



**TESINA PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**CARACTERÍSTICAS ECO-
MORFOMÉTRICAS DE LOS OTOLITOS
SAGITTA DE *Genypterus blacodes* y
Genypterus brasiliensis PROVENIENTES
DE LA ZONA COMÚN DE PESCA
ARGENTINO-URUGUAYA**

Martina Viera

Orientador: Dra. María Inés Lorenzo (DINARA-MGAP,
Uruguay)

Co-Orientador: Dra. Alicia Acuña Plavan (Facultad de
Ciencias, UDELAR)

Tribunal:

Alicia Acuña

María Inés Lorenzo

José Verocai

Octubre, 2011

Contenido General

Agradecimientos	.....	i
Resumen	.....	ii
1. Introducción		
1.1 Pesquería	.....	1
1.2 Características biológicas de las especies	.....	2
1.3 Otolitos	.....	3
1.4 Hipótesis y Objetivos	.....	5
2. Materiales y métodos		
2.1 Área de estudio	.....	6
2.2 Muestreo biológico	.....	7
2.3 Relaciones alométricas y diferencias entre los otolitos derecho e izquierdo	.....	8
2.4 Relaciones alométricas entre las variables del otolito y la talla del pez	.....	10
2.5 Descripción morfológica de los otolitos sagita	.....	10
2.6 Diferencias en los <i>sagitta</i> según la ontogenia de las especie	.....	12
3. Resultados		
3.1 Distribución de <i>G. blacodes</i> y <i>G. brasiliensis</i> en la ZCPAU	.....	13
3.2 Composición en talla de las muestras	.....	15
3.3 Estadísticos descriptivos del otolito	.....	16
3.4 Relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito y la talla del pez	.....	17
3.5 Variaciones en la forma del otolito con la talla del pez	.....	20
3.6 Descripción morfológica de los otolitos sagita	.....	20
4. Discusión		
4.1 Descripción morfológica de los sagitta de las especies de <i>G. blacodes</i> y <i>G. brasiliensis</i>	.....	22
4.2 Diferencias entre especies	.....	23

4.3 Variaciones morfológicas de los otolitos vs. talla de los individuos	.....	25
5. Conclusiones	.....	26
6. Referencias bibliográficas	.....	28

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma me acompañaron en este camino. A mi familia (a los que están y a los que ya se fueron), a mis amigos, mis compañeros y todos aquellos que me alentaron a realizar éste trabajo. A Inés por darme su apoyo académico y humano y por mostrarme el mundo de los otolitos, a Alicia y José por contribuir con sus aportes a enriquecer éste trabajo. Y a todos los que de alguna forma contribuyeron para darle un cierre a éste ciclo.

RESUMEN

Dos especies de *Genypterus* (*Genypterus blacodes* y *Genypterus brasiliensis*) son reportadas habitando la ZCPAU. *G. blacodes* es capturada con fines comerciales fundamentalmente por Argentina y en menor medida por Uruguay, mientras que *G. brasiliensis* no es capturada por estos países con fines comerciales. Sin embargo, es un recurso potencial ya que forma parte de los recursos de pesquerías del sur de Brasil. A pesar de ser especies distintas y no compartir totalmente su rango de distribución, ambas especies son incluidas dentro del grupo ecológico bentónico. Las especies bentónicas comparten ciertas características que repercuten en estructuras morfológicas como es el caso de los otolitos. El objetivo de este trabajo se basó en caracterizar morfológicamente a los otolitos *sagitta* de ambas especies y estudiar si presentan características ecomorfológicas similares atribuibles a las especies bentónicas. A su vez, se estudió las diferencias morfométricas y merísticas de los otolitos *sagitta* de las especies consideradas según rango de tallas. A partir de la caracterización morfológica de los *sagitta* de ambas especies se encontraron características similares que responden al grupo ecológico bentónico. A su vez se encontraron diferencias morfométricas y merísticas en los *sagitta* de ambas especies según rango de tallas.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Pesquería

La costa atlántica de América del Sur es una de las pocas áreas de pesca del mundo donde aún existen recursos pesqueros abundantes y de valor potencial, prácticamente subexplotados (Volpedo 2001). Para el manejo de dichos recursos se deben realizar diversos estudios sobre las especies existentes en el área, tanto sobre las especies que son explotadas comercialmente como aquellas con potencial de serlo (Volpedo 2001; Teixeira 2008). Uno de los recursos distribuido por el Hemisferio Sur cuya explotación ha comenzado muy recientemente y data de finales de la década de 1980, principios de 1990, es el caso de las especies conocidas como abadejos, pertenecientes al género *Genypterus* (Astarola & Figueroa 1993; Teixeira 2008).

Las especies que forman el género *Genypterus* pertenecen al orden Ofidiformes y a la familia Ophiidae. Solo algunas de las especies pertenecientes a este género son capturadas como recursos económicos, la gran mayoría son consideradas como fauna acompañante y desechadas por parte de la flota pesquera. Sin embargo, las especies que son capturadas con fines comerciales llegan a formar parte de los principales recursos pesqueros de Argentina, Brasil, Chile, Australia y Nueva Zelanda (Garciaarena 1989; Cordo et al. 2002; Machinandiarena et al. 2003; Cordo 2006; Wiff et al. 2007; Teixeira 2008).

Con respecto a las especies de *Genypterus* que se hallan en la zona sur del Océano Atlántico, se encuentran las especies: *Genypterus blacodes* (Forster, 1801) y *Genypterus brasiliensis* (Regan, 1903). La primera es importante en términos de captura comercial para Argentina y Uruguay (http://www.ctmfm.org/estadisticas/estad_capt.asp) y la segunda es un importante recurso en las pesquerías del sur de Brasil (Teixeira 2008).

En Uruguay habitan las dos especies, *G. blacodes* y *G. brasiliensis*, las cuales coexisten entre la latitud 35 ° y hasta la latitud 47 °, encontrándose distribuidas entre profundidades de 40 a 1000 m (Astarola & Figueroa 1993). A pesar de que ambas especies cohabitan en parte de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU), únicamente *G. blacodes* es capturada con fines comerciales en dicha zona, fundamentalmente en Argentina (Astarola & Figueroa 1993). Según estadísticas de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (CTMFM) la captura de dicha especie por año muestra que hacia 1996 se capturaban 3236 toneladas en la ZCPAU, de las cuales solo el 1.3 % correspondía a la captura por parte de Uruguay. En nuestro país, *G. blacodes* es conocida por ser capturada como fauna acompañante de la merluza (*Merluccius hubbsi*) mediante redes de arrastre de fondo, uno de los hechos principales que dificulta la implementación de una reglamentación para su captura (Garciaarena 1989). Asimismo, las estadísticas muestran que hacia el año 2008 solo se capturaron 276 toneladas de las que un 30.8 % corresponden a la captura hecha por Uruguay

(http://www.ctmfm.org/estadisticas/estad_capt.asp), evidenciando una fuerte disminución de las toneladas de captura para la zona.

Por otra parte, *G. brasiliensis* no es capturada de manera comercial en la ZCPAU, sin embargo presenta elevado valor comercial en Brasil constituyendo un recurso importante en las pesquerías del litoral sudeste y sur de ese país (Teixeira 2008). Como potencial recurso pesquero de aguas de Uruguay es importante disponer de la mayor información posible sobre esta especie, lo que permitirá diagramar planes sustentables de manejo pesquero (Haimovici 1998). Sin embargo, de acuerdo con Teixeira (2008) se dispone de poca información sobre esta especie.

1.2.- Características biológicas de las especies

Ambas especies se las puede caracterizar por poseer hábitos bénticos demersales, con un comportamiento sedentario cuyos adultos viven enterrados en el fondo (Wiff et al. 2007, Cousseau & Perrota 2000). Su alimento se basa en diversos peces así como cefalópodos, crustáceos y otros organismos de fondo como los poliquetos (Cousseau & Perrota 2004). Ejemplares de *G. blacodes* originarios del Atlántico Sudoccidental, fueron descritos por Garciarena (1989) por poseer cuerpo anguiliforme y alargado, con cabeza cónica y hocico romo. Por otra parte, la descripción de *G. brasiliensis* reveló que al igual que *G. blacodes* presenta cuerpo alargado y anguiliforme con cabeza cónica y hocico romo (Garciarena 1989). Sin embargo, dentro de las características que distinguen a la especie se destaca a simple vista su coloración rosada más pálida con ausencia de manchas (Garciarena 1989; Astarola & Figueroa 1993).

G. blacodes habita aguas del Atlántico sudoccidental y su distribución ocurre desde Brasil hasta el extremo sur del continente (Astarola & Figueroa 1993). Asimismo esta especie habita aguas del Pacífico, en la parte sudoccidental fundamentalmente en el sur de Australia y alrededor de Nueva Zelanda (Horn 1993; Smith & Paulin 2003;) así como en el sudeste a la altura de Chile (Wiff et al. 2007). Por otra parte *G. brasiliensis* se distribuye en aguas del Atlántico sudoccidental desde la altura de Río de Janeiro hasta el norte de Argentina (Teixeira 2008). En aguas del Atlántico sudoccidental las mayores densidades de ambas especies ocurren para *G. blacodes* a la altura del sur de Argentina, mientras que para *G. brasiliensis* ocurre a la altura de Río de Janeiro (Nielsen et al. 1999).

Ambas especies presentan sus desoves en los meses cálidos. De esta forma, se registran los desoves de *G. blacodes* en verano para la región del Atlántico Sudoccidental (Cordo et al. 2002), mientras que para *G. brasiliensis* su desove ocurre entre la primavera tardía y mediados de verano (Teixeira 2008). Para ambas especies la talla de primera madurez sexual se alcanza a los 4 años, correspondiendo a 708 mm para *G. blacodes* (Cordo et al. 2002) y 527 mm para *G. brasiliensis* (Teixeira 2008). Esta diferencia de tallas pone de manifiesto que individuos de *G. blacodes* pueden alcanzar tallas mayores que *G. brasiliensis*. Asimismo, para ambas especies, se han registrado valores de tasas de crecimiento en hembras mayores que para machos (Cordo et al. 2002; Teixeira 2008). Si bien los hábitos tróficos de estas especies son bentónicos y muy similares *G. blacodes*

prefiere alimentarse de pequeños peces (Renzi 1986) mientras que *G. brasiliensis* prefiere alimentarse de crustáceos y moluscos (Teixeira 2008). Asimismo, Teixeira (2008) pone de manifiesto la existencia de canibalismo así como la ocurrencia de restos de *G. blacodes* en estómagos de *G. brasiliensis*. Sin embargo, este hecho no afecta su coexistencia natural, la cual ocurre en gran parte de la costa uruguaya, fundamentalmente en la ZCPAU. A pesar de coexistir, las mayores densidades de ambas especies presentan distribución diferenciada dentro de la ZCPAU. Este rango de distribución diferencial, pone de manifiesto que ambas especies simpátricas presentan nichos diferentes lo que permite su coexistencia natural.

Como fue mencionado anteriormente, estas especies de abadejos comparten características ecológicas como son: sus hábitos tróficos, sus preferencias por sustratos blandos y su distribución en ecosistemas bentodemersales. Estas características las hacen ser especies clasificadas dentro del grupo ecológico definido como bentónico, de acuerdo a lo expuesto por Volpedo & Echevarría (2002). Estas similitudes llevan a que las mismas puedan compartir algunas características morfológicas fundamentalmente en las estructuras que poseen fuerte relación con el medio, como es el caso de los órganos de los sentidos. Una de las estructuras más pequeñas pero con amplia información sobre la vida de los peces son los otolitos. Dichos cuerpos óseos, a pesar de poseer una morfología única para cada especie, presentan patrones ecomorfológicos según el grupo ecológico al que pertenezcan las especies, de acuerdo a lo encontrado por Volpedo & Echevarría (2002). Éste trabajo trata de dilucidar si se observan los mismos patrones ecomorfológicos en los *sagitta* de estas especies y los *sagitta* de otras especies bentónicas.

1.3.- Otolitos

Los otolitos de los teleósteos son cuerpos policristalinos localizados en el oído interno cuya función es intervenir en la percepción del sonido y en el equilibrio (Gauldie 1988). Por un lado detectan las vibraciones de la masa de agua y por otro son sensibles a los movimientos de la cabeza en relación con la atracción gravitatoria (Tuset 2000; Morales-Nin 2002). Los peces óseos presentan tres pares de otolitos denominados *sagitta*, *asteriscus* y *lapillus* ubicados en el sáculo, la lagena o el utrículo respectivamente, estructuras que forman parte del oído interno las cuales son denominadas máculas (Tuset 2001; Morales-Nin 2002). En la mayoría de los peces el par de *sagittas* es el de mayor tamaño y fácil acceso, por lo mismo, la mayoría de los trabajos se realizan sobre este par.

De forma general, los otolitos están compuestos principalmente por cristales de carbonato de calcio precipitados en forma de aragonita. Dichos cristales se disponen concéntricamente sobre un núcleo central y se encuentran unidos por una matriz orgánica compuesta por una proteína fibrosa del tipo colágeno denominada otolina. El agregado de calcio responde a un proceso extracelular que se encuentra regulado hormonalmente e influenciado por variaciones ambientales (Morales-Nin 2002). Las tasas de incremento de carbonato de calcio, observables a través de la forma del otolito, varían a lo largo de la

ontogenia. Dichas variaciones intraespecíficas en otolitos han sido atribuidas a diferencias en el tamaño del cráneo así como a diferencias en las tasas metabólicas ligadas a variaciones ambientales y físicas, como el fotoperíodo, temperatura, profundidad, alimentación, crecimiento y relaciones filogenéticas (Campana & Nelson 1985; Begg & Waldman 1999). En consecuencia, los distintos rangos de tallas pueden presentar diferencias en la forma de estas estructuras. Trabajos sobre otras especies revelaron diferencias morfológicas importantes entre *sagitta* de adultos y juveniles (Tombari et al. 2005). Más aún, de acuerdo con Volpedo & Echevarría (1999) la *sagitta* experimenta importantes variaciones morfológicas durante toda la ontogenia. El incremento de la talla de los peces es un factor fundamental en la determinación de cambios morfológicos que sufren los otolitos de todas las especies (Munk & Smikrud 2002). Sin embargo, ciertos caracteres aparecen en etapas muy tempranas del desarrollo ontogenético y se mantienen durante toda la vida (Volpedo & Echeverría 1999; Tuset 2000; Volpedo 2001; Waeslle et al. 2003; Tombari et al. 2005). Por este motivo se considera importante el estudio de la morfología durante la ontogenia como forma de comprobar si existen diferencias morfológicas en las *sagitta* de una misma especie durante todo su ciclo de vida o al menos según su rango de tallas.

La forma y los patrones de crecimiento de estos tres pares de otolitos son propios de cada especie lo que posibilita la diferenciación en base a la morfología. Los factores ambientales tales como la profundidad, el tipo de sustrato, la temperatura del agua así como hábitos tróficos también influyen en el tamaño y forma de los otolitos (Morales-Nin 2002; Volpedo & Echeverría 2003). Estas diferencias en la forma de estas estructuras relacionadas con factores ambientales son conocidas como diferencias eco-morfológicas y se utilizan comúnmente para estudiar diferencias entre especies (Tuset et al. 2010) y entre grupos ecológicos (Volpedo & Echevarría 2002; Volpedo & Fuchs 2010). Se han observado patrones ecomorfológicos en otolitos de especies pertenecientes al grupo ecológico bentónico, los patrones observables responden a: la forma, los márgenes y el tipo de *sulcus* de los otolitos (Volpedo & Echevarría 2002; Volpedo & Fuchs 2010).

De forma general se destaca el análisis de los otolitos para diferenciación de stocks (Tuset 2000; Volpedo 2001; Bergenius et al. 2005; Murta et al. 2008; Stransky 2008), estudios de ecología trófica (Mollo 1981), paleontología (Campana & Nelson 1985), edad y crecimiento (Tuset 2000; Morales-Nin 2002; Teixeira 2008) e incluso estudios de bioindicadores y construcciones de patrones de migración (Volpedo 2000; Tuset et al., 2010). Siendo quizá una de las más importantes aplicaciones que se les da a los otolitos, el estudio de su morfología como herramienta taxonómica para caracterizar y diferenciar especies (Garciaarena 1989; Tuset 2000; Volpedo 2001; Smith 2003; Martínez Pérez et al. 2007; Tuset et al. 2010).

A pesar de contar con algunos trabajos como antecedentes de las especies de abadejo estudiadas (Garciaarena 1989; Astarola & Figueroa 1993; Horn 1993; Smith et al. 2003; Cordo et al. 2006; Teixeira 2008), se cuenta con muy poca información sobre la caracterización de las especies capturadas en la región del Atlántico Sudoccidental así

como estudios de la ontogenia de dichas especies. Por este motivo la realización del presente trabajo se presenta como un complemento de información sobre estas especies de importancia comercial susceptibles a la pesca.

Entre las formas más utilizadas para la caracterización de otolitos se encuentra, el análisis de las medidas morfométricas para su posterior comparación mediante regresiones lineales y la digitalización de imágenes. El presente trabajo se basa en la utilización de dichos métodos para el estudio de los *sagitta* de *G. blacodes* y *G. brasiliensis*, ya que el primero permite detectar diferencias entre morfometría de los mismos para dos especies distintas y el segundo permite detectar diferencias en los otolitos según las tallas de los individuos. El objetivo de este trabajo es caracterizar morfológica y morfométricamente los otolitos *sagitta* de *G. blacodes* y *G. brasiliensis*, analizar dichas diferencias en relación a las diferentes tallas y determinar si se observa un patrón ecomorfológico similar en los otolitos de ambas especies y que sea compartido por especies del mismo grupo ecológico.

De forma general, éste trabajo pretende acrecentar el conocimiento bio-ecológico de ambas especies y contribuir a futuros estudios sobre las mismas.

1.4.- Hipótesis

- Los otolitos *sagitta* de *G. blacodes* y *G. brasiliensis* presentan características ecomorfológicas similares a pesar de ser especies distintas y de no compartir totalmente el mismo rango de distribución, relacionadas con el grupo ecológico al cual pertenecen.
- Las diferencias morfométricas de los otolitos *sagitta* en una misma especie son consecuencia de la diferencia de tallas entre los ejemplares.

Objetivo

Caracterizar los otolitos *sagitta* de las especies *G. blacodes* y de *G. brasiliensis* provenientes de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay mediante el estudio morfológico y morfométrico de estas estructuras y relacionar dichas características con el grupo ecológico al cual pertenecen.

Objetivos específicos

- Determinar si existen diferencias entre otolitos derecho e izquierdo para ambas especies mediante análisis estadísticos.
- Describir la morfología del otolito *sagitta* de *G. blacodes* y *G. brasiliensis*.
- Calcular las relaciones alométricas del *sagitta* de ambas especies.
- Analizar las relaciones entre la morfología y morfometría del otolito y el rango de tallas del pez.
- Determinar las diferencias y/o similitudes morfométricas así como las características morfológicas de los otolitos de ambas especies.

- Establecer una correspondencia entre las características ecomorfológicas del otolito *sagitta* de ambas especies y el observado para otras especies que comparten el mismo grupo ecológico.
- Analizar las frecuencias de tallas de los individuos muestreados de ambas especies.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Área de estudio

Los ejemplares de las especies *G. blacodes* y *G. brasiliensis* provinieron de los muestreos biológicos realizados a bordo del B/I “*Aldebarán*” en campañas dirigidas para la evaluación de merluza (*Merluccius hubbsi*) área de distribución del recurso en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU) entre los 34°30'- 39°30'S entre los 57 y 245 m de profundidad.

El área se encuentra influenciada por la presencia de la corriente de Brasil, existiendo una zona de confluencia entre dicha corriente y la corriente de las Malvinas. Esta confluencia está indicada entre los frentes subtropicales indicados por las isothermas de 15° y 18°. Es en esta zona donde se encuentran los máximos gradientes de temperatura horizontal (Norbis & Sverov, 1997).

El diseño y plan de campaña corresponde a un muestreo estratificado al azar por latitud y profundidad con asignación proporcional al área (Fig. 1). La operación de arrastre en el curso de los lances de muestreo, se realizó con una red de gran apertura Engel, de 80 mm de malla en el copo. Los lances tuvieron una duración estándar de 30 minutos, y se realizaron a una velocidad de 3 nudos.

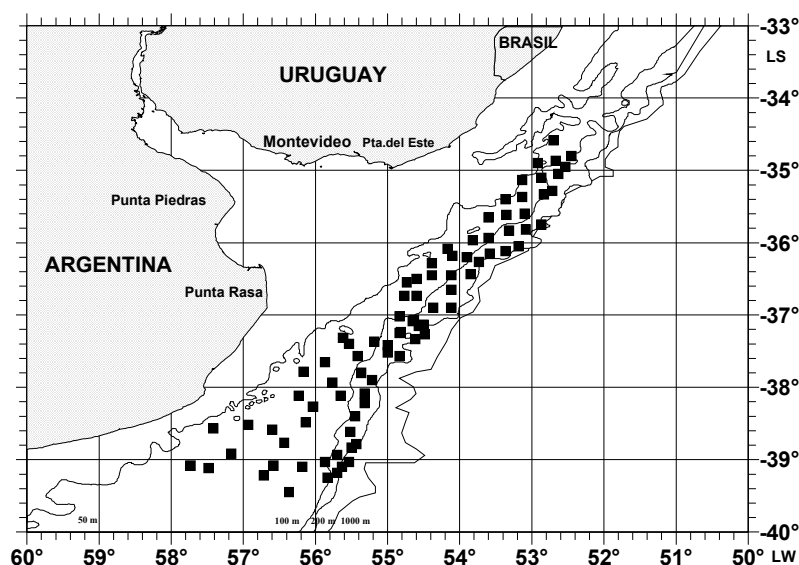


Figura 1. Mapa de ZCPAU con lances de pesca realizados en campaña de altura dirigida a merluza.

Las muestras provienen de campañas de investigación correspondientes a otoño de 1994, 1995, 1998 y 2008 conjuntamente con una campaña de primavera del año 1995. Se registraron los valores de las variables ambientales temperatura y salinidad por campaña. Mediante la diagramación de un mapa de distribución se observaron las diferencias entre las distribuciones de ambas especies.

2.2.- Muestreo biológico

Una vez obtenidos los ejemplares se procedió al muestreo biológico de los mismos en fresco. En cada individuo se registró la longitud total (mm), definida por la distancia entre el extremo anterior del rostro y los extremos del lóbulo caudal. Dicha medida se tomó sobre un ictiómetro colocando al pez sobre su lado derecho siguiendo una dirección paralela al eje céfalo-caudal del cuerpo. A su vez se registró sexo, grado de madurez y se les extrajo el par de otolitos *sagitta* debido a que es el que presenta mayor desarrollo y mayores variaciones interespecíficas que los otros dos pares de otolitos. Para la extracción de los otolitos se realizó un corte transversal, entre el borde posterior de los ojos y el anterior al opérculo, lo que permitió acceder al aparato vestibular. Los otolitos se extrajeron con pinzas siendo acondicionados y secados para su almacenamiento en sobres de papel previamente rotulados con los detalles de los datos que los identificaron.

Las características ambientales generales de cada año en el área muestreada se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores medios de los parámetros: profundidad, temperatura de superficie y fondo y salinidad de superficie y fondo por campaña de captura.

Tabla 1.

	Otoño 1994	Otoño 1995	Otoño 1998	Otoño 2008
Profundidad (m)	110	112	110	99
Temperatura superficie (°C)	9,28	10,8	15,4	12,8
Temperatura fondo (°C)	8,01	8,66	7,52	7,2
Salinidad superficie	33,7	33,7	33,7	s/d
Salinidad fondo	33,8	33,8	33,7	s/d

2.3.- Relaciones alométricas y diferencias entre los otolitos derecho e izquierdo

Se examinó la existencia de diferencias entre las variables descriptivas del otolito derecho e izquierdo (longitud, anchura y peso), mediante la comparación de medias para cada especie, con el fin de demostrar la validez de la elección de uno u otro otolito en estudios posteriores. Para lo que se realizó una prueba de t de Student ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico Statistica 6.0. Dichas medidas correspondieron a:

Longitud total (L_o , mm): distancia existente entre el margen anterior y posterior (Fig. 2).

Ancho (A_o , mm): definido como la distancia entre el margen superior y el inferior (Fig. 2).

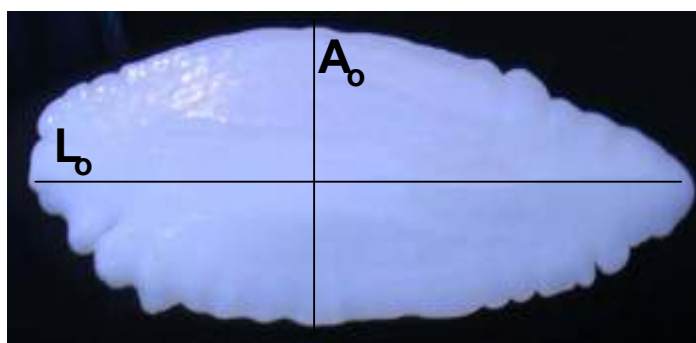


Figura 2. Medidas de la longitud (L_o) y anchura (A_o) del otolito *sagitta*.

Ambas medidas fueron tomadas mediante lupa estereoscópica Olympus SZ6 11TR con iluminador 12V7100W, iluminador de luz por fibra óptica LG PS2, 12V100W, guía de luz doble LG-DI, para iluminación incidente para luz transmitida a 10 aumentos en

campo negro. A su vez se registró el *Peso del otolito* (Po, g) con una balanza Ohaus de 0.001g de precisión.

La descripción de la morfología de los otolitos *sagitta* de ambas especies de *Genypterus* fue mediante cámara de fotografía digital OLYMPUS SC20 con una resolución de 1596 x 1196 pixeles, cuyo rango dinámico es de 3 x 10 bites, con una velocidad mayor a 30 bfps, una interfase PC: USB 2.0 y una montura en C en campo negro. El análisis de las imágenes se realizó con un Analizador de Imágenes AGE & SHAPE, INFAIMON 2007.

Para saber cuan esféricos o elongados son los otolitos se calculó el índice de esfericidad de acuerdo con lo expuesto por Volpedo & Echevarría (2003) para ambas especies. Dicho índice se define como la relación entre el ancho del otolito y el largo del mismo:

$$E = Ao/Lo * 100$$

Donde,

E: índice de esfericidad

Ao: ancho del otolito (mm)

Lo: largo del otolito (mm)

Debido a la relación existentes entre el tamaño del pez y las variables morfológicas, estas últimas fueron estandarizadas a la longitud total del pez de acuerdo con lo propuesto por Lombarte & Lleonart (1993) como forma de filtrar los efectos por alometría. Para lo mismo se utilizó la ecuación $Y = aX^b$ ajustada, utilizando la transformación logarítmica para homogenizar los residuos y obtener la siguiente ecuación:

$$Z_i = Y_{ij} \left[X_o^{b_j} / X_i \right]$$

Donde,

Y_{ij} : medida de la variable morfológica del otolito i y j el individuo.

X_i : longitud del cuerpo del individuo j.

X_o : longitud del cuerpo de referencia (en este caso valor promedio de la talla de todos los individuos para todas las especies).

B_j : parámetro alométrico que relaciona la variable dependiente Y_i con la variable independiente X .

Zi: valor que debería medir Yij si la longitud del pez fuese Xo considerando su crecimiento alométrico y sus residuos (Lombarte & Lleonart 1993).

2.4.- Relaciones alométricas entre las variables del otolito y la talla del pez

Se calcularon las siguientes relaciones alométricas entre las variables del otolito y la talla del pez:

1. Longitud máxima del otolito (Lo) y Longitud total del pez (Lt)
2. Ancho máximo del otolito (Ao) y Longitud total del pez (Lt)
3. Peso total del otolito (Po) y Longitud total del pez (Lt)

Para el estudio de la relación Peso total del otolito (Po) y Longitud total del pez (Lt) se empleó el modelo de regresión exponencial, siendo a y b los coeficientes de correlación entre las variables que fueron consideradas:

$$y=ae^{bx}$$

Para el estudio de las demás relaciones se empleó el modelo de regresión lineal simple.

$$y=ax+b$$

Para la determinación de los coeficientes a y b se ajustó el modelo a la serie de datos transformados a logaritmo neperiano. Para lo cual se realizó un análisis de regresión lineal utilizando el método de los mínimos cuadrados:

$$\text{Log}(y)=\text{Log}(a)+b\text{Log}(x)$$

Las pendientes de las relaciones entre el largo del pez y entre las variables largo, ancho y peso del otolito fueron comparadas entre especies mediante test de *t* de Student.

Para determinar las características según la talla en ambas especies se establecieron rangos de tallas cubriendo toda la distribución de tallas. Se procedió a la toma de imágenes de cada otolito.

Mediante test de *t* de Student se comprobó la existencia de diferencias significativas entre las especies consideradas para las variables morfométricas estudiadas, utilizando el programa estadístico Statistica 6.0.

2.5.- Descripción morfológica de los otolitos sagitta

La descripción de los otolitos *sagitta* de las especies, se realizó siguiendo una uniformidad de denominaciones, utilizados en la descripción de *sagitta* en base a la

compilación y revisión de las definiciones aplicadas por otros autores en trabajos similares (Nolf 1985; Smale et al. 1995; Rivaton & Bourret 1999; Assis 2000, 2004; Campana 2004; Furlani et al. 2007; Merchant et al. 2007). Las descripciones se centraron sólo en las características principales de los otolitos de manera que se pudieron utilizar más fácilmente en la identificación de especies:

Forma del otolito: Los otolitos tienen diversos esquemas de forma con considerable variación inter e intraespecífica. Este carácter es muy subjetivo ya que no existe una clasificación estándar de la forma y la asignación depende de los investigadores. Se definirán diferentes formas como prototipos. Sin embargo, dado que la forma de un otolito no siempre se puede acoplar exactamente a formas típicas definidas, o cuando existe una variación dentro de la muestra de una especie particular, se llegó a la forma más representativa.

El surco acústico: es una parte propia y específica del otolito *sagitta*, sus características se encuentran entre las características más importantes para la identificación de especies. Se registró el tipo de apertura mostrada por el *sulcus*, la posición del mismo así como relación morfométrica entre el ostium y la cauda (Fig. 3).

Ostium: es el componente más diverso del surco en términos de forma. Su diversidad no solo está relacionada con el área de la región anterior la cual se hunde para formar el *sulcus*, sino también a la región donde la *cauda* se conecta con el *ostium* (Fig. 3).

Cauda: se determinaron los diferentes tipos de cauda considerando preferentemente su curvatura (Fig. 3).

Márgenes de los otolitos: pequeñas protuberancias, cortes y hendiduras de los márgenes son útiles para la caracterización de las especies.

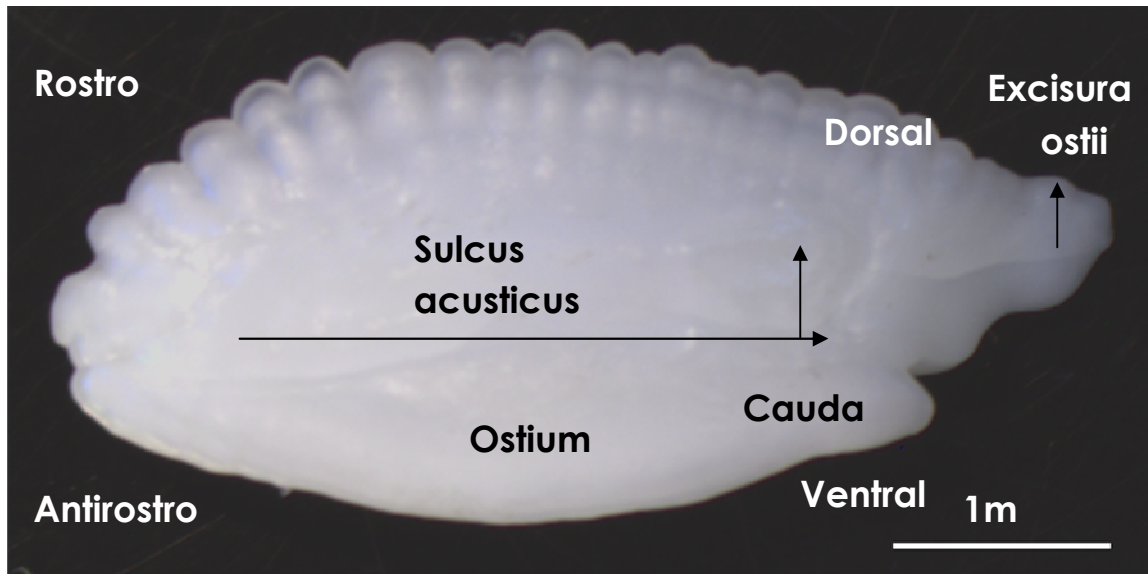


Figura 3. Imagen de otolito *sagitta* de *G. blacodes* perteneciente a un ejemplar de 54 cm de longitud total.

Las características morfológicas comparadas para el análisis y comparación de los patrones ecomorfológicos fueron: la forma de los otolitos, los márgenes y el tipo de *sulcus*.

2.6.- Diferencias en los *sagitta* según la talla

El estudio de los cambios morfológicos en los *sagitta* por especie de acuerdo con el aumento de la talla del pez fue estudiado mediante la comparación del parámetro de forma esfericidad (E) entre las distintas tallas así como mediante la comparación de imágenes.

3.- Resultados

3.1.- Distribución de *G. blacodes* y *G. brasiliensis* en la ZCPAU

La captura de las especies *G. blacodes* y *G. brasiliensis* presentó leves diferencias dentro de la ZCPAU (Figs. 4 y 5). El área donde se capturó a los individuos de *G. blacodes* estuvo comprendida entre los 35.9° y hasta los 39.5° (Fig. 4), mientras que la captura de *G. brasiliensis* ocurrió en el área comprendida entre los 34.5 ° y hasta los 37.9° (Fig. 5).

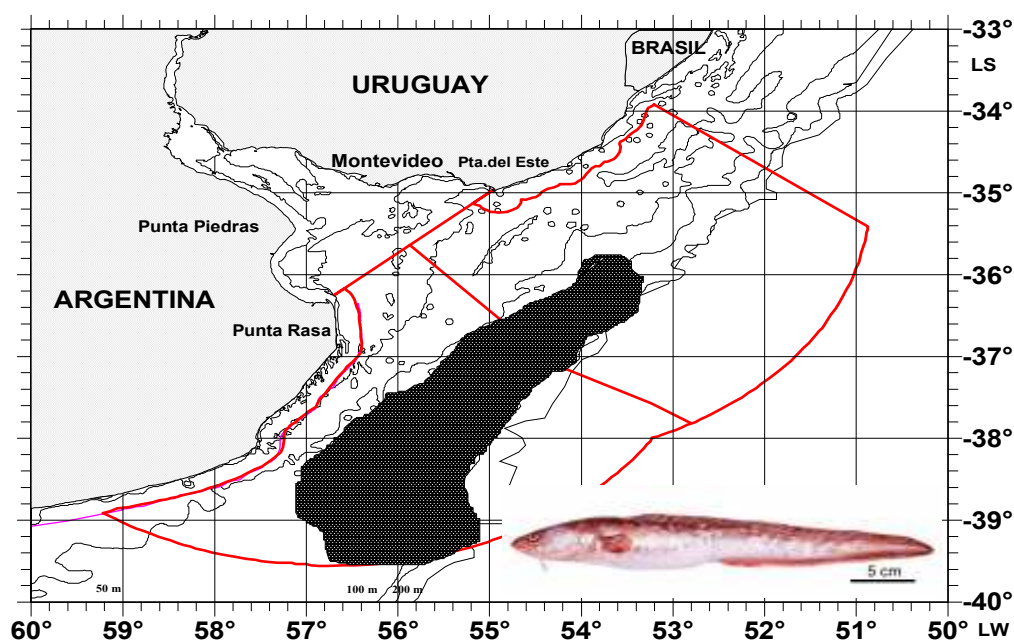


Figura 4. Área de captura de la especie *G. blacodes*

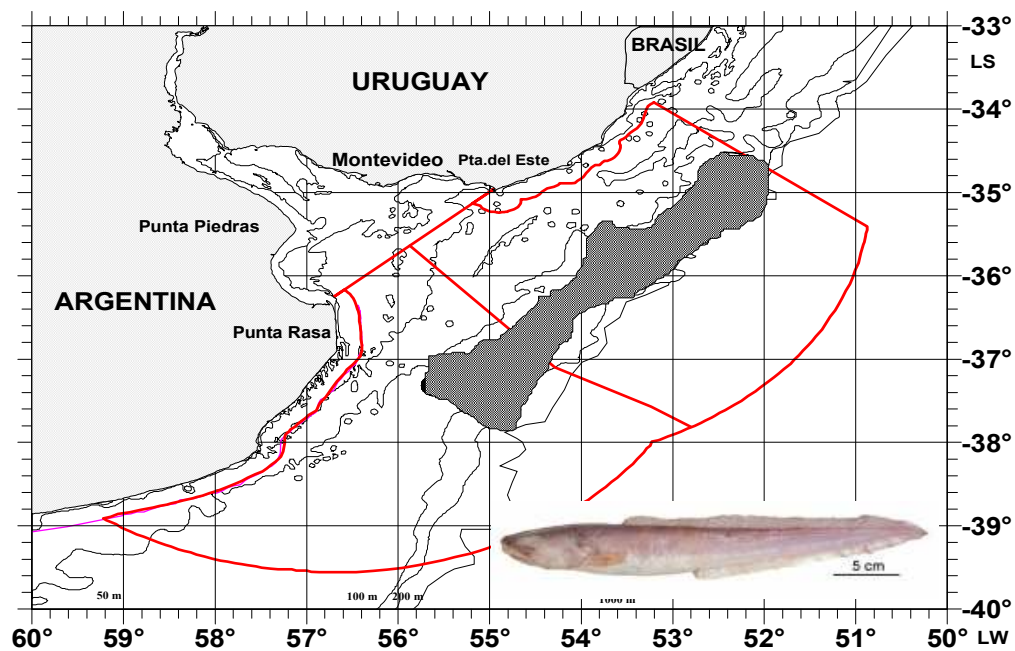


Figura 5. Área de captura para la especie *G. brasiliensis*

Tabla 2. Valores medios de profundidad, temperatura media superficial y fondo y salinidad media superficie y fondo en el área de distribución dentro de la ZCPAU de ambas especies.

	<i>G. blacodes</i>	<i>G. brasiliensis</i>
Profundidad (m)	110	111
Temperatura superficial (°C)	9.2	10.8
Temperatura de fondo (°C)	6.9	9.2
Salinidad superficial	33.7	33.7
Salinidad fondo	33.8	33.8

Los sitios de captura de las especies mostraron leves diferencias entre sí con respecto a la temperatura (Tabla 2). Los resultados encontrados en este trabajo muestran que las temperaturas de fondo promedio de los lugares donde fueron capturadas ambas especies se diferencia en 2.25 °C, mientras que las temperaturas de superficie se diferencian en 1.60 °C ($p \leq 0.05$).

3.2.- Composición en talla de las muestras

El número de individuos y los rangos de tallas de las especies consideradas se presentan en la Tabla 3, por otro lado la distribución de tallas se ilustra en la Figura. 6. Los valores de talla más elevados se observaron en la especie *G. blacodes* mientras que en *G. brasiliensis* los valores fueron ligeramente más bajos ($p < 0.05$).

Tabla 3. Rango de tallas por especies, donde se registraron valores de longitud total máxima, mínima, promedio, desvío estándar (ds) y número de individuos (n).

Lt (mm)	<i>G. blacodes</i>	<i>G. brasiliensis</i>
Mínimo	280	270
Máximo	930	920
Promedio	581,2	567,5
Ds	179,5	173,9
N	364	140

Las distribuciones de tallas de los individuos de ambas especies reflejaron que el muestreo abarcó varios rangos de tallas (Figura 6).

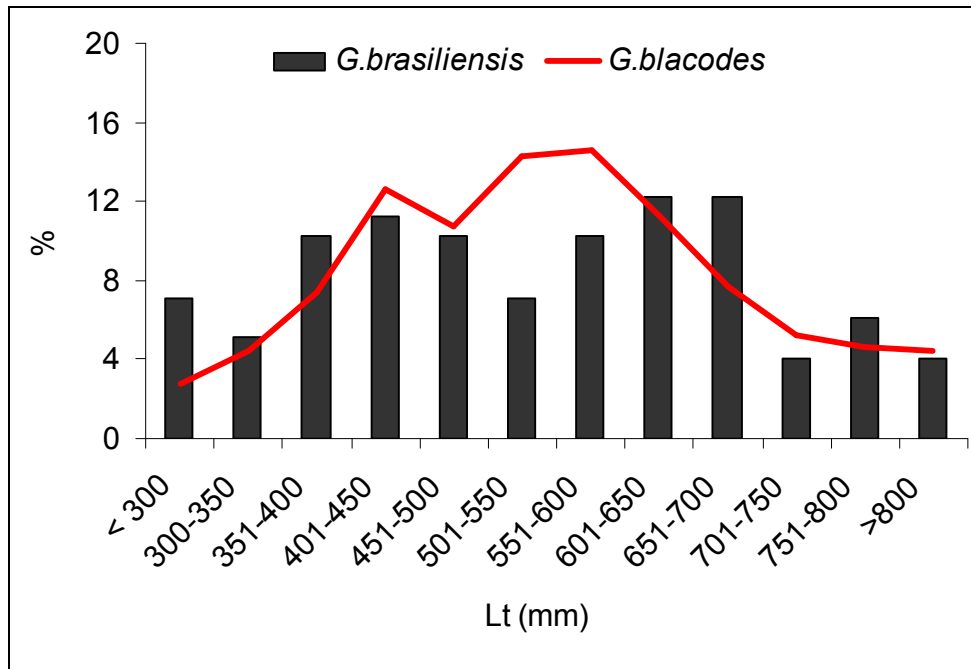


Figura 6.- Distribución de tallas (Lt mm) de los porcentajes de los ejemplares muestreados por especies

3.3.- Estadísticos descriptivos del otolito

La comparación de los estadísticos descriptivos del otolito derecho e izquierdo demostró que en ningún caso existieron diferencias significativas en las variables examinadas. En consecuencia, los siguientes estudios se realizaron tomando como referencia el otolito derecho, utilizándose el izquierdo únicamente cuando su par no estaba disponible.

Los estadísticos descriptivos de los otolitos derechos e izquierdos se presentan en las tablas 4 y 5 por especie, con la correspondiente prueba estadística de comparación de medias (test de *t*). Considerando las tres variables analizadas (largo, ancho y peso del otolito) se observó que los otolitos *sagitta* de *G. brasiliensis* alcanzaron valores mayores que en *G. blacodes*, a pesar de que la talla máxima de esta especie fue superior.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de las variables Lo (mm), Ao (mm) y Po (mg) medidas a otolitos de *G. blacodes*. Se registraron valores de n (número de datos), promedio, desvío estándar (ds), valores mínimos, máximos y estadísticos *t* con el valor de significancia del estadístico (*p*).

	Otolito	N	Promedio	Ds	Mínimo	Máximo	t	p
Lo	derecho	416	12.30	2.44	7.00	24.00	0.17	<0.05
	izquierdo	397	12.30	2.50	7.25	24.00		
Ao	derecho	437	5.01	1.34	2.70	11.50	-0.52	<0.05
	izquierdo	435	5.06	1.39	2.65	12.00		
Po	derecho	404	0.14	0.11	0.03	1.33	-0.44	<0.05
	izquierdo	386	0.15	0.11	0.03	0.95		

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de las variables Lo (mm), Ao (mm) y Po (mg) medidas a otolitos de *G. brasiliensis*. Se registraron valores de n (número de datos), promedio, desvío estándar (ds), valores mínimos, máximos y estadísticos t con el valor de significancia del estadístico (p).

	Otolito	n	Promedio	Ds	Mínimo	Máximo	t	p
Lo	derecho	94	14.10	3.53	7.35	23.30	0.17	<0.05
	izquierdo	95	14.00	3.57	7.50	24.50		
Ao	derecho	96	6.30	1.80	2.75	10.30	0.08	<0.05
	izquierdo	98	6.30	1.80	3.00	10.30		
Po	derecho	91	0.26	0.17	0.03	0.87	0.12	<0.05
	izquierdo	93	0.26	0.17	0.03	0.89		

3.4.- Relaciones alométricas entre las dimensiones del otolito y la talla del pez

Los resultados de los análisis de regresión indicaron que todas las dimensiones del otolito estuvieron altamente correlacionadas con la longitud del pez en *G. blacodes* siendo la longitud del otolito la variable mejor correlacionada ($r^2 = 0.88$) y el ancho del otolito la menos correlacionada ($r^2 = 0.84$) (Tabla 6, Figs. 6, 7 y 8).

G. brasiliensis mostró que la longitud del pez estuvo altamente relacionada con todas las variables del otolito, siendo el peso del otolito la variable con el valor más alto de correlación ($r^2 = 0.88$) y el ancho del otolito la variable con el valor más bajo de correlación ($r^2 = 0.84$) (Tabla 6, Figs. 6, 7 y 8).

La comparación entre las rectas por especies determinó diferencias entre las mismas observándose que para *G. brasiliensis* los otolitos presentaron un tamaño mayor que los otolitos de *G. blacodes* correspondientes a una misma longitud del pez ($p < 0.05$) (Fig. 6, 7 y 8, Tabla 6).

Tabla 6. Valores de los parámetros de las relaciones de: longitud total del pez (Lt) y la longitud total del otolito (Lo), el ancho total del otolito (Ao) y el peso total del otolito (Po). Donde a es el punto de corte, b la pendiente y r^2 el coeficiente de correlación.

	<i>G.brasiliensis</i>			<i>G.blacodes</i>				
	a	B	r^2	a	b	r^2	t	p
Lo vs Lt	0.0166	2.0372	0.8595	0.0214	2.3476	0.8834	5.97	<0,05
Ao vs Lt	0.0073	0.7946	0.8438	0.011	0.3185	0.8383	7.72	<0,05
Po vs Lt	0.0155	0.0036	0.8818	0.0114	0.0053	0.8489	9.33	<0,05

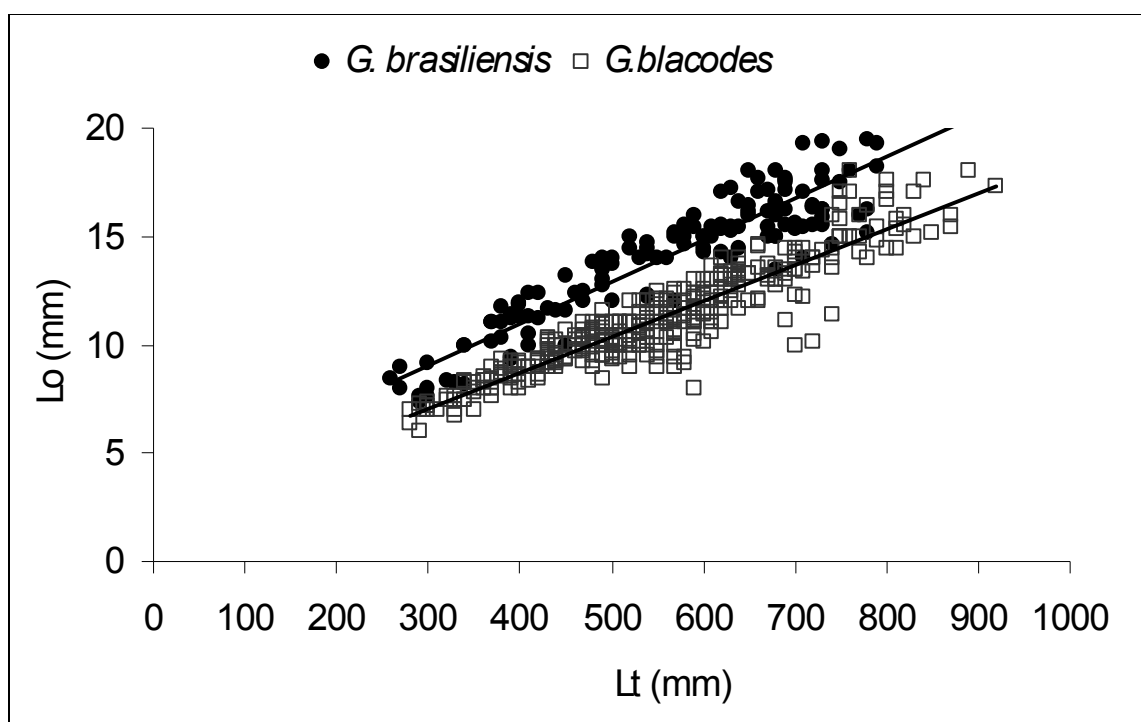


Figura 6. Relación alométrica entre la longitud total del pez (Lt, mm) y la longitud total del otolito (Lo, mm) para *G. blacodes* y *G. brasiliensis*

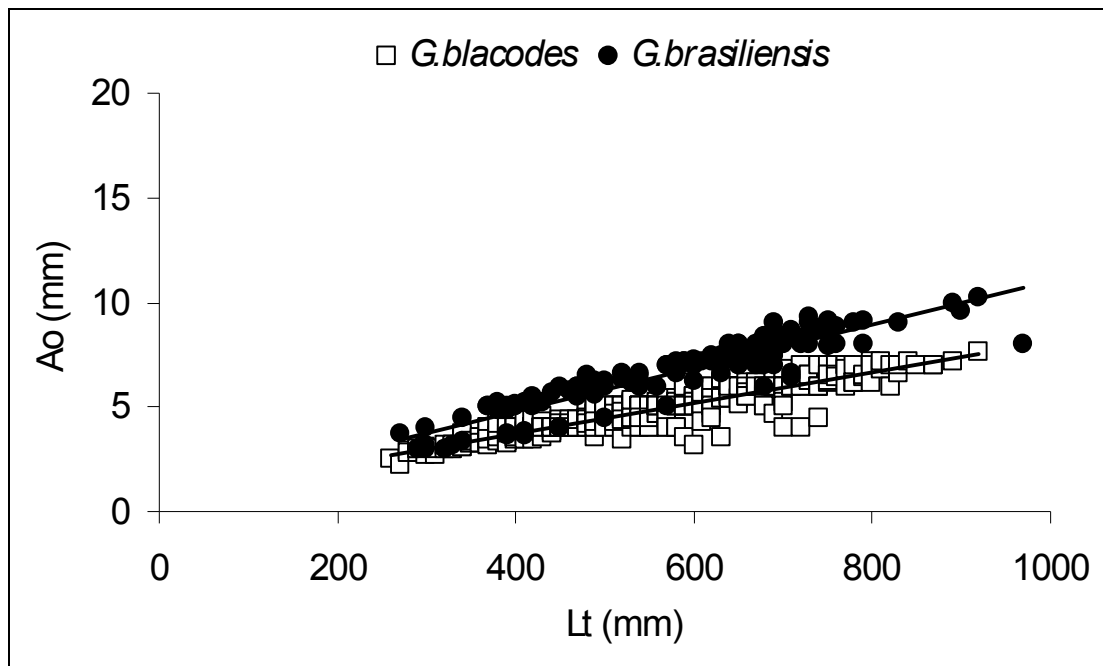


Figura 7. Relación alométrica entre la longitud total del pez (Lt, mm) y el ancho total del otolito (Ao, mm) para *G. blacodes* y *G. brasiliensis*

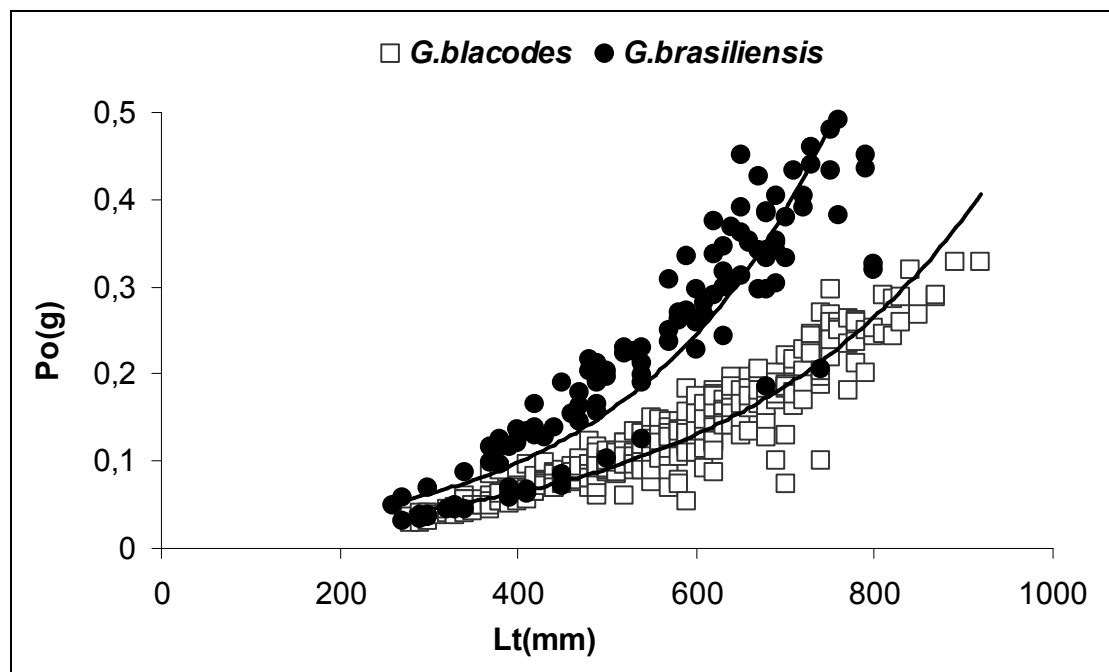


Figura 8. Relación alométrica entre la longitud total del pez (Lt, mm) y el peso total del otolito (Po, g) para *G. blacodes* y *G. brasiliensis*.

3.5.- Variación en la forma del otolito con la talla del pez

Los *sagitta* de las especies de *Genypterus* consideradas en el presente trabajo mostraron diferencias morfológicas en función de la talla, presentando una figura ligeramente menos elongada y más redondeada con el aumento de la misma (Tabla 7).

Se hallaron diferencias significativas en la esfericidad de los otolitos entre las especies para los rangos de tallas comprendidos entre 300 y 800 mm (Tabla 7). Estas diferencias señalaron que los otolitos de *G. blacodes* presentaron un índice de esfericidad mayor que los de *G. brasiliensis* para un mismo rango de tallas.

Tabla 7. Comparación entre medias del índice de esfericidad (E) por intervalos de talla del pez para cada especie, donde se observan valores del estadístico t (t) y valor de significancia del estadístico (p), los valores resaltados presentaron diferencias significativas.

Intervalo de tallas (mm)	<i>G. brasiliensis</i>	<i>G. blacodes</i>	t	P
	(E)	(E)		
< 300	38	38	-0,21	>0,05
300-350	40	37	2,93	>0,05
351-400	43	38	3,84	>0,05
401-450	42	39	2,82	>0,05
451-500	44	40	3,64	<0,05
501-550	47	40	3,53	<0,05
551-600	46	41	3,71	<0,05
601-650	47	43	1,67	<0,05
651-700	46	44	1,73	<0,05
701-750	46	43	1,75	<0,05
751-800	45	43	1,75	<0,05
>800	45	46	-0,62	>0,05

3.6.- Descripción morfológica de los otolitos sagitta

Genypterus blacodes

- **Forma y grosor:** Forma oblonga con tendencia a elíptica cuyo grosor se presenta como moderado.
- **Forma de los lados:** La cara mesial es convexa y la lateral ligeramente cóncava.

- **Forma y escultura del margen:** Margen dorsal redondeado con perfil irregular sinuoso siendo más marcado en otolitos más grandes. Margen ventral con borde lobulado presenta algunas denticiones. Margen posterior redondeado.
- **Rostro:** Prolongación del borde ventral que se proyecta desde el extremo anterior y que sobresale de la masa principal del otolito. Su borde tiene forma de pico.
- **Antirrostro:** Prolongación dorsal que se proyecta desde el extremo anterior, sobresale de la masa principal del cuerpo. Su borde es ligeramente irregular.
- **Sulcus acusticus:** Poco profundo. Abertura ostial, forma homosulcoide observándose más profundo a medida que aumenta la talla. Su posición es media y su forma es pseudo-omosulcoide.
- **Ostium:** Alargado. Es apenas más ancho que la cauda.
- **Cauda:** Alargada.
- **Excisura ostii:** Levemente amplia con el aumento de la talla del otolito

Genypterus brasiliensis

- **Forma y grosor:** Forma oblonga con tendencia a elíptica cuyo grosor se presenta como moderado.
- **Forma de los lados:** La cara mesial es convexa y la lateral cóncava.
- **Forma y escultura del margen:** Margen dorsal redondeado con perfil muy irregular sinuoso siendo más marcado en otolitos más grandes. Margen ventral con borde irregular con forma de lóbulo, se diferencian muchas denticiones. Margen posterior redondeado.
- **Rostro:** Prolongación del borde ventral que se proyecta desde el extremo anterior y que sobresale de la masa principal del otolito. Su borde presenta forma de pico.
- **Antirrostro:** Prolongación dorsal que se proyecta desde el extremo anterior, sobresale de la masa principal del cuerpo. Su borde es ligeramente irregular.
- **Sulcus acusticus:** Poco profundo, de posición media. Abertura ostial, forma homosulcoide de forma pseudo-omosulcoide observándose más profundo a medida que aumenta la talla.
- **Ostium:** Alargado.
- **Cauda:** Alargada.
- **Excisura ostii:** Aumenta con el aumento de la talla del otolito

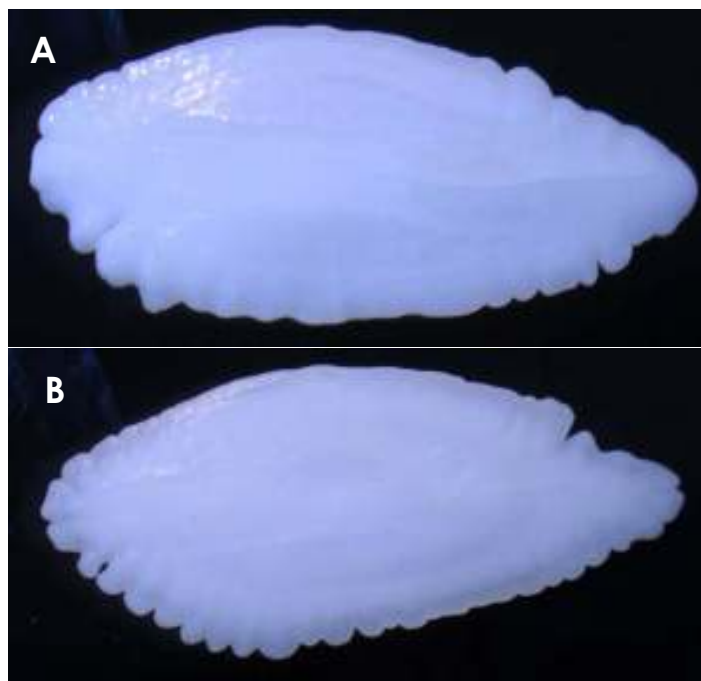


Figura 9. Otolito de *G. blacodes* (A) y otolito de *G. brasiliensis* (B) ambos de talla 40 mm.

4.-DISCUSIÓN

4.1.- Descripción ecomorfológica de los sagitta de las especies *G. blacodes* y *G. brasiliensis*.

A partir del estudio descriptivo de los otolitos *sagitta* de las especies *G. blacodes* y *G. brasiliensis* que se encuentran distribuidas en la Zona Común de Pesca Argentina-Uruguay (ZCPAU), se concluye que dichas estructuras se caracterizan por poseer grosor moderado, forma oblonga con tendencia a elíptica, *sulcus* poco profundo de tipo homosulcoide, *ostium* alargado, cauda alargada, *exisura* levemente amplia con el aumento de la talla. Se observó que la *sagitta* de *G. brasiliensis* presenta como carácter distintivo los bordes ligeramente más lobulados con más denticiones que los bordes de *G. blacodes*, particularmente para ejemplares de tallas mayores. Asimismo los bordes dorsales de los *sagitta* de *G. blacodes* presentan estructuras más lobuladas que los *sagitta* de *G. brasiliensis*. Dichas diferencias no se observaron en otolitos de tallas menores ya que para estas tallas los bordes de los otolitos tienden a ser más lisos en ambas especies.

La descripción realizada de otolitos *sagitta* de ambas especies coincide con la dada por otros autores. Teixeira 2008, concluyó que otolitos *sagitta* de *G. brasiliensis*

provenientes de Brasil (22° y 35°), son estructuras elípticas con cara externa cóncava y una interna convexa. Por otro lado, otolitos *sagitta* de *G. blacodes* de las latitudes entre 35° S y 55° S fueron descriptos como estructuras alargadas con cara externa lisa ligeramente cóncava y cara interna lisa, convexa con el surco poco profundo, el ostium apenas más ancho que la cauda la cual presenta un estrechamiento en el extremo distal (Torno 1976). De acuerdo con Garciarena (1989) los otolitos de *G. blacodes* de estas latitudes, poseen una morfología muy similar a la de *G. brasiliensis*, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente trabajo.

4.2.- Patrones ecomorfológicos de los *sagitta* de las especies

Los otolitos de las especies son diferentes entre sí, sin embargo se observaron patrones ecomorfológicos en los otolitos de ambas especies. Las semejanzas en la forma y en los márgenes observados para ambas especies de abadejo concuerdan con lo encontrado por otros autores para otras especies del mismo grupo ecológico (Volpedo & Echevarría, 2002). Otros trabajos ponen de manifiesto que las especies del grupo ecológico bentónico, como las especies estudiadas, presentan formas oblongas con tendencias a elípticas y sus márgenes generalmente son sinuosos con tendencia a lobulados (Aguirre 2000; Tuset 2000; Volpedo & Echevarría, 2002; Volpedo & Fuchs 2010). Estos hallazgos sugieren que el hecho de compartir el grupo ecológico hace que predominen estas formas en los *sagittas* de las especies bentónicas, a pesar de las diferencias entre especies y entre la distribución espacial de las mismas.

La captura de los ejemplares de *G. blacodes* y *G. brasiliensis* mostró leves diferencias en la distribución de las especies dentro de la ZCPAU. *G. blacodes* presentó una distribución que abarcó desde los 36° y hasta los 40°, mientras que la distribución de *G. brasiliensis* ocurrió desde los 35° y se extendió hasta los 38°. Si bien la captura de las especies puso de manifiesto que ambas coexisten en gran parte de la ZCPAU, las leves diferencias en la distribución indican que existe cierto grado de segregación natural. La heterogeneidad espacial determina que la distribución de peces sea diferencial. La temperatura del agua de mar es una de las variables físicas que influyen en la distribución de las especies (Sanahuja 2007). Trabajos anteriores establecen que en la ZCPAU existen dos corrientes de agua, una fría denominada de las Malvinas y una costera más cálida (Norbis & Sverov 1997). De acuerdo con los resultados encontrados en este trabajo se puede establecer que *G. blacodes* presenta preferencias por aguas más frías, mientras que *G. brasiliensis* lo hace por aguas más cálidas. Estas distribuciones diferenciales coinciden con las dadas por otros autores quienes establecen que en el Atlántico Sudoccidental, *G. blacodes* presenta una distribución que abarca desde Uruguay hacia el sur del continente, desde los 35° hasta los 55° (Renzi 1986; Sardella et al. 1998; Cousseau & Perrota, 2004), mientras que la distribución de *G. brasiliensis* ocurre desde Brasil y se extiende hasta Uruguay (Teixeira 2008). Cabe destacar que según la bibliografía disponible *G. brasiliensis* es la especie de *Genypterus* del Atlántico que alcanza latitudes menores (Nielsen et al. 1999), si bien la mayor densidad ocurre hacia el sudeste de Brasil. Para la realización de este trabajo no se estudió de forma específica

variaciones en la temperatura de los lugares de captura de las especies objetivo, por este motivo se sugiere en la realización de estudios posteriores, la consideración de esta variable de forma más exhaustiva.

Con respecto a las características morfológicas entre ambas especies, se observó que las mismas presentaron diferencias en el crecimiento en longitud siendo *G. blacodes* la especie que alcanza tallas mayores. Este hecho concuerda con lo encontrado por Cordo et al. (2002) y Teixeira (2008) para la distribución de la especie en el mar argentino y sur de Brasil. Por otro lado, se observó que la moda de estas especies se da en el rango de tallas comprendido entre 500 y 600 mm para *G. blacodes* mientras que para *G. brasiliensis* ocurrió entre los 600 y 800 mm. De acuerdo con expuesto por Teixeira (2008) los ejemplares de *G. brasiliensis* analizados en el presente trabajo son ejemplares maduros, mientras que el mayor porcentaje de ejemplares de *G. blacodes* todavía no alcanzaron la madurez sexual según Cordo et al. (2002).

El análisis realizado a partir del parámetro de forma índice de esfericidad reveló diferencias significativas entre otolitos de *G. brasiliensis* y *G. blacodes*. Para un determinado rango de tallas los otolitos *sagitta* de *G. brasiliensis* presentaron índices de esfericidad mayores que otolitos de *G. blacodes*. La forma de los otolitos es una característica propia de la especie (Garciaarena 1989; Tuset 2000; Volpedo 2001; Smith 2003; Martínez Pérez et al. 2007), las cuales se encuentran fuertemente relacionadas con factores ambientales (Begg & Waldman 1999; Turan 1999; Volpedo 2000), no obstante, especies emparentadas filogenéticamente tienden a compartir ciertas características morfológicas como la forma del otolito, la forma de los bordes y el tipo de *sulcus* (Begg & Waldman 1999; Turan 1999). En ambas especies se observó un mismo patrón de aumento de índice conforme aumenta la talla, sin embargo existieron diferencias significativas en los índices entre especies. La diferenciación de estas especies tan similares a partir de sus otolitos constituye una herramienta importante para la correcta identificación de dichas especies a partir de los otolitos cuando tan solo se dispone de estas estructuras (Short et al. 2006). Los parámetros de forma de la *sagitta* permiten identificar los cambios morfológicos que tienen lugar en dicha estructura en relación con la talla del pez, lo que resulta muy útil para estudios taxonómicos.

Las relaciones alométricas entre las variables del otolito y la talla del pez permitieron diferenciar a las dos especies de *Genypterus*. Las disimilitudes morfométricas encontradas entre otolitos *sagitta* de dichas especies ponen de manifiesto que para una misma talla del pez, los otolitos de *G. brasiliensis* son de mayor tamaño que los de *G. blacodes*. Este patrón se observó tanto para la longitud, el ancho como el peso del otolito siendo uno de los factores fundamentales para diferenciar a las mencionadas especies a partir de la comparación de sus otolitos. Este resultado concuerda con lo encontrado por Garciaarena (1989), quien concluye que ambas especies presentan otolitos con características similares confundibles a simple vista, aunque un estudio más detallado pone de manifiesto que los *sagitta* de *G. blacodes* poseen menor tamaño que *G. brasiliensis* para ejemplares de igual talla (Garciaarena 1989). Estudios previos han

concluido que el tamaño del otolito está relacionado con el hábitat y el comportamiento de las especies (Volpedo & Echevarría, 2003). Existen numerosos trabajos que determinaron diferencias en la morfología de los otolitos de acuerdo a su distribución diferencial en una determinada área (Burkett et al. 2002; DeVries et al. 2002; Alvarez 2003; Morat et al. 2008). Si bien la mayoría de estos estudios son para stocks (Burkett et al. 2002; DeVries et al. 2002; Alvarez 2003), algunos están referidos a diferencias entre especies (Morat et al. 2008), por lo que se pueden comparar con lo encontrado en este estudio. En el presente trabajo se encontraron diferencias significativas entre la morfometría de los otolitos *sagitta* de *G. blacodes* y *G. brasiliensis* para el peso, largo y ancho de estas estructuras. Los otolitos de *G. brasiliensis* crecen más que los de *G. blacodes*. Esta diferencia junto con las diferentes distribuciones de ambas especies encontradas para la ZCPAU, son otros posibles indicativos de que ambas especies presenten diferentes nichos. Sin embargo, para determinar de forma más fehaciente este hecho se recomienda la realización de estudios más específicos. Los otolitos guardan en su estructura información sobre las características del ambiente en el cual habitó el pez. Por lo tanto para estudios más avanzados sobre estas estructuras y su relación con el ambiente, sería conveniente el análisis microquímico de otolitos como forma de determinar la existencia de diferencias en el hábitat de las especies objetivo. Otros estudios más avanzados y que toman en cuenta la morfología de los otolitos, es el estudio de la relación entre el área del *sulcus* y el área del otolito (S:O). Esta relación se encuentra fuertemente asociada a la capacidad auditiva del pez así como a cambios en la comida, profundidad a la cual habita el pez y nichos espaciales (Lombarte & Lleonart 1993; Volpedo & Echevarría, 2002; Tuset et al. 2010). Algunos trabajos utilizaron la relación S:O como una forma precisa de diferenciar especies así como nichos (Lombarte & Lleonart 1993; Short et al. 2006; Tuset et al. 2010). De acuerdo con Lombarte & Lleonart (1993) las variaciones en la temperatura y la profundidad son factores muy importantes que regulan el crecimiento de los otolitos y junto con la información genética determinan la forma del *sulcus acusitcus*. Asimismo el análisis de las frecuencias de Fourier es otro de los métodos utilizados como herramienta en estudios de diferenciación de especies (Short et al. 2006). Por esta razón se sugiere que estudios posteriores con las especie *G. blacodes* y *G. brasiliensis* se realicen en base a los mencionados métodos de forma de profundizar lo encontrado en este trabajo.

4.3.- Variaciones morfométricas de los otolitos vs. talla de los individuos

Cambios morfométricos según la talla de los individuos fueron registrados para ambas especies. Conforme aumenta la talla del pez, los otolitos aumentan su longitud, ancho y peso. Sin embargo, el largo del otolito fue la variable mejor correlacionada con la talla del pez. En este sentido diversos autores (Torres et al. 2000; Tuset 2000; Tombarti et al. 2005) señalaron que el otolito crece más en grosor y en peso a partir de una determinada talla, razón por la cual la variabilidad de dichas medidas es mayor y su relación con la longitud total del pez menor tal como se ha observado en las especies objeto de este estudio.

Las diferencias en el crecimiento de los otolitos para ambas especies se observan a partir de las tallas mayores, entre los 450 y los 800 cm, donde aparecen ejemplares maduros de acuerdo a lo expuesto por los mencionados autores. Es en estas tallas que el metabolismo del pez sufre cambios importantes que provocan variaciones en la tasa de crecimiento, afectando a la morfometría del otolito (Tuset 2000). Cambios en los índices de esfericidad conforme aumenta la talla para ambas especies fueron registrados. Esta medida de forma de los otolitos *sagitta* refleja que con el aumento de la talla total del pez, los otolitos tanto de *G. blacodes* como de *G. brasiliensis* tienden a valores mayores de éste índice.

Los resultados encontrados en éste trabajo reflejan que conforme aumenta la talla de los ejemplares de ambas especies de *Genypterus* aparecen diferencias en los parámetros alométricos y en las medidas de forma de los otolitos *sagitta*. Este hecho pone en evidencia que muy probablemente existan cambios en la morfología y morfometría de los otolitos según la ontogenia. Algunos autores encontraron para diversas especies, variaciones en los otolitos según la ontogenia (Tuset 2000; Munk & Smikrud 2002; Tombari et al. 2005). La interacción entre el ambiente, la selección y genética sobre la ontogenia individual produce diferencias morfométricas dentro de una especie. En este contexto los otolitos son importantes para identificar la estructura poblacional ya que sobre ellos se observan registros de todo lo que pasa en la historia de vida de los peces. El análisis morfométrico está fuertemente relacionado con diferencias en la estructura poblacional. La identificación de grupos intraespecíficos con posibles diferencias en la historia de vida es necesaria para modelar la dinámica poblacional, la evaluación de stock y administración pesquera. La caracterización de otolitos a través de análisis de frecuencias de Fourier es un método muy usado para estos fines (Piera Fernández, 2007). A su vez, el estudio más detallado de la morfología de otolitos mediante otras técnicas de imágenes y medidas son alternativas para la profundización de estos estudios. Una completa caracterización morfológica de los otolitos de estas especies de potencial importancia comercial contribuye para un correcto estudio de la dinámica poblacional de ambas especies importante a la hora de realizar planes de manejo pesquero.

5.- Conclusiones

- No se registraron diferencias entre los otolitos derecho e izquierdo en ninguna de las especies.
- Los otolitos de *G. blacodes* como de *G. brasiliensis* son estructuras de forma oblonga con tendencia a elíptica y grosor moderado, su rostro y antirrostro presentan bordes ligeramente aserrados, ambos presentan *sulcus acusticus* homosulcoides y tanto el ostium como la cauda son alargados.

- Los patrones ecomorfológicos encontrados son compartidos por otras especies pertenecientes al grupo ecológico bentónico.
- Se registraron diferencias morfométricas entre las especies: *G. brasiliensis* presenta valores de Ao, Po y Lo mayores que para *G. blacodes*, para un mismo rango de tallas los valores de índice de esfericidad son mayores para *G. blacodes* que para *G. brasiliensis*.
- A medida que aumenta la talla de los individuos de ambas especies se observan diferencias en los parámetros alométricos relacionados con el crecimiento de los otolitos. A su vez se registraron diferencias en el parámetro de forma índice de esfericidad conforme aumenta la talla de los individuos.
- Se observó diferente distribución de ambas especies dentro de la ZCPAU relacionadas con las diferentes temperaturas encontradas en los sitios de captura de ambas especies. *G. blacodes* se distribuye en aguas más frías mientras que *G. brasiliensis* lo hace en aguas más cálidas.

6. - Referencias bibliográficas

- Assis, C. 2005. The urthicular otoliths *lapilli*, of teleost: their morphology and relevance for species identification and systematics studies. *Scientia Marina*. 69: 259-273.
- Astarola, J., Figueroa, D. 1993. Las especies del género *Genypterus* (Pisces Ophidiiformes) presentes en aguas argentinas. Serie Ocasional, Facultad de Ciencias del Mar Universidad Católica del Norte Coquimbo, Chile. 2: 47-56.
- Begg, G., Walkman, J. 1999. An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*. 43: 35-44.
- Cordo, H., Machinandiarena, L., Macchi, G., Villarino, MF. 2002. Talla de primera madurez de abadejo (*Genypterus blacodes*) en el Atlántico Sudoccidental. INIDEP Informe técnico 47.
- Campana S., Chouinard, G., Hanson, J., Fréchet, A., Bratley, J. 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stock. *Fisheries Research*. 46: 343-357.
- Cordo, H. 2006. Estructura y abundancia del stock reproductor del abadejo (*Genypterus blacodes*) del mar argentino en el período 1995-2000. INIDEP Informe técnico 60.
- Garciaarena, A. 1989. Caracteres distintivos de las especies del genero *Genypterus* Pisces Ophidiidae) presentes en aguas argentinas. Seminario de Investigación, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Eldson, T., Wells, B., Campana S., Gillander, B., Jones, C., Limburg, K., Secor, D., Thorolds, S., Walther, B. 2008. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 46: 297-330.
- Horn, P. 1993. Growth, age structure, and productivity of ling, *Genypterus blacodes* (Ophidiidae), in New Zealand waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 27: 385-397.
- Lombarte, A. & Leonart, J. 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*. 37: 297-306.
- Martínez, JA., Chávez, M., Tello, JL., Morales, A. 2007. Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. *Revista de Zoología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 18:13-18.
- Machinandiarena, L., Villarino, MF., Córdo, H., Macchi, G., Pájaro, M. 2003. Descripción macroscópica de los ovarios del abadejo manchado (*Genypterus blacodes*) escala de maduración. INIDEP Informe técnico 56.

- Merchant, P.F., Martínez, P., Chávez, A., Tello, M. 2008. Estructuras que se toman en cuenta para la descripción de los otolitos. *Revista de Zoología, Universidad Autónoma de México*. 19: 22-24.
- Munk, K., Smikrud, K. 2002. Relationship of otolith size to fish size and otolith ages for Yelloweyes *Sebastes ruberrimus* and Quillback *S. maliger* Rockfishes. Alaska Department of Fish and Games. Regional Information Report N° 5J02-05.
- Mollo, S. 1981. Otolitos de Peces de la Laguna de Chascomus Provincia de Buenos Aires. Análisis y Consideraciones Para su Identificación en Estudios Tróficos. *Limnobiós*. 2: 253-263.
- Nielsen, J., Cohen, D., Markle, Roberts, R. 1999. FAO species catalogue. Volumen 18. Ophidiiform fishes of the World (Order Ophidiiformes). Roma, Italia.
- Norbis, W., Sverov, D. 1997. Influencia de los factores oceanográficos en la localización y extensión del área de veda. Algunos resultados de los avances de investigación aplicados a la campaña de delimitación del área de veda de merluza en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay para otoño de 1997. En Merluza (*Merluccius hubbsi*) Estudios Realizados Dentro de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay en el Marco del Plan de Investigación Pesquera. Proyecto URU/92/003.
- Piera Fernández, J. 2007. Desarrollo de herramientas de análisis de contornos basados en Python. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Catalunya. España.
- Renzi, M. 1986. Aspectos biológico-pequeros del abadejo (*Genypterus blacodes*). *Investigaciones Pesqueras*. 6: 5-19.
- Sanahuja, G. Patrones de distribución de las anomalías de temperatura superficial en el Mar Argentino. Su relación con la distribución de especies de interés comercial. 2007. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Sardella, N., Avedaño, M., Timi, J. 1998. Parasite communities of *Genypterus blacodes* and *G. brasiliensis* (Pisces: Ophidiidae) from Argentina. *Helminthologia*. 35: 209-218.
- Short, J. A; Gburski, C. M. Kimura, D. K. 2006. Using otolith morphometrics to separate small walleye pollocks *Theragra chalcogramma* from Arctic Cod *Boreogadus saida* in mixed samples. *Alaska Fisheries Research Bulletin*. 12 (1): 147-152
- Smith, P.J., Paulin, C.D. 2003. Genetic and morphological evidence for a single species of pink ling (*Genypterus blacodes*) in New Zealand waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 37: 183-194.

- Teixeira, C. 2008. Crescimento, idade e mortalidade do congro rosa *Genypterus brasiliensis* (Regan 1903) na região sudeste e sul do Brasil. Tesis de Doctorado. Instituto de Pesca, Sao Paulo.
- Tombari, A., Volpedo, A., Echevarria, D. 2005. Desarrollo de la sagitta en juveniles de *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) y *O. bonariensis* (Valenciennes, 1835) de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Teleostei: Atheriniformes). Revista Chilena de Historia Natural. 78:623-633.
- Torno, A. 1976. Descripción y comparación de los otolitos de algunas familias de peces de la plataforma argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". 12 (4): 27-43.
- Torres, G., Lombarte, A., Morales-Nin, B. 2000. Sagittal otolith size and shape variability to identify geographical intraspecific differences in three species of the genus *Merluccius*. Journal of Marine Biology. 80: 333-342.
- Tuset, V. 2000. Morfología del otolito *sagitta* y determinación del crecimiento en especies del género *serranus* (osteichthyes, serranidae). Tesis de Doctorado, Universidad de la Laguna. Las Palmas, España.
- Tuset, V., Piretti, S., Lombarte, A., González, JA. 2010. Using *sagittal* otoliths and eye diameter for ecological characterization of deep-sea fish: *Aphanopus carbo* and *A. intermedius* from NE Atlantic waters. Scientia Marina. 74: 807-814.
- Volpedo, A. Estudio de la morfometría de las *sagittae* en poblaciones de *sciaenidos* marinos de aguas cálidas del Perú y aguas templado-frías de Argentina. 2001. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires.
- Volpedo, A., Echeverría, D. 2002. Ecomorphological patterns of the sagittae in fish of the continental shelf off Argentina. Fisheries Research. 60: 551-560.
- Volpedo, A., Fuchs, D. 2010. Ecomorphological patterns of the *lapilli* of Paranoplatense Siluriforms. Fisheries Research. 102: 160-165.
- Wiff, R., Ojeda, V., Quiroz JC. 2007. Age and growth in pink cusk-eel (*Genypterus blacodes*) off the Chilean austral zone: evaluating differences between management fishing zones. Journal of Applied Ichthyology. 23: 270-272.