punteadas (- -): desvío estándar.

### Variaciones estacionales

En el grupo de las hembras grandes las muestras fueron suficientes para evaluar la probabilidad de diferencias entre estaciones. El tamaño mínimo de muestras necesarias en cada período se estimó en 96, 98 y 88 estómagos para el período I, II y III respectivamente. Se detectaron diferencias significativas entre las estaciones analizadas ( $F= 7,94$ ; d.f.= 2; d.f.= 294;  $P < 0,001$ ). Los test de comparaciones múltiples indicaron variaciones significativas en la dieta entre los tres períodos (Tabla 5.4).

La comparación cualitativa de la dieta entre períodos mostró de marzo a febrero un aumento en la contribución de los cangrejos y los cefalópodos y una disminución en la contribución de los estomatópodos, los bivalvos, otros crustáceos y los langostinos (Tabla 5.4).

En el período I se analizaron 135 muestras. Los cangrejos, los peces y los estomatópodos fueron los grupos de mayor importancia en la dieta, mientras que los cefalópodos el grupo con la menor contribución.

En el período II se analizaron 144 muestras. En comparación con el período anterior, durante este período la contribución de los peces, los cefalópodos y los cangrejos fue mayor. Por otro lado, disminuyó la contribución de los estomatópodos, otros crustáceos y los bivalvos.

En el período III se analizaron 99 muestras. En este período el grupo que presentó la mayor contribución fue el de los cangrejos, ubicándose como el grupo dominante. En comparación con el período anterior, la contribución de los poliquetos y los peces disminuyó. El aporte de los estomatópodos y otros crustáceos se mantuvo aproximadamente constante (Tabla 5.5).

**Tabla 5.4:** Resultados de los test de t de comparaciones múltiples entre períodos analizados.

Las diferencias son consideradas significativas cuando  $P < 0,05$ .

Período	t	d.f	P
<b>I vs II</b>	2,56	196	0,001
<b>I vs III</b>	3,03	196	0,001
<b>II vs III</b>	2,81	196	0,001

**Tabla 5.5:** Composición de la dieta en los tres períodos analizados. **F:** frecuencia de ocurrencia y **Pi:** abundancia específica. En negrita se destacan los grupos que presentaron las mayores variaciones.

Grupo	Período					
	I (Marzo-Junio)		II (Julio- Octubre)		III (Noviembre-Febrero)	
	F	Pi	F	Pi	F	Pi
Estomatópodos	<b>0,30</b>	<b>37,33</b>	0,12	13,57	0,15	15,38
Otros crustáceos	<b>0,27</b>	<b>23,68</b>	0,12	17,65	0,10	11,05
Cangrejos	<b>0,81</b>	<b>40,86</b>	<b>0,82</b>	<b>47,18</b>	<b>0,85</b>	<b>73,08</b>
Poliquetos	0,36	17,46	0,31	21,96	0,23	11,67
Cefalópodos	0,09	10,92	<b>0,14</b>	<b>18,24</b>	<b>0,15</b>	<b>29,69</b>
Bivalvos	<b>0,42</b>	<b>24,87</b>	0,39	18,24	0,19	19,64
Langostinos	<b>0,33</b>	<b>27,07</b>	0,26	22,96	0,22	14,68
Peces	<b>0,47</b>	<b>22,27</b>	<b>0,64</b>	<b>30,75</b>	<b>0,36</b>	<b>24,89</b>



## Discusión

El presente estudio constituye la primera aproximación a la descripción de la dieta de *S. bonapartii* en el GSM. En la dieta de *S. bonapartii* se registraron más de 80 ítems pertenecientes a diferentes grupos zoológicos. Sin embargo, debido a la predominancia de los crustáceos ésta se caracterizó como carcinófaga.

Las especies carcinófagas son, generalmente, consideradas como consumidores continuos debido a los bajos índices de vacuidad que presentan (Ellis et al., 1996; Wetherbee & Cortés, 2004). En este estudio se registró una alta proporción de estómagos con alimento (> 90%), coincidiendo con los estudios previos (Barrera Oro & Maranta, 1996; Paesch, 2000; Barbini, 2010). A su vez, las presas se presentaron, generalmente, en diferentes estadios de digestión. El tipo dieta de *S. bonapartii*, la presencia de presas en diferentes estadios de digestión y el bajo índice de vacuidad avalan la hipótesis de que la especie es un consumidor continuo.

La predominancia de los crustáceos en la dieta de *S. bonapartii* es coincidente con los estudios previos (Barrera Oro & Maranta, 1996; Sánchez & Prenske, 1996; Paesch, 2000; Barbini, 2010). Estos trabajos registran, además, a los peces dentro de los grupos con mayores contribuciones (Barrera Oro & Maranta, 1996; Paesch, 2000; Barbini, 2010), exceptuando en el Golfo San Jorge donde los múnidos y los estomatópodos son las principales presas y los peces sólo figuran entre los ítems principales en los ejemplares de tallas mayores (>40 cm de largo de disco; Sánchez & Prenske, 1996). Esto sugiere que, pese a detectarse un patrón consistente entre estudios, la dieta de *S. bonapartii* presenta variaciones entre localidades, probablemente debidas a la disponibilidad de las presas en cada ambiente.

A nivel específico los estudios de dieta de *S. bonapartii* presentan diferencias en las especies predominantes. Por ejemplo, en el presente estudio *Peltarion spinosulum* fue el

cangrejo y *Engraulis anchoita* y *Merluccius hubbsi* los peces predominantes en la dieta. En la ZCPAU, la presa principal fue *Libidoclea granaria*, siendo menor la contribución de *Peltarion spinosulum*. Entre los peces, *Raneya fluminensis* presentó la mayor contribución seguida por *Merluccius hubbsi*, y no se documentó la presencia de *Engraulis anchoita* (Paesch, 2000). Barbini (2010), en cambio, cita para el litoral bonaerense al cangrejo *Cryptograpsus affinis* como la presa más importante en número y frecuencia de ocurrencia y a *Peltarion spinosulum* y *Libinia spinosa* como los decápodos con mayor contribución en peso. En cuanto a los peces, la mayor contribución fue de *Mullus argentinae* seguido por *Engraulis anchoita*, sin registro de *Merluccius hubbsi* (Barbini, 2010). Al igual que lo observado a nivel de grupos de presas, estas variaciones a nivel específico parecen responder a la disponibilidad de presas de cada ambiente.

Desde el punto de vista ecológico, *S. bonapartii* se consideró como una especie de hábitos bentónica. Esto se debe a que la mayoría de las presas identificadas en la dieta fueron especies bentónicas epifaunales (cangrejos, anfípodos, cumáceos, isópodos, estomatópodos, pulpo).

Otros grupos que contribuyeron a la dieta fueron las especies de hábitos demersales y pelágicos (calamares, peces, eufáusidos). Entre éstas se destacaron por su contribución *Merluccius hubbsi* y *Engraulis anchoita*. Sin embargo, en *S. bonapartii* la presencia de especies de hábitos demersales y pelágicos podría asociarse a las migraciones verticales que realizan estas presas. Esto le permitiría a *S. bonapartii* capturarlas cuando se encuentran cercanas al fondo al igual que lo postulado para otras especies de rajoideos bentónicos (Smale, 1996; Orlov, 2003; Bizzarro et al., 2007; Treloar et al., 2007; Barbini, 2010).

Otro grupo de presas de importancia fueron los bivalvos. El consumo de los bivalvos se documentó previamente en *S. bonapartii* (Paesch, 2000; Barbini, 2010). Particularmente en el presente estudio se registró una alta frecuencia de ocurrencia de los bivalvos de valvas blandas. Esto podría estar relacionado con algún tipo de capacidad de extraerlos de los fondos blandos (Barbini, 2010), con la disponibilidad de este tipo de presas en el ambiente y la posibilidad de digerirlos pese a carecer, al igual que el resto de las especies de la familia Rajidae, de un aparato bucal del tipo triturador adaptado al consumo de los bivalvos (McEachran, 1977).

Otras especies de la familia Rajidae también presentan una alta incidencia de los bivalvos en su dieta (McEachran et al., 1976). Particularmente, *Raja ocellata* se alimenta, al igual que *S. bonapartii*, de bivalvos del género *Solemya* sp. y la frecuencia de ocurrencia de los bivalvos en su dieta es también elevada alcanzando el 40% (McEachran et al., 1976). Por el contrario, Ebert et al. (1991) analizando la dieta de 14 especies de rayas en el ecosistema de Benguela (Sudáfrica) no encuentran a los bivalvos entre las presas, mientras que éstos sí figuran en la dieta de otros condriictios. Esto sugiere que si bien los bivalvos figuran como presas no importantes para las especies de la familia Rajidae como grupo (Ebert & Bizzarro, 2007; Bizzarro et al., 2007), se registran casos específicos en los cuales los aportes de los bivalvos, particularmente los de fácil digestión, son significativos.

Según la estimación del NT, *S. bonapartii* se clasificaría como un consumidor secundario, concordando con lo estimado para otras especies de la familia que alcanzan portes similares y cuyas presas principales son los crustáceos (Ebert & Bizzarro, 2007).

Utilizando la clasificación de grupos funcionales propuesta por Ebert y Bizzarro (2007) y sobre la base de sus niveles tróficos, los rajoideos presentes en el Mar Argentino podrían ser divididos en cuatro grupos.

El primero estaría constituido por las especies que se alimentan principalmente de los poliquetos, *Bathyrāja albomaculata* y *B. macloviana* (Sánchez & Mabragaña, 2002; Brickle et al., 2003; Mabragaña et al., 2005; Scenna et al., 2006; Ruocco et al., 2009).

El segundo grupo estaría conformado por las especies cuya principal presa son los anfípodos, *Bathyrāja griseocauda* y *Psammobatis extenta* (Brickle et al., 2003; Braccini & Pérez, 2005; Mabragaña, 2007; Barbini, 2010).

Un tercer grupo, en el cual se incluiría a *S. bonapartii*, se encontraría compuesto por las especies que se alimentan principalmente de crustáceos decápodos. Este grupo sería el más numeroso y se dividiría entre las especies que se alimentan principalmente de los cangrejos como *S. bonapartii*, *Psammobatis bergi* y *P. normani* y las que se alimentan principalmente de los camarones y los langostinos como *Atlantoraja platana*, *A. cyclophora*, *Sympterygia acuta*, *Rioraja agassizii*, *Psammobatis lentiginosa* y *Psammobatis rudis* (Barrera Oro & Maranta, 1996; Sánchez & Prenske, 1996; Paesch, 2000; Sánchez & Mabragaña, 2002; San Martín et al., 2007; Mabragaña & Giberto, 2007; Mabragaña, 2007; Barbini, 2010; Barbini & Lucífora, 2010; Coller, 2012).

El cuarto grupo estaría constituido por las especies que se alimentan principalmente de peces, consideradas predadores tope, con niveles tróficos mayores a cuatro. Las especies que conforman este grupo son las que presentan mayores tamaños corporales. Estos tamaños, > 100 cm LT, les permitirían una mayor capacidad natatoria aprovechando la columna de agua para su alimentación. En este grupo se ubicarían *Dipturus chilensis*, *D. trachyderma*, *Bathyrāja magellanica*, *B. brachyurops* y *Atlantoraja castelnaui* (Sánchez & Prenske, 1996; Lucifora et al., 2000; Paesch, 2000; Koen Alonso et al., 2001; Sánchez & Mabragaña, 2002; Brickle et al., 2003; Bellegia et al., 2008; Barbini et al., 2010; Barbini & Lucifora, 2011).

## Variaciones en la dieta

En el presente estudio la dieta de *S. bonapartii* presentó variaciones sexuales, ontogenéticas y estacionales. Estas variaciones podrían deberse a factores extrínsecos e intrínsecos que podrían actuar de manera combinada (Di Giácomo & Perier, 1996). Los factores extrínsecos incluirían las variaciones en la abundancia y la disponibilidad de las presas. Los factores intrínsecos, en cambio, se relacionan con los depredadores y ellos incluirían: los cambios morfológicos ontogenéticos; las diferencias comportamentales; y las diferencias en los requerimientos energéticos ligados a la reproducción (Di Giácomo & Perier, 1996).

Las variaciones en la dieta de los machos y las hembras detectadas en el presente estudio podrían deberse a la disponibilidad diferencial de presas entre ambientes en los que se encuentran los sexos. A su vez, los mayores requerimientos energéticos de las hembras ligados a la reproducción también podrían reflejarse en diferencias en la alimentación. En concordancia con esta hipótesis, las mayores diferencias entre dietas se observaron en las tallas mayores, en las cuales predominaron los ejemplares adultos. Sin embargo, no es posible detectar un patrón consistente para *S. bonapartii* entre estudios. Por lo cual las diferencias observadas parecerían estar más relacionadas a un efecto de la disponibilidad ambiental de presas que a necesidades fisiológicas. De todos modos, nuevas investigaciones sobre el tema serían necesarias para evaluar cada una de las hipótesis.

Además de las variaciones entre los sexos, se detectaron variaciones a lo largo de la ontogenia. Este tipo de variaciones fue ampliamente documentado en los peces en general, en los rajoideos y en *S. bonapartii* en particular (Holden & Turcker, 1974; Barrera Oro & Maranta, 1996; Sanchez & Prenske, 1996; Paesch, 2000; Wetherbee & Cortés, 2004; Barbini, 2010; Heithaus et al., 2010). El patrón general observado en el

presente estudio de una disminución en el consumo de los crustáceos pequeños, y un aumento en la contribución de los crustáceos de tamaños mayores, los peces y los cefalópodos, concuerda con lo observado en estudios anteriores para *S. bonapartii* (Barrera Oro & Maranta, 1996; Sanchez & Prenske, 1996; Paesch, 2000; Barbini, 2010). También se observa este patrón para las rayas en general, con numerosos estudios que documentan un aumento en el consumo de peces y la incorporación de presas de mayores tallas con el aumento de la talla del depredador (e.g. Steven, 1932; Holden & Tucker, 1974; Ajayi, 1982; Brickle et al., 2003; Orlov, 2003; Braccini & Perez, 2005; Bizzarro et al., 2007).

De acuerdo con las hipótesis planteadas, a medida que los depredadores alcanzan tallas mayores aumentaría su capacidad natatoria permitiéndoles ampliar su nicho alimentario y/u optimizar su habilidad en la captura de las presas (Holden & Tucker, 1974; Ellis et al., 1996; Braccini & Pérez, 2005; Treolar et al., 2007; Costa, 2009; Brown et al., 2011). Además, con el aumento del tamaño corporal, se observa, en general, un aumento en la apertura bucal, lo que permite la incorporación de presas de tamaño mayor (Ellis et al., 1996; Braccini & Pérez, 2005; Treolar et al., 2007; Brown et al., 2011). Estas hipótesis podrían explicar el aumento en la contribución de las presas con mayor capacidad de escape, como los peces y los cefalópodos; el aumento en la amplitud de nicho con la talla registrado principalmente en los machos y la correlación positiva entre el tamaño de las presas y el tamaño de las rayas que se observaron en el presente estudio.

En *S. bonapartii* los cambios en la dieta podrían, además, relacionarse con la reproducción. En ambos sexos las tallas que definieron los grupos con diferencias significativas en las dietas coincidieron, aproximadamente, con las tallas estimadas de LT50%, sugiriendo una probable relación entre los gastos energéticos de la

reproducción y el incremento en el consumo de las presas con mayores aportes energéticos.

Las variaciones estacionales observadas en la dieta de *S. bonapartii* podrían deberse principalmente a tres factores.

El primero sería la variación a lo largo del año en la abundancia y disponibilidad de las presas como lo reportado para el pez gallo y la raya *Psammobatis bergi* (Di Giacomo & Perier, 1996; San Martín et al., 2007).

El segundo factor se debería a los sesgos debido a la procedencia de las muestras, que, en su mayoría, se obtuvieron de la pesca comercial. Los sitios de pesca seleccionados por la flota presentan variaciones a lo largo del año de acuerdo con la distribución de la especie blanco, ya sea savorín o merluza, y el establecimiento de la veda (Ocampo, 2010). En consecuencia las diferencias estacionales observadas en la dieta, o parte de ellas, podrían deberse a las variaciones en los sitios de pesca.

El tercer factor que podría explicar estas variaciones serían las diferencias en los requerimientos energéticos a lo largo del ciclo reproductivo. El único grupo en el que pudieron ser evaluadas las diferencias estacionales correspondió a hembras de  $LT > 580$  mm. Este conjunto se encontró principalmente conformado por hembras maduras. Durante el período de aumento del índice gonadal y la época de apareamiento y puesta (julio a febrero) se detectó un aumento en el consumo de los peces y los cefalópodos. Esto podría estar relacionado con un mayor requerimiento energético durante la producción y maduración de los oocitos y la puesta.

**Apéndice:** Consideraciones sobre el género *Solemya* en el Golfo San Matías

La familia Solemyidae incluye 2 géneros vivos *Acharax* y *Solemya* con aproximadamente 30 especies descritas (Coan et al., 2000). La presencia de *Solemya* sp. en los contenidos estomacales de *S. bonapartii* en el GSM constituye la primera cita del género en el área de estudio. Una particularidad de las especies de este género es la de vivir en simbiosis con una bacteria quimioautotrófica, alojada en los filamentos branquiales, de la cual depende en diferentes grados (Coan et al., 2000; Stewart & Cavanaugh, 2006). Estos bivalvos presentan estómagos reducidos o incluso carecen de ellos (Coan et al., 2000; Stewart & Cavanaugh, 2006). Las especies del género *Solemya* habitan generalmente entre los 0 y 600 m de profundidad en sedimentos en donde el oxígeno es reducido (Conway et al., 1992; Coan et al., 2000).

En el presente estudio ejemplares de *Solemya* sp. (Fig. 5.10) se identificaron en el contenido estomacal de *S. bonapartii*. El rango de tallas de los bivalvos registrados en los estómagos fue de los 8 a los 42 mm de largo total. Dada su contribución en la dieta y la presencia de ejemplares enteros, con un bajo grado de digestión, se plantea la hipótesis de que este bivalvo habite en el GSM. De acuerdo con las observaciones preliminares esta especie habitaría en la zona central del golfo, donde las profundidades alcanzan los 200 m y predominan los sustratos fangosos.



**Figura 5.10:** Ejemplar de *Solemya* sp. encontrado en el estómago de una hembra madura de *S. bonapartii* de 641 mm LT.



## Capítulo 6: Desembarques de *Sympetrygia bonapartii* y de otros batoideos en la pesquería de arrastre del Golfo San Matías

---

### Introducción

A nivel mundial los desembarques de rayas rondan las 250.000 t anuales (FAO, 2010). Sin embargo esta estimación dista de ser precisa ya que no existe un criterio único en los reportes de desembarques. Mientras que algunos países reportan sus capturas a nivel específico, otros lo hacen a nivel grupal como “tiburones, rayas y quimeras” (Musick & Musick, 2011).

Los rajoideos son capturadas mayoritariamente como fauna acompañante en las pesquerías costeras de aguas templadas (Musick & Musick, 2011). Sólo una fracción menor es capturada como especie blanco (Bonfil, 1994; Field et al., 2009).

Al igual que el resto de los condriictios, estas especies son vulnerables a la sobreexplotación pesquera debido a sus características de historia de vida (Frisk et al., 2005; Frisk, 2010). Como consecuencia de la sobreexplotación se documentaron, en diferentes partes del mundo, casos de extinciones locales, declinaciones en la abundancia de las poblaciones y cambios en las proporciones de las especies (Brander, 1981; Walker & Hislop, 1998; Agnew et al., 2000; Dulvy et al., 2000; Rogers & Ellis, 2000; Figueiredo et al., 2007; McPhie & Campana, 2009).

Argentina se ubica entre los 10 países con mayores desembarques de condriictios (FAO, 2010). Desde el 2001, estos desembarques se encuentran compuestos mayoritariamente por rayas (Sánchez et al., 2011). Hasta 1993 los desembarques de estas especies no superaban las 900 t. A partir del año 1994 aumentaron de manera significativa, alcanzando en el 2007 su máximo histórico con 28.000 t. En los últimos dos años promediaron las 24.000 t (MinAGyP, 2010).

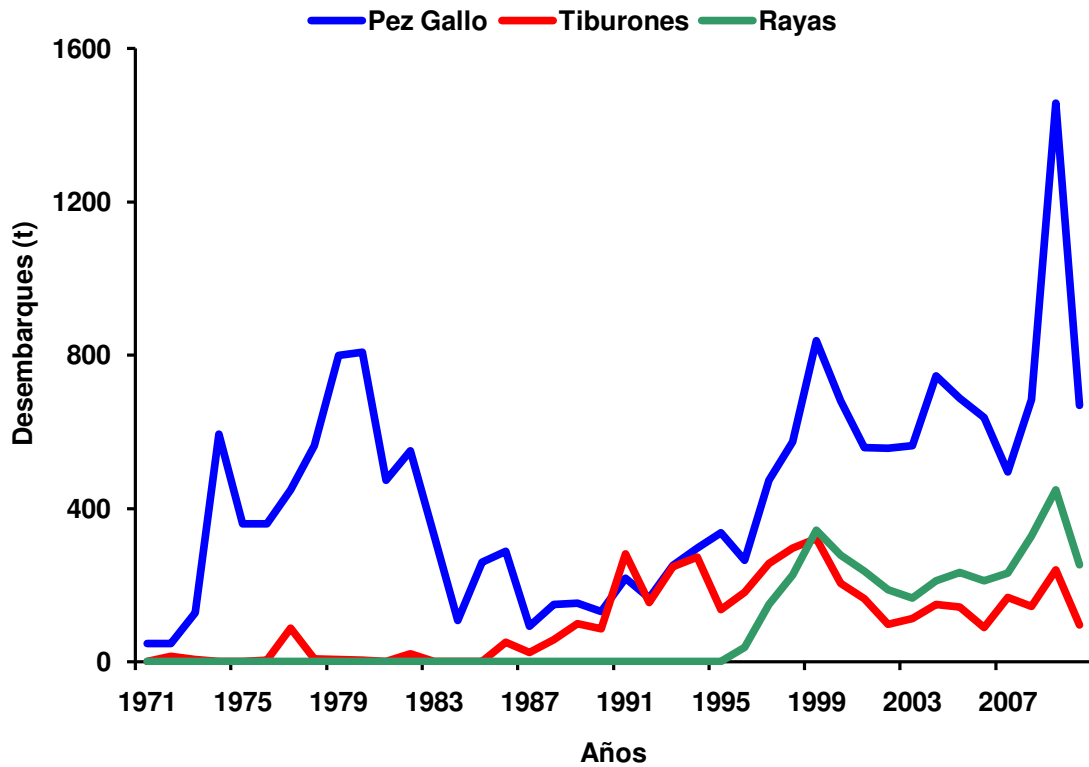
De las 45 especies de rayas registradas en el Mar Argentino, alrededor de 16 componen la fracción comercial (Cousseau et al., 2007; Menni et al., 2007). Las rayas constituyen un recurso importante principalmente en la pesquería multiespecífica definida como “Variado Costero” que se desarrolla en la región costera bonaerense y uruguaya (Sánchez et al., 2011). En las pesquerías dirigidas a *M. hubbsi*, donde forman parte de la fauna acompañante, los aportes de estas especies al total de los desembarques son significativamente menores.

En la pesquería de arrastre de fondo del GSM, estas especies constituyen parte de la fauna acompañante y sus desembarques rondan las 300 t. Al igual que en el resto del país estas especies adquirieron valor comercial durante la década de los 90’, siendo en la actualidad el segundo grupo de condrictios con mayores desembarques (Fig. 6.1).

En esta pesquería los desembarques de las distintas especies de rayas se declaraban de manera conjunta bajo el ítem “Rayas”. Por lo tanto, no se contaba con un registro a nivel específico de la explotación de estas especies.

Si bien, *Sympterygia bonapartii* es una de las más abundantes en los desembarques de las pesquerías de arrastre de fondo del país (Massa et al., 2004; Tamini et al., 2006; Pérez et al., 2011), en la pesquería de arrastre local no se cuenta con una caracterización de sus desembarques.

El objetivo de este capítulo es caracterizar los desembarques de *S. bonapartii* y de otros batoideos. Para ello se propone identificar las especies; analizar sus variaciones estacionales; analizar sus estructuras de tallas; analizar las proporciones de los sexos y de ejemplares inmaduros que componen la fracción comercial de estas especies, en la pesquería de arrastre local.



**Figura 6.1:** Capturas de condriictios discriminada por grupos para el período 1971- 2009 en la pesquería de arrastre del Golfo San Matías.

#### Materiales y Métodos

Este estudio se realizó a partir los muestreos de la fracción comercial de rayas provenientes de la pesquería de arrastre del GSM. Los muestreos fueron realizados mensual o bimensualmente entre abril del 2007 a febrero del 2009 (con excepción de diciembre del 2007 y noviembre 2008) y durante junio, agosto, noviembre y diciembre del 2009. Durante este período, en la flota operaron entre 14 y 16 embarcaciones. El presente trabajo cuenta con muestreos de 11 de esas embarcaciones.

En cada muestreo se seleccionó al azar un mínimo de 10 cajones provenientes de una embarcación. Las especies se identificaron siguiendo la guía de Cousseau et al. (2007).

De acuerdo con su presencia en los muestreos las especies se clasificaron en comunes, si su registro fue mayor al 50%, frecuentes, si su registro fue entre el 20 y 49%, ocasionales, si fue entre el 5 y 19% y raras cuando fue menor al 5%.

Los ejemplares se contabilizaron y se les determinó el sexo. Siempre que fue posible se les registró el largo total (LT) al centímetro inferior, el peso (P) en gramos y se les determinó el estadio de madurez.

Los estadios de madurez se determinaron utilizando una modificación de la escala de madurez propuesta por Stehmann (2002). En los machos se consideraron 2 estadios reproductivos, inmaduros y maduros, de acuerdo al largo y a la rigidez de los claspers. En los ejemplares inmaduros el cláster no superaba el largo de las aletas pélvicas o si lo superaban el mismo se encontraba flexible. En los ejemplares maduros superaba el largo de las aletas pélvicas y se encontraba completamente rígido.

En las hembras se establecieron 3 estadios reproductivos: inmaduras, maduras y maduras con cápsulas. Las hembras inmaduras presentaban ovarios con oocitos indistinguibles o distinguibles pero sin vitelo. Las hembras maduras presentaban el tracto reproductivo completamente desarrollado y los ovarios con oocitos de color amarillo- anaranjado característico de la presencia de vitelo. Las hembras maduras con cápsulas presentaban cápsulas formadas o en formación en sus úteros.

Con la información recolectada se registró, en cada especie, el ejemplar maduro más pequeño. Se estimó, cuando fue posible, la talla a la cual el 50% de la población se encontraba madura ( $LT_{50\%}$ ) mediante el programa de computación FISHPARM (Prager et al., 1987). Se estimaron las relaciones LT- P para cada sexo y se compararon mediante pruebas de t de Student (Zar, 1984). Las curvas se consideraron significativamente diferentes cuando  $P < 0,05$ . En algunas especies para la estimación de las curvas se utilizó información adicional proveniente de las campañas de investigación

pesquera del 2004 al 2007 y del programa de observadores a bordo de las embarcaciones pesqueras de la Provincia de Río Negro.

En el caso de *S. bonapartii* las relaciones TL- P y LT<sub>50%</sub> fueron extraídas del capítulo de biología reproductiva. En *Atlantoraja platana* estas relaciones fueron extraídas de Coller (2012). En estas dos especies, las curvas TL- P y LT<sub>50%</sub> se utilizaron para inferir el peso y los estadios de madurez de los ejemplares presentes en las capturas.

Con los registros obtenidos y las curvas estimadas se analizaron la abundancia relativa de las especies y sus variaciones estacionales y su contribución en peso. La proporción de los sexos y de los ejemplares inmaduros y sus variaciones estacionales se evaluaron mediante pruebas de  $\chi^2$ . Las diferencias se consideraron significativas cuando  $P < 0,05$ .

## Resultados

### Contribución de las especies

Durante el periodo de estudio se realizaron 30 muestreos en las plantas de procesamiento de pescado. En total, se muestrearon 7.057 ejemplares. Nueve especies, todas pertenecientes a la familia Rajidae, compusieron la fracción comercial. La especie *Dipturus* (= *Zearaja*) *chilensis* fue registrada en todos los muestreos. De acuerdo con la clasificación propuesta, esta especie junto a *Sympterygia bonapartii*, *Atlantoraja platana*, *Dipturus trachyderma*, *A. castelnaui* y *A. cyclophora*, fueron consideradas especies comunes en los desembarques. *Rioraja agassizii* fue considerada frecuente, y *Bathyraja brachyurops* y *B. macloviana* como raras (Tabla 6.1).

Las especies más abundantes fueron *S. bonapartii*, *A. platana* y *D. chilensis*, contribuyendo, durante todo el año, con más del 90% de los individuos desembarcados. La contribución relativa de las otras seis especies fue considerablemente menor (Tabla 6.1; Fig. 6.2). En cuanto a las variaciones estacionales *A. platana* fue la especie más

abundante en el otoño y el verano, mientras que *S. bonapartii* lo fue durante el invierno y la primavera (Fig. 6.2).

*Atlantoraja platana* fue la especie con mayor contribución en peso, aportando aproximadamente el 42% al total de la muestra. Esta especie junto a *S. bonapartii* y *D. chilensis* representaron el 90% del peso total de la muestra. La contribución de las otras especies no alcanzó el 5% (Tabla 6.1 y 6.2). Las especies *B. macloviana* y *B. brachyurops* se excluyeron de este análisis debido a que sus pesos no pudieron ser registrados y no se contaba con reportes de las relaciones LT- P (Tabla 6.1 y 6.2).

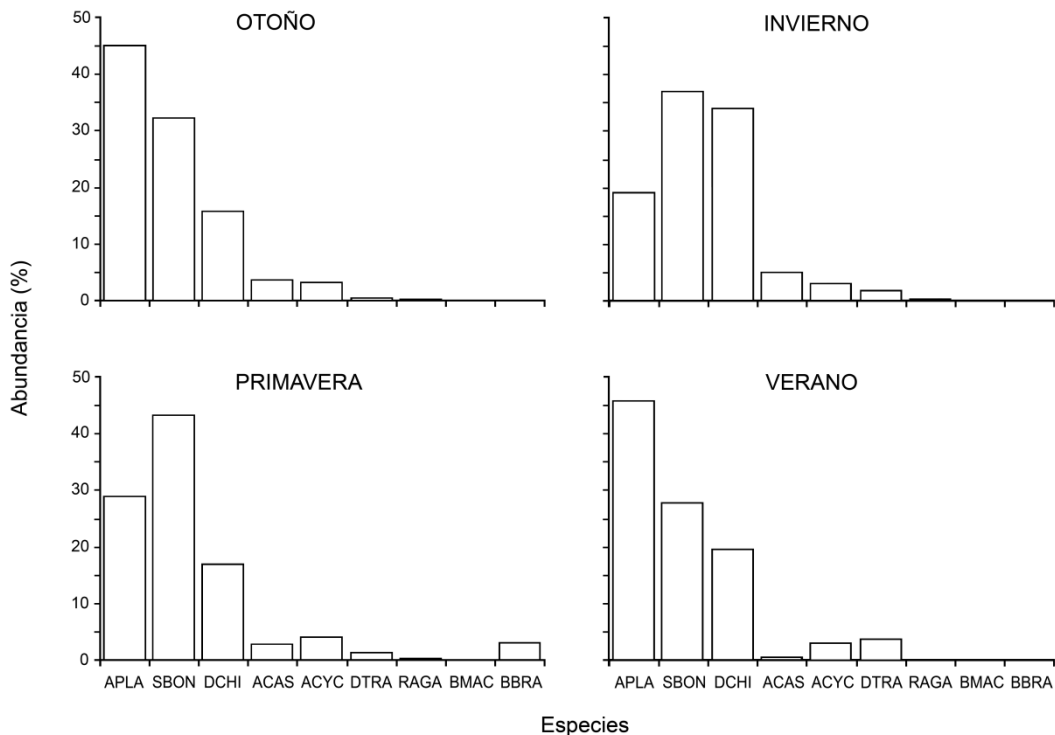
**Tabla 6.1:** Composición y contribución de las rayas presentes en los desembarques. En negrita figuran las especies con mayores aportes.

Especie	Ocurrencia (%)	Abundancia (%)	Peso (%)
<b>Sympterygia bonapartii</b>	<b>97</b>	<b>35,1</b>	<b>26,5</b>
Atlantoraja castelnaui	71	3,2	4,5
Atlantoraja cyclophora	68	3,2	1,8
Atlantoraja platana	<b>97</b>	<b>34,5</b>	<b>41,8</b>
Rioraja agassizii	22	0,2	0,1
Dipturus chilensis	<b>100</b>	<b>21,5</b>	<b>21,3</b>
Dipturus trachyderma	74	1,5	4
Bathyraja brachyurops	3	0,7	-
Bathyraja macloviana	3	0,01	-

**Tabla 6.2:** Relación largo (LT) peso (P) de las especies muestreadas. N representa el número de ejemplares utilizados para estimar las relaciones, y R<sup>2</sup> el coeficiente de ajuste de las curvas. Referencias de los parámetros no estimados: a. Coller 2012; b. Estalles et al. 2009; c. Cedrola et al. 2005.

Especie		Relación LT (cm)- P(g)	n	R <sup>2</sup>
<b>S. bonapartii</b>	♀	<b>P=0,0054 x LT<sup>3,1007</sup></b>	<b>1.036</b>	<b>0,97</b>
	♂	<b>P=0,0082 x LT<sup>2,9577</sup></b>	<b>578</b>	<b>0,97</b>
A. castelnaui	Ambos sexos	P=0,0037 x LT <sup>3,1136</sup>	109	0,99
A. cyclophora	♀	P=0,008 x LT <sup>2,983</sup>	227	0,99
	♂	P=0,012 x LT <sup>2,8531</sup>	139	0,98
A. platana	♀	P=0,013 x LT <sup>2,91</sup> <sub>a</sub>		
	♂	P=0,0222 x LT <sup>2,77</sup> <sub>a</sub>		
R. agassizii	♀	P=0,0003 x LT <sup>3,7016</sup> <sub>b</sub>		
	♂	P=0,0006 x LT <sup>3,5475</sup> <sub>b</sub>		
D. chilensis	♀	P=0,0051 x LT <sup>3,0435</sup>	691	0,98
	♂	P=0,0034 x LT <sup>3,1561</sup>	1.216	0,99
D. trachyderma	♀	P=0,0024 x LT <sup>3,1715</sup> <sub>c</sub>		
	♂	P= 0,0024 x LT <sup>3,1755</sup> <sub>c</sub>		





**Figura 6.2:** Variación estacional de la abundancia relativa de las especies. APLA: Atlantoraja platana; SBON: *Sympterygia bonapartii*; DCHI: *Dipturus chilensis*; ACAS: Atlantoraja castelnaui; ACYC: Atlantoraja cyclophora; DTRA: *Dipturus trachyderma*; RAGA: Rioraja agassizii; BMAC: *Bathyraja macloviana* y BBRA: *Bathyraja brachyurops*.

#### Estructuras de talla, proporciones de sexos y de ejemplares inmaduros

***Sympterygia bonapartii*:** Las hembras dominaron la muestra durante todas las estaciones (Tabla 6.3; Fig. 6.3). El 60% de los individuos presentaron tallas menores a los 60 cm (Fig. 6.4). Los ejemplares inmaduros representaron el 61 y 48%, de los machos y las hembras muestreados respectivamente. La proporción de ejemplares inmaduros sólo superó la de los maduros durante la primavera. En el invierno y el verano los ejemplares maduros fueron más abundantes, mientras que no se encontraron diferencias significativas durante el otoño (Fig. 6.5). Las hembras con cápsulas representaron el 8,9% ( $n=16$ ) de las hembras maduras muestreadas. El rango de tallas abarcado fue de los 60 a 73 cm y se registraron de noviembre a febrero.

**Atlantoraja platana:** Ambos sexos contribuyeron de manera igualitaria al total de la muestra, sin embargo, durante el invierno las hembras fueron más abundantes (Tabla 6.3; Fig. 6.3). Más del 80% de los individuos capturados presentaron tallas menores de 70 cm (Fig. 6.4). Los ejemplares inmaduros dominaron la muestra durante todo el año, representando el 63 y 77% del total de la muestra, en los machos y las hembras respectivamente (Fig. 6.5). La menor proporción de ejemplares inmaduros se registró durante el invierno, mientras que el máximo durante el otoño (Fig. 6.5). El rango de tallas de las hembras con cápsulas abarcó de los 68 a 88 cm, representaron el 62% de las hembras maduras muestreadas (n= 81) y se registraron a lo largo de todo el año con excepción de abril y septiembre.

**Dipturus chilensis:** Los machos dominaron la muestra durante todas las estaciones, salvo en el otoño cuando los sexos estuvieron igualmente representados (Tabla 6.3; Fig. 6.3). Más del 80% de los individuos capturados presentaron tallas menores a los 60 cm (Fig. 6.4). Los ejemplares inmaduros representaron el 88 y 96%, de los machos y las hembras muestreados y dominaron durante todas las estaciones. La menor proporción se registró durante el verano (83%) y la mayor durante el otoño (96%) (Fig. 6.5). Las hembras con cápsulas representaron el 43% de las hembras maduras muestreadas (n= 28), midieron entre 95 y 110 cm y se registraron de enero a marzo y de junio a septiembre.

**Atlantoraja castelnaui:** Ambos sexos estuvieron igualmente representados en el total de la muestra y durante todas las estaciones (Tabla 6.3; Fig. 6.3). El verano fue excluido del análisis debido a que sólo siete ejemplares fueron registrados durante esta estación. Más del 80% de los individuos capturados presentaron tallas menores a los 80 cm (Fig.

6.4). La proporción de los ejemplares inmaduros alcanzó el 88 y 90%, en los machos y las hembras respectivamente. Dominaron en todas las estaciones evaluadas, registrando su menor valor en el otoño (76%) y su máximo durante el invierno (92%). El verano fue excluido del análisis porque no se registró la cantidad suficiente de ejemplares para realizar la prueba estadística (Fig. 6.5). Sólo cuatro hembras con cápsulas de entre 107 y 125 cm se registraron durante los meses de julio, agosto y octubre.

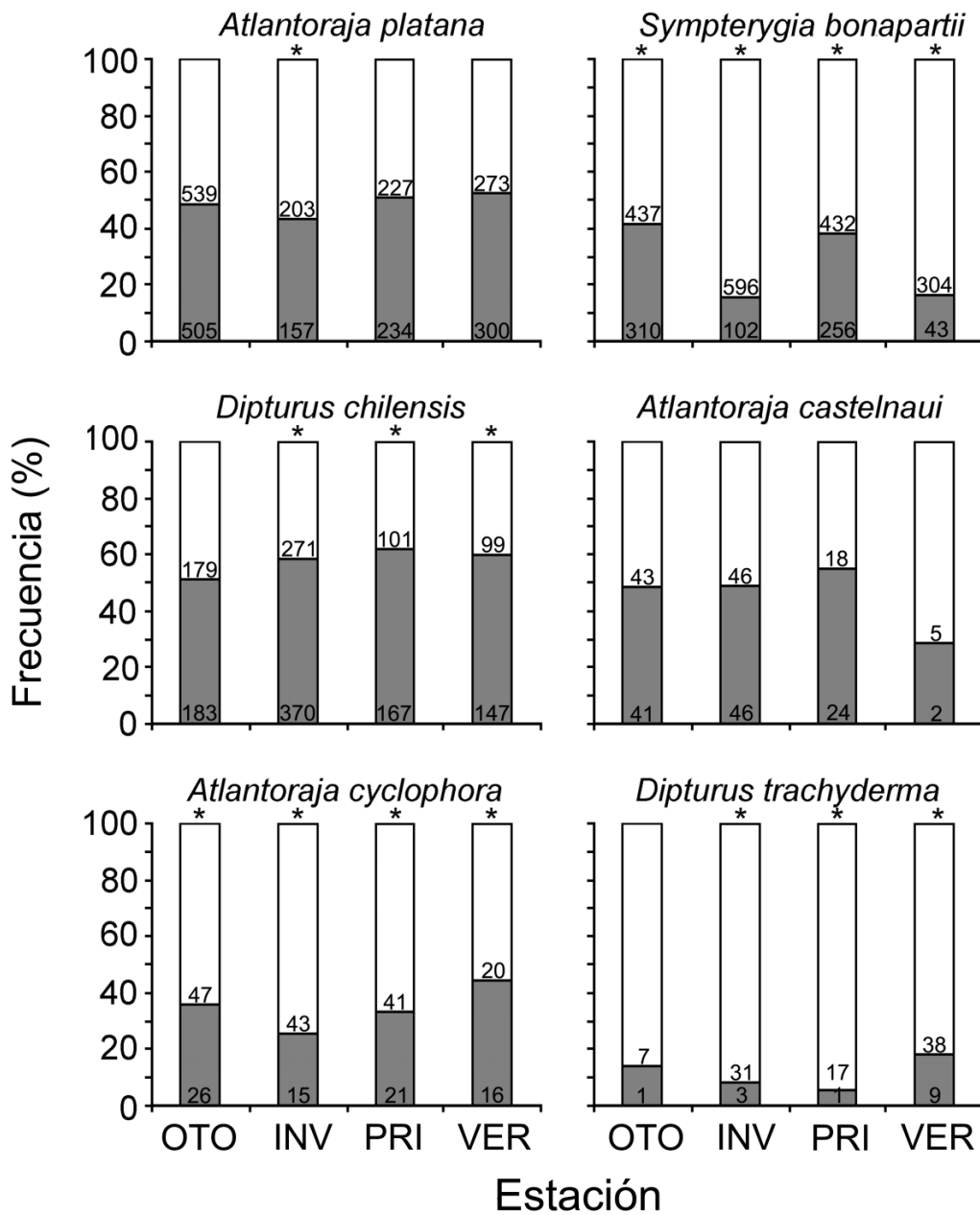
**Atlantoraja cyclophora:** Las hembras dominaron la muestra y durante todas las estaciones exceptuado el verano, estación en la cual los sexos estuvieron equitativamente representados (Tabla 6.3; Fig. 6.3). Más del 80% de los individuos muestreados presentaron tallas menores a los 50 cm (Fig. 6.4). Los ejemplares inmaduros representaron el 73 y 78%, de los machos y las hembras muestreados. Dominaron en todas las estaciones, el menor valor fue registrado durante el otoño (66%) y el máximo durante el invierno (84%) (Fig. 6.5). Sólo una hembra con cápsulas de 62 cm de largo fue encontrada durante diciembre.

**Dipturus trachyderma:** Las hembras dominaron la muestra durante todas las estaciones (Tabla 6.3; Fig. 6.3). El otoño fue excluido del análisis debido a que no se registraron la cantidad necesaria de individuos. El 60% de los ejemplares muestreados fueron menores de 100 cm (Fig. 6.4). Los ejemplares inmaduros representaron el 86 y 33%, de los machos y hembras muestreados. La proporción de ejemplares maduros superó a la de los inmaduros durante el invierno y la primavera (Fig. 6.5). Las hembras con cápsulas representaron el 42% de las hembras maduras (n= 60), midieron entre 90 y 125 cm y se encontraron en enero, marzo, junio a octubre y en diciembre.

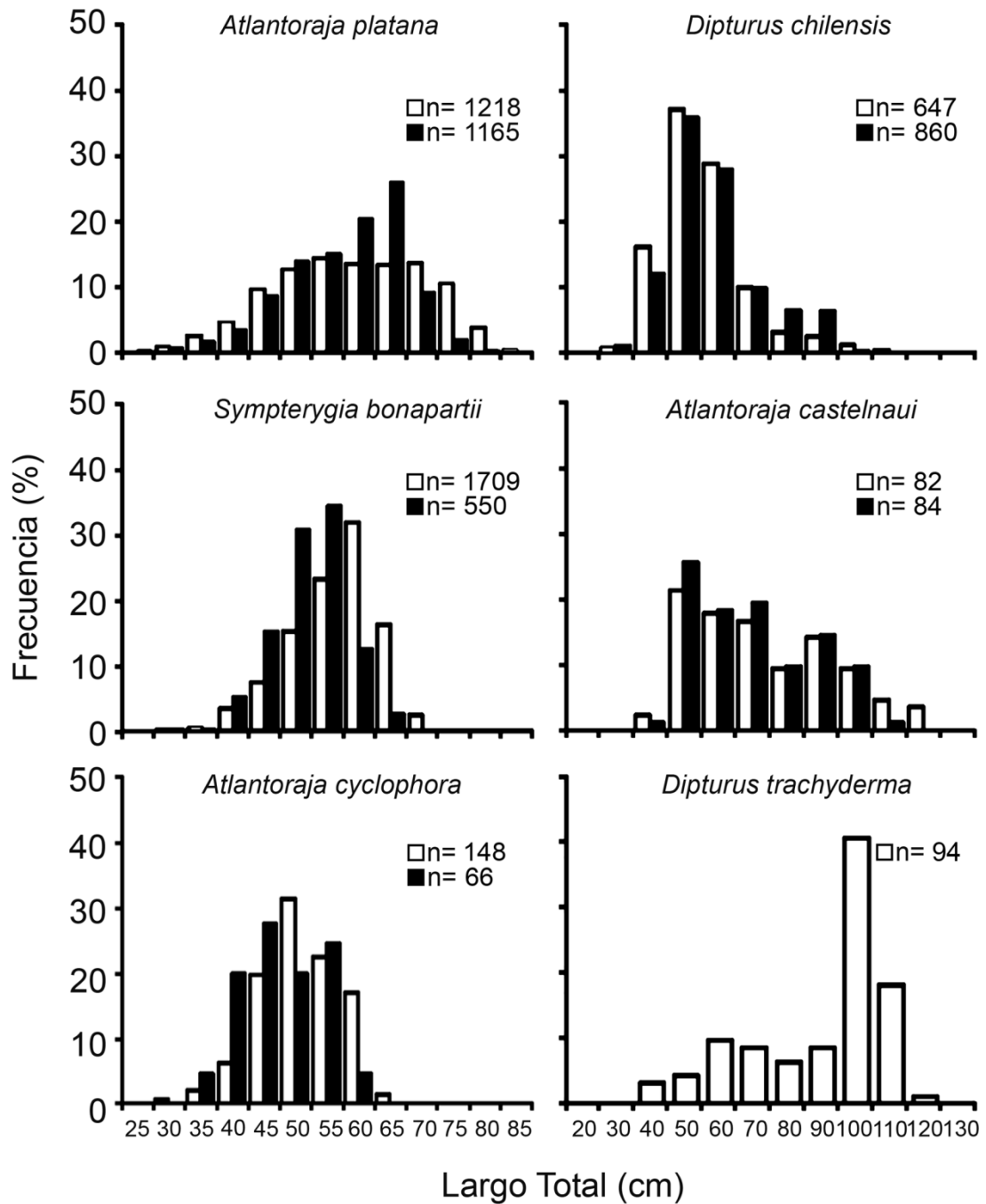
Las especies *B. brachyurops* y *B. macloviana* sólo se registraron durante una ocasión, en noviembre del 2009. En el caso de *B. brachyurops*, los ejemplares inmaduros representaron el 80 y 61%, de los machos y hembras muestreados y se registró una hembra con cápsulas de 77 cm. Para *R. agassizi* el 60% de los ejemplares muestreados fueron inmaduros.

**Tabla 6.3:** Características de especies presentes en los desembarques. N: número de ejemplares muestreados; Proporción de los sexos: ♂:♀, las diferencias significativas se indican con \*; Talla de madurez al 50% (LT<sub>50%</sub>). Referencias de los parámetros no estimados: a. Colonello 2009, b. Coller et al. 2011; c. Estalles et al. 2009.

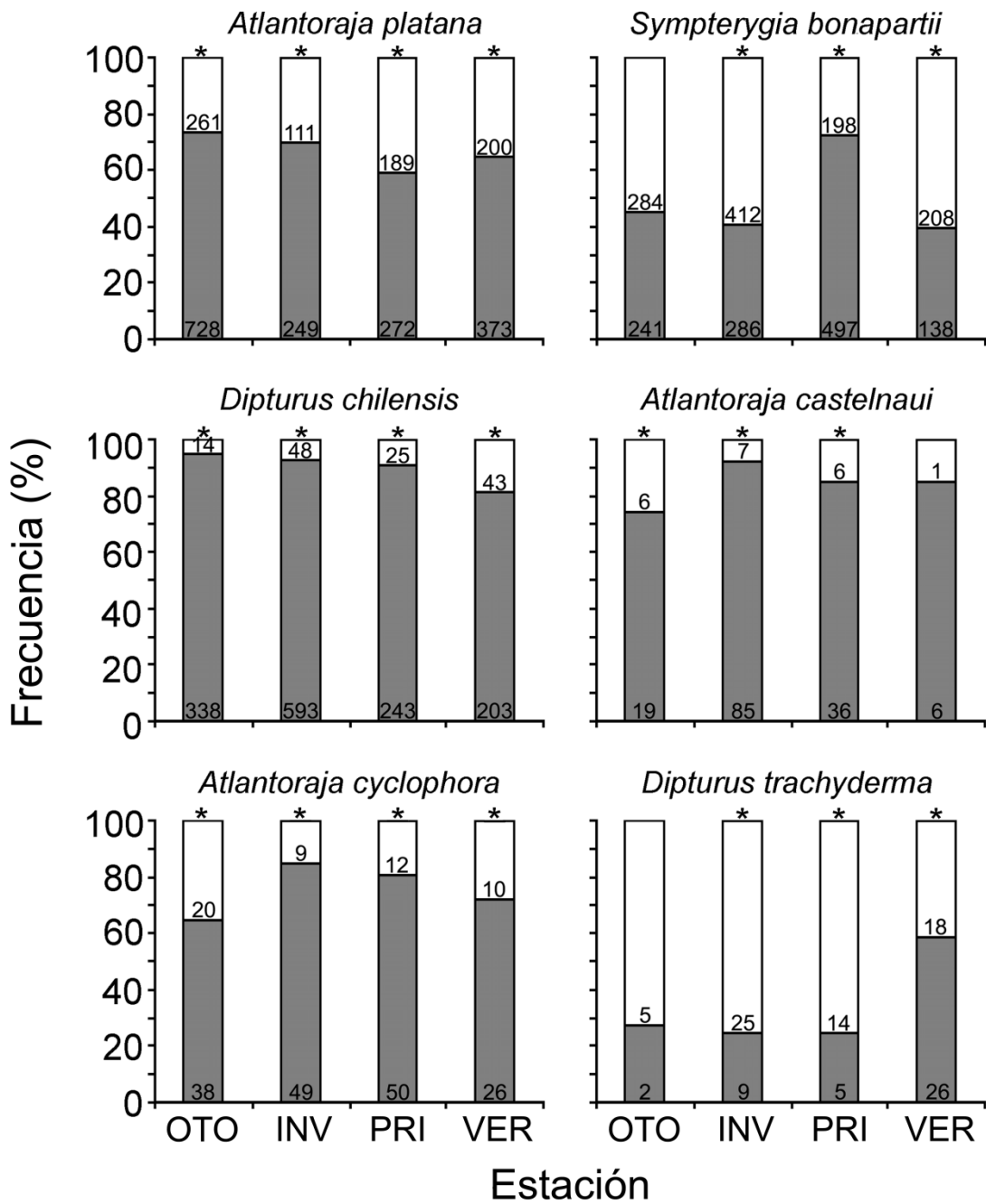
Especie		N	♂:♀	Tallas (cm)	Maduro más pequeño (cm)	LT <sub>50%</sub> (cm)	n	R <sup>2</sup>
A. castelnaui	♀	112	1:1	48- 125	107	109 <sup>a</sup>		
	♂	113		46- 112	93	98 <sup>a</sup>		
A. cyclophora	♀	151	1:2*	34- 69	54	59	299	0,97
	♂	78		36- 62	49	53		
A. platana	♀	1243	1:1	33- 88	66	72 <sup>b</sup>		
	♂	1196		29- 83	54	64 <sup>b</sup>		
R. agassizii	♀	8	-	46- 59	59	57 <sup>c</sup>		
	♂	4		41- 52	55	50,4 <sup>c</sup>		
<b>S. bonapartii</b>	♀	<b>1769</b>	<b>1:2,5*</b>	<b>34- 75</b>	<b>52</b>	<b>59</b>	<b>1268</b>	<b>0,99</b>
	♂	<b>711</b>		<b>32- 69</b>	<b>50</b>	<b>54</b>		
D. chilensis	♀	650	1:0,8*	37- 119	75	93,5	258	0,99
	♂	867		39- 100	74	83		
D. trachyderma	♀	93	1:7*	48- 125	90			
	♂	14		46- 90	83			
B. brachyurops	♀	66	1:2*	51- 77	66			
	♂	16		55- 72	68			
B. macloviana	♀	1		60	-			



**Figura 6.3:** Variación estacional en la proporción de los sexos de las especies. Las diferencias significativas están indicadas por (\*). Barras grises representan los machos, y las blancas las hembras. Dentro de cada barra se indica el número de ejemplares muestreados.



**Figura 6.4:** Distribución de frecuencia de tallas de las principales especies desembarcadas. Las barras negras representan los machos y las blancas las hembras. El número de ejemplares muestreados por sexo para cada especie se indica en la figura.



**Figura 6.5:** Variación estacional en la proporción de ejemplares inmaduros. Las diferencias significativas están indicadas por (\*). Barras grises representan los ejemplares inmaduros, y las blancas los maduros. Dentro de cada barra se indica el número de ejemplares muestreados.



## Discusión

Sólo nueve, de las 19 especies de rayas registradas en el GSM, son de importancia comercial. Entre las especies de importancia comercial *S. bonapartii*, *A. platana* y *D. chilensis* fueron las dominantes representado en número y peso el 90% de los ejemplares desembarcados. Si bien *A. cyclophora*, *A. castelnaui* y *D. trachyderma* también fueron frecuentemente desembarcadas, sus contribuciones fueron notablemente inferiores. En el caso de *B. macloviana* el presente estudio constituyó el primer registro de la especie en el GSM.

Las proporciones de *S. bonapartii*, *A. platana* y *D. chilensis* fueron variables durante las cuatro estaciones. Esto podría estar relacionado tanto las características biológicas de las especies como al desplazamiento de la flota.

Particularmente en el caso de *S. bonapartii*, el mínimo en su abundancia relativa coincidió con su época de puesta, el verano. Variaciones estacionales en la abundancia de esta especie también se reportaron en otras áreas de su distribución geográfica. Por ejemplo, en el Golfo San Jorge sólo se detecta la presencia de la especie en las capturas de la flota dirigida a *Pleoticus mulleri* de febrero a julio (Cedrola et al., 2005).

De acuerdo con Mabragaña et al. (2002), los adultos de *S. bonapartii* realizan migraciones estacionales a aguas poco profundas para la puesta. Durante el verano, la flota del GSM se desplaza en un rango de profundidades promedio que abarca de los 125 a los 135 m en la zona sureste y sur golfo donde se obtienen los mayores rendimientos de merluza (Ocampo, 2010). Si la especie utiliza áreas con profundidades <50 m, en el golfo, para depositar sus cápsulas, estas hembras quedarían mayoritariamente fuera del alcance de la flota pesquera. Esto explicaría la

disminución en la cantidad de ejemplares y la baja proporción de hembras con cápsulas, registrados en los desembarques.

Un resultado interesante es que, en el presente estudio, *Atlantoraja cyclophora*, *Dipturus trachyderma* y *D. chilensis* presentaron tallas de madurez y tallas máximas menores a lo documentado en otras áreas de sus distribuciones geográficas. Al igual que otras rayas, para *A. cyclophora*, y *D. chilensis* estas diferencias podrían deberse a variaciones en las características morfológicas y poblacionales a lo largo de la distribución geográfica de las especies (Frisk, 2010). Sin embargo, para *D. trachyderma* las tallas encontradas son notablemente inferiores a las reportadas en el sur de Chile y Golfo San Jorge (Cedrola et al., 2005; Licandeo et al., 2007). Este resultado se suma a una distribución de tallas sesgada hacia los ejemplares maduros y a un predominio de hembras.

Las especies del género *Dipturus* son comúnmente confundidas debido a que presentan características morfológicas similares (Cedrola et al., 2005; Iglésias et al., 2010). Un ejemplo es *D. batis*, especie ícono a nivel mundial por haber sido llevada al borde de la extinción por la explotación pesquera (Brander, 1981). Una confusión taxonómica de más de 100 años de dos especies bajo el mismo nombre científico ha puesto en duda todo lo que se sabe sobre ella hasta el momento (Iglésias et al., 2010). La clasificación errónea de los ejemplares inmaduros de *D. trachyderma* como *D. chilensis* podría explicar los sesgos en las distribuciones de tallas y tal vez en las proporciones de los sexos. Sin embargo, las diferencias en las tallas máximas y de madurez entre estudios quedarían sin resolución. Una revisión del género en el Atlántico Sur permitiría determinar si estas diferencias se deben efectivamente a variaciones entre poblaciones o son producto de una identificación errónea. A su vez,

una revisión taxonómica permitiría establecer las características claves que permiten la rápida e indubitable identificación de las especies.

Para las especies *S. bonapartii*, *D. chilensis*, *D. trachyderma* y *A. cyclophora* se detectó segregación sexual con los individuos de un sexo dominando la fracción comercial. La segregación sexual es un comportamiento común en las especies de elasmobranquios. Las hipótesis subyacentes de este comportamiento se relacionan con las diferencias entre los sexos en los requerimientos energéticos, la actividad y la selección de hábitat (Sims, 2005; Wearmouth & Sims, 2008).

La explotación diferencial de los sexos es considerada como un factor potenciador de las declinaciones poblacionales (Steven, 1933; Wearmouth & Sims, 2008; Mucientes et al., 2009). Sin embargo, la presente información resulta insuficiente para cuantificar el impacto que esta pesquería tiene sobre estas especies y los posibles efectos de una explotación diferencial de los sexos.

Los ejemplares inmaduros dominaron la fracción comercial de casi todas las especies (excepto *S. bonapartii* y *D. tachyderma*) durante todo el año. Entre ellas *D. chilensis* y *A. platana* merecen mayor atención ya que constituyen especies dominantes en esta pesquería.

La única unidad demográfica de *A. platana* conocida en el Mar Argentino se encuentra en el GSM (Coller et al., 2011) y esta pesquería podría constituir un impacto para la misma que es necesario evaluar. *Dipturus chilensis* es comercialmente explotada todo a lo largo de su distribución (Agnew et al., 2000; Cedrola et al., 2005; Massa et al., 2004; Tamini et al., 2006; Licandeo et al., 2006; Quiroz et al., 2007). Se trata de una especie longeva, de crecimiento lento que madura entre los 11 y 14 años (Licandeo et al., 2006; Licandeo & Cerna, 2007). Estas características la hacen extremadamente

vulnerable a la explotación pesquera, siendo sólo posible su explotación sustentable si se la focaliza en la extracción de ejemplares maduros (Quiroz et al., 2011).

La supervivencia de los juveniles es considerada el factor clave para el mantenimiento de las poblaciones de condrictios (Stevens et al., 2000). Una manera de mitigar los posibles efectos de la explotación sobre este grupo sería establecer una talla mínima de desembarque. Estudios realizados en pesquerías de arrastre demuestran que entre el 50 y 60% de las rayas son capaces de sobrevivir al descarte (Laptikhovsky, 2004; Enever et al., 2009; Chiaramonte et al., 2011). Inclusive estos porcentajes pueden ser mayores dependiendo de la especie, el sexo, la duración del lance y el peso del copo (Laptikhovsky, 2004; Enever et al., 2009; Chiaramonte et al., 2011).

El establecimiento de una talla límite de 60 cm se traduciría en una significativa reducción de las proporciones de juveniles desembarcados. Con este límite, los ejemplares desembarcados de *S. bonapartii*, *A. cyclophora* y *R. agassizii* estarían sobre la talla media de madurez sexual y levemente por debajo en *A. platana*. Sin embargo, previamente, debería evaluarse la probabilidad de supervivencia de los ejemplares descartados y los factores claves que la afectan. En caso de ser necesario se podría adoptar, además, como medida complementaria una reducción en la duración del lance.

En el caso de las especies de mayor porte como *D. chilensis* y *A. castelnaui* esta propuesta de talla mínima de desembarque no sería suficiente para evitar la explotación de ejemplares juveniles. Para estas especies la identificación de áreas sensibles, como las zonas de concentración de juveniles, y la limitación de la explotación en estos sitios sería una medida más efectiva.

Sobre la base de los resultados obtenidos en el presente estudio y como un primer paso para una evaluación del estado de explotación de las especies de rayas de interés comercial en el GSM, se propuso al Ministerio de Producción de la Provincia de Río Negro y a la Dirección de Pesca provincial, la modificación del parte de pesca, con el desglose del ítem rayas. Las especies a incorporar se seleccionaron de acuerdo a su ocurrencia en los desembarques y la posibilidad de una rápida discriminación a bordo por parte de la tripulación. Las especies propuestas fueron *S. bonapartii* (Raya marmorada), *A. platana* (Raya platana), *D. chilensis* y *D. trachyderma* (Raya picuda), *A. cyclophora* (Raya ojona) y *A. castelnaui* (Raya a lunares). Debido a que las especies *D. chilensis* y *D. trachyderma* son difíciles de diferenciar, se propuso su incorporación al parte de manera conjunta bajo el nombre “Raya hocicuda”.

Esta propuesta se enmarcó, a su vez, dentro de los objetivos del PAN- Tiburones (FAO, 2001), que propone el registro a nivel específico de los condriictios desembarcados. En la Provincia de Río Negro el nuevo parte de pesca se implementó el 1<sup>ro</sup> de enero del año 2010.

## Capítulo 7: Conclusiones

---

*Sympterygia bonapartii* es una de las rayas más abundantes en el GSM (Perier et al., 2011). Durante la primavera presentó una distribución agregada localizándose principalmente en el sector este del golfo, a profundidades menores a los 110 m.

Los ejemplares de *S. bonapartii* muestreados en el golfo presentaron diferentes estadios de madurez sexual y un rango de tallas que abarcó de los 185 a los 750 mm de LT. Estos ejemplares exhibieron diferencias morfológicas y menores tallas de madurez que lo documentado para la especie en otras áreas de su distribución geográfica. Estos resultados, junto al registro de la especie durante todo el año, permiten plantear la hipótesis de la presencia de una población estable que cumple su ciclo reproductivo en el GSM.

El ciclo reproductivo de *S. bonapartii* fue estacional. De acuerdo con los resultados obtenidos el apareamiento ocurriría durante el invierno- primavera y la puesta durante la primavera- verano. La baja proporción de hembras con cápsulas registradas en el presente estudio es indicativa de que estas hembras se encontraron, durante la época de puesta, fuera del área de pesca de la flota de arrastre local.

Desde el punto de vista ecológico, *S. bonapartii* se caracterizó como un consumidor secundario, de hábitos bentónicos. En su dieta predominaron los crustáceos del infraorden Brachyura siendo la especie predominante *Peltarion spinosulum*. En segundo lugar se ubicaron los peces osteíctios destacándose entre ellos la contribución de *Engraulis anchoita* y *Merluccius hubbsi*. Otra especie importante en la dieta fue el langostino *Pleoticus muelleri*.

La dieta presentó variaciones con la talla, al sexo y entre períodos del año. Factores extrínsecos como las variaciones en la abundancia y la disponibilidad de las presas y

factores intrínsecos como las diferencias comportamentales y las diferencias en los requerimientos energéticos ligados a la reproducción, podrían estar relacionados a las diferencias encontradas en la dieta de los machos y las hembras y entre los períodos del año. A su vez, los cambios morfológicos ontogenéticos, podrían explicar las diferencias observadas entre los grupos de tallas.

En la pesquería de arrastre que se desarrolla en el GSM, *S. bonapartii* es capturada durante todo el año. Esta especie fue la raya con mayor cantidad de individuos desembarcados, y fue la segunda por su contribución en peso. Los desembarques de la especie se caracterizaron por un predominio de los ejemplares maduros y de las hembras. Esto sugiere la presencia de segregación sexual y de una selección de tallas a bordo de las embarcaciones.

En un período de 10 años se detectó un cambio significativo en la estructura de talla de la especie y una disminución de la talla máxima observada, estos cambios observados podrían ser el resultado del aumento de la explotación pesquera sobre este recurso.

## Referencias bibliográficas

---

- Ainsley, S. M.; Ebert, D. A. & Cailliet, G. M. 2011. A comparison of reproductive parameters of the Bering skate, *Bathyraja interrupta*, from two Alaskan large marine ecosystems. *Marine and Freshwater Research*. 62: 557- 566.
- Agnew, D. J.; Nolan, C. P.; Beddington, J. R. & Baranowski, R. 2000. Approaches to the assessment and management of multispecies skate and ray fisheries using the Falkland Islands fishery as an example. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 57: 429- 440.
- Ajayi, T. O. 1982. Food and feeding habits of *Raja* species (Batoidei) in Carmarthen Bay, Bristol Channel. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 62: 215- 223.
- Amundsen, P. A.; Gabler, H. M. & Staldvik, F. J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data- modifications of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*. 48: 607- 614.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*. 26: 32- 46.
- Anderson, M. J. 2005. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand. pp. 25.
- Awruch, C.; Lo Nostro, F. L.; Somoza, G. M. & Di Giacomo, E.E. 2008. Aspects of the reproductive biology of angel shark, *Squatina guggenheim* (Chondrichthyes: Squatinidae) off Patagonia (Argentina, southwestern Atlantic). *Ciencias Marinas* 34(1): 17- 28.
- Balech, E. & Ehrlich, M. D. 2008. Esquema biogeográfico del Mar Argentino. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. 19: 45- 75.



Barbini, S. A. 2010. Ecología trófica de las rayas (Chondrichthyes, Rajidae) en el ecosistema costero bonaerense y uruguayo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 280.

Barbini, S. A. & Lucifora, L. O. 2010. Feeding habits of the Rio skate, *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes: Rajidae), from off Uruguay and north Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1- 10.

Barbini, S. A. & Lucifora, L. O. 2011. Feeding habits of a large endangered skate from the south-west Atlantic: the spotback skate, *Atlantoraja castelnaui*. *Marine & Freshwater Research*. 1- 9.

Barbini, S. A.; Scenna, L. B.; Figueroa, D. E.; Cousseau, M. B. & Díaz de Astarloa, J. M. 2010. Feeding habits of Magellan skate: effects of sex, maturity stage, and body size on diet. *Hydrobiologia*. 641: 275- 286.

Barrera Oro, E. & Maranta, A. 1996. Régimen alimentario estacional de *Sympterygia bonapartii*, Müller y Henle 1841 (Rajidae), en Mar del Plata. *Boletim do Laboratorio de Hidrobiología*. 9: 33- 53.

Bastida, R. & Torti, M. R. 1973. Los isópodos Serolidae de la Argentina clave para su reconocimiento. *Physis Sección A*. 32 (84): 19- 46.

Baum, J. K.; Myers, R. A.; Kehler, D. G.; Worm, B.; Harley, S. J. & Doherty, P. A. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science* 299: 389- 392.

Baum, J. K. & Myers, R. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters* 7: 135- 145.

Baum, J. K.; Kehler, R. A. & Myers, R. A. 2005. Robust estimates of decline for pelagic shark populations in the northwest Atlantic and Gulf of Mexico. *Fisheries* 30(10): 27- 30.

Bellegia, M.; Mabragaña, E.; Figueroa, D. E.; Scenna, L. B.; Barbini, S. A. & Díaz de Astarloa, M. J. 2008. Food habits of the broad nose skate, *Bathyraja brachyurops* (Chondrichthyes, Rajidae), in the south-west Atlantic. *Scientia Marina* 72(4): 701- 710.

Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Marine Biology*. 50: 263- 273.

Bizzarro, J. J.; Robinson, H. J.; Rinewalt, C. S. & Ebert, D. A. 2007. Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. *Environmental Biology of Fishes*. 80(2-3): 197- 220.

Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fish. Technical Paper N° 341, FAO, Rome. 119 pp.

Boschi, E. E.; Fischbach, C. E. & Iorio, M. I. 1992. Catálogo ilustrados de los crustáceos estomatópodos y decápodos marinos de Argentina. *Frente Marítimo*. 10(A): 7- 94.

Burgess, G. H.; Beerkircher, L. R.; Cailliet, G. M.; Carlson, J. K.; Cortés, E.; Goldman, K. J.; Grubbs, R. D.; Musick, J. A.; Musyl, M. K. & Simpfendorfer, C. A. 2005. Is the collapse of shark populations in the Northwest Atlantic Ocean and Gulf of Mexico real? *Fisheries*. 30(10): 19- 26.

Brander, K. 1981. Disappearance of common skate *Raia batis* from Irish Sea. *Nature*. 290: 48-49.

Braccini, J. M. & Pérez, J. E. 2005. Feeding habits of the sandskate *Psammobatis extenta* (Garman, 1913): sources of variation in dietary composition. *Marine and Freshwater Research*. 56: 395- 403.

Bray, J. R. & Curtis, J. T. 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*. 27(4): 325- 349.

Bremec, C.; Marecos, A.; Schejter, L. & Lasta, M. 2003. Guía técnica para la identificación de invertebrados epibentónicos asociados a los bancos de viera patagónica (*Zygoclamys patagónica*) en el Mar Argentino. *Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata*. pp. 28.

Brickle, P.; Laptikhovsky, V.; Pompert, J. & Bishop, A. 2003. Ontogenetic changes in the feeding habits and dietary overlap between three abundant rajid species on the Falkland Islands's shelf. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 83: 1119- 1125.

Brown, S. C.; Bizzarro, J. J.; Cailliet, G. M. & Ebert, D. A. 2011. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert, 1896). *Environmental Biology of Fishes*. 1- 19.

Cailliet, G. M. & Goldman, K. J. 2004. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, USA. pp. 399- 447.

Carrier, J. C.; Pratt, H. L. & Castro, J. I. 2004. Reproductive Biology of Elasmobranchs. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, USA. pp. 269- 286.

Casey, J. M. & Meyers, R. M. 1998. Near extinction of a large, widely distributed fish. *Science*. 281: 690- 692.

Cedrola, P. V.; González, A. M. & Pettovello, A. D. 2005. Bycatch of skates (Elasmobranchii: Arhynchobatidae, Rajidae) in the Patagonian red shrimp fishery. *Fisheries Research*. 71(2): 141- 150.

Chiaramonte, G. E.; Tamini, L. L. & Perez Comesaña, J. E. 2011. Evaluación de la supervivencia de elasmobranquios capturados por arrastreros de fondo. Aportes de la Dirección Nacional Pesquera para la elaboración del Plan de Acción Nacional. En: Wöhler, O. C.; Cedrola, P. & Cousseau, M. B. (Eds). Contribuciones sobre biología, pesca y comercialización de tiburones en la Argentina. Aportes para la elaboración del Plan de Acción Nacional. Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires, Argentina. pp. 217-222.

Clarke, K. R. 1993. Non- parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117- 143.

Clarke, K. R. & Green, R. H. 1988. Statistical design and analysis for a `biological effects' study. *Marine Ecology Progress series*. 46: 213- 226.

Coan, E. V.; Scott, P. V. & Bernard, F. R. 2000. Bivalve seashells of western North America. Marine bivalve mollusks from Arctic Alaska to Baja California. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California. pp. 764.

Coller, N. M. 2012. Biología, ecología y explotación de la “raya platana” *Atlantoraja platana* (Günther, 1880) (Chondrichthyes, Rajidae) del golfo San Matías. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 187.

Coller, N. M.; Perier, M. R. & Di Giácomo, E.E. 2011. Dimorfismo sexual y relaciones morfométricas de *Atlantoraja platana* (Günther, 1880) en aguas del golfo San Matías, Patagonia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales n.s*, 13(1): 1- 5.

Colonello, J. 2009. Ecología reproductiva de tres batoideos (Chondrichthyes): *Atlantoraja castelnaui* (Rajidae), *Rioraja agassizi* (Rajidae) y *Zapteryx brevirostris* (Rhinobatidae). Implicancias de distintas estrategias adaptativas en un escenario de explotación comercial intensiva. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 181.

Compagno, L. J. V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes*. 28: 33-75.

Compagno, L. J. V. 2005. Checklist of living Chondrichthyes. En: Hamlett, W.C. (Ed.). *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras*. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 503- 548.

Conrath, C. L. 2005. Reproductive biology. En: Musik J. & Bonfil R. (eds.). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper N° 474: 103-126.

Conway, N. M.; Howes, B. L.; McDowell Capuzzo, J. E.; Turner, R. D. & Cavanaugh, C. M. 1992. Characterization and site description of *Solemya borealis* (Bivalvia; Solemyidae), another bivalve-bacteria symbiosis. *Marine Biology*. 112: 601-613.

Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54(3): 726- 738

Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*. 56: 707- 717.

Cortés, E. 2004. Life history patterns, demography, and population dynamics. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, USA. pp. 249- 269.

Costa, G. C. 2009. Predator size, prey size, and dietary niche breadth relationships in marine predators. *Ecology*. 90(7): 2014- 2019.

Cousseau, M. B.; Figueroa, D. E.; Díaz de Astarloa, J. M.; Mabragaña, E. & Lucifora L. O. 2007. Rayas, chuchos y otros batoideos del Atlántico Sudoccidental. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero INIDEP, Mar del Plata, Argentina. pp 102.

de Mutsert, K.; Cowan, J. H. J.; Essington, T. E. & Hilborn, R. 2008. Reanalyses of gulf of mexico fisheries data: Landings can be misleading in assessments of fisheries and fisheries ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Science USA*. 105: 2740- 2744.

Díaz Andrade, M. C. 2010. Morfofisiología de la biología reproductiva de las especies del género *Sympterygia* que habitan el estuario de Bahía Blanca. Tesis para optar por el título de doctor. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. pp. 243.

Di Giácomo, E. E. 1990 Contribución al estudio biológico- pesquero del Pez gallo, *Callorhynchus callorhynchus* (Linne, 1758) Berg, 1895, en el Golfo San Matías. Trabajo de Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Naturales (Orientación Zoológica). Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata. pp. 174.

Di Giácomo, E.E. 1992. Distribución de la población de pez gallo (*Callorhynchus callorhynchus*) en el Golfo San Matías, Argentina. *Frente Marítimo*. 12 (A): 113-118.

Di Giácomo, E. E. & Perier, M. R. 1991. Evaluación de la biomasa y explotación comercial del pez gallo (*Callorhynchus callorhynchus*) en el Golfo San Matías, Argentina. *Frente Marítimo*. 9(A): 7- 13.

Di Giácomo, E. E. & Perier, M. R. 1992. Abundancia, estructura poblacional y zona de desove de la merluza *Merluccius hubbsi* en el Golfo San Matías, Argentina. *Frente Marítimo* 12(A): 47- 52.

Di Giácomo, E. E. & Perier, M. R. 1994. Reproductive biology of the cockfish, *Callorhynchus callorhynchus* (Holocephali: Callorhynchidae), in Patagonian waters (Argentina). *Fishery Bulletin*. 92: 531- 539

Di Giacomo, E. E. & Perier, M. R. 1996. Feeding habits of Cockfish, *Callorhynchus callorhynchus* (Holocephali: Callorhynchidae), in Patagonian waters (Argentina). *Marine and Freshwater Research*. 47: 801- 808.

Di Giacomo, E. E.; Calvo, J.; Perier, M. R. & Morriconi, E. 1993. Spawning aggregations of *Merluccius hubbsi* in Patagonian waters: Evidence for a single stock? *Fisheries Research*. 16: 9- 16.

Di Giacomo, E. E.; Parma A. M. & Orensanz J. M. 1994. Food consumption by the cock fish, *Callorhynchus callorhynchus* (Holocephali: Callorhynchidae), from Patagonia (Argentina). *Environmental Biology of Fishes*. 40:199-211.

Di Giacomo, E. E.; Perier, M. R. & Coller, N. M. 2009. Reproduction of spiny dogfish *Squalus acanthias* in San Matías Gulf, Patagonia (Argentina). En: Gallucci, V.F.; McFarlane, G.A. & Bargmann, G.G. (Eds.). *Biology and Management of Dogfish Sharks*. American Fisheries Society, USA. pp 209- 215.

Dolgov, A. V. 2005. Feeding and food consumption by the Barents Sea skates. *Journal of the Northwest Atlantic and Fisheries Science*. 35: 495- 503.

Dulvy, N. K.; Metcalfe, J. D.; Glaville, J.; Pawson, M. G. & Reynolds, J. D. 2000. Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. *Conservation Biology*. 14: 283- 293.

Dulvy, N. K. & Forrest, R. E. 2010. Life Histories, Population Dynamics, and Extinction Risks in Chondrichthyans. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. pp. 640- 679.

Ebert, D. A; Cowley, P. D. & Compagno, L. J. V. 1991. A preliminary investigation of the feeding ecology of skates (Batoidea: Rajidae) off the west coast of southern Africa. *South African Journal of Marine Science* 10: 71- 81.

Ebert, D. A. & Bizzarro, J. J. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environmental Biology of Fishes*. 80: 221- 237.

Ebert, D. A. & Compagno, L. J. V. 2007. Biodiversity and systematic of skates (Chondrichthyes Rajiformes: Rajoidei). *Environmental Biology of Fishes*. 80: 111- 124.

Ellis, J. R.; Pawson, M. G. & Shackley, S. E. 1996. The comparative feeding ecology of six species of shark and four species of ray (Elasmobranchii) in the North- East Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 76: 89- 106.

Enever, R.; Catchpole, T. L.; Ellis, J. R. & Grant, A. 2009. The survival of skates (Rajidae) caught by demersal trawlers fishing in UK waters. *Fisheries Research*. 97: 72- 76.

Estalles, M.; Perez Comesaña, J. E.; Tamini, L. L. & Chiamonte G. E. 2009. Reproductive biology of the skate, *Rioraja agassizii* (Müller and Henle, 1841), off Puerto Quequén, Argentina. *Journal of Applied Ichthyology*. 25(1): 60- 65.

Estalles, M.; Coller, N. M.; Di Giacomo, E. E. & Perier, M. R. 2011a. Distribution and reproductive biology of the Electric ray *Discopyge tschudii* Heckel, 1846 in San Matías Gulf, Northern Patagonia, Argentina. *Neotropical Ichthyology*. 9(4): 831- 838.

Estalles, M.; Coller, N. M.; Perier, M. R. & Di Giacomo, E. E. 2011b. Skates in the demersal trawl fishery of San Matías Gulf: species composition, relative abundance and maturity stages. *Aquatic Living Resources*. 24(2): 193- 199.

Failla, M. 2001. Colección de otolitos. Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni”. pp. 5.

FAO, 2001. La ordenación pesquera. 1. Conservación y ordenación del tiburón. FAO Orientaciones técnicas para la pesca responsable. FAO, Roma, N° 4(1): 1- 66



FAO, 2010. Capture production 1950-2008. FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. FISHSTAT Plus: Universal Software for Fishery Statistical Time series (Version 2.3.2000).

Ferry, L. A. & Cailliet, G. M. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly?. En: MacKinlay, D & Shearer, K. (eds.). Feeding ecology and nutrition in fish. Proceeding of the symposium on the feeding ecology and nutrition in fish. International Congress on the Biology of Fishes. American Fisheries Society, San Francisco, CA. 71- 80.

Field, I. C.; Meekan, M. G.; Buckworth, R. C. & Bradshaw, C. J. A. 2009. Susceptibility of sharks, rays and chimaeras to global extinction. *Advances in Marine Biology*. 56: 275- 363.

Field, J. G.; Clark, K. R. & Warwick, R. M. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*. 8: 37- 52.

Figueiredo, I.; Moura, T.; Bordalo- Machado, P.; Neves, A.; Rosa, C. & Serrano Gordo, L. 2007. Evidence for temporal changes in ray and skates populations in the Portuguese coast (1998-2003)- its implications in the ecosystem. *Aquatic Living Resources*. 20: 85- 93.

Figueiredo, J. L. 1977. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I.- Introdução. Cações, raias e quimeras. Museu de Zoologia- Universidade do São Paulo, São Paulo, Brazil. pp. 104.

Forcelli, D. 2000. Moluscos Magallánicos. Guía de moluscos de Patagonia y sur de Chile. Editorial Vázquez Manzini. pp. 200.

Francis, M. P. 2006. Morphometric minefields—towards a measurement standard for chondrichthyan fishes. *Environmental Biology of Fishes*. 77: 407- 421.

Frisk, M. G. 2010. Life history strategies of batoids. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. pp. 283- 316.

Frisk, M. G.; Miller, T. J. & Dulvy, N. K. 2005. Life histories and vulnerability to exploitation of elasmobranchs: Inferences from elasticity, perturbation and phylogenetic analyses. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 35: 27- 47.

Gagliardini, D. A. & Rivas, A. L. 2004. Environmental characteristics of San Matías Gulf obtained from Landsat- TM and ETM+ Data. *Gayana*. 68(2)1:186-193.

Galíndez, E. J.; Díaz Andrade, M. C.; Avaca, M. S. & Estecondo, S. 2010. Morphological study of the oviductal gland in the smallnose fanskate *Sympterygia bonapartii* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae). *Brazilian Journal of Zoology*. 1- 9.

Gilmore, R. G. 1993. Reproductive biology of lamnoid sharks. *Environmental Biology of Fishes*. 38: 95- 114.

Gilmore, R. G.; Putz, Jr. O. & Dodrill, J. W. 2005. Oophagy, intrauterine cannibalism and reproductive strategy in lamnoid sharks. En: Hamlett, W.C. (Ed.). *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras*. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 435- 462.

Gosztanyi, A. E. & Kuba, L. 1996. Atlas de huesos craneales y de cintura scapular de peces costeros patagónicos. *Fundación Patagonia Natural Informe Técnico N° 4*. pp. 32.

Hamlett, W. C. & Koob, T. J. 1999. Female reproductive system. En: Hamlett, W. C. (Ed.) *Sharks, Skates and Rays. The biology of Elasmobranch Fishes*. The John Hopkins University Press, Baltimore. pp. 398- 443.

Hamlett, W. C.; Kormanik, G.; Storrie, M.; Stevens, B. & Walker, T. I. 2005a. Chondrichthyan parity, lecithotrophy and matrotrophy. En: Hamlett, W.C. (Ed.).

Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 395- 434.

Hamlett, W. C.; Jones, C. P. & Paulesu, L. R. 2005b. Placentatrophly in sharks. En: Hamlett, W.C. (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 463- 502.

Heithaus, M. R.; Frid, A.; Vaudo, J. J.; Worm, B. & Wirsing, A. J. 2010. Unreaveling the ecological importance of elasmobranchs. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds.). Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation. pp. 611- 637.

Hilborn, R. 2006. Faith-based fisheries. Fisheries. 31: 554- 555.

Hoff, G. R. 2008. A nursery site of the Alaska skate (*Bathyraja parmifera*) in the eastern Bering Sea. Fishery Bulletin. 106: 233- 244.

Hoff, G. R. 2010. Identification of skate nursery habitat in the eastern Bering Sea. Marine Ecology and Progress Series. 403: 243–254.

Holden, M. J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible?. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 164: 360- 367.

Holden, M. J. 1975. The fecundity of *Raja clavata* in British waters. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 36(2): 110- 118.

Holden, M. J. & Tucker, R. N. 1974. The food of *Raja clavata* Linnaeus 1758, *Raja montagui* Flower 1910, *Raja naevus* Müller and Henle 1841 and *Raja brachyura* Lafont 1873 in British waters. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 35(2): 189- 193.

Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis- a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 17: 411- 429.

Iglésias, S. P.; Toulhoat L. & Sellos, D. Y. 2010. Taxonomic confusion and market mislabelling of threatened skates: important consequences for their conservation status. *Aquatic Conservation of Marine and Freshwater Ecosystems*. 20: 319- 333.

IUCN, 2011. Lista Roja de Especies Amenazadas, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Versión 2010.4. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Último acceso 30 Mayo 2011).

Jañez, J. & Sueiro, M. C. 2007. Size at hatching and incubation period of *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae) bred in captivity at the Temaiken Aquarium. *Journal of Fish Biology*. 70: 648- 650.

Jañez, J. A. & Sueiro, M. C. 2009. Oviposition rate of the fanskate *Sympterygia bonapartii* (Elasmobranchii, Rajidae) (Müller & Henle, 1841) held in captivity. *Panamerican Journal of Aquatic Science*. 4(4): 580- 582.

Jaureguizar, A. J.; Menni, R. C.; Guerrero, R. & Lasta, C. 2004. Environmental factors structuring fish communities of the Río de la Plata estuary. *Fisheries Research*. 66: 195- 211.

Jaureguizar, A. J.; Menni, R. C.; Lasta, C. & Guerrero, R. 2006. Fish assemblages of the northern Argentine coastal system: spatial patterns and their temporal variations. *Fisheries Oceanography*. 15(4): 326- 344.

Kyne, P. M. & Simpfendorfer, 2010. Deepwater chondrichthyans. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A. & Heithaus, M. R. (Eds). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation*. pp. 38- 74.

Koen Alonso, M.; Crespo, E. A.; García, N. A.; Pedraza, S. N.; Mariotti, P. A. Berón Vera, B. & Mora, N. J. 2001. Food habits of *Dipturus chilensis* (Pisces: Rajidae) off Paragonia, Argentina. *ICES Journal of Marine Science*. 58: 288- 297.

Lamilla, J. & Sáenz, S. 2003. Clave taxonómica para el reconocimiento de especies de rayas chilenas (Chondrichthyes, Batoidei). *Investigaciones Marinas de Valparaíso*. 31(2): 3- 16.

Laptikhovsky, V. 2004. Survival rates for rays discarded by the bottom trawl squid fishery off the Falkland Islands. *Fishery Bulletin*. 102: 757–759.

Licandeo, R. & Cerna, F. T. 2007. Geographic variation in life-history traits of the endemic kite skate *Dipturus chilensis* (Batoidea: Rajidae), along its distribution in the fjords and channels of southern Chile. *Journal of Fish Biology*. 71: 421- 440.

Licandeo, R. R.; Lamilla, J. G.; Rubilar, P. G. & Vega, R. M. 2006. Age, growth, and sexual maturity of the yellownose skate *Dipturus chilensis* in the south-eastern Pacific. *Journal of Fish Biology*. 68: 488-506.

López, H. L.; García, M. L. & San Román, N. A. 1996. Lista comentada de la ictiofauna del Canal de Beagle, Tierra del Fuego, Argentina. Centro Austral de Investigaciones Científicas. *Contribución Científica. Publicación especial*. 85 pp.

López, H. L.; San Román, N. A. & Di Giácomo, E. E. 2000. On the South Atlantic distribution of *Callorhynchus callorhynchus* (Holocephali: Callorhynchidae). *Journal of Applied Ichthyology*. 16(1): 39.

Love, M. S.; Schroeder, D. M.; Snook, L.; York, A. & Cochrane, G. 2008. All their eggs in one basket: a rocky reef nursery for the longnose skate (*Raja rhina* Jordan & Gilbert, 1880) in the southern California Bight. *Fishery Bulletin*. 106: 471- 475.

Lucifora, L. O.; García, V. B.; Menni, R. C. & Worm, B. 2011. Spatial patterns in the diversity of sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyes) in the Southwest Atlantic. *Biodiversity Conservation*. pp. 1- 16.

Lucifora, L. O.; Valero, J. L. Bremec, C. S. & Lasta, M. L. 2000. Feeding habits and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-

western Atlantic. *Journal of the marine Biological Association of the United Kingdom*. 80: 953- 954.

Mabragaña, E. 2007. Las rayas del género *Psammobatis* de la Plataforma Argentina: biología y ecología. Tesis para optar por el título de doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 178.

Mabragaña, E. & Giberto D. A. 2007. Feeding ecology and abundance of two skates, the shortfin sand skate *Psammobatis normani* McEachran, and the smallthorn sand skate *P. rudis* Günther (Chondrichthyes, Rajidae), in the southwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*. 12: 1- 11.

Mabragaña, E.; Lucifora, L.O. & Massa A. M. 2002. The reproductive ecology and abundance of *Sympterygia bonapartii* endemic to the south-west Atlantic. *Journal of Fish Biology*. 60: 951- 967.

Mabragaña, E.; Giberto, D. A. & Bremec, C. S. 2005. Feeding ecology of *Bathyraja macloviana* (Rajiformes: Arhynchobatidae): a ploychaete-feeding skate from the South-west Atlanti. *Scientia Marina*. 69(3): 405-413.

Marshal, S. & Elliott, M. 1997. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*. 51: 526- 545.

Massa, A. M.; Lucifora, L. O. & Hozbor, N. M. 2004. Condrictios de la región costera bonaerense y uruguaya. En: Sánchez, R. P. & Bezzi, S. I. (Eds). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Tomo 4. Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina. pp. 85- 100.

McEachran, J. D. 1977. Reply to “sexual dimorphism in skates (Rajidae)”. *Evolution*. 31(1): 218- 220.

McEachran, J. D. 1982. Revision of the south American skate genus *Sympterygia* (Elasmobranchii: Rajiformes). *Copeia*. 4: 867- 890.

McEachran, J. D. & Miyake, T. 1990. Zoogeography and bathymetry of skates (Chondrichthyes, Rajoidei). En: Pratt, Jr. H. L.; Gruber, S. H. & Taniuchi, T. (Eds.). *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Technical Report N° 90. pp. 305- 326.

McEachran, J. D. & Aschliman, N. 2004. Phylogeny of Batoidea. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, USA. pp. 79- 113.

McEachran, J. D.; Boesch, D. F. & Musick, J. A. 1976. Food division within two sympatric species-pairs of skates (Pisces: Rajidae). *Marine Biology*. 35: 301-317.

McPhie, R. P. & Campana, S. E. 2009. Reproductive characteristics and population decline of four species of skate (Rajidae) off the eastern coast of Canada. *Journal of Fish Biology*. 75: 223- 246

Menni, R. C. 1973. Rajidae del litoral bonaerense. I. Especies de los géneros *Raja*, *Bathyraja* y *Sympterygia* (Chondrichthyes). *Physis Sección A*. 32(85): 413- 439.

Menni, R. C. & Gosztonyi, A. E. 1982. Benthic and semidemersal fish associations in the Argentine Sea. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 17: 1- 29.

Menni, R. C. & López, H. L. 1984. Distributional patterns of Argentine marine fishes. *Physis Sección A*. 42(103): 71- 85.

Menni, R. C. & Stehmann, F. W. 2000. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 2(1): 69- 109.

Menni, R. C.; Ferriz, R. A. & Lucifora, L. O. 2007. Condrictios de la Argentina y Uruguay. Lista de Trabajo. ProBiota, FCNyM, UNLP. Serie Técnica-Didáctica, La Plata, Argentina. 11: 1- 15. ISSN 1515-9329.

Menni, R. C.; Jaureguizar, A. J.; Stehmann, M. F. W. & Lucifora, L. O. 2009. Marine Biodiversity at the community level: zoogeography of sharks, skates, rays and chimaeras in the southwestern Atlantic. *Biodiversity Conservation*. pp. 1- 22.

Menni, R. C.; López, H. L. & García, M. L. 1981. Lista comentada de las especies de peces colectadas durante la campaña V del B/I “Shinkai Maru” en el Mar Argentino. *Contribuciones del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero* N° 383: 267- 280.

Millán, D. O. 2010. Estadística Pesquera año 2010 Provincia de Río Negro. Dirección de Pesca, Policía de Pesca, Provincia de Río Negro, Argentina.

MinAGyP. 2011. Ministerio de agricultura ganadería y pesca. Estadística de desembarques de la pesca marítima 1989- 2011. <[www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar)>.

Moya, A.C. 2010. Morfohistología del testículo de *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae) durante su ciclo de vida. Tesina presentada como requisito para optar por el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Depto. de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. 50 pp.

Mucientes, G. R.; Queiroz, N.; Sousa, L. L.; Tarroso, P. & Sims D. W. 2009. Sexual segregation of pelagic sharks and the potential threat from fisheries. *Biology Letters*. 1- 4.

Musick, J. A. 2005. Shark utilization. En: Musick, J. & Bonfil, R. (Eds). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper. N° 474: 223- 236.



Musick, J. A. & Ellis, J. K. 2005. Reproductive evolution of Chondrichthyans. En: Hamlett, W.C. (Ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 45- 80.

Musick, J. A & Musick, S. 2011. Sharks. Fisheries and Aquaculture Reviews and Studies. FAO, Rome. 17 pp.

Myers, R. A. & Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. Nature. 423: 280- 283.

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. 4<sup>th</sup> Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA. 601 pp.

Ocampo, M. R. 2010. Evaluación pesquera integral de la merluza común (*Merluccius hubbsi* Marini, 1933) del Golfo San Matías y efectos de la explotación de esta especie sobre otros componentes de la trama trófica. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Córdoba, Argentina. pp. 164.

Oddone, M. C. & Velasco, G. 2004. Size at maturity of the smallnose fanskate *Sympterygia bonapartii* (Müller & Henle, 1841) (Pisces, Elasmobranchii, Rajidae) in the SW Atlantic. ICES Journal of Marine Science. 61: 293- 296.

Oddone, M. C. & Vooren, C. M. 2008. Comparative morphology and identification of egg capsules of skate species of the genera *Atlantoraja* Menni, 1972; *Rioraja* Whitley, 1939 and *Sympterygia* Müller & Henle, 1837. Arquivos de Ciências do Mar. 41(2): 5-13.

Oddone, M. C.; Amorim, A. F.; Mancini, P. L.; Norbis, W. & Velasco, G. 2007. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizii* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. Scientia Marina. 71(3): 593-604.

Oksanen, J. 2011. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. pp. 43.

Orlov, A. M. 2003. Diets, feeding habits, and trophic relations of six deep-benthic skates (Rajidae) in the western Bering Sea. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*. 7(2): 45- 60.

Paesch, L. 1999. Biomasa y rendimientos de los elasmobranquios. Estructura de población de *Squalus acanthias*, *Squalus mitsukurii*, *Dipturus chilensis* y *Sympterygia bonapartii*. En: Estudios Realizados sobre los Elasmobranquios dentro del Río de la Plata y la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya en el Marco del Plan de Investigación Pesquera. Eds: Arena, G. & Rey, M. INAPE-PNUD, Uruguay. pp. 14- 38.

Paesch, L. 2000. Hábitos alimentarios de algunas especies de elasmobranquios en el frente oceánico del Río de La Plata. *Frente Marítimo*. 18(A): 71- 90.

PAN- Tiburones, 2009. Plan de Acción Nacional para la conservación y el manejo de condriactos (tiburones, rayas y quimeras) en la República Argentina. pp. 64.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management Studies and Reviews, Manila, Philipinas. pp. 325.

Pérez, J. E.; Tamini, L. L. & Chiaramonte, G. E. 2011. El desembarque de batoideos de interés comercial en Puerto Quequén, Provincia de Buenos Aires. En: Wöhler, O. C.; Cedrola, P. & Cousseau, M. B. (Eds). Contribuciones sobre biología, pesca y comercialización de tiburones en la Argentina. Aportes para la elaboración del Plan de Acción Nacional. Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires, Argentina. pp. 207- 215.

Perier, M. R. & Di Giácomo, E. E. 1999. La merluza de cola en la pesquería del golfo San Matías: Un recurso alternativo. En: Avances en Métodos y Tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario Final Proyecto INIDEP-JICA: 209-211.

Perier, M. R. & Di Giacomo, E. E. 2002a. El savorín *Serirolella* porosa, como un recurso estacional en el Golfo San Matías, República Argentina. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* N°15. 15- 26.

Perier, M. R. & Di Giacomo, E. E. 2002b. Distribución, abundancia y reproducción de *Paralichthys isosceles*, *P. patagonicus* y *Xystreurys rasile* (Pleuronectiformes: Bothidae) en aguas patagónicas, Argentina. *IBMP Serie Publicaciones*. 1: 51- 63.

Perier, M. R.; Coller, N. M.; Di Giacomo, E. E. & Estalles, M. 2007. Estado poblacional de las especies de condriictios del golfo San Matías. *Serie de Documentos Técnicos CONDROS* N°01/07. pp. 40.

Perier, M. R.; Estalles, M.; Coller, N. M. & Di Giacomo, E. E. 2010. Reproductive biology of the endemic skate *Psammobatis lentiginosa* in the San Matías Gulf (south-western Atlantic). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. pp. 1- 9.

Perier, M. R.; Estalles, M.; Coller, N. M.; Suarez, M. N.; Mora, G. J. & Di Giacomo E. E. 2011. Chondrichthyan fauna of San Matías Gulf, Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n. s. 13(2): 213- 220.

Piola, A. R. & Rivas, A. L. 1997. Corrientes en la plataforma continental. En: Boschi, E.E. (Ed.). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Tomo 1. Antecedentes históricos de las exploraciones en el mar y las características ambientales. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 1: 119- 132.

Piola, A. R. & Scasso, L. K. 1988. Circulación en el Golfo San Matías. *Geoacta*. 15(1): 33- 51.

Polachek, T. 2005. Tuna longline catch rates in the Indian Ocean: Did industrial fishing result in a 90% rapid decline in the abundance of large predatory species? *Marine Policy*. 30: 470- 482.

Poole, R. W. 1974. An introduction to quantitative ecology. Series in population biology. McGraw- Hill, Inc, USA. Pp. 532.

Prager, M. H.; Saila, S. B. & Recksiek, C. W. 1989. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science, second edition. Old Dominion University Oceanography Technical Report. 87- 10.

Quiroz, J. C.; Wiff, R. & Céspedes, R. 2007. Reproduction and population aspects of the yellownose skate, *Dipturus chilensis* (Pisces, Elasmobranchii: Rajidae), from southern Chile. *Journal of Applied Ichthyology*. 25: 1-6.

Quiroz, J. C.; Wiff, R.; Cubillos, L. A.; Barrientos, M. A. 2011. Vulnerability to exploitation of the yellownose skate (*Dipturus chilensis*) off southern Chile. *Fisheries Research*. 109(2-3): 225- 233.

R Development Core Team, 2010. R- versión 2.11.1. The R foundation for Statistical Computing.

Rogers, S. I. & Ellis, J. R. 2000. Changes in the demersal fish assemblages of British coastal waters during the 20<sup>th</sup> century. *ICES Journal of Marine Science*. 57: 866–881.

Ruocco, N. L.; Lucifora, L. O.; Díaz de Astarloa, J. M. & Bremec, C. 2009. Diet of the white-dotted skate, *Bathyraja albomaculata*, in waters of Argentina. *Journal of Applied Ichthyology*. 25(1): 94- 97.

San Martín, M. J.; Braccini, J. M.; Tamini, L. L.; Chiaramonte, G. E. & Pérez, J. E. 2007. Temporal and sexual effects in the feeding ecology of the marbled sand skate *Psammobatis bergi* Marini, 1932. *Marine Biology*. 151(2): 505-513.

Sánchez, F.; Rodríguez-Cabello, C. & Olaso, I. 2005. The role of elasmobranchs in the Cantabrian Sea Shelf ecosystem and impact of the fisheries on them. *Journal of Northwestern Atlantic and Fishery Science*. 35: 467-480.

Sánchez, F. & Prenski, L. B. 1996. Ecología trófica de peces demersales en el Golfo San Jorge. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* N° 10: 57- 71.

Sánchez, M. F. & Mabragaña, E. 2002. Características biológicas de algunas especies de rayas de la región sudpatagónica. *INIDEP Informe Técnico* N° 48: 1- 15.

Sánchez, R. P.; Navarro, G.; Calvo, E. & del Castillo, F. 2011. La pesca y comercialización de condrictios en la Argentina. Aportes de la Dirección Nacional Pesquera para la elaboración del Plan de Acción Nacional. En: Wöhler, O. C.; Cedrola, P. & Cousseau, M. B. (Eds). *Contribuciones sobre biología, pesca y comercialización de tiburones en la Argentina. Aportes para la elaboración del Plan de Acción Nacional.* Consejo Federal Pesquero, Buenos Aires, Argentina. pp. 151- 184.

Scarabino, V. 1977. Moluscos del Golfo San Matías (Provincia de Río Negro, República Argentina). Inventario y claves para su identificación. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*, Montevideo, Uruguay. 177- 297.

Scenna, L. B.; García de la Rosa, S. B. & Díaz de Astarloa, J. M. 2006. Trophic ecology of the Patagonian skate, *Bathyraja macloviana*, on the Argentine continental shelf. *ICES Journal of Marine Science*. 63: 867- 874.

Sibert, J.; Hampton, J.; Kleiber, P. & Maunder, M. 2006. Biomass, size, and trophic status of top predators in the Pacific Ocean. *Science*. 314: 1773- 1776.

Sims, D. W. 2005. Differences in habitat selection and reproductive strategies of male and females sharks. En: Ruckstuhl, K. E. & Neuhaus, P. (Eds). *Sexual Segregation in Vertebrates: Ecology of the Two Sexes.* Cambridge University Press, Inglaterra. pp. 127- 147.

Smale, M. J. 1996. Cephalopods as prey. IV. Fishes. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*. 351: 1067- 1081

Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1987. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume H. Ediciones, Madrid, España. pp. 832.

Stehmann, M. F. W. 2002. Proposal of a maturity stages scale for oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces, Chondrichthyes). *Archive of Fishery and Marine Research*. 50(1): 23- 48.

Steven, G. A. 1932. Rays and skates of Devon and Cornwall II. A study of the fishery, with notes on the occurrence, migrations and habits of the species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 18: 1- 34.

Steven, G. A. 1933. Rays and skates of Devon and Cornwall. III. The proportions of the sexes in nature and in commercial landings and their significance to the fishery. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 18: 611-625.

Stevens, D. J.; Bonfil, R.; Dulvy, N. K. & Walker, P. A. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*. 57: 476- 494.

Stewart, F. J. & Cavanaugh, C. M. 2006. Bacterial endosymbioses in *Solemya* (Mollusca: Bivalvia)—Model systems for studies of symbiont–host adaptation. *Antonie van Leeuwenhoek*. 90: 343- 360.

Tamini, L. L.; Chiamonte, G. E.; Perez, J. E. & Cappozzo, H. L. 2006. Batoids in a coastal trawl fishery of Argentina. *Fisheries Research*. 77: 326- 332.

Templeman, W. 1984. Variations in numbers of median dorsal thorns and rows of teeth in Thorny skate (*Raja radiata*) of the Northwest Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science*. 5: 171- 179.

Templeman, W. 1987a. Length-weight relationships, morphometric characteristics and thorniness of Thorny skate (*Raja radiata*) from the Northwest Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science*. 7: 89- 98.

Templeman, W. 1987b. Differences in sexual maturity and related characteristics between populations of Thorny skate (*Raja radiata*) in the Northwest Atlantic. 7: 155-167.

Tirasin, E. M & Jorgensen, T. 1999. An evaluation of the precision of diet description. *Marine Ecology and Progress Series*. 182: 243- 254.

Treolar, M. A.; Laurenson, L. J. B. & Stevens, J. D. 2007. Dietary comparisons of six skate species (*Rajidae*) in south-eastern Australian waters. *Environmental Biology of Fishes*. 80(2-3):181- 196.

Vannuccini, S. 1999. Shark utilization, marketing and trade. FAO Fisheries Technical Paper N° 389. <http://www.fao.org/docrep/005/x3690e/x3690e00.htm>.

Volpedo, A. V. & Echeverria, D. D. 2000. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. 1. Peces de importancia comercial. Editorial Dunken. Buenos Aires, Argentina. pp 90.

Vooren, C. M. & Klippel, S. 2005. Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil. Igaré, Porto Alegre, Brasil. pp 261.

Walker, P. A. & Hislop, J. R. G. 1998. Sensitive skates or resilient rays?. Spatial and temporal shifts in ray species composition in the central and north-western North Sea between 1930 and the present day. *ICES Journal of Marine Science*. 55: 392-402.

Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. *Marine and Freshwater Research*. 49 : 553- 572.

Walker, T. I. 2005. Reproduction in Fisheries Science. En: Hamlett, W.C. (Ed.). *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes. Sharks, Batoids and Chimaeras*. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. pp. 81-128.

Walters, C. 2003. Folly and fantasy in the analysis of spatial catch rate data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 60: 1433- 1436.

Wearmouth, V. J. & Sims, D. W. 2008. Sexual segregation in marine fish, reptiles, birds and mammals: Behaviour patterns, mechanisms and conservation implications. *Advances in Marine Biology*. 54: 107- 170.

Wetherbee, B. M. & Cortés, E. 2004. Food consumption and feeding habits. En: Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. (Eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, USA. pp. 225- 246.

Wilk, S. J.; Morse, W. W. & Stehlik, L. L. 1990. Annual cycles of gonad-somatic indices as indicators of spawning activity for selected species of finfish collected from the New York Bight. *Fishery Bulletin*. 88: 775- 786.

Worm, B.; Barbier, E. B.; Beaumont, N.; Duffy, J. E.; Folke, C.; Halpern, B.; Jackson, J. B. C.; Lotze, H. K.; Micheli, F.; Palumbi, S. R.; Sala, E.; Selke, K. A.; Stachowicz, J. Watson, R. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*. 314: 787- 790.

Wourms, J. P. 1977. Reproduction and development in Chondrichthyan fishes. *American Zoologist*. 17: 379- 410.

Wourms, J. P. & Demski, L. S. 1993. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: Introduction, history, overview, and future prospects. *Environmental Biology of Fishes*. 38: 7- 21.

Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2<sup>nd</sup> Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, USA. pp. 718.