



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

# “LOS PECES REPRESENTANTES DE LA FAMILIA MUGILIDAE EN ARGENTINA”



Tesis para optar al Título de Doctor en Ciencias Biológicas

**Autor:** Mariano González Castro

**Director de Tesis:** Dra. María Berta Cousseau.

2007

## Agradecimientos

Esta Tesis fue realizada gracias a la colaboración de muchas personas, más allá del gran sacrificio que implicó para mí hacerla llegar a buen puerto. Por eso espero no olvidarme de ninguno de los que de una u otra manera de han “dado una mano” en esto, que ha demandado la mayor parte de mi tiempo en los últimos seis años de mi vida.

En primera instancia quiero demostrar mi más sincero reconocimiento a mi Directora de tesis, la Dra. María Berta Cousseau. Pocas personas he conocido en mi vida que posean la grandeza y calidez humana que Berta posee. Son innumerables e invaluable las cosas que en su rol de Investigadora me ha enseñado, pero cuando pienso en lo que he aprendido de ella como ser humano, en las enseñanzas de vida que me ha dejado, entonces todo lo demás casi parece pasar a otro plano. No sé si alguna vez lograré devolverle tan solo una parte del cariño y comprensión que he recibido. Sin duda alguna la dificultad del tema de Tesis que me ha tocado encarar fue compensada con creces por su presencia. Cada vez que he cerrado la puerta de nuestro laboratorio, para regresar a mi casa luego de una jornada laboral, no he podido dejar de pensar en lo afortunado que soy por haberla tenido como Directora de tesis Doctoral. Su compromiso para conmigo ha excedido los límites profesionales y creo que luego de todo, al caer la tarde, es una amistad llena de admiración y respeto la que en mi corazón queda. El día que Berta decida dejar de escribir un nuevo libro, o enviar a publicar otro trabajo científico, entonces este país se habrá quedado sin uno de los más grandes Ictiólogos que lo han surcado.

Deseo también agradecer muy especialmente a las personas que han hecho aportes muy valiosos a mi formación profesional en referencia a las distintas temáticas que esta Tesis ha demandado:

- Al Dr. Gustavo J. Macchi, por ayudarme en el procesamiento histológico de las gónadas de lisas, y también en los diagnósticos histológicos de los estadios de madurez. Su participación fue muy importante para mi formación académica en los aspectos relacionados a la biología reproductiva de peces óseos; me siento honrado de poder trabajar en conjunción con él.
- Al Dr. Ricardo G. Perrotta, quien me ayudó en los estudios de edad y crecimiento de las lisas, siempre con su mejor predisposición y humildad que lo

caracterizan. Un gran hombre y luchador en contra de las injusticias de quien he aprendido mucho.

- A la Dra. María Inés Roldán, quien también me ha ayudado muchísimo y ha aportado sustancialmente a mi formación. La confianza que en mí depositó me honra sinceramente. Gracias a ella pude optar a Becas de la Agencia Española de Cooperación Internacional, viajar a España (conocer un mundo nuevo), realizar una estancia de investigación y hacer realidad los estudios de genética molecular. Una experiencia inolvidable que sin su intervención hubiera sido un mero sueño. También quiero agradecer a la Lic. Sandra Heras, quien ha desarrollado una gran parte de estos estudios allá en Gerona y de quien he aprendido mucho.
- Al Dr. Juan Martín Díaz de Astarloa y al Dr. Daniel Figueroa, del Laboratorio de Ictiología de la Universidad Nacional de Mar del Plata, porque gravitaron en mi formación como Ictiólogo y por su amistad y compañerismo. Mucho he aprendido de ellos.
- Al Lic. Aníbal Aubone, con quien aún me siento en deuda. El fue quien me introdujo al pensamiento matemático- estadístico aplicado a la morfometría. Una gran persona con apreciable talento.

Otras personas también han participado en puntos sumamente importantes para el desarrollo de la tesis, entre ellas va mi más sincero agradecimiento para:

- La Dra. Lía Goldemberg, Dra. Alcira Díaz y Sra. Mabel García, del Laboratorio de Histología de la UNMdP, por toda la ayuda que me dieron en la realización de cariotipos de lisas, y por permitirme el uso del microscopio y cámara de fotos para retratar las fases de crecimiento ovocitario. También A la Lic. Gladis Petcof y a Gachi por su amistad y compañerismo. Mi formación histológica de base, permanece sólida aún con el pasar de los años, y sin duda es debido a su calidad como docentes e investigadores.
- Al Dr. Joao Viera y Dra. Marlize de Azevedo Bemvenuti de la FURGI, Río Grande (Brasil), por recibirme en su laboratorio, facilitándome sus instalaciones, conocimientos y hasta bibliografía para los estudios de *Mugil platanus* del sur de Brasil que realicé como parte de esta Tesis.

- A la Dra. Alicia Acuña y al Lic. Gustavo Saona, de la Universidad de la República - Facultad de Ciencias, Uruguay, por conseguirme las muestras de lisas de Montevideo, facilitarme el acceso a un laboratorio para el análisis de las mismas y colaborar en el muestreo.
- A la Dra. Andrea López Cazola, por la obtención y el envío de las muestras de lisas de Bahía Blanca, Argentina.
- Al Dr. Darío Colautti, por la obtención de muestras de lisas de la laguna San Lorenzo y al Sr. Marcelo Ceferino Beiz por brindarme toda su generosa ayuda, poniendo a mi disposición vehículos acuáticos de su propiedad y toda su experiencia para la captura de las gigantes lisas de la laguna San Lorenzo.
- Al Dr. Atila Gostonyi (CENPAT), por la obtención y el envío de muestras de lisas de Puerto Madryn.
- Al Dr. Luis Alvarez Lajonchere (Cuba), quien en forma totalmente desinteresada recorrió cientos de kilómetros para obtener muestras de *Mugil liza* para mi tesis. Un gran Científico, especialista en los peces de la Familia Mugilidae, con el cual sigo en deuda.
- Al Dr. Mauro Nirchio (Venezuela), por facilitarme la técnica para la realización de cariotipos de lisa.
- A los Guardaparques de la laguna costera Mar Chiquita, Sr. Julio Mangiaroti y Sr. Cañete, por su apoyo y predisposición para la realización de mis muestreos en la laguna.
- Al Lic. Ezequiel Mabragaña, por su amistad de tantos años, y ayuda en algunos avatares estadísticos.
- A mis pasantes del proyecto de Mar Chiquita, Matías, Daniel, Mariana, Gabriela, Luís, Matías, Juan Martín, Gabriela, por su colaboración en los muestreos y su buena onda permanente.
- A todos los demás integrantes del Laboratorio de Ictiología, Santiago, Mauro, Lorena, Valeria, por su compañerismo y amistad.
- A Elvira González (Chiny) y Luís Patronelli, por su apoyo, amistad y por haberme formado sólidamente en el campo de la Fisiología animal.
- A todos mis colegas, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, y también al personal no docente que tantas gauchadas me ha hecho.

- A mis padres, Alicia y Néstor, que me han ayudado desde siempre, alentándome a no perder las esperanzas frente a este poco amigable sistema científico argentino y que merecen gran parte de mis logros.
  - A mis hermanas María Mercedes, María Luz y María Inés, que me han apoyado en las malas y en las buenas, y me han ayudado invaluablemente haciéndome de planilleras en los muestreos de laboratorio y hasta en la corrección gramatical y ortográfica de mi Tesis.
  - A todos las personas que, en calidad de fieles amigos, han permanecido a mi lado todos estos años.
  - A Natalia, por haber tolerado mi encierro y ausencia en esta última difícil etapa que es la escritura de la Tesis Doctoral; gracias de corazón, por haberme comprendido, apoyado desde siempre y alentado a seguir para adelante con fuerza. Sin tu ayuda esto hubiera sido imposible, gracias!!
- Por último, deseo agradecer de una forma muy especial a las entidades que, al otorgarme sus Becas de Investigación, me han permitido dedicarme de lleno a la realización de esta Tesis, y a mi formación como Doctorando. Nada de esto hubiera sido posible sin ellas:
- **Comisión de Investigaciones Científicas** de la Provincia de Buenos Aires (**CIC**).
  - **Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI)**.
  - **Universidad Nacional de Mar del Plata**.

Espero no olvidarme de nadie, de ser así pido mi más sincera disculpa.

**¡Gracias a todos, de corazón!!!**

*Mariano.*

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN	i
AGRADECIMIENTOS	vi
<b>CAPÍTULO PRIMERO: “Introducción general de la Tesis”. “Características geográficas, hidrográficas y ecológicas del área de estudio”.</b>	1
Introducción general de la Tesis	2
La Familia Mugilidae en el mundo: taxonomía, biología e importancia económica.	
- Caracterización del Género <i>Mugil</i> Linnaeus, 1758	
- <i>Mugil cephalus</i> como especie Tipo del Género	
La Familia Mugilidae en Sudamérica: distribución geográfica, taxonomía y biología.	7
La Familia Mugilidae en Argentina; situación taxonómica y marco teórico previo.	10
Objetivos e Hipótesis de la presente Tesis Doctoral	12
Características hidrográficas, geográficas y ecológicas de las áreas de estudio	13
Sistema estuarial del Río de la Plata	14
Bahía Samborombón	15
Laguna Mar Chiquita	15
Bahía Blanca	16
Viedma (Estuario del río Negro)	17
Puerto Madryn (Golfo Nuevo y Golfo San José)	18
Laguna San Lorenzo	18
<b>CAPÍTULO SEGUNDO: “Estudios morfométricos y merísticos”</b>	19
INTRODUCCIÓN	20
Morfometría	20
El concepto de alometría	21
El inconveniente del “Efecto talla” en los análisis morfométricos: influencia del tamaño debido al crecimiento alométrico	22
Distintos tipos de variables morfométricas.	23
a) Variables morfométricas clásicas:	23
b) Landmarks (puntos anatómicos destacados)	24
El Box Truss (entramado de caja) como protocolo geométrico	24
Comparación de la lisa de Argentina con ejemplares Tipo/ material de referencia de museos	25
Caracteres utilizados por Ringuelet <i>et al.</i> (1967) para la separación de las especies de la Familia Mugilidae en Argentina	26
MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS	27
Área de estudio y artes de captura utilizadas	27
Estudios Taxonómicos merísticos y morfométricos	29
a) Estudios Merísticos	29
b) Estudios Morfométricos Clásicos	30
c) Puntos homólogos destacados (Landmarks)	32

d) Estudios de dimorfismo sexual	34
e) Observación de ejemplares Tipo/ material de referencia y comparación con muestras en estado fresco de Argentina y Brasil	34
Métodos utilizados para la comparación	35
RESULTADOS	37
a) Merística	37
b) Morfometría Clásica	38
c) Puntos homólogos destacados (Landmarks)	43
d) Estudios de dimorfismo sexual	49
E) Observación de ejemplares Tipo/ material de referencia y comparación con muestras en estado fresco de Argentina y Brasil	51
- Morfometría	52
- Merística	55
Otras observaciones	55
DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES	58
<b>CAPÍTULO TERCERO: “<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758 versus <i>Mugil platanus</i> Günther, 1880: ¿Problemas de sinonimia, o especies alopátricas válidas?”</b>	59
INTRODUCCIÓN	60
Objetivos	61
MATERIALES Y MÉTODOS	62
Muestreo	62
Análisis morfológicos	62
Análisis merísticos	65
Análisis genéticos	65
Extracción, amplificación y secuenciación de ADN	65
Análisis de secuencias	66
Análisis filogenéticos	67
RESULTADOS	68
Análisis morfométricos	68
Análisis merísticos	72
Genética	74
DISCUSIÓN	77
CONCLUSIONES	79
<b>CAPÍTULO CUARTO: “Biología Reproductiva”</b>	80
INTRODUCCIÓN	81
Mecanismos Reproductivos	81
Formación y desarrollo de las Gónadas	83
Fases de desarrollo ovocitarios	84
Tipos de desove	88
Estadios de maduración ovárica	90
Estado previo del conocimiento acerca de la reproducción de las especies pertenecientes a la Familia Mugilidae	92
Objetivos	93
MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS	94
Área de Estudio	94

Muestreo de peces	94
Análisis de muestras	96
Procesamiento de laboratorio	96
Determinación de la estructura de diámetros ovocitarios	97
Estimaciones de fecundidad Potencial anual, índice Gonadosomático y longitud de primera madurez	97
Ciclo de maduración gonadal y estimaciones de abundancia relativa mensual	98
RESULTADOS	100
a) Mecanismo reproductivo de <i>Mugil platanus</i>	100
b) Fases de desarrollo ovocitario y estadios de maduración ovárica	100
c) Estructura de diámetros ovocitarios	108
d) Estimación de Fecundidad Potencial anual.	109
e) Estimación de talla de primera madurez	111
f) Ciclo gonadal y estimaciones de abundancia relativa	114
g) Índice Gonadosomático	120
DISCUSIÓN	123
CONCLUSIONES	127
<b>CAPÍTULO QUINTO: “Edad y Crecimiento”</b>	128
Introducción	129
Estudios de edad y crecimiento relativos a especies pertenecientes a la Familia Mugilidae	131
Objetivos	132
Área de estudio	132
MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS	133
RESULTADOS	135
Clave Talla- edad	136
Parámetros de von Bertalanffy	139
Longevidad	140
Estimación de la mortalidad natural por el método de Taylor	140
Relación Talla- Peso	141
Relación Longitud total- estándar	143
El coeficiente de alometría b como estimador del crecimiento	145
Relación entre el crecimiento y el ciclo de vida: proposición de un modelo.	146
DISCUSIÓN	150
CONCLUSIONES	154
<b>CAPÍTULO SEXTO: “Primeros registros de otras especies del Género <i>Mugil</i> para aguas argentinas”</b>	155
INTRODUCCIÓN	156
Objetivos	157
MATERIALES Y MÉTODOS	158
Muestreo	158
Análisis morfométricos	160
Análisis genéticos	160
RESULTADOS	162
Variación morfológica	162
Análisis de secuencias y diversidad genética	163

Divergencia de especímenes	164
DISCUSIÓN	167
CONCLUSIONES	169
<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA:</b>	170-181.

## **CAPÍTULO PRIMERO**

**) Introducción general de la Tesis**

**) Características geográficas,  
oceanográficas y ecológicas del  
área de estudio**

# **Introducción general de la Tesis**

## **La Familia Mugilidae en el mundo: taxonomía, biología e importancia económica.**

Según Nelson (2006), la ubicación taxonómica de la Familia Mugilidae es la siguiente:

Subphylum : Vertebrata  
Superclase: Gnathostomata  
Clase: Actinopterygii  
Subclase: Neopterygii  
División: Teleostei  
Subdivisión: Euteleostei  
Superorden: Acanthopterygii  
Serie: Mugilomorpha  
Orden: Mugiliformes

Ha existido y existe aún gran desacuerdo concerniente a las relaciones evolutivas del Orden Mugiliformes, representado por una sola Familia. Berg (1940) citado en Nelson (1994) ubica las Familias Atherinidae, Mugilidae y Sphyraenidae en el orden Mugiliformes, pero en el nivel Subperciformes. Luego, Greeengood *et al.* (1966) y Nelson (1984) les dan status subordinal a estas tres Familias ubicándolas en el Orden Perciformes. Posteriormente Nelson (1994) y (2006) los ubica en el Orden Mugiliformes.

Las especies pertenecientes a la familia Mugilidae se caracterizan por una anatomía tanto externa como interna sumamente uniforme, demostrada por los atributos comúnmente empleados para identificarlas, como el número de escamas, espinas y radios de las aletas y medidas de proporciones corporales. Las características de valor diagnóstico incluyen la estructura de las escamas, la posición relativa de las narinas, el número y forma de los arcos branquiales, la forma del preorbital, la longitud relativa de las aletas pares y de sus escamas axilares y la posición del origen de varias aletas, la presencia o ausencia de la membrana adiposa ocular y su grado de cobertura de la

superficie del ojo, así también como el número de ciegos pilóricos y la longitud relativa del intestino (Thomson, 1997).

Estos peces poseen dos aletas dorsales ampliamente separadas, la primera conformada por cuatro radios espinosos y la segunda generalmente por uno no bifurcado y entre 6-10 radios ramosos. Las aletas pélvicas son subabdominales, con una espina y cinco radios blandos. Su aleta anal está conformada por 2-3 espinas y 8-12 radios blandos. La línea lateral está ausente, usualmente escamas ctenoides en los adultos. La boca es de tamaño moderado, con dientes pequeños (labiales) o ausentes. Los arcos branquiales son generalmente largos. Poseen un estómago muscular e intestino extremadamente largo. Con 24-26 vértebras. (Nelson, 2006).

Los mugílidos poseen además un mecanismo característico de alimentación por filtración oral y branquial. Según Harrison & Howes (1991), la alimentación ocurre de tres maneras:

- a) el pez forrajea sobre el bentos, en posición cabeza abajo con la boca protruída, aspirando la capa superficial de depósitos los cuales son filtrados en la cavidad faringobranquial;
- b) levantan los depósitos bénticos con sus aletas, luego vuelven sobre la nube de partículas en suspensión las cuales son aspiradas (chupadas) y filtradas;
- c) buscan selectivamente sobre el enmarañado substrato de algas y material micro béntico que cubre las rocas sumergidas u hojas de plantas. (\*)

Por esto se aplica el término iliófago (en referencia a la capa más superficial de sedimento) en alusión al modo de alimentación de los mugílidos. La filtración del material seleccionado es presumiblemente llevada a cabo por los arcos branquiales en conjunción con el órgano faringo-branquial.

La presencia de escasos corpúsculos gustativos y numerosas células secretoras de mucus en *Mugil curema*, *M. platanus* y *M. liza* sugeriría que al menos para dichas especies la selección del alimento se realizaría mecánicamente mediante la interacción entre las branquiespinas de los arcos branquiales y el mucus secretado (Eiras- Stofella *et al.*, 2001).

(\*) Particularmente, tuve la oportunidad de observar ejemplares de *Mugil cephalus*, *Chelón labrosus* y *Liza aurata* en plena acción de forrajeo sobre las rocas cubiertas de algas y material sedimentario del Acuario de Barcelona (España); es muy atrayente ver como se desplazan por sobre las rocas, protruyendo sus bocas y seleccionando su alimento.

Los miembros de la Familia Mugilidae habitan ambientes marinos costeros, estuarinos y dulceacuícolas en regiones tropicales, subtropicales y templadas de todos los continentes. Usualmente son peces pelágicos costeros, penetran en estuarios y aún en cursos de agua dulce durante su etapa juvenil; en su etapa adulta permanecen en dichas aguas durante el período de reposo con fines tróficos; una vez que alcanzan un cierto grado de madurez gonadal migran al mar para reproducirse.

*Liza abu* (Haeckel, 1843), mugílido que se encuentra en el sistema de los ríos Tigris y Eufrates, es considerado como la única especie de la Familia Mugilidae que reproduce en agua dulce (Ünlü *et al.*,2000).

Según Thomson (1997), la Familia Mugilidae está conformada por dos Subfamilias, Agonostominae y Mugilinae siendo las características distintivas principales: presencia/ ausencia de dientes, longitud de los arcos branquiales, forma del estómago y longitud del intestino. Sin embargo, no hay una completa uniformidad de criterio entre distintos autores en cuanto al número de Géneros y especies aceptados como válidos. Por ejemplo, Nelson (2006) reconoce 17 Géneros con al menos 66 especies. Harrison & Howes (1991) en cambio, incluyen 12 Géneros y 80 especies en dicha Familia, basándose en un análisis cladístico efectuado a partir de las diferencias anatómicas del órgano faringobranquial. Por último, Thomson (1997) de los 32 Géneros nominales de la Familia Mugilidae sólo reconoce 14, y asimismo sobre los 280 nombres específicos aplicados a esta Familia acepta como válidos 62. No obstante es muy acertado el comentario que realiza Nelson (2006) cuando explica que aproximadamente la mitad de las especies de esta Familia pertenecen a los Géneros *Mugil* o *Liza*. Los Géneros restantes contienen en general entre una y tres especies.

A continuación se presenta la distribución de Géneros por Subfamilia según Thomson (1997):

Subfamilia: Agonostominae

Géneros: *Joturus* Poey, 1860  
*Agonostomus* Bennett, 1831  
*Cestraeus* Valenciennes, 1836  
*Aldrichetta* Whitley, 1945

Subfamilia: Mugilinae

Géneros: *Myxus* Günther, 1861b  
*Chaenomugil* Gill, 1863  
*Mugil* Linnaeus, 1758  
*Sicamugil* Fowler, 1939b  
*Rhinomugil* Gill, 1864  
*Valamugil* Smith, 1948  
*Crenimugil* Schultz, 1946  
*Liza* Jordan & Swain, 1884  
*Chelon* Artedi, 1793  
*Oedalechilus* Fowler, 1903

### Caracterización del Género *Mugil* Linnaeus, 1758

La caracterización más reciente del Género corresponde a Thomson (1997) quien diagnostica a *Mugil* de la siguiente manera:

Presencia de tejido adiposo sobre el rostro, el cual cubre el ojo hasta la pupila. Inserción superior de la aleta pectoral al nivel del borde superior del ojo; pectoral con marcada escama axilar. Origen de la aleta pélvica más cercano a la vertical del origen de la aleta pectoral que del origen de la primera dorsal. Origen de la primera dorsal variable. Origen de la segunda dorsal varía desde justo por detrás del origen de la aleta anal hasta la mitad de la longitud de la base de dicha aleta. Aleta anal con tres espinas en adultos, dos en estadios larvales-juveniles. Escamas ctenoideas o cicloideas; escamación secundaria constituida por pequeñas escamas, presente sólo en algunas especies. Estómago con molleja diferenciada. Intestino 3-5 veces la longitud standard; 2 ciegos pilóricos. Apertura de la boca oblicua. Extremos de la boca a nivel del borde inferior del ojo, o ligeramente por debajo de éste, alcanzando la vertical entre la segunda narina y el borde anterior del ojo. Labio superior terminal, fino a moderadamente grueso, de altura moderada, sin papilas ni crenulaciones. Labio inferior fino, no permanentemente plegado hacia abajo en el borde. Protuberancia sinfisial alta, única, con un surco sinfisial poco profundo por debajo. Surco labial de 1/6- 1/3 de longitud del

labio inferior. Sin lóbulos carnosos sobre los extremos mandibulares. Maxila moderadamente móvil. Proceso coronoide del dentario esbelto, creciente (rising) detrás del extremo de la boca. Angulo mandibular agudo en juveniles de todas las especies, transformándose en obtuso con la edad en algunas. Dientes labiales, numerosos en labio superior, hilera externa unicúspide, hileras internas, cuando están presentes, unicúspides o bicúspides según las especies. Hileras auxiliares no muy comunes en el labio inferior. Dientes en pterigoides y lengua de algunas especies, pero no en vómer y palatinos. Lengua plana o acampanada, a veces con una cresta media de baja altura, pero nunca en forma de quilla. Preorbital esbelto, sin muesca, recubriendo el espacio del labio (premaxilar) hasta el ojo, o cercano a éste; con una marcada cresta oblicua. Narinas más cercanas a los labios y ojos que entre sí mismas; la posterior por encima del nivel del borde superior del ojo, o justo por debajo; narina anterior con un ligero borde cutáneo. Interorbital plano.

### Mugil cephalus como especie Tipo del Género

Dentro del Género *Mugil* Linnaeus, 1758 *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 representa la especie Tipo, globalmente distribuida en aguas costeras entre las latitudes 42° N a 42° S (Thomson, 1966). Gilbert (1993) realiza una actualización en la distribución de este mugílido en los Océanos Pacífico y Atlántico del este. Su distribución para el Océano Pacífico del este es desde Bahía de San Francisco a las islas de Chile; raramente norte de California meridional (Eschmeyer *et al.* 1983). Etnier y Starnes (1993) mapearon aguas interiores en los Estados Unidos incluyendo el río Mississippi (Illinois/Kentucky) y también el río rojo en Texas / Oklahoma como lugares de distribución de la especie.

En el Océano Atlántico del este, ocurre desde la Bahía de Bizcay (Francia) hasta Sudáfrica, incluyendo los mares Mediterráneo y Negro. En el Océano Atlántico del oeste Nueva Escocia (Canadá) a Tampico, a México, pero ausente de Bahamas y del Mar Caribe (Gilbert (1993) y luego presente en el Sur de Brasil. Gilbert (op. cit.) indica que los informes previos del lado atlántico del Cabo de la Buena Esperanza en África, Indias Occidentales, y las Costas atlánticas de América Central y América del Sur son erróneos, y por lo tanto esta especie estaría ausente en las citadas áreas.

Esta distribución “global” es intrigante si se considera su historia de vida ligada al área costera (Rossi *et al.* 1998 a). Se han realizado trabajos con el motivo de esclarecer el “status” de distintas poblaciones transoceánicas de *Mugil cephalus* (Crosetti *et al.* 1994; Corti *et al.* 1996; Rossi *et al.* 1998 b).

Rossi *et al.* (1998 b) utilizando electroforesis de alozimas (18 Loci enzimáticos) compara la divergencia genética entre poblaciones globales de *Mugil cephalus*, dos especies congénicas (*Mugil curema* Cuvier & Valenciennes, 1836 y *Mugil gyrans* Jordan & Gilbert, 1885) y dos especies más distantes aunque pertenecientes a la Familia Mugilidae (*Liza ramada* Risso, 1826 y *Xenomugil thoburni* Jordan & Starks 1896). Sus resultados indican que existen altos niveles de divergencia genética entre poblaciones disjuntas de *Mugil cephalus*, pero que son pequeños en comparación con las diferencias interespecíficas obtenidas. Esto sumado al casi inexistente flujo génico estimula al autor a sugerir que al menos algunas de estas poblaciones estarían en estado de especiación incipiente. Basado en el análisis de ADN mitocondrial tratado mediante enzimas de restricción Crosetti *et al.* (1994) arriba a conclusiones muy similares: ...”se observa una amplia diversidad genética, obteniendo 26 haplotipos distintos que resuelven en siete grupos diferentes luego de un análisis basado en el algoritmo UPGMA. Basado en esta evaluación de niveles comparativos de divergencia de ADN mitocondrial, las muestras analizadas de *Mugil cephalus* parecen caer en la “zona gris” entre muestras coespecíficas bien diferenciadas y especies cercanamente relacionadas”...

Por otra parte Corti *et al.* (1996) realizan un análisis de morfometría geométrica utilizando valores de deformación relativos (partial warp scores); nuevamente la conclusión es poco convincente: “Deberíamos por lo tanto concluir que dentro de *Mugil cephalus*, ninguna de las poblaciones muestreadas merece una designación subespecífica (pero por otro lado algunas de las distancias de Mahalanobis son del tipo de las encontradas entre especies, o subespecies en otras formas)”.

### **La Familia Mugilidae en Sudamérica: distribución geográfica, taxonomía y biología.**

Dentro de la Familia Mugilidae, las especies pertenecientes al Género Mugil son básicamente las únicas que habitan las costas y aguas continentales de América del Sur.

No obstante existen citas de especies pertenecientes a otros géneros para esta área: se han encontrado postlarvas de *Agonostomus monticola* en las costas de Venezuela (Cervigón, 1993) y Thomson (1997) indica que la especie *Chaenomugil proboscideus* tendría un rango de distribución que abarcaría desde California hasta las costas de Perú. Es importante aclarar que existe cierto grado de discrepancia entre la opinión de Thomson (1997) y la de investigadores sudamericanos (Menezes, 1983; Cervigón, 1993; Cousseau *et al.*, 2005) con respecto a la presencia de ciertas especies de esta Familia (*Mugil cephalus* por ejemplo) en América del Sur, como asimismo a la sinonimización de otras especies ampliamente reconocidas como válidas: este es el caso de *Mugil gaimardianus* Desmarest, 1831 (Nirchio *et. al* 2003) y de *Mugil platanus* Günther, 1880 (Menezes 1983).

A continuación se presenta una nómina de las especies del Género ***Mugil*** reconocidas por distintos autores sudamericanos para América del Sur:

Género ***Mugil*** Linnaeus 1758:

- ) *Mugil platanus* Günther, 1880
- ) *Mugil liza* Valenciennes, 1836
- ) *Mugil curema* Valenciennes, 1836
- ) *Mugil gaimardianus* Desmarest, 1831
- ) *Mugil incilis* Handcock, 1830
- ) *Mugil trichodon* Poey, 1876
- ) *Mugil curvidens* Valenciennes, 1836
- ) *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 (sólo citado para Chile)

Existen variados trabajos que demuestran la importancia comercial del Género ***Mugil*** en Sudamérica, sea por la existencia de pesquerías locales en diferentes países con fines comerciales y/ o recreativos- deportivos, como también emprendimientos de cultivo de algunas de sus especies con fines comerciales. Por ejemplo, Sanchez *et al.* (1998) ubican a *Mugil incilis* como la principal especie ictícola comercial por su abundancia y biomasa en la Ciénaga Grande de Santa Marta, la laguna costera más extensa de Colombia (450 km<sup>2</sup>). Es también una especie abundante en Brasil y

Venezuela, aunque su importancia pesquera en estos últimos países es menor que la de *Mugil curema* y *Mugil liza* (Cervigón, 1993; Menezes, 1983).

*Mugil curema* es otro de los recursos económicos importantes para algunos países sudamericanos. Conocida como “tainha” o “parati” en Brasil y “lisa criolla” en Venezuela, alimenta numerosas pequeñas comunidades a través de su pesca y acuicultura. Discretos cardúmenes de estas lisas son capturados con redes agalleras y atarrayas, cercanos a la costa y en aguas neríticas venezolanas, vendiéndose entre 300-400 toneladas métricas anualmente en la Isla Margarita, Venezuela (Marin *et al.*, 2003). En Brasil aparece en los mercados (Menezes, 1983) y asimismo es sustento de algunas poblaciones lugareñas (Hanazaki, 2001). Suele ser confundida con *Mugil gaimardianus*, con la cual se asemeja bastante al punto tal que Thomson (1997) la considera sinónimo de *Mugil curema*. Sin embargo, los pescadores nativos brasileños diferencian ambas especies fácilmente (Hanazaki, 2001) y además existen evidencias concretas que validan sus respectivas identidades. Indica Cervigón (1993) al respecto, “la anchura máxima del cráneo a nivel de los esfenóticos es relativamente mucho mayor en *Mugil gaimardianus*, así como a nivel de los bordes supraorbitarios y la distancia desde el borde posterior del paretmoides al ala ascendente del parasfenoides”. Recientemente Nirchio *et al.* (2003) a partir del estudio de los cariotipos de ambas especies demuestra que sus diferencias citogenéticas son conspicuas e inequívocas, y proporcionan evidencia de que *Mugil curema* y *Mugil gaimardianus* son dos especies nominales válidas.

Otra especie de importancia por su abundancia y tamaño (alcanza 8 Kg de peso y hasta un metro de longitud total) es *Mugil liza*, llamada vulgarmente “tainha” o “lebranche” en Brasil y Venezuela respectivamente. Con un rango de distribución que abarca desde Florida (EEUU) hasta Río de Janeiro (Brasil) (según Menezes, 1983) y Cuba hasta Argentina (según Thomson 1997) es considerada entre las especies de mugílidos más importantes, siendo sus capturas en Brasil del orden de cientos de toneladas anuales (Carvalho Filho, 1999; Marin, 2003; Menezes, 1983). Su carne es de buena calidad y sus huevas en salmuera y secas se consideran una exquisitez, alcanzando un elevado precio. Esta especie ofrece buenas perspectivas en acuicultura por tener una rápida tasa de crecimiento y adaptarse bien a condiciones de confinamiento, aceptando una gran variedad de alimentos concentrados (Cervigón 1993).

Por su parte *Mugil trichodon* y *Mugil curvidens* se distinguen de las demás especies sudamericanas del Género *Mugil* por poseer dientes conspicuos, visibles a simple vista. Se distribuyen desde Florida en los Estados Unidos hasta el nordeste de Brasil, pero no son importantes económicamente por su reducida talla y escasa abundancia.

Se menciona en último término a *Mugil platanus*, por ser –como se probará en posteriores capítulos- la especie fundamental sobre la cual versará esta Tesis Doctoral. Conocida sólo en el Atlántico Sud Occidental, se distribuye desde Río de Janeiro hasta Argentina según Menezes (1983) y sería sinónimo de *Mugil cephalus* según Thomson (1997) (el Capítulo III de la presente Tesis versa sobre la relación taxonómica entre estas dos citadas especies). Alcanza 1 metro de longitud total como máximo, con 6 Kg de peso, pero sólo excepcionalmente. *Mugil platanus* y *Mugil liza* se diferencian del resto de las especies sudamericanas de este género por:

- a) el patrón de coloración, ya que posee estrías oscuras longitudinales bien evidentes alternadas con estrías claras.
- b) por la ausencia casi total de escamas en las aletas anal y segunda dorsal.

Se han realizado variados estudios sobre *Mugil platanus*, entre ellos de alimentación (Rocha Oliveira & Soares, 1996), morfología de sus arcos branquiales (Fonseca Neto & Spach, 1999), efectos de los cambios de salinidad sobre el epitelio branquial (Fonseca Neto & Spach, 1998), reproductivos (Romagosa *et al.* 2000), migratorios (Vieira & Scalabrin 1991), histología del sistema digestivo en etapas larvales y juveniles (Galvao *et al.* 1997). En el sureste de Brasil es muy importante económicamente, siendo uno de los principales peces en cuanto a presencia y abundancia en Lagoa dos Patos (Menezes 1983).

### **La Familia Mugilidae en Argentina: situación taxonómica y marco teórico previo.**

Los peces pertenecientes a la Familia Mugilidae son conocidos vulgarmente como lisas en Argentina. Son unos de los más conspicuos representantes de los ambientes costeros eurihalinos de la Provincia de Buenos Aires y del norte de la Patagonia, como asimismo de numerosos arroyos y/o lagunas de agua dulce o salobre que poseen comunicación con el mar. Son objeto de pesca comercial en pequeña escala, especialmente en la zona de Bahía Samborombón y cercanías, donde desde hace varias décadas existen pequeñas comunidades locales de pescadores que utilizan este recurso -

entre otros- como medio de subsistencia (Sr. Miguel Marchi, com. per)<sup>1</sup>. También en la zona de Bahía Anegada (sur de la Provincia de Buenos Aires) se las pesca en forma comercial en pequeña escala, para luego realizarle el “ahumado”, para lo cual se efectúa una fogata dentro de una habitación, colgando las lisas de sus paredes con alambres durante varias horas hasta completar su cocción (Dr. Luis Lucifora, com. per)<sup>2</sup>. Luego son comercializadas con gran aceptación. Es importante mencionar además que las lisas son muy estimadas como objeto de pesca deportiva debido a la dificultad que representa lograr un “pique” y a la gran resistencia que ofrecen luego del mismo.

Sobre los mugílidos presentes en la Argentina se conoce muy poco, a pesar de que son especies de interés para el hombre, como se explicó anteriormente. Hay citadas dos especies, *Mugil liza* Valenciennes, 1836 y *Mugil platanus* Günther, 1880. Así lo indican, entre otros, Ringuelet & Aramburu (1960); Ringuelet *et al.* (1967); Menni *et al.* (1984); López *et al.* (2003).

Menezes (1983) en la revisión más reciente sobre las especies del género *Mugil* en el área, opina que en Argentina hay una sola especie, *Mugil platanus* que se distribuiría desde Río de Janeiro hacia el sur, hasta Argentina. Ahora bien: los caracteres que emplea dicho autor en su clave para separar ente sí a las diferentes especies no son los mismos que emplean Ringuelet *et al.* (1967) para la de ellos. Es así como si se aplica la clave de Menezes (1983) se llega a *Mugil platanus* como única especie, pero si se toma en cuenta en cambio la de Ringuelet *et al.* (1967) se llega a *Mugil liza*. Para Menezes (1983), esta última especie habita desde Río de Janeiro hacia el norte, hasta el Caribe. Además, las descripciones existentes entre una y otra especie se han hecho sobre la base de unos pocos ejemplares y son por lo tanto parciales (4 ejemplares de *Mugil liza* y 3 de *Mugil platanus* para el caso de Ringuelet *et al.*, 1967). Por otro lado, cuesta identificar las especies mencionadas porque para la diagramación de las claves existentes aparentemente no se han empleado los caracteres más adecuados.

Sin embargo, pese a citar las dos especies ya mencionadas, Ringuelet *et al.* (1967) en su descripción del Género *Mugil* para la Argentina acota: “Dos especies argentinas de identidad discutible. Existe una marcada intergraduación entre los ejemplares atribuibles a las especies señaladas para la cuenca del Plata. La incertidumbre, que se hace extensiva para las lisas del resto de América del Sur, no

---

<sup>1</sup> Sr. Miguel Marchi: pescador artesanal de lisas residente en la Bahía Samborombón.

<sup>2</sup> Dr. Luis O. Lucifora: Halifax, Nueva Scotia.

podrá ser aclarada hasta tanto no se estudien monográficamente con abundantes materiales típicos y de numerosas localidades”. Menni *et al.* (1995) realiza prácticamente el mismo comentario: “Dos especies de identidad discutible para el Género *Mugil* en la Argentina”.

No hay antecedentes de estudios sobre el tema en Argentina. Las citas se han ido repitiendo de autor en autor sin que –como ya Ringuelet lo anticipaba- se hicieran las revisiones que el caso requería.

En resumen, se considera necesario una revisión y nueva caracterización de la situación sistemática de la lisa en Argentina.

## **Objetivos e hipótesis de la presente Tesis Doctoral**

### **OBJETIVOS**

- ) Conocer la identidad específica de la lisa que habita Argentina. Determinar cuántas especies hay y cual es el nombre científico correspondiente.
- ) Establecer la relación de la lisa de Argentina con la de otras regiones, especialmente con la/s especies de Uruguay y del sur de Brasil.
- ) Esclarecer los problemas de sinonimia –si es que los hubiera- acontecidos por discrepancias con autores extranjeros, una vez definida la identidad específica de la lisa de Argentina.
- ) Conocer algunos aspectos del ciclo biológico, especialmente el reproductivo y definir el ciclo migratorio, tomando como área de estudio la laguna costera Mar Chiquita.
- ) Realizar estudios referentes a edad y crecimiento, basándose nuevamente en la laguna costera Mar Chiquita, e intentar relacionarlos con los aspectos reproductivos.

### **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

En Argentina hay una sola especie dominante de lisa, que habita también en el sur de Brasil hasta Río de Janeiro, pudiendo haber presencia de especies ocasionales.

# Características hidrográficas, geográficas y ecológicas del área de estudio en Argentina

El área de estudio comprendió las siguientes localidades para Argentina:

- ) Río de la Plata
- ) Bahía Samborombón/ San Clemente
- ) Laguna Mar Chiquita
- ) Bahía Blanca
- ) Viedma
- ) Puerto Madryn/ Golfo San José
- ) Laguna San Lorenzo

Con excepción del puerto de Madryn, y la Laguna San Lorenzo todas las localidades presentan características estuariales y por ende pueden ser tratadas como tales.

Los estuarios son sistemas de agua únicos, zonas de transición entre los ámbitos fluviales y marítimos. Perillo (1995) propone la siguiente definición de estuario:

*“Un estuario es un cuerpo semicerrado de agua costera que se extiende hasta el límite efectivo de la influencia de mareas, dentro del cual el agua de mar que ingresa por una o más conexiones con el mar abierto o cualquier otro cuerpo costero de agua salada, es significativamente diluída por agua dulce derivada del drenaje terrestre, y puede sustentar especies biológicas eurihalinas por una parte o la totalidad de su ciclo de vida”.*

Aunque ocupan un área escasa de la superficie terrestre son importantes en el crecimiento económico mundial: han sido y son utilizados como asiento de grandes civilizaciones, como “laboratorios” para corroborar teorías de biología marina, química, física y geología, fuentes de recreación, centros de acuicultura, fuentes de trabajo (Piccolo & Perillo, 1997).

La mayoría de los estuarios son cuerpos de agua protegidos, colectores y concentradores de nutrientes. Por eso permiten el desarrollo de numerosas especies aptas para el consumo humano (p.e., diversas especies de peces, langostinos, moluscos, cangrejos). La circulación restringida en estos ambientes, asociada a focos urbanos e

industriales localizados en sus márgenes, produce día a día un creciente grado de contaminación, que hace que algunos estuarios se encuentren en condiciones delicadas.

La principal dificultad en el estudio de los mismos es que la descarga de los ríos/arroyos, el rango de marea y la distribución de los sedimentos cambian continuamente. Por lo tanto, algunos estuarios nunca llegan a ser sistemas estables y por ende en general los estuarios no son sistemas comparables (Piccolo & Perillo (1997).

A continuación se describen algunas características de los estuarios involucrados en el área de estudio de la presente Tesis:

### **Sistema estuarial del Río de la Plata**

El litoral atlántico argentino comienza con el estuario del Río de la Plata, de características únicas en el mundo. Posee forma de embudo, con una extensión de 300 km aproximadamente, con un ancho variable entre 25 y 230 km. Se origina a partir de la confluencia de los ríos Paraná y Uruguay que aportan, en su conjunto, una descarga media del orden de 26.000 m<sup>3</sup>/s (Piccolo & Perillo (1997).

Este estuario se encuentra diferenciado en tres regiones (Boschi, 1988): una zona interna de carácter fluvial afectada por mareas, que abarca desde la cabecera hasta aproximadamente una línea que une las ciudades de Colonia, en Uruguay, con La Plata, en Argentina; la zona intermedia de régimen de mezcla que abarca hasta la línea Montevideo (Uruguay)-Punta Piedras (Argentina), y la zona externa que presenta dominio netamente marino. No obstante las zonas de transición de estos tramos son muy variables, como resultado de las fluctuaciones en las precipitaciones de las cuencas de aporte, de las mareas y los vientos.

La amplitud máxima de la marea es de 1 m aproximadamente en la costa argentina y alrededor de un tercio de este valor en la costa uruguaya (O' Connor, 1991), como resultado de mareas altas en la plataforma continental al sur del estuario y de la fuerza de coriolis. En cuanto a la distribución vertical de salinidad de este sistema hidrográfico, se observa la penetración de las aguas más salinas hacia el interior del estuario, en forma de cuña (Boschi, 1988).

### **Bahía Samborombón**

Constituye el límite sur del sector externo del Río de la Plata, entre las coordenadas geográficas 56°45' W - 35° 27' S (Punta Piedras) 56° 35' W - 36° 22' S (Punta Rasa). Posee una boca de 120 km de ancho, orientada en sentido NNO-SSE y una profundidad máxima de 10 metros (Sánchez *et al.*, 1991).

En esta bahía desaguan los ríos Samborombón y Salado fundamentalmente, además de una serie de arroyos menores y canales aliviadores. Con una superficie de 18.000 km<sup>2</sup>, contiene por ende aguas salobres, de salinidad variable según las mareas, vientos y el aporte de agua dulce de los citados cauces (Boschi, 1988).

Con casi 144 km de planicies mareales fangosas, existen procesos litorales que generan características texturales diferentes a las costas aledañas. Estas diferencias se deben a la interacción entre el Río de La Plata, el Océano Atlántico, ríos y canales provenientes de la cuenca del Salado y la fuente eólica de sedimentos "Pampeanos", que participan en el aporte y la distribución de sedimentos en la bahía, así como por modificaciones en la granulometría "in situ" por efecto de organismos bentónicos (Bértola & Morosi, 1997).

### **Laguna costera Mar Chiquita**

La Laguna costera Mar Chiquita es el único estuario de tipo restringido clásico existente en la Argentina, similar a los que existen en la costa atlántica uruguaya y del Brasil (Piccolo & Perillo, 1997). Este cuerpo costero tiene una forma elongada e irregular paralela al litoral, con una orientación NNO-SSE. Su longitud es de 25 km, con un ancho variable entre 0,5 y 4,5 km. Tiene un área total de 46 km<sup>2</sup> con una cuenca tributaria de 10.000 km<sup>2</sup> (Fasano, 1980).

La conexión con el océano abierto se realiza por medio de una canal de aproximadamente 6 km de largo y 200 m de ancho, (Martos & Reta, 1997). La zona de la boca presenta un rasgo característico que es la existencia de deltas de marea (Isla, 1980). Mar Chiquita sería el único estuario en particular del que se tiene evidencia de deltas de flujo, mientras que los deltas de reflujos son elementos comunes entre éstos (Piccolo & Perillo, 1997).

La descarga de agua dulce en la laguna se realiza a través de una serie de arroyos y canales artificiales, además del importante influjo de aguas subterráneas (Fasano, 1980). Desde el punto de vista hidrográfico la laguna puede dividirse en dos ambientes

netamente diferenciados: un cuerpo lagunar, donde la acción de la marea no es percibida bajo ninguna circunstancia, y un sector de características netamente estuariales, ubicado desde la boca de la laguna hasta donde es percibida la acción de la marea. El límite entre ambos es sumamente variable, definiéndose por la conjunción de los siguientes parámetros: amplitud de las mareas, las condiciones meteorológicas y el volumen de agua dulce presente en la laguna (Martos & Reta, 1997).

Por su latitud la laguna Mar Chiquita, inscrita en la región pampeana, pertenece a una zona templada, estando afectada por la influencia de los vientos del sistema de altas presiones del Atlántico Sur y por los vientos cargados de humedad originados por la proximidad del mar. Asimismo, se halla expuesta eventualmente tanto a los efectos del viento “Pampero”, de tipo seco y fresco en su condición de llanura abierta sin restricciones topográficas, como a los vientos fríos de latitudes meridionales (Reta *et al.*, 2001). Los estudios realizados hasta el presente ponen en evidencia que las condiciones atmosféricas (precipitación, dirección e intensidad de los vientos y ocurrencia de tormentas) influyen altamente en la dinámica de las aguas de la laguna en períodos cortos (Reta *et al.*, 1995). La temperatura del agua depende casi exclusivamente de las variaciones diarias y estacionales de la temperatura del aire, como así también de las condiciones del tiempo reinante.

### **Bahía Blanca**

El estuario de Bahía Blanca posee notables diferencias con respecto al resto de los estuarios del país y sus características sólo son comparables con el Tay y Wash en Inglaterra y las planicies del Mar de Wadden en Holanda (Piccolo & Perillo, 1997). Este estuario tiene la forma aproximada de un triángulo rectángulo, con un cateto en su boca hacia el mar y el otro formado por una línea que va del salitral de la Vidriera a Ingeniero White, Punta Alta y Punta Tejada. Entre esta última y Punta Laberinto, los vértices del primer cateto, hay 53 km que forman la boca del estuario, mientras que la longitud del canal principal –aproximadamente paralelo pero más corto que el segundo cateto– es de 67 km. El área se puede describir como un conjunto de canales mayores (Principal, Bermejo, bahías Falsa y Verde, caleta Brightman) orientados en la dirección aproximada de NO- SE. Entre ellos hay *islas*, que las mareas no cubren, y humedales que resultan cubiertos por el mar por lo menos dos veces por día. Los humedales son de dos clases: planicies de marea y marismas, que se asemejan entre ellos porque son grandes extensiones con poca pendiente, constituidas por sedimentos muy finos de

limos y arcillas; pero difieren porque las marismas poseen vegetación halófila, principalmente plantas de los géneros *Spartina* y *Salicornia*, mientras que las planicies no tienen vegetación (Perillo & Piccolo, 2004).

El estuario de Bahía Blanca se encuentra en un profundo estado de erosión de sus planicies y costas internas. Ello es producto de las cargas sedimentarias escasas que aportan los ríos y arroyos que en él desaguan (Piccolo & Perillo, 1997).

La temperatura media anual del agua superficial es 13 °C, variando entre 21,6 °C en verano a 8,5 °C en invierno. La distribución de salinidad media a lo largo del estuario muestra un crecimiento exponencial en los primeros 6 km desde su cabecera. A partir de allí se encuentra un mínimo de salinidad producido por la descarga del arroyo Napostá y por el efecto de las actividades humanas en el Puerto Ing. White y zonas aledañas. En la desembocadura del estuario la salinidad media es de 34 por mil. Basándose en la distribución de salinidad, el estuario se divide en dos sectores: una región interna donde el estuario se comporta como de mezcla parcial con una fuerte tendencia a ser seccionalmente homogéneo y una región exterior en la cual el estuario es verticalmente homogéneo, con salinidades similares a la de la plataforma continental adyacente. Respecto a los vientos, son predominantes en este estuario los del NO y N con velocidades medias de 18 km/h. (Perillo *et. al.*, 1987 citado en Piccolo & Perillo, 1997).

### **Viedma (Estuario del río Negro)**

El río Negro es el más importante de los ríos patagónicos, tanto en el aspecto hidrológico como económico. El caudal, regulado actualmente, es de aproximadamente 1000 m<sup>3</sup>/s, producto del aporte exclusivo de los ríos Limay y Neuquen que le dan origen, ya que el Negro no recibe afluente alguno (Piccolo & Perillo, 1997). La amplitud media de las mareas en la boca es de 3.5 m en sicigias y 2.44 en cuadraturas y su influencia puede ser detectada en San Javier, a unos 66 km de la costa. El tramo final del río Negro posee un ancho medio de aproximadamente 1 km sobre un valle del orden de 12 km y profundidades que varían entre 5 y 10 m. En su desembocadura se desarrollan dos bancos (Miguel al SO y La Hoya al NE), de características disímiles pero que en conjunto forman un delta de reflujos abierto (Soldano, 1947 citado en Piccolo & Perillo, 1997). El delta de reflujos

presenta un canal principal dominado por el refluo y canales marginales paralelos a la costa dominados por el flujo.

### **Puerto Madryn (Golfo Nuevo y Golfo San José)**

Los golfos Nuevo y San José conjuntamente con el golfo San Matías conforman lo que usualmente se denomina como golfos norpatagónicos. Los dos primeros se hallan separados por la Península Valdés, unida al continente por el istmo Ameghino. Son de importancia pues su geografía otorga refugios adecuados para el asentamiento de comunidades pesqueras. (Elías, 1998).

Por su geomorfología, los golfos norpatagónicos constituyen extensas depresiones litorales separadas del mar por umbrales (Rivas & Beier, 1990). Sus aguas se caracterizan por alcanzar una salinidad mayor que las aguas externas y una gran amplitud térmica (Piola & Rivas, 1997). El golfo Nuevo posee una superficie de 2.500 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 170 m, mientras que el golfo San José presenta una superficie de 800 km<sup>2</sup> y profundidad máxima de 85m (Rivas & Beier, 1990).

Los estuarios más próximos a la localidad de Puerto Madryn son los conformados por las desembocaduras del río Negro y el río Chubut; no obstante, en este último no se han observado lisas (Dr. A. E. Gostonyi, *com. pers.*)<sup>1</sup>

### **Laguna San Lorenzo**

La laguna San Lorenzo es básicamente un cuerpo de agua dulce, o débilmente salobre. Posee conexión con la Bahía Samborombón mediante el Río Salado, siendo esta la vía usual de entrada de Ictiofauna marina eurihalina a la misma. Es común encontrar lisas durante casi todo el año, las cuales llegan a pesar dos kilos fácilmente (Lic. Mariano González Castro, *obs. per.*). Aproximadamente unos 90 km la separan de la costa. Su superficie es bastante variable, dependiendo del régimen hídrico imperante, pudiendo oscilar su superficie entre las 700 y 1.000 hectáreas aproximadamente. Respecto a su profundidad, esta usualmente supera los 10 metros (Sr. Ceferino Beiz, *com. per.*)<sup>2</sup>. Otra característica importante de esta laguna es su gran producción primaria caracterizada fundamentalmente por microalgas, las cuales junto a su gran cantidad de sedimento la convierten en lugar de preferencia de los Mugílidos (lisas).

---

<sup>1</sup> Dr. Atila E. Gostonyi, investigador del Centro Nacional Patagónico (CENPAT)

<sup>2</sup> Sr Marcelo Ceferino Beiz: Encargado de la Laguna San Lorenzo

## **CAPÍTULO SEGUNDO**

### **“Estudios Morfométricos y Merísticos”**

## **Introducción**

En la introducción general de esta Tesis quedó evidenciada la necesidad de una revisión adecuada de la situación taxonómica de la lisa que habita Argentina. Se contaba solamente con una serie de citas bibliográficas repetitivas a lo largo del tiempo, más una clave de identificación creada por Ringuet *et al.* (1967) basada en caracteres morfológicos y merísticos aparentemente inadecuados. Se decidió entonces, como primera medida, realizar un estudio morfométrico y merístico a fines de ratificar o refutar las conclusiones obtenidas por los autores precedentes y asimismo poner de manifiesto cualquier forma de variabilidad que no hubiese sido anteriormente detectada.

## **Morfometría**

La morfometría implica en biología, descripción cuantitativa, análisis e interpretación de la forma y variación de forma. Se necesitan técnicas de descripción y comparación de la forma de estructuras en cualquier estudio sistemático (sea fenético o cladístico) que esté basado en la morfología de los organismos. Además, medidas de diversidad morfológica son de interés en estudios genéticos, ecológicos, del desarrollo y para aplicaciones prácticas en las ciencias médicas (Rohlf 1990).

El rol de los biólogos sistemáticos y evolutivos es concerniente al “descubrimiento” y explicación de diferencias entre organismos. Sus actividades - discriminación de taxa, de cambios ontogenéticos o evolutivos y testeo de hipótesis evolutivas- frecuentemente requieren el análisis de patrones morfológicos. Los métodos actuales para comparación de formas biológicas varían desde las clásicas representaciones verbales y pictóricas hasta listas de distancias medidas entre puntos identificables sobre un organismo. Una tercera modalidad, la asignación de valores codificados a distintos estados de caracteres cualitativos, es un híbrido controversial (Bookstein *et al.* 1985).

## El concepto de alometría

El texto siguiente está basado en Aubone (1993).

Si un órgano tiene una velocidad de crecimiento diferenciada respecto de otros órganos o partes del cuerpo de un mismo individuo, se dice que este presenta alometría o crecimiento diferenciado. Las relaciones entre las medidas del cuerpo de un animal suelen ser del tipo potencial. Si X e Y son dos variables morfométricas (Ej. medidas de órganos o partes del cuerpo de un pez) es probable que estén relacionados por una ecuación de alometría simple (Ec. 1), es decir:

$$Y = a \cdot X^b$$

(Ec. 1)

donde b es la tasa instantánea de variación y a es el parámetro de escala, el cual representa la medida del órgano (o variable morfométrica) para X=1.

Si  $b > 1$  se dice que existe una relación de alometría positiva o mayorante, si  $b < 1$  esta es negativa o minorante. Si  $b = 1$  el crecimiento es proporcional y se dice que hay isometría.

Ciertos órganos o partes del cuerpo tienen un crecimiento que no puede ser representado por una sola curva sino por sucesivas relaciones de alometría. El crecimiento de un animal se divide así naturalmente en etapas distintas. Para cada una de estas etapas los diversos órganos crecen siguiendo relaciones de alometría. Las etapas sucesivas se separan unas de otras por los estados críticos, de duración generalmente breve, donde los pesos o las tallas aumentan sensiblemente, lo que produce que el crecimiento varíe bruscamente. Estos estados críticos se evidencian en las curvas de crecimiento por los puntos angulosos y las discontinuidades.

Si dos animales de la misma edad y el mismo sexo no son iguales, se debe en parte a que su constitución génica presenta diferencias y por otra parte a que no han vivido rigurosamente en las mismas condiciones. Se puede arribar a que las diferencias en las medidas se deben en gran parte a un número pequeño de factores predominantes (ciertos genes por ejemplo) pero en general se deben a la interferencia de innumerables acciones, cada una de efecto mínimo, que se producen durante el desarrollo.

## El inconveniente del “Efecto talla” en los análisis morfométricos: influencia del tamaño debido al crecimiento alométrico

La mayor parte de la variabilidad en un set de datos morfométricos multivariados proveniente de poblaciones naturales es debido al tamaño individual. En morfometría, el tamaño debe ser considerado como una fuente contingente de variabilidad ya que está asociado con el crecimiento individual y el propósito de tales estudios está usualmente focalizado sobre la forma, que debe estar libre de tamaño (size-free shape). En el caso general de crecimiento alométrico, hay una variación en la forma relacionada con la variación en tamaño (Lleonart *et al.*, 2000).

Por lo expuesto anteriormente, el tamaño corporal suele ser un factor de confusión en los análisis morfométricos. Cuando los individuos a estudiar pertenezcan a diferentes poblaciones y especialmente a diferentes clases de edad entonces será esperable que el tamaño genere un sesgo muy importante en la discriminación de las taxa.

La influencia del tamaño debido al crecimiento alométrico debe eliminarse por los procedimientos estadísticos apropiados (Gould, 1966 citado en Lleonart *et al.*, 2000). Existen diversos métodos de normalización cuyo propósito es eliminar el efecto del tamaño en el contexto de crecimiento alométrico. No obstante, la mayoría de los métodos más populares tienen defectos críticos que inducen a la interpretación errónea de los resultados (Lleonart *et al.*, 2000). Entre estos, el coeficiente (ratio) de cada medida sobre aquella elegida como variable independiente (usualmente la talla) efectivamente reduce todos los individuos al mismo tamaño pero no remueve el efecto de tamaño indeseado dado que ellos mantienen su forma dependiente del tamaño debido a la alometría. En otras palabras, esto es solo válido si el crecimiento es isométrico (i. e. la forma no cambia con el tamaño). Existen otros métodos para eliminar este efecto de tamaño como el “shearing” (Humpries *et al.*, 1981) o el “Burnaby’s method for size correction” (Burnaby, 1966) que combinan diversas técnicas (i.e. regresión) con un Análisis de Componentes Principales (ACP) extrayendo posteriormente la primera componente principal, bajo el criterio generalizado de que dicha componente en un ACP representa el tamaño. No obstante, se ha observado que tanto el tamaño como la forma están incorporados dentro de esta primera componente (Mosimann, 1970; Sprent, 1972; Humpries *et al.*, 1981). Lleonart *et al.* (2000), presentan una técnica novedosa

para llevar a escala (“to scale”) datos que exhiben un crecimiento alométrico, eliminando completamente la información relacionada con el tamaño y ajustando también la forma que tendrían en su nueva talla acorde a la alometría. Dicha técnica, que deriva de las ecuaciones teóricas de crecimiento alométrico se explicará detalladamente en la sección de Materiales y Métodos del presente capítulo.

### Distintos tipos de variables morfométricas

#### a) Variables morfométricas clásicas

Tradicionalmente en los estudios sistemáticos tendientes a cuantificar diferencias de formas entre especies o poblaciones conoespecíficas de peces se han utilizado lo que comúnmente se denominan variables morfométricas clásicas, es decir diferentes medidas que involucran largos y/o anchos corporales como por ej. longitud total, longitud de cabeza, altura del pedúnculo caudal, altura máxima del cuerpo, etc.

Habitualmente datos morfométricos han sido tomados sin consideración con la alometría o su variación entre poblaciones o estados de crecimiento. Es común ver estudios de crecimiento, por ejemplo, realizados a través del análisis de la longitud y la altura corporal o el peso solamente. Aunque tales medidas están profundamente enraizadas en la metodología de los sistemáticos, su utilización en la resolución de problemas biológicos reales puede ser limitada (Strauss & Bookstein, 1982).

No se pretende aquí desvalorizar las citadas metodologías que por muchísimos años han sido herramientas importantísimas de la Taxonomía (y aún lo siguen siendo). El principal problema radica en que, si la selección del set de medidas no corresponde, por accidente o disposición, a las principales direcciones de diferencia de forma, entonces los análisis y descripción de las formas resultantes serán inadecuados.

Strauss & Bookstein (1982) mencionan algunas debilidades de los sets de caracteres tradicionales:

- ) La mayoría de los caracteres tiende a alinearse con los ejes longitudinal o transversal, de esta manera una gran cantidad de información de la data es repetitiva mientras que se carece de otra información, por ejemplo la variación en direcciones oblicuas.

- ) La cobertura de la forma es altamente irregular, por región así como por orientación: denso en algunas áreas del cuerpo y escaso en otras.
- ) Algunos puntos morfológicos, como la punta del hocico y el extremo posterior de la columna vertebral, son usados repetidamente. Cualquier incertidumbre en la posición de estos caracteres morfológicos se propagará a través de una serie de medidas.
- ) Muchos puntos son “extremos” más que “anatómicos”, es decir medidas definidas como distancias máximas o mínimas (ej. altura máxima del cuerpo) y por lo tanto pueden no ser homólogos de forma a forma.
- ) Muchas medidas se extienden mucho sobre el cuerpo. Debido a que las distancias pequeñas contienen información más localizada que las grandes, la covarianza ente grandes caracteres expresa la covariación promedio y es menos informativa.

b) Landmarks (puntos anatómicos destacados)

Los “landmarks” son puntos anatómicos homólogos, identificados por alguna característica (rasgo u estructura) consistente de la morfología local. Esto implica que al establecer un set de puntos homólogos en dos morfos a comparar precisamente por definición estos landmarks deberán poder ubicarse sin lugar a dudas en dichos individuos.

El Box Truss (entramado de caja) como protocolo geométrico

Strauss & Bookstein (1982) proponen, basándose en los landmarks, un protocolo geométrico para selección de caracteres que supera ampliamente las desventajas ya mencionadas de los sets de datos tradicionales y que permite:

- ) Detectar sistemáticamente diferencias de forma en direcciones oblicuas, así como verticales y horizontales, usando un sistema de medidas que asegura una cobertura uniforme de la configuración de landmarks.
- ) Registrar la configuración de los puntos destacados de manera de permitir una reconstrucción de las formas a partir del set de distancias entre los puntos.
- ) Reconocer y compensar por errores de mediciones aleatorios.

- ) Promediar las formas de una muestra de individuos posibilitando computar e ilustrar la forma promedio.
- ) Caracterizar y visualizar tendencias multivariadas de crecimiento y alometría dentro de poblaciones.
- ) Estandarizar formas para comparación entre grupos.

Este protocolo, denominado “Box Truss” por los autores, consiste en una serie de cuadriláteros contiguos con diagonales internas formados a partir de una adecuada elección de puntos homólogos en las líneas externas del cuerpo (plano mediosagital). Cada cuadrilátero comparte un lado con el cuadrilátero precedente y otro con el sucesivo. De esta manera los pares de landmarks ubicados en los extremos del “Box Truss” se encuentran en el ápex de tres triángulos, mientras que los restantes lo hacen en el ápex de seis triángulos.

### Comparación de la lisa de Argentina con ejemplares Tipo/ material de referencia de museos

Al realizar estudios taxonómicos a nivel específico es de gran importancia la observación de los ejemplares Tipo de la/s especie/s involucradas en la investigación, así como también de otro material de referencia de museos. La adecuación de los caracteres merísticos y morfométricos/morfológicos de los ejemplares analizados con los de los ejemplares Tipo de una especie dada nos confirman la especificidad del taxón bajo estudio.

Por estas razones se realizó la observación de los ejemplares Tipo correspondientes a *Mugil liza* en el Museo Nacional de Historia Natural de París (MNHN), y a *Mugil platanus* en el Museo Británico de Historia Natural de Londres (BMNH). Asimismo, a la espera de poder observar los ejemplares en los cuales se basaron Ringuet *et al.* (1967) para la descripción de ambas especies de lisa para Argentina, se realizó una revisión de las lisas de la Colección Ictiológica del Museo de La Plata (MLP).

## Caracteres utilizados por Ringuelet *et al.*(1967) para la separación de las especies de la Familia Mugilidae en Argentina

Ringuelet *et al.* (1967), en su Clave de Identificación correspondiente a los miembros de la Familia Mugilidae en Argentina, empleó tres relaciones morfológicas.

- 1) La relación longitud de la pectoral/ longitud de la escama axilar.
- 2) Distancia pectoral- dorsal primera/ longitud de la pectoral.
- 3) Altura del cuerpo en longitud.

Acorde a dicha clave de identificación:

1) la longitud de la escama axilar es menor que la mitad de la longitud de la aleta pectoral en *Mugil liza* y mayor que la mitad en *Mugil platanus*.

2) la distancia comprendida entre el extremo de la aleta pectoral y el inicio de la primera dorsal es menor que la mitad de la longitud de la pectoral en *Mugil liza* y mayor que la mitad en *Mugil platanus*.

3) la altura del cuerpo en longitud es menor en *Mugil liza* (4,4 – 4,8) que en *Mugil platanus* (3,6 – 3,8).

Es muy importante volver a destacar (ver Capítulo I) que Ringuelet *et al.* (1967) examinaron solamente cuatro especímenes identificados como *Mugil liza* y dos como *Mugil platanus*.

## **Materiales y Métodos utilizados**

### **Área de estudio y artes de captura utilizadas**

Se programó un muestreo que abarcase prácticamente el rango de distribución del Género *Mugil* para la Argentina, con las limitaciones logísticas que esto implica.

El área de estudio comprendió entonces seis localidades costeras (entre los 36° y 42° L. S) (Figura II.1) y una laguna continental (Laguna San Lorenzo), situada a una distancia de noventa kilómetros del mar, unida con éste por el río Salado, el cual desemboca en la Bahía Samborombón. Se detalla la nómina a continuación:

- Río de La Plata.
- Bahía Samborombón.
- Laguna Mar Chiquita.
- Bahía Blanca.
- Viedma
- Puerto Madryn/ Golfo San José.
- Laguna San Lorenzo

También se obtuvieron muestras de *Mugil platanus* de las localidades de Río Grande (Brasil) y Montevideo (Uruguay) con la finalidad de compararlas métrica y morfométricamente con las de Argentina. Para la obtención de muestras de la localidad de Río Grande (Río Grande del Sur, Brasil), se realizó un viaje de investigación a esa localidad, en el mes de Junio de 2001. En el caso de las muestras de Uruguay, el viaje de investigación a la localidad de Montevideo se llevó a cabo en Octubre de 2001.



Figura I.1. Localidades pertenecientes al área de estudio para Argentina.

En la tabla II.1 se detalla el número de individuos obtenidos por localidad, así como también las artes de pesca utilizadas.

Tabla II.1. Localidades de muestreo, N muestral, rango de tallas y arte de pesca utilizado.

<b>Localidad</b>	<b>Arte de pesca utilizado</b>	<b>Rango de tallas (Longitud total)</b>	<b>N total</b>
Río de la Plata	Red de fondo	355- 520	30
Bahía Samborombón	Red de fondo	253- 527	141
Laguna costera Mar Chiquita	Trasmallo	216- 610	910
Puerto Madryn	Red de arrastre	277- 443	17
Bahía Blanca	Red fondo	315- 500	30
Viedma	Red fondo	395- 489	46
Laguna San Lorenzo	Trasmallo	240- 585	31
Río Grande (Brasil)	Red fondo	312- 600	<b>30</b>
Montevideo/ Laguna Rocha (Uruguay)	Red fondo	320- 490	<b>31</b>
			Nt = 1266

### Estudios Taxonómicos merísticos y morfométricos

Para estos estudios los ejemplares, luego de su captura, fueron transportados en estado fresco o congelados (dependiendo de la ubicación geográfica de la localidad de muestreo) hasta el Laboratorio de Ictiología de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en donde se realizaron los siguientes estudios.

#### A) Estudios Merísticos

Los caracteres merísticos que se tuvieron en cuenta para esta Tesis fueron:

- Número de espinas y radios de la Dorsal 1°
- Número de espinas y radios de la Dorsal 2°
- Número de espinas y radios de la aleta anal
- Número de escamas de la serie lateral
- Número de escamas de la serie transversal

Los conteos se realizaron sobre ejemplares únicamente en estado fresco, utilizando pinzas, aguja de disección, con empleo de microscopio estereoscópico y/o lupa siempre que fue necesario.

Para el número de escamas de la serie lateral, carácter definitorio entre *Mugil liza* y *Mugil platanus* según Menezes (1983), fue utilizado el siguiente criterio: se consideró como primera escama a la ubicada inmediatamente por detrás del opérculo, continuando sobre la diagonal posteroventral hasta el extremo anterior de la pectoral y luego en línea recta a lo largo de la línea media del cuerpo hasta el borde posterior del complejo (placa) hipural, determinado externamente.

## B) Estudios Morfométricos Clásicos

Las siguientes variables morfométricas clásicas (también llamadas mediciones tradicionales) fueron registradas para cada espécimen sobre su lado izquierdo:

- Longitud Total (Lt)
- Longitud Standard (Lst)
- Longitud de cabeza (Lc)
- Hocico (Hoc)
- Longitud de la aleta Pectoral (Lp)
- Longitud de la Escama axilar pectoral (Leax)
- Distancia pre-pectoral
- Distancia pre-dorsal primera

Las medidas fueron tomadas como distancias sobre líneas rectas, con un calibre de metal (con precisión de 0.05 milímetros). Los organismos fueron sexados y medidos siempre en fresco.

Los caracteres morfométricos fueron organizados en una matriz para cada localidad; con una columna para cada variable morfométrica y un número diferente de fila para cada individuo.

Como ya se adelantó en la Introducción del presente capítulo, sobre la base del trabajo de Leonart *et al.* (2000), se utilizó una técnica a fines de eliminar el efecto del tamaño debido al crecimiento alométrico en los individuos de distintas tallas. Dicha técnica

consiste en la normalización de las variables morfométricas anteriormente descritas, y se utiliza para “escalar” los datos que exponen un crecimiento alométrico. Este método proviene de las ecuaciones teóricas del crecimiento alométrico y remueve completamente toda la información relacionada con la talla, no sólo “escalando” a todos los individuos al mismo tamaño, sino también ajustando su forma a la cual ellos tendrían en el nuevo tamaño según las leyes de alometría. En el caso particular de isometría, esta normalización coincide con proporciones (uno de los métodos más comunes, pero sólo válido en este caso particular).

La Longitud Standard (Lst) fue tomada como la variable independiente, y las restantes seis variables tomadas como variables dependientes. Los parámetros de las proporciones alométricas entre variables independiente y dependientes fueron calculados de manera siguiente:

$$Y_{ij} = a_i \cdot L_{sj}^{b_i} \quad (1)$$

donde: el  $L_{sj}$  es la longitud standard del individuo  $j$ ,  $Y_{ij}$  es la variable  $i$  del individuo  $j$ ,  $a_i$  y  $b_i$  representan los coeficientes de alometría entre longitud standard y variable  $i$ .

El procedimiento de normalización de datos de individuos de cada población (o especie) se hizo separadamente, según la ecuación:

$$Y_{ij}^* = Y_{ij} (L_{s0} / L_{sj})^{b_i} \quad (2)$$

donde: el  $Y_{ij}^*$  es el valor de la variable  $Y_{ij}$  una vez que ha sido transformada, y  $L_{s0}$  representa un valor de referencia del tamaño medido como largo standard (330 mm en este Capítulo) al cual todos los individuos han sido reducidos (o amplificados) (Lombarte y Lleonart, 1993; Ibáñez-Aguirre y Lleonart, 1996). Esta transformación de datos remueve los efectos de tamaño debido al crecimiento alométrico (Lleonart *et al.*, 2000).

Después de esta transformación, se conformó una nueva matriz conteniendo las matrices corregidas de todas las poblaciones (o especies), y se realizó un análisis de componente principales (ACP). Dicho análisis fue hecho a partir de la estandarización (matriz de correlación) de los datos de esta nueva matriz, y en todos los casos se computaron al menos las tres primeras componentes principales.

Debido a las limitaciones matriciales del software utilizado (máximo 400 filas) se realizó un submuestreo de las localidades con mayor  $N$  muestral, esto es: Mar

Chiquita y Bahía Samborombón, de forma tal de obtener una matriz final para las variables clásicas de 382 individuos y 7 variables (382, 7). A continuación se presenta el N muestral por localidad utilizado para el ACP sobre la base de variables clásicas (Tabla II.2).

Tabla II.2. Datos de N muestral y rango de tallas utilizado para los Análisis de Componentes Principales basado en variables clásicas.

<b>Localidad</b>	<b>Rango de tallas (Lst)</b>	<b>N total</b>
Río de La Plata/ Montevideo/ Laguna Rocha	260-510	61
Bahía Samborombón	198-472	77
Laguna costera Mar Chiquita	202-506	95
Puerto Madryn	220-394	17
Bahía Blanca	250-370	28
Viedma	315-400	45
Laguna San Lorenzo	190-460	29
<b>Río Grande (Brasil)</b>	250-490	30
<b>Total</b>	<b>190-506</b>	<b>382</b>

### C) Puntos homólogos destacados (Landmarks)

A partir de la elección de 12 puntos anatómicos (Landmarks) (Tabla II.3) homologables en todas las formas analizadas en esta Tesis se diagramaron cinco cuadriláteros (box truss) sobre los cuales se registraron 21 distancias (tomadas sobre el flanco izquierdo) para ejemplares de las localidades previamente mencionadas; Estas son: 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 3-4, 3-5, 3-6, 4-5, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7, 7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 9-10, 9-11, 9-12, 10-11, 11-12 (Figura II.2)

Tabla II.3. Descripción de los puntos homólogos seleccionados para el análisis morfométrico

Landmark N°	Descripción
1	Sínfisis de los premaxilares
2	Segunda narina
3	Extremo caudal del Subopérculo
4	Línea media dorsal a la altura del ángulo superior del opérculo
5	Inserción cefálica de la aleta pélvica
6	Inserción cefálica de la primera aleta dorsal
7	Inserción cefálica de la aleta anal
8	Inserción cefálica de la segunda aleta dorsal
9	Inserción caudal de la aleta anal
10	Inserción caudal de la segunda aleta dorsal
11	Inserción ventral de la aleta caudal
12	Inserción dorsal de la aleta caudal

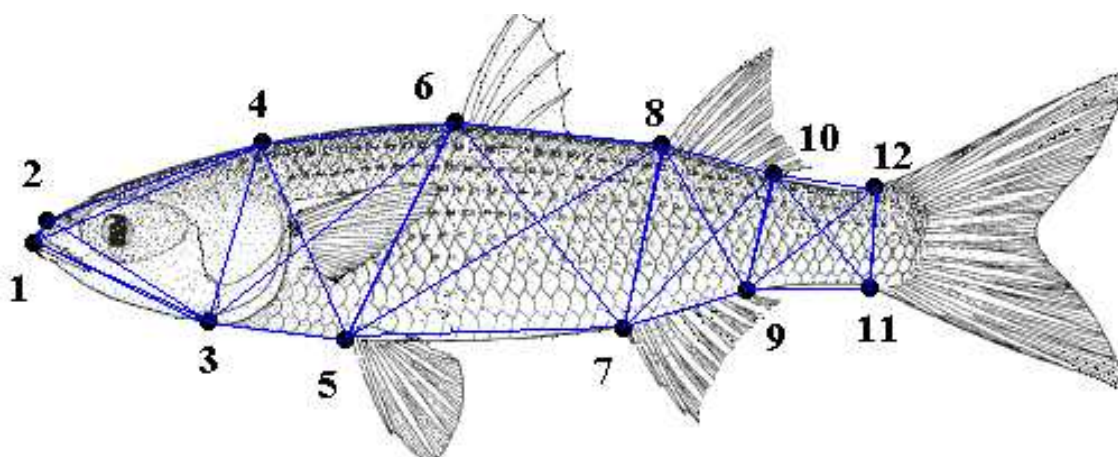


Figura II.2. Configuración de Landmarks que se ha definido para la lisa de Argentina.

El procesamiento estadístico de las 21 medidas obtenidas a partir de los 12 landmarks definidos se efectuó de idéntica manera que para las variables morfométricas clásicas; es decir se utilizó la técnica de Leonart *et al* (2000) (siendo el  $X_0 = 350$  mm para este análisis), y se realizó *a posteriori* un análisis de componentes principales. La Tabla II.4 presenta el N muestral por localidad utilizado para el ACP basado en landmarks.

Tabla II.4. Datos de N muestral y rango de tallas utilizado para los Análisis de Componentes Principales basado en puntos homólogos (Landmarks).

<b>Localidad</b>	<b>Rango de tallas (Lst)</b>	<b>N total</b>
Río de La Plata/ Montevideo/ Laguna Rocha	260-510	56
Bahía Samborombón	198-472	49
Laguna costera Mar Chiquita	202-506	59
Bahía Blanca	250-370	29
Viedma	315-400	48
Laguna San Lorenzo	190-460	29
<b>Río Grande (Brasil)</b>	250-490	30
<b>Total</b>	<b>190-506</b>	<b>300</b>

#### D) Estudios de dimorfismo sexual

Estos estudios fueron realizados con la finalidad de probar estadísticamente la existencia/ ausencia de diferencias morfométricas entre sexos. Para ello se eligió a la localidad de Mar Chiquita como localidad tipo, debido a que posee el mayor N muestral de todas las localidades de Argentina y un amplio rango de tallas para ambos sexos.

Se armaron entonces dos matrices separadas por sexo para dicha localidad y se realizó para cada set de variables (clásicas y landmarks) un Test de Fisher de comparación de coeficientes ( $H_0$  = coeficientes iguales).

#### E) Observación de ejemplares Tipo/ material de referencia y comparación con muestras en estado fresco de Argentina y Brasil

Se realizó la observación del siguiente material de referencia: Paralectotipos de *Mugil liza* (Museo Nacional de Historia Natural de Paris, Francia) y Sintipos de *Mugil platanus* (Museo Británico de Historia Natural de Londres, Reino Unido); además se observaron los especímenes de la Colección Ictiológica del Museo de La Plata.

1) *Mugil liza* Valenciennes, 1836.

Museo Nacional de Historia Natural (París, Francia) (MNHN) A 4659. Lectotipo; 484 LSt; Isla Martinica (Antillas). (MNHN) A 4642. Paralectotipo (especimen seco, una etiqueta dice Tipo); 223 mm LSt; Venezuela. (MNHN) A 4656. Paralectotipo (especimen seco, una etiqueta dice Tipo); 331 mm LSt. Venezuela. (MNHN) A 4657. Paralectotipo (especimen seco y montado, una etiqueta dice Tipo); 363 mm LSt Venezuela. (MNHN) A 1050. Paralectotipo (especimen seco y montado, una etiqueta dice Tipo)); 560 mm SL; Guyana Francesa. Museo Británico de Historia Natural de Londres, Reino Unido. (BMNH) 1993.6.29.39. 604 mm LSt Río Itacuruça, Bahía de Sepetiba, RJ, Brasil.

2) *Mugil platanus* Günther, 1880.

(BMNH) 1993.6.29.38. 661 mm LSt. Río Itacuruça, Bahía de Sepetiba, RJ, Brasil. (MNHN) A 6307. Paralectotipo (I. J. Harrison, 1993, lo determina como *M. cephalus*); 331 mm LSt; Buenos Aires, Argentina. (BMNH) 1878.5.16: 19. Sintipo; LSt: 367; Río de La Plata, Buenos Aires, Argentina. (BMNH) 1878.9.10:1-4. Sintipos (una etiqueta dice Tipos). Cuatro especímenes: 213 – 300 mm LSt. Río de La Plata, Buenos Aires, Argentina. Museo de La Plata, (La Plata, Argentina) (MLP) (todos los ejemplares del MLP estaban erróneamente identificados como *Mugil liza*) 6345 \*: 198 mm LSt; Magdalena, Río de La Plata. (MLP) 6074: 198 mm LSt; Punta Lara. (MLP) 6294: 166 mm LSt. Punta Lara. (MLP) 6303: 133 mm LSt; Punta Lara. (MLP) 6216: 163 mm LSt. Punta Piedras. (MLP) 6307/1-2. Dos especímenes: 173 and 196 mm LSt. Punta Piedras. (MLP) 5639: 58 mm LSt. Canal 15, Provincia de Buenos Aires. (MLP) 7913.1/2. Dos especímenes: 189 and 196 mm LSt. Laguna Mar Chiquita. (MLP) 6161.2/7. Dos especímenes: 213 y 190 mm LSt. Río Quequén Grande. (MLP) 3911: 209 mm Lst. Río Quequén Salado.

Métodos utilizados para la comparación.

Ocho caracteres morfométricos fueron medidos sobre el flanco izquierdo de los ejemplares Tipo de *Mugil platanus* y *Mugil liza*, ejemplares frescos (de Argentina y Brasil) y ejemplares preservados en alcohol del Museo de La Plata (MLP) con una precisión de 0,5- mm utilizando calibre. Los métodos para tomar las medidas morfométricas se realizaron según Cervigón (1980).

Los datos registrados para cada espécimen fueron:

Caracteres Morfométricos: Largo Standard (LSt), distancia predorsal (dpD), distancia prepectoral (dpP), distancia preventral (dpV), distancia preanal (dpA), longitud de cabeza (Lc), longitud de la aleta pectoral (Lp), y longitud de la escama axilar de la aleta pectoral (LEax).

Los caracteres morfométricos fueron organizados por categoría. Se utilizó la técnica de Leonart *et al* (2000) a fines de eliminar el efecto del tamaño debido al crecimiento alométrico en los individuos de distintas tallas, y se realizaron *a posteriori* dos análisis de componentes principales distintos: uno incluyendo los ejemplares preservados (Ejemplares Tipo y del MLP), y el segundo con las categorías anteriormente mencionadas más los ejemplares en fresco de Argentina y Brasil.

Para el caso particular de las tres relaciones morfométricas propuestas por Ringuelet *et al* (1967) para la separación entre *Mugil platanus* y *Mugil liza* (Longitud de la Pectoral/ longitud de la escama axilar, longitud de la pectoral/ distancia pectoral-dorsal primera y altura del cuerpo en longitud), se realizó un análisis de sus medias y rangos así como también un Test de Student ( $p = 0,05$ ) de comparación entre medias muestrales.

Caracteres Merísticos: Número de escamas de la serie lateral (S. lat), número de espinas y radios de las aletas dorsal primera, dorsal segunda, pélvica y anal. Estos caracteres fueron comparados con los valores esperados para *Mugil platanus* y *Mugil liza*, según Menezes (1983) y Cervigón (1993) respectivamente.

Los citados caracteres merísticos fueron analizados entre las distintas categorías a comparar obteniéndose los valores de media, desvío Standard, rango y moda. Además se realizó una comparación de medias muestrales mediante un Test de Student ( $p = 0,05$ ).

## Resultados

### A) Merística

El número de espinas y radios de las aletas dorsal primera, dorsal segunda, ventral y anal no presentó variabilidad para las lisas colectadas en las localidades de Argentina, ni tampoco para las colectadas en las localidades de Montevideo (Uruguay) y Río Grande (Brasil), por lo tanto estas variables fueron descartadas como elementos de comparación. Solamente el número de escamas de la serie lateral fue utilizado y considerado como válido para este análisis debido a que es distintivo entre *Mugil platanus* y *Mugil liza*, siendo el principal carácter empleado por Menezes (1983) para separar ambas especies.

Tanto los ejemplares de las localidades de Argentina como los de Río Grande (Brasil) y Uruguay (Río de La Plata/ Montevideo) presentan un número de escamas de la serie lateral que se ajusta adecuadamente al correspondiente a *Mugil platanus* según Menezes (1983), es decir exhiben un rango de 34 a 40 escamas en dicha serie. Los resultados estadísticos del Test de Student de comparación de medias muestrales arrojan diferencias no significativas entre los ejemplares analizados de Argentina, Uruguay y Brasil. (Tabla II.5 y Figura II.3).

Tabla II.5. Resultados estadísticos y Test de Student para el número de escamas de la serie lateral correspondiente a los especímenes de Argentina, Uruguay y Brasil.

\*: diferencias significativas.

País	N	Nº escamas de la serie lateral				Test Student (p = 0,05)		
		Media	Moda	Desvío S.	Rango	Argentina	Uruguay	Brasil
<b>Argentina</b>	271	36,57	36	1,22	34- 40	-	0,6524	0,8917
<b>Uruguay</b>	61	36,50	36	1,20	34- 39	0,6524	-	0,6729
<b>Brasil</b>	38	36,60	37	1,19	34- 39	0,8917	0,6729	-

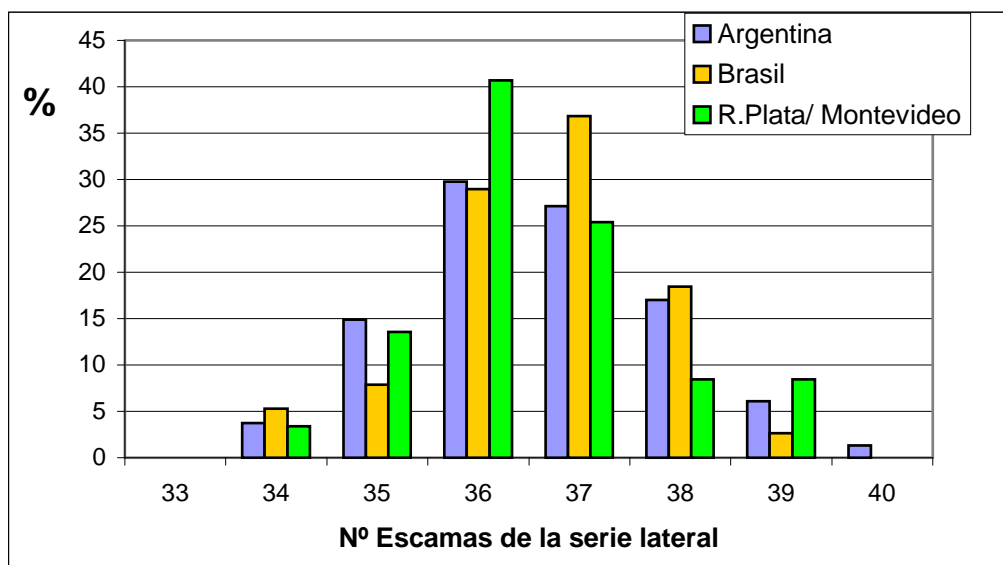


Figura II.3. Escamas de la serie lateral correspondientes a los individuos analizados de Río Grande (Brasil), Montevideo/ Laguna Rocha (Uruguay) y Argentina. (% = porcentaje con respecto al total de individuos muestreados: Brasil N= 38, Uruguay N= 60, Argentina N= 371)

## B) Morfometría clásica

El Análisis de Componentes Principales (ACP) de la matriz de correlación, generado por un procedimiento de normalización de los datos de los individuos para cada localidad separadamente, produjo dos Componentes Principales (CP) con autovalores mayores a uno (Tabla II.6). Las dos primeras Componentes Principales explican más del 65% de la varianza total en los datos.

Sobre la base de lo expuesto anteriormente, se interpreta que debido a la metodología previamente aplicada al ACP, las diferencias existentes son debidas exclusivamente a las distintas formas de los individuos y no a diferencias de tamaño, ya que aquí todos los individuos han sido “escalados” a un Largo Standard o’ Xo de referencia igual a 330 mm; por ende no se interpreta la relación entre la CP1 y las variables como una componente de tamaño, pese a su signo negativo y magnitud similar.

Por ende la Longitud de cabeza (Lc) y la distancia pre Pectoral (dpP) definen la primera componente (Tabla II.6), y asimismo lo hace para la segunda la Longitud de la escama axilar pectoral (Leax) en oposición a las demás variables. La tercera componente se encuentra definida por una oposición entre el Hocico (Hoc) y la distancia pre Dorsal 1º (dpD1), aunque su grado de correlación con la CP3 es bajo, en función del criterio tomado para este análisis (> 0,69).

Tabla II.6. Autovalores, porcentaje de varianza total asociada con las tres primeras componentes (CPs), porcentaje de reconstrucción de variables utilizando las tres primeras componentes y correlación variables-componentes para los tres primeros ejes. Valores de correlación mayores que 0,69 se muestran en negrita.

	CP1	CP2	CP3
<b>Autovalor</b>	2,979	1,011	0,7086
<b>Varianza Total %</b>	49,64	16,85	11,8
<b>Varianza acumulada %</b>	49,64	66,50	78,31
<b>Variables:</b>			
Lc	<b>-0,86</b>	-0,138	0,05
Hoc	-0,65	-0,23	0,57
DpD1	-0,6	-0,42	-0,58
DpP	<b>-0,87</b>	-0,16	0,06
Lp	-0,63	-0,47	-0,192
Leax	-0,51	<b>0,7</b>	-0,001

En la Tabla II.7 se muestra la matriz de correlación entre variables, así como también la media y el desvío estándar para cada una de ellas. Se puede observar que existe una fuerte correlación entre la Longitud de cabeza (Lc) y la distancia pre Pectoral (dpP), que además tiene una explicación biológica evidente: la aleta Pectoral se sitúa en estos peces inmediatamente después del límite de la cabeza (constituido por el opérculo); por ende la distancia pre Pectoral (dpP) es usualmente apenas unos pocos mm mayor que el largo de cabeza (Lc) al menos para la/s especie/s analizada/s en esta Tesis. Por considerarse a Lc una variable más tradicional y representativa, se decidió eliminar a dpP del análisis por lo que a partir de aquí solo nos referiremos a Lc entendiéndose que dpP se correlacionó de manera muy similar con las distintas Componentes Principales.

Los resultados del ACP para las distintas localidades analizadas de Argentina, Uruguay y Brasil se presentan gráficamente en los G-plots, Figuras II.4 (CP1, CP2) y II.6 (CP1, CP3). Las Figuras II.5 y II.7, denominadas por algunos especialistas en análisis multivariado como “H-Plot” (Dra. Nélica Winzer, com. per.)<sup>1</sup> presentan gráficamente las relaciones de correlación entre las distintas variables y las componentes.

<sup>1</sup> Dra. Nélica Winzer: Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

Tabla II.7. Matriz de correlación entre variables, Media y Desvío Standard.

<b>Variables</b>	Lc	Hoc	dpD1	dpP	Lp	Leax	<b>Media</b>	<b>Desvío S.</b>
Lc	1,00						82,08	2,99
Hoc	0,455	1,00					21,43	1,73
dpD1	0,428	0,291	1,00				162,22	3,80
dpP	<b>0,809</b>	0,510	0,457	1,00			85,12	2,85
Lp	0,416	0,258	0,246	0,410	1,00		56,82	2,47
Leax	0,315	0,199	0,117	0,324	0,421	1,00	23,74	2,80

De esta manera, se puede observar que no existe una clara diferenciación (al menos a nivel específico) entre los individuos de *Mugil platanus* colectados en Brasil y las distintas localidades argentinas y uruguayas. No obstante, se verifican ciertas tendencias grupales probablemente de índole poblacional que nos permiten realizar una generalización y caracterizar en forma “global” a los individuos de las distintas localidades, a saber:

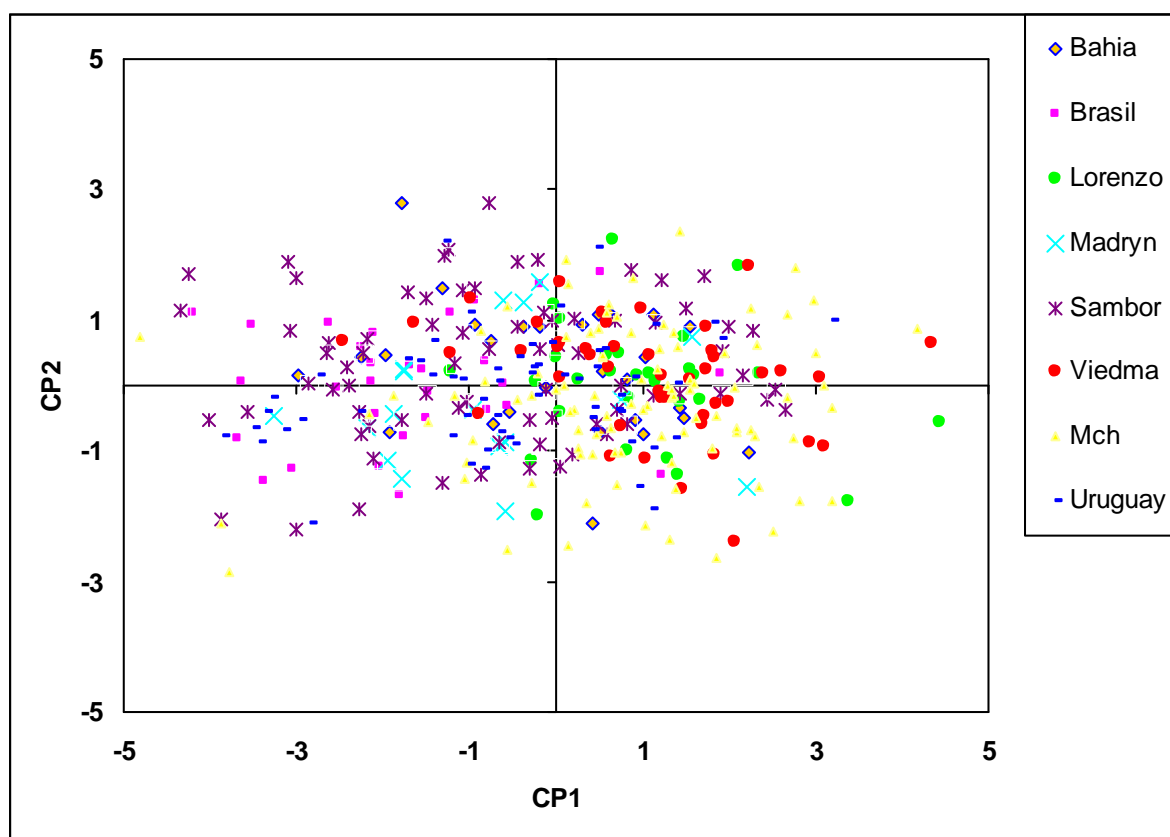


Figura II.4. Análisis de Componentes Principales (CP1 vs CP2) basado en variables clásicas.

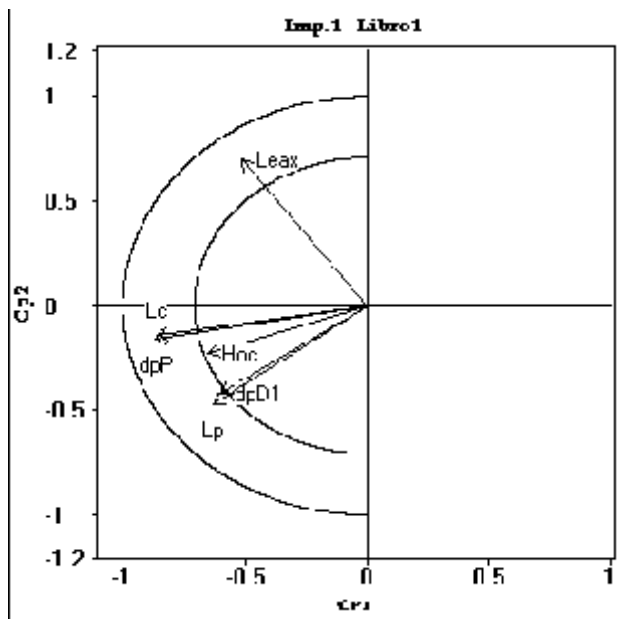


Figura II.5. Correlación entre variables clásicas y las dos primeras componentes (H-Plot).

los individuos de las localidades de Mar Chiquita (Mch), San Lorenzo y Viedma ubicados fundamentalmente en el primero y cuarto cuadrante (Figuras II.4 y II.5) (CP1, CP2), están caracterizados por poseer valores de Longitud de cabeza (Lc) inferiores a la media. Además, para el caso particular de Viedma (y en menor medida San Lorenzo) se encuentran valores de Hocico (Hoc) inferiores a la media (Fig. II 6 y 7) (CP1, CP3) y valores de distancia pre Dorsal 1 (dpD1) superiores a la media.

En oposición, ubicados fundamentalmente en los cuadrantes dos y tres (Figuras II.4 y II.5) (CP1, CP2), se encuentran los individuos de las localidades de Río Grande (Brasil) y Pto. Madryn. Estos están caracterizados por poseer valores superiores a la media de Lc y relativamente altos valores de Longitud de escama axilar (Leax) y Longitud de la Pectoral (Lp). Además, en general los ejemplares de ambas localidades presentan valores de Hocico (Hoc) y distancia pre Dorsal 1 (dpD1) superiores a la media (Figuras II.6 y II.7) (CP1, CP3).

Por último se encuentran los individuos correspondientes a las localidades de Bahía Samborombón (Sambor), Bahía Blanca y Río de la Plata/ Montevideo (este último grupo denominado para este análisis como Uruguay), caracterizados por una disposición mucho más dispersa (en comparación con los grupos anteriores) que prácticamente abarca los cuatro cuadrantes (Figuras II.4 y II.6). Por ende, esta

disposición en el plano generado por las tres primeras componentes hace que sus morfos sean de difícil caracterización.

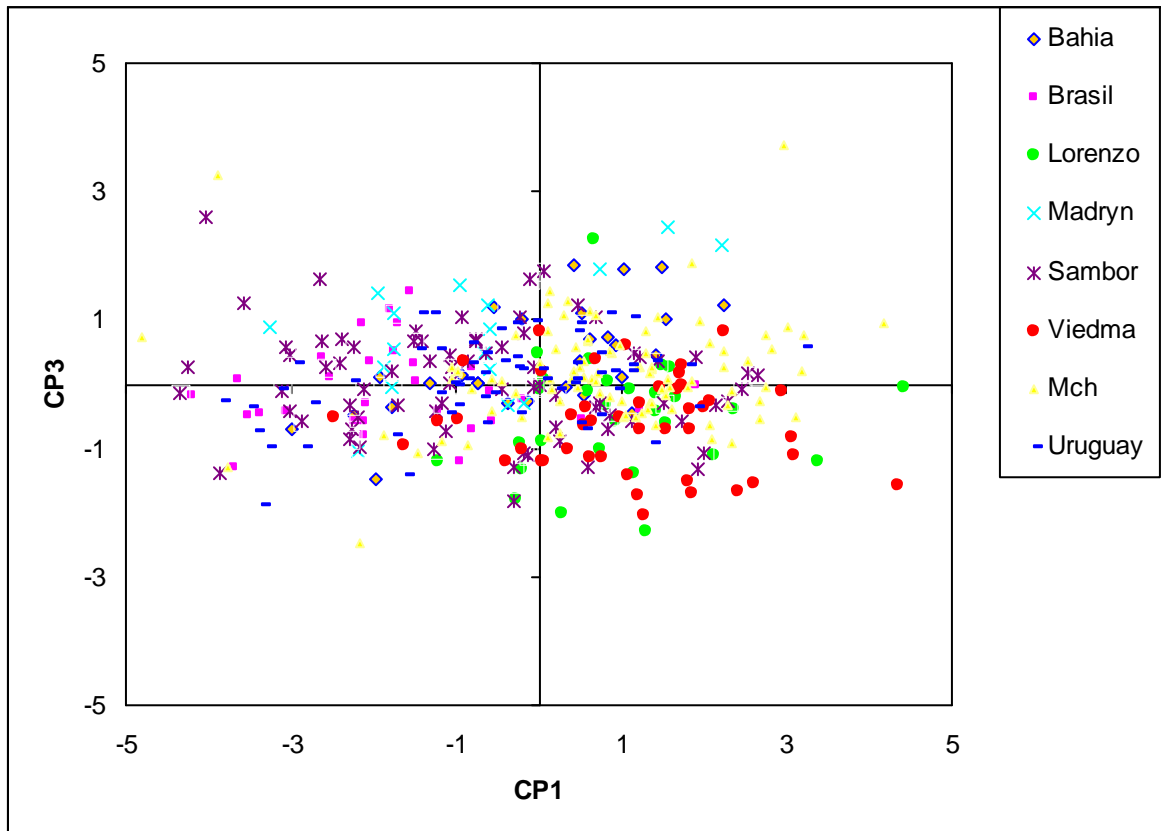


Figura II.6. Análisis de Componentes Principales (CP1 vs CP3) basado en variables clásicas.

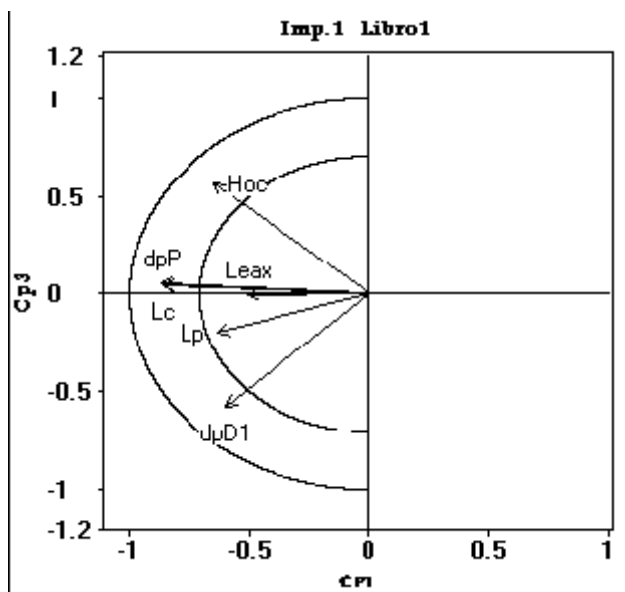


Figura II.7. Correlación entre variables clásicas y la primera y tercera componentes (H-Plot).

### C) Landmarks

El Análisis de Componentes Principales (ACP) de la matriz de correlación basado en distancias entre puntos homólogos (interlandmarks distances), generado por un procedimiento de normalización de los datos de los individuos para cada localidad separadamente, produjo cuatro Componentes Principales (CP) con autovalores mayores a uno (Tabla II.8). Dichas Componentes explican más del 59,3 % de la varianza total en los datos.

Tabla II.8. Autovalores, porcentaje de varianza total acumulada con las cuatro primeras componentes (CPs) y correlación variables-componentes para los cuatro primeros ejes. Valores de correlación mayores que 0.55 se muestran en negrita.

	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>	<b>CP4</b>
<b>Autovalor</b>	5,44	2,9	2,06	1,45
<b>Varianza Total %</b>	27,20	14,52	10,33	07,20
<b>Varianza acumulada %</b>	27,20	41,72	52,07	59,33
<b>Variables:</b>				
1-2	0,00	<b>0,62</b>	0,21	0,02
1-3	0,05	<b>0,69</b>	0,04	0,49
1-4	0,06	<b>0,59</b>	0,20	-0,13
2-3	-0,10	<b>0,66</b>	0,07	0,46
3-4	-0,40	0,52	0,40	-0,09
3-5	-0,36	0,09	0,32	-0,27
3-6	<b>-0,63</b>	-0,13	0,43	-0,22
4-5	<b>-0,62</b>	0,13	0,50	0,13
5-6	<b>-0,65</b>	-0,23	0,48	0,21
5-7	-0,29	-0,47	0,16	0,19
5-8	<b>-0,60</b>	-0,41	0,34	0,21
6-7	<b>-0,68</b>	-0,27	-0,11	0,04
7-8	<b>-0,83</b>	-0,12	-0,29	0,05
7-9	-0,26	0,26	<b>-0,56</b>	0,01
7-10	<b>-0,71</b>	0,03	-0,49	-0,02
8-9	<b>-0,79</b>	0,12	-0,36	0,04
9-10	<b>-0,81</b>	0,05	-0,16	-0,07
9-11	-0,01	0,27	0,13	<b>-0,62</b>
9-12	-0,35	0,31	-0,05	<b>-0,56</b>
12-11	<b>-0,61</b>	0,41	-0,29	0,04

Al igual que lo ya explicado en la sección de variables clásicas, se interpreta que debido a la metodología previamente aplicada al ACP, las diferencias existentes son debidas exclusivamente a las distintas formas de los individuos y no a diferencias de tamaño, ya que aquí todos los individuos han sido “escalados” a un Largo Standard o  $X_0$  de referencia igual a 350 mm.

Por ende las variables 7-8, 9-10, 8-9, 7-10 (que coincidentemente pertenecen al “box truss N° 4) y en menor medida 3-6, 4-5, 5-6, 6-7 (pertenecientes al “box truss” N° 2 y N° 3) y 12-11 definen la primera componente (Tabla II.8). Asimismo lo hacen para la segunda componente las variables 1-3, 2-3, 1-2 y 1-4. La tercera componente se encuentra definida por la variable 7-9. Por último, la cuarta componente está definida por las variables 9-11 y 9-12.

En la Tabla II.9a y b se muestra la matriz de correlación entre variables, así como también la media y el desvío estándar para cada una de ellas. Se puede observar que en general se presentan bajas correlaciones ( $< 0,3$ ) entre las distintas variables. Sobre las 190 relaciones de correlación existentes a partir de las 20 distancias entre puntos homólogos utilizadas como variables, solo en 17 casos se obtuvieron valores de correlación iguales o mayores que 0,5, los cuales nunca superaron los 0,7 puntos.

**Tabla N° II 7<sup>a</sup>.** Matriz de correlación entre variables, Media y Desvío Standard.

<b>Variables</b>	1-2	1-3	1-4	2-3	3-4	3-5	3-6	4-5	5-6	<b>Media</b>	<b>Desvío St.</b>
1-2	1,00									18,06	1,14
1-3	0,29	1,00								63	3,01
1-4	0,36	0,31	1,00							85,52	3,58
2-3	0,27	0,72	0,12	1,00						58,1	3,38
3-4	0,30	0,22	0,44	0,31	1,00					64,66	2,59
3-5	0,18	-0,12	0,06	-0,01	0,20	1,00				72,67	3,64
3-6	-0,03	-0,20	0,03	-0,09	0,37	0,46	1,00			130,95	3,63
4-5	0,20	0,10	-0,01	0,22	0,40	0,44	0,44	1,00		83,39	4,17
5-6	-0,07	-0,09	-0,08	0,01	0,30	0,08	0,58	0,69	1,00	88,32	5,21
5-7	-0,22	-0,11	-0,24	-0,13	-0,11	0,09	0,14	0,10	0,27	119,14	5,83
5-8	-0,12	-0,14	-0,16	-0,09	0,11	0,11	0,45	0,42	0,69	149,44	5,14
6-7	-0,19	-0,16	-0,16	-0,07	0,13	0,12	0,34	0,27	0,38	108,23	4,29
7-8	-0,15	-0,09	-0,14	-0,02	0,19	0,15	0,42	0,34	0,42	71,5	3,27
7-9	0,13	0,09	0,07	0,07	0,02	0,01	-0,08	0,01	-0,07	40,04	1,95

7-10	-0,08	-0,05	-0,09	0,02	0,12	0,10	0,28	0,23	0,27	76,74	2,68
8-9	-0,01	0,02	-0,01	0,10	0,28	0,16	0,34	0,31	0,33	64,3	2,47
9-10	0,05	-0,08	-0,11	0,10	0,27	0,24	0,37	0,41	0,39	47,75	2,01
9-11	0,08	0,06	0,13	0,06	0,18	-0,03	0,02	0,03	-0,05	52,45	2,84
9-12	0,06	0,08	0,06	0,15	0,22	0,14	0,20	0,15	0,05	68,07	2,28
12-11	0,21	0,23	0,15	0,29	0,25	0,26	0,19	0,25	0,11	33,93	1,31

**Tabla N° II 7<sup>b</sup> (continuación).** Matriz de correlación entre variables, Media y Desvío Standard.

<b>Variables</b>	5-7	5-8	6-7	7-8	7-9	7-10	8-9	9-10	9-11	9-12	12-11
5-7	1										
5-8	0,61	1,00									
6-7	0,31	0,47	1,00								
7-8	0,18	0,42	0,63	1,00							
7-9	-0,05	-0,02	0,05	0,23	1,00						
7-10	0,08	0,27	0,43	0,70	0,53	1,00					
8-9	0,05	0,24	0,53	0,66	0,37	0,66	1,00				
9-10	0,15	0,36	0,49	0,68	0,15	0,61	0,69	1,00			
9-11	-0,01	-0,06	-0,04	-0,10	-0,02	-0,04	-0,06	0,03	1,00		
9-12	0,00	0,08	0,13	0,22	0,14	0,27	0,21	0,34	0,50	1,00	
12-11	0,05	0,10	0,35	0,50	0,30	0,49	0,59	0,54	0,02	0,30	1,00

Los resultados del ACP para las distintas localidades analizadas de Argentina, Uruguay y Brasil se presentan gráficamente en los G-plots, Figuras II.8 (CP1, CP2) y II.10 (CP2, CP3). Las Figuras II.9 y II.11 (“H-Plot”) presentan gráficamente las relaciones de correlación entre las distintas variables y las componentes.

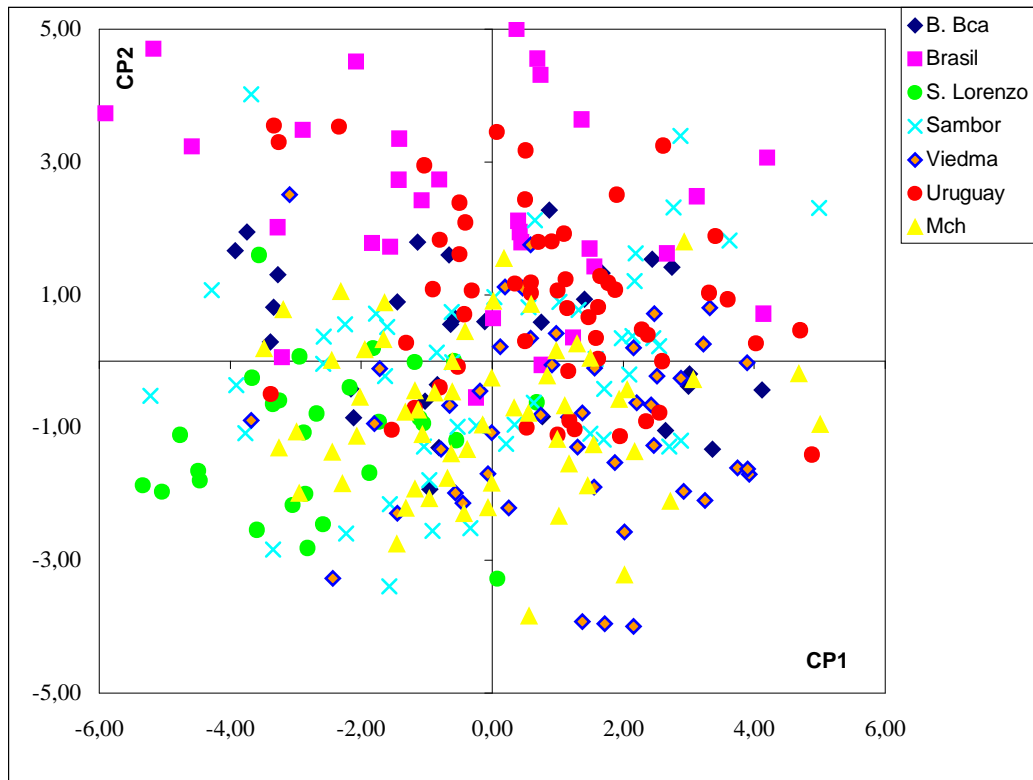


Figura II.8. Análisis de Componentes Principales (CP1 vs CP2) basado en distancias entre puntos homólogos.

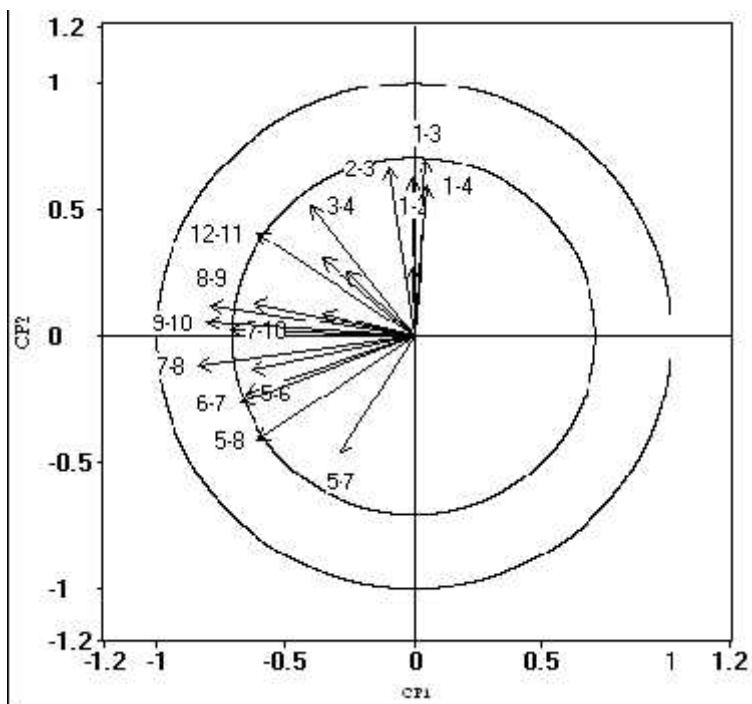


Figura II.9. Correlación entre distancias entre puntos homólogos y la primera y segunda componentes (H-Plot).

De la observación de los G-Plots se interpreta que no existe una clara diferenciación (al menos a nivel específico) entre los individuos de *Mugil platanus* colectados en Brasil y las distintas localidades argentinas/ uruguayas. No obstante, se verifican ciertas tendencias grupales probablemente de índole poblacional que nos permiten realizar una generalización y caracterizar en forma “global” a los individuos de las distintas localidades, a saber: los individuos de las localidades de Río Grande (Brasil) y Montevideo/ Río de La Pata (estos últimos considerados aquí como Uruguay) se ubican fundamentalmente en el primero y segundo cuadrante (Figura II.8; CP1, CP2) y están caracterizados por poseer valores de las variables 1-3, 2-3, 1-2 y 1-4 superiores a la media (Figura II.8 y II.9: CP1, CP2; Figuras II.10 y II.11: CP2, CP3). Estas variables representan básicamente la forma de la cabeza del pez.

En oposición a los grupos mencionados anteriormente se encuentran las localidades de Mar Chiquita y Viedma, ubicados principalmente en los cuadrantes tercero y cuarto (Figura II.8; CP1, CP2) caracterizados por poseer valores inferiores a la media en las variables 1-3, 2-3, 1-2 y 1-4 (Figuras II.8 y II.9: CP1, CP2; Figuras II.10 y II.11: CP2, CP3). En el caso particular de Viedma, la cual haciendo una generalización se podría decir que se encuentra mayormente ubicada en el cuadrante cuarto (Fig. 8; CP1, CP2), ésta estaría además caracterizada por valores inferiores a la media de la variable 12-11 (la cual representa el pedúnculo caudal), y en menor medida también de las variables 8-9 y 9-10.

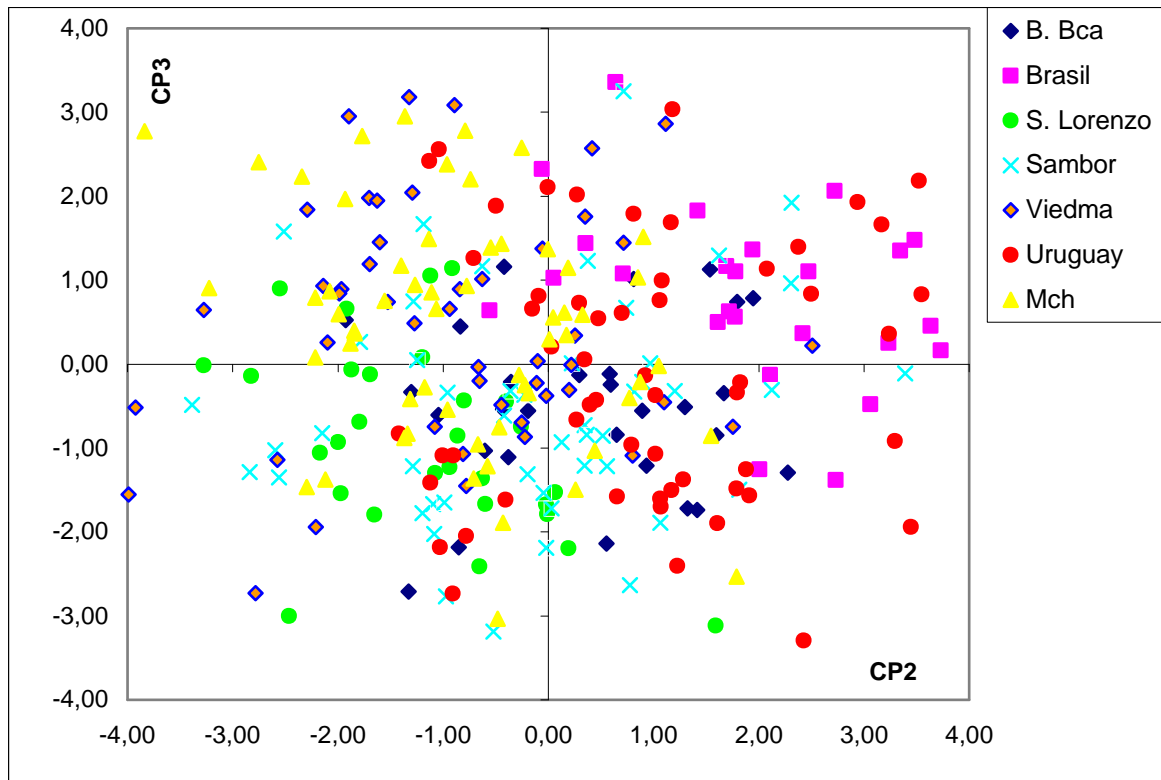


Figura II.10. Análisis de Componentes Principales (CP2 vs CP3) basado en distancias entre puntos homólogos.

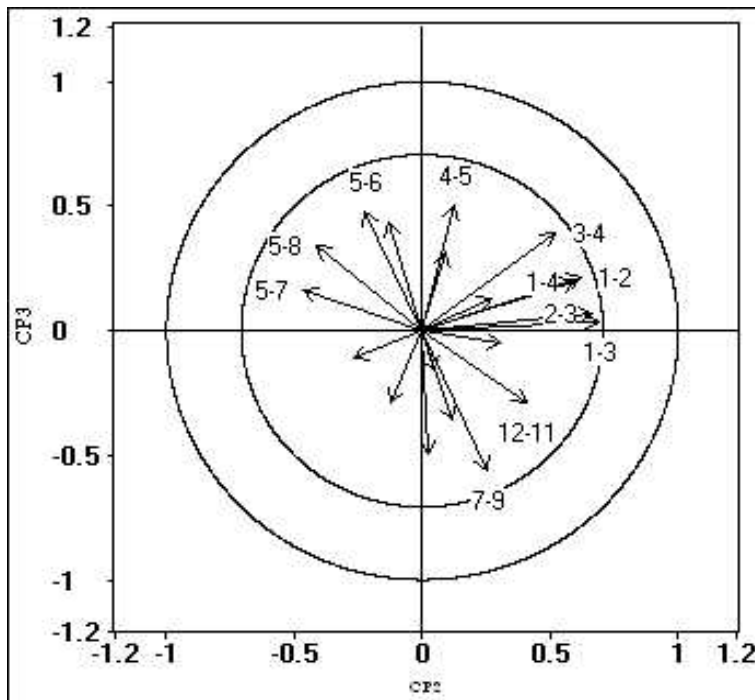


Figura II.11. Correlación entre landmarks y la segunda y tercera componentes (H-Plot).

San Lorenzo parece ser la localidad mejor definida en este análisis, encontrándose ubicada básicamente en el tercer cuadrante (Figura II.8; CP1, CP2). Se caracteriza por poseer valores superiores a la media (Figuras II.8 y II.9: CP1, CP2; Figuras II.10 y II.11: CP2, CP3) para las variables 7-8, 6-7, 5-8 y 5-6 fundamentalmente, aunque también para 8-9, 9-12 y 7-10 en menor medida.

Por último, las localidades de Samborombón y Bahía Blanca se presentan como las más dispersas para este análisis ya que se las encuentra en los cuatro cuadrantes (Figura II.8; CP1, CP2). Por lo tanto no es posible realizar con precisión la caracterización de sus morfos.

#### D) Estudios de dimorfismo sexual

Los resultados del Test de Fisher de comparación de coeficientes se muestran en la Tabla II.10 (variables clásicas) y Tabla II.11 (distancias entre puntos homólogos).

Tabla II.10. Test de Fisher de Comparación de Coeficientes entre sexos para la localidad de Mar Chiquita. Variables clásicas (\*= diferencias significativas con  $p = 0.05$ ; ns = diferencias **no significativas** con  $p = 0,01$ ).

N= 219	Test de Fisher		
	gl1	gl2	u (V obs)
<b>Ln Lc</b>	2	215	2,82507
<b>Ln Hoc</b>	2	215	0,46602
<b>Ln dpD1</b>	2	215	3,24125 <b>ns</b>
<b>Ln dpP</b>	2	215	1,73614
<b>Ln Lp</b>	2	215	0,35677
<b>Ln LEax</b>	2	215	2,12303

Puede observarse que tanto para las variables clásicas como para las distancias entre puntos homólogos, los resultados del Test de Fisher evidencian diferencias estadísticas no significativas entre sexos. De esta manera, al menos para las variables

analizadas, no existen diferencias de dimorfismo sexual para los ejemplares de la laguna costera Mar Chiquita estudiados.

Tabla II.11 Test de Fisher de Comparación de Coeficientes entre sexos para la localidad de Mar Chiquita. Distancias entre puntos homólogos (Landmarks) (\*= diferencias significativas con  $p = 0,05$ ; ns = diferencias **no significativas** con  $p = 0,01$ ).

Variable	Test de Fisher		
	gl1	gl2	u (V obs)
1-2	2	182	2,05983
1-3	2	182	3,68681 <sup>ns</sup>
1-4	2	182	4,23702 <sup>ns</sup>
2-3	2	182	4,27132 <sup>ns</sup>
3-4	2	182	0,67061
3-5	2	182	1,94399
3-6	2	182	0,01556
4-5	2	182	2,11478
5-6	2	182	4,30444 <sup>ns</sup>
5-7	2	182	0,88702
5-8	2	182	1,50386
6-7	2	182	0,72955
7-8	2	182	0,0033
7-9	2	182	0,2768
7-10	2	182	0,74553
8-9	2	182	0,33626
9-10	2	182	0,06992
9-11	2	182	1,97724
9-12	2	182	1,05504
12-11	2	182	1,1987

E) Observación de ejemplares Tipo/ material de referencia y comparación con muestras en estado fresco de Argentina y Brasil

Examinación de ejemplares frescos y de Museos.

Los resultados obtenidos a partir de la comparación entre los ejemplares frescos y de Museos (Tipos y MLP), relativos a los caracteres empleados por Ringuélet *et al.* (1967) como medida para identificar *Mugil liza* y *Mugil platanus* son presentados en la Tabla II.12 y II.13.

Tabla II.12. Valores estadísticos para especímenes Tipo (*Mugil platanus* y *Mugil liza*), Museo de La Plata (MLP), y ejemplares frescos de Argentina y Brasil correspondientes al número escamas de la serie lateral y a los caracteres diagnósticos señalados por Ringuélet *et al.* (1967).

<b>Especies</b>		<i>M. liza</i>		<i>M. platanus</i>		
<b>Categoría</b>		Tipos	Tipos	MLP	Argentina frescos	Brasil frescos
<b>N</b>		6	7	14	72	38
<b>Escamas serie Lateral</b>	<b>Media</b>	31,40	36,43	37,31	36,56	36,61
	<b>Moda</b>	32	36	38	36	37
	<b>Desv. S.</b>	1,34	1,27	1,32	1,35	1,20
	<b>Rango</b>	29- 32	35- 39	35- 39	34- 39	34- 39
<b>Longitud Standard/ Altura cuerpo</b>	<b>Media</b>	5,47	3,98	3,99	4,21	4,31
	<b>Rango</b>	4,8- 6,2	3,5- 5,0	3,32- 4,65	3,5- 5,0	3,8- 4,9
<b>Longitud Pectoral / Longitud escama axilar</b>	<b>Media</b>	2,78	2,45	2,72	2,30	2,24
	<b>Rango</b>	1,8- 3,9	2,0- 3,5	2,3- 3,3	2,0- 2,8	1,9- 2,5
<b>Longitud Pectoral / Distancia P-D</b>	<b>Media</b>	3,37	3,11	3,83	4,58	2,92
	<b>Rango</b>	3,4- 9,2	2,0- 5,7	2,1- 6,9	2,0- 8,7	1,8- 6,4

Tabla II.13. Resultados del Test de Student para especímenes Tipo (*Mugil platanus* y *Mugil liza*), Museo de La Plata (MLP), y ejemplares frescos de Argentina y Brasil correspondientes al número escamas de la serie lateral y los caracteres diagnósticos señalados por Ringuelet *et al* (1967). \*: diferencias significativas para  $p = 0,05$ ; en negrita: diferencias no significativas para  $p = 0,01$ .

Test Student	gl	Escamas serie lateral	Altura cuerpo/ Longitud Standard	Longitud Pectoral / Longitud escama Axilar	Longitud Pectoral / Distancia P-D
<i>M liza/ M platanus</i> Tipos	10	0,0001 *	0,0004*	0,3865	0,8328
<i>M liza</i> Tipos/ (MLP)	16	0,0000 *	0,0000*	0,8256	0,6489
<i>M liza</i> Tipos/ Brasil frescos	41	0,0000 *	0,0000*	0,0014*	0,5201
<i>M liza/ Argentina</i> frescos	75	0,0000 *	0,0000*	0,0002*	0,1097
<i>M platanus</i> Tipos/ (MLP)	18	0,1668	0,9310	0,1669	0,2723
<i>M platanus</i> Tipos/ Brasil frescos	43	0,7240	<b>0,0122</b>	0,0725	0,7125
<i>M plat</i> Tipos/ Argentina frescos	77	0,8123	0,0954	0,1208	<b>0,0171</b>

### Morfometría

Las Figuras II.12 y II.13 muestran los resultados del análisis de componentes principales y la correlación variables- componentes para los especímenes Tipo y del MLP. Se observan claras diferencias entre los Tipos de *Mugil liza* y los ejemplares correspondientes a *Mugil platanus* (Tipos y MLP).

Las Figuras II.14 y II.15 muestran los resultados del análisis de componentes principales y la correlación variables- componentes para los especímenes Tipo, MLP y ejemplares frescos de Argentina y Brasil. Los ejemplares de *Mugil platanus* representados por especímenes del BMNH, MLP y ejemplares frescos de Argentina y Brasil se diferencian claramente de los especímenes de *Mugil liza*.

En ambos análisis, la altura del cuerpo (Ac) se correlacionó fuertemente con la segunda componente (CP2) (Figura II.13) y la tercera componente (CP3) (Figura II.15), sugiriendo que esta es la variable morfométrica más importante para la diferenciación entre ambas especies.

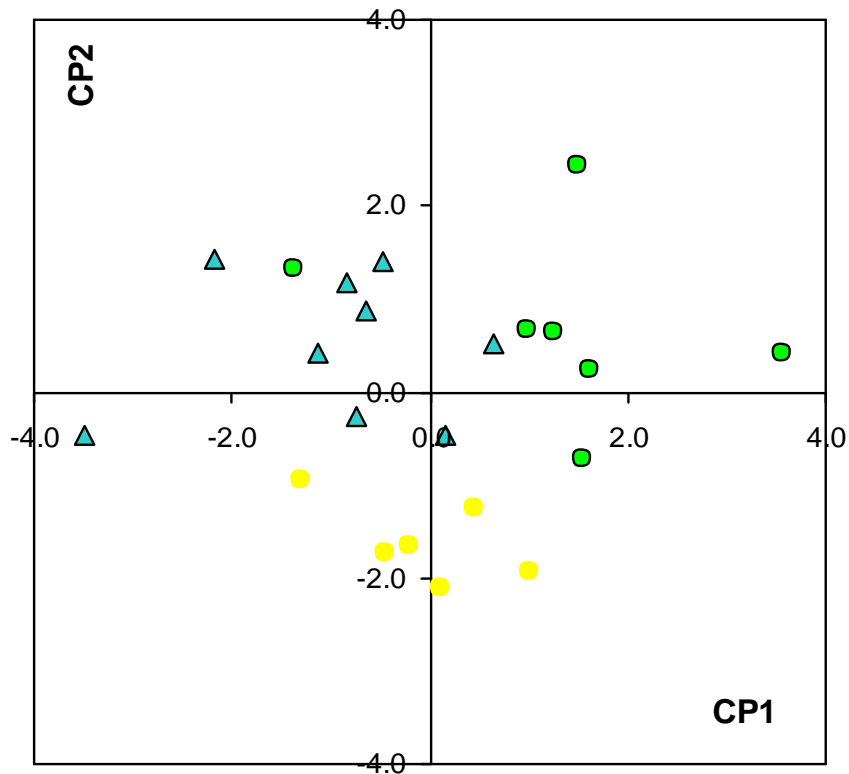


Figura II.12. Análisis de componentes principales de la normalización de los especímenes Tipo (*Mugil platanus* y *Mugil liza*) y del Museo de La Plata (MLP). Símbolos: círculos amarillo, Tipos de *Mugil liza*; círculos verde claro, Tipos de *Mugil platanus*; triángulos, ejemplares (MLP).

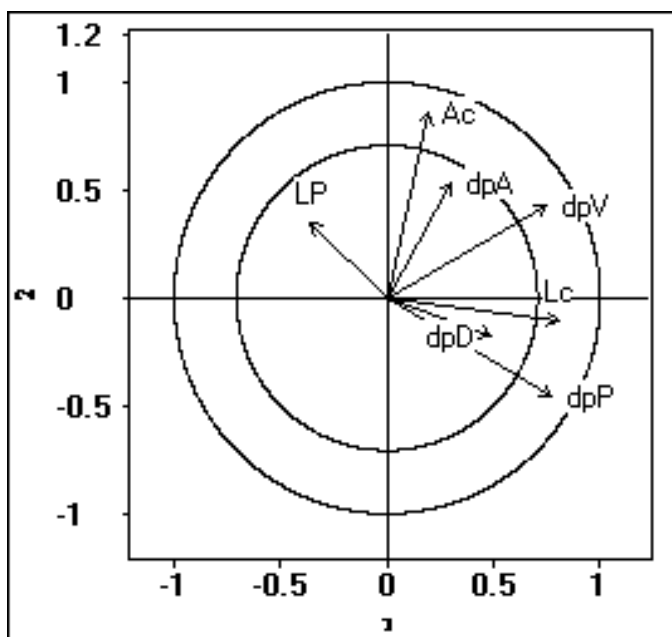


Figura II.13. Correlación entre variables y componentes (primera, segunda) correspondiente al ACP de los especímenes Tipo y del Museo de La Plata (MLP).

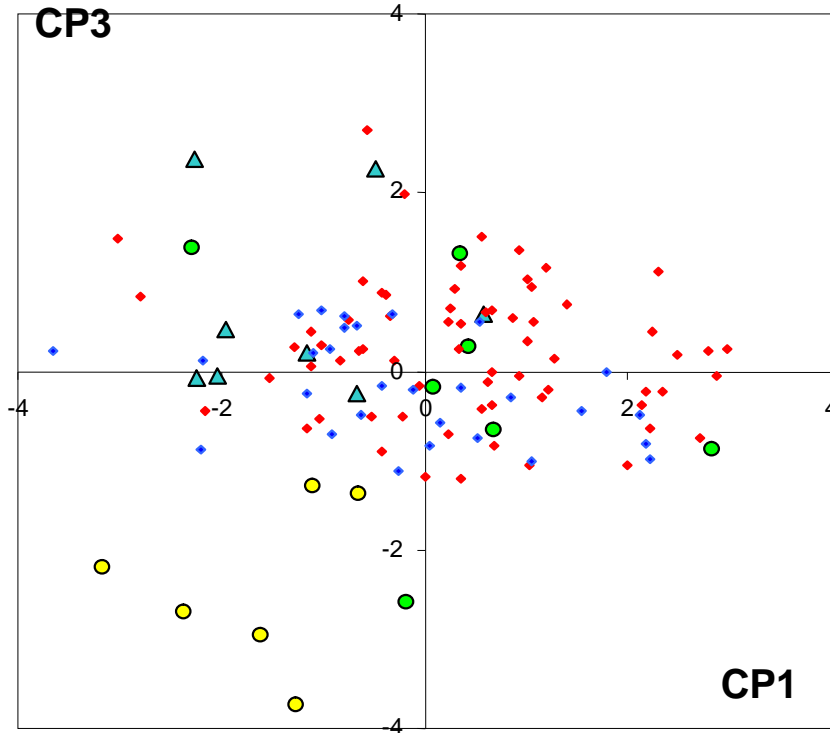


Figura II. 14. Análisis de componentes principales de la normalización de los especímenes Tipo (*Mugil platanus* y *Mugil liza*), Museo de La Plata (MLP), y ejemplares frescos de Argentina y Brasil. Símbolos: círculos amarillo, Tipos de *Mugil liza*; círculos verde claro, Tipos de *Mugil platanus*; triángulos, ejemplares (MLP); rojo, ejemplares de Argentina; azul, ejemplares de Brasil.

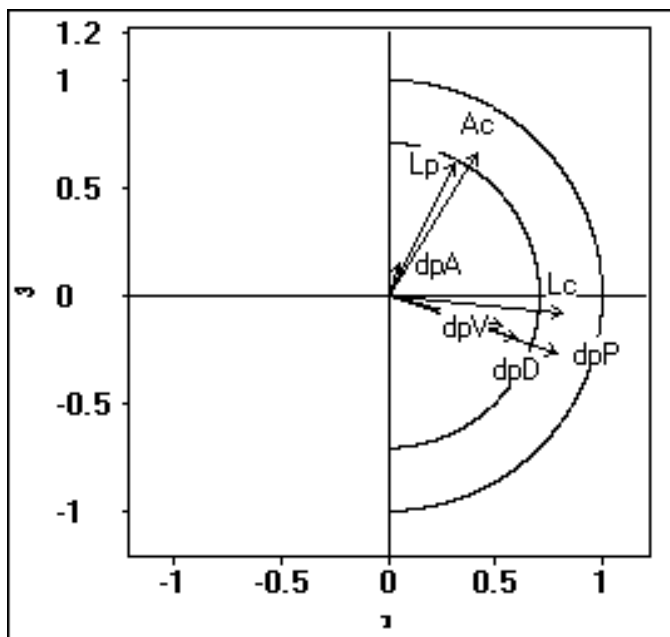


Figura II.15. Correlación entre variables y componentes (primera, tercera) correspondiente al ACP de los especímenes Tipo, del Museo de La Plata (MLP) y ejemplares frescos de Argentina y Brasil.

## **Merística**

Con respecto a los caracteres merísticos, el número de espinas y radios de las aletas dorsal primera, dorsal segunda y anal no fueron consideradas en este análisis debido a que no presentaron variabilidad entre ambas especies. Solamente el número de escamas de la serie lateral fue considerado. El rango, media y moda de este carácter merístico (Tabla II.12) fueron diferentes entre los especímenes Tipo de *Mugil liza* y *Mugil platanus*. El test de Student reveló diferencias significativas entre los valores medios de las escamas de la serie lateral de ambas especies Tipo (Tabla II.13). Los ejemplares preservados del MLP y muestras en fresco de Argentina y Brasil se ajustaron al rango de escamas correspondiente a los especímenes Tipo de *Mugil platanus* (test Student reveló diferencias no significativas entre muestras y ejemplares Tipo de *Mugil platanus* para los valores medios de escamas de la serie lateral) (Tabla II.13).

## Otras observaciones

Dientes. Una hilera de dientes pequeños unicúspides en los labios superior e inferior, y algunas hileras internas de dientes bicúspides en el labio superior. Sin dientes presentes en la cavidad orobranquial ni en la lengua.

Morfología de escamas. Adultos con escamas ctenoideas, con un solo canal mucoso.

Patrón de coloración. Cuerpo gris claro, más oscuro en la región dorsal y de color blanco en la región ventral, con 5-7 estrías longitudinales color gris oscuro.

## Discusión

Las muestras analizadas en la presente Tesis representan el área total de distribución de las lisas en Argentina. Como resultado de la comparación de los especímenes preservados y en estado fresco de Argentina con los Tipos de *Mugil platanus* y con ejemplares de *Mugil platanus* colectados en Uruguay y Brasil, no se encuentran diferencias morfométricas a nivel específico, ni merísticas.

Ringuelet *et al.* (1967), en su clave de identificación correspondiente a los miembros de la Familia Mugilidae que habitan en Argentina emplea tres relaciones morfológicas para la diagnosis de las especies. Acorde a esta clave: 1) el largo de la escama axilar es menor que la mitad del largo de la aleta pectoral en *Mugil liza* y más de la mitad en *Mugil platanus*; 2) la distancia entre la aleta pectoral y el inicio de la primer dorsal es menor que la mitad de la longitud de la pectoral en *Mugil liza* y más de la mitad en *Mugil platanus*; y 3) la altura del cuerpo en longitud es menor en *Mugil liza* (4,4- 4,8) que en *Mugil platanus* 3,6- 3,8). Ringuelet *et al.* (1967), examinaron cuatro ejemplares identificados como *Mugil liza* y dos como *Mugil platanus*. En el presente trabajo se pudo observar solo uno de aquellos especímenes (indicado por un asterisco en la sección de material examinado), otro se encontró dañado y el resto ha sido extraviado.

La Tabla II.12 muestra las relaciones morfológicas mencionadas anteriormente correspondientes al material Tipo de especies nominales, ejemplares preservados del Museo de La Plata y especímenes en estado fresco de Argentina y Brasil. El análisis de esta información puede resumirse de la siguiente manera:

- 1) Relación aleta pectoral/ escama axilar: en todos los especímenes observados, excepto uno (MNHN 1050) el largo de la escama axilar es menor que la mitad de la longitud de la aleta pectoral. Por lo tanto, esta relación no es un criterio válido para separar ambas especies. Esta distancia presentó diferencias solamente entre los ejemplares Tipos de *Mugil liza* y especímenes en estado fresco de Argentina y Brasil. Esto podría deberse a las diferencias en la preservación del material dado que los primeros se encuentran en estado seco y montados.
- 2) Distancia entre aletas pectoral/ dorsal primera: esta relación no presentó diferencias significativas para ninguno de los casos analizados. La magnitud de los valores obtenidos fue siempre superior a dos, en oposición al criterio de Ringuelet *et al.*

(1967). Nuevamente, este carácter no es utilizable para identificar las citadas especies.

- 3) Relación altura del cuerpo/ longitud estándar: los valores obtenidos son mayores (4.8- 6.2) en los especímenes Tipo de *Mugil liza* (MNHN) que aquellos de *Mugil platanus* (Tipos y MLP) (3.5- 5.0) indicando que el cuerpo de *Mugil platanus* es más alto que el de *Mugil liza*, como fue notado por Ringuelet *et al.* (1967). No obstante, los valores obtenidos en este trabajo para ambas especies de *Mugil* son superiores a los mencionados por Ringuelet *et al.* (1967): (3,6- 3,8 para *Mugil platanus* y 4,4- 4,8 para *Mugil liza*). Mas aún, el rango de valores para ambas de especies (3,6- 4,8) citado por Ringuelet *et al.* está incluido en el rango aquí observado para *Mugil platanus* (3,5- 5,0). Por lo tanto esta relación tampoco es válida, al menos bajo los términos de Ringuelet *et al.* (1967).

Con respecto al número de escamas de la serie lateral observado (29- 32 en *Mugil liza* y 34- 40 en *Mugil platanus*), este carácter merístico parece ser el mejor carácter diagnóstico entre ambas especies, al igual que lo mencionado por Menezes (1983).

## **Conclusiones**

- ) Las relaciones morfológicas previas (longitud de la aleta pectoral/ escama axilar y distancia entre aletas pectoral/ dorsal primera) utilizadas por diferentes autores como características diagnósticas no son válidas para el reconocimiento entre *Mugil liza* y *Mugil platanus*.
- ) Los valores de la relación altura del cuerpo/ longitud estándar obtenidos para ejemplares de Argentina caen dentro del rango correspondiente a los ejemplares Tipo de *Mugil platanus*.
- ) El número de escamas de la serie lateral y la relación altura del cuerpo/ longitud total parecen caracteres diagnósticos utilizables en la identificación de ambas especies de *Mugil*.
- ) Solo una liza de presencia permanente, *Mugil platanus* Günther, 1880, ocurre en aguas argentinas.
- ) Los análisis comparativos indican que *Mugil liza* no ocurre en aguas argentinas

## CAPÍTULO TERCERO

***“Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 versus  
*Mugil platanus* Günther, 1880:  
¿Problemas de sinonimia, o especies  
alopátricas válidas?”**

## **Introducción**

La tendencia actual en el campo de la taxonomía es aplicar técnicas interdisciplinarias, como genética molecular y morfometría geométrica entre otras. Según Nelson (2006),...”este es un tiempo excitante para estudiar sistemática. Muchos ictiólogos están aumentando nuestro conocimiento en las relaciones de los peces orientando sus investigaciones hacia peces fósiles y actuales, y dentro de estos últimos, empleando técnicas moleculares y morfológicas”.

Las técnicas de Genética Molecular han revolucionado los estudios evolutivos y taxonómicos en los últimos 30 años, desde los análisis electroforéticos de proteínas hasta las actuales técnicas de secuenciación de bases de ADN. La genética es un foco importante en biología de la conservación, debido a que nos ayuda a comprender el contexto evolutivo de las especies y posibilita el desarrollo de estrategias de manejo (Hurt & Hedrick, 2004). Tiburones y peces óseos han sido extensivamente estudiados genéticamente, desde la perspectiva de elucidar la estructura de poblaciones, pero también para el reconocimiento de los límites específicos (Knowlton, 2000).

Muchas de las especies de la Familia Mugilidae ya se han comenzado a estudiar desde el punto de vista genético molecular, especialmente a partir de la década pasada. Son destacables por ejemplo los trabajos referentes a *Mugil cephalus* de Rossi *et al.* (1998a), Rocha- Olivares *et al.* (2000) y Rocha- Olivares *et al.* (2005) entre otros. También existen algunos importantes trabajos que ensayan pequeñas filogenias moleculares sobre la Familia Mugilidae, abarcando varias especies intergenéricas, como el de Rossi *et al.* (1998b) o Caldara *et al.* (1996).

Según Menezes (1983) y Thomson (1997), las especies sudamericanas de la Familia Mugilidae comprenden los siguientes miembros para el Género *Mugil*: *M. curvidens* Valenciennes, 1836; *M. trichodon* Poey, 1876; *M. incilis* Handcock, 1830; *M. curema* Valenciennes, 1836; *M. gaidmardianus* Desmarest, 1831 [taxa invalida pero bajo discusión (Nirchio *et al.*, 2003)]; *M. liza* Valenciennes, 1836; *M. cephalus* Linnaeus, 1758 y *M. platanus* Günther, 1880.

En el Segundo Capítulo de la presente Tesis Doctoral se mostraron evidencias concretas que señalan a *Mugil platanus* como única especie de presencia permanente para aguas argentinas.

Según a Harrison (2002), *Mugil cephalus* posee una amplia distribución mundial (51° N - 42° S); aunque menos abundante en los trópicos, en aguas atlánticas americanas el autor indica que estaría presente desde Nueva Escocia hasta Argentina. No obstante, Rocha-Olivares *et al.* (2000), indican que ...” La extrema morfología conservativa de esta especie contrasta con su grado de diferenciación genética a escala global”. Harrison (1993) y Thomson (1997) consideran a *Mugil platanus* como sinónimo de *Mugil cephalus*. El primer autor se basó en la observación de un espécimen preservado en el Musée d’Histoire Naturelle de Paris (MNHN A. 6307), colectado en Buenos Aires (Argentina) por d’Orbigny. Pero, Cousseau *et al.* (2005) asignaron este espécimen a *Mugil platanus*. Menezes (1983), no menciona a *Mugil cephalus* entre las especies del Género *Mugil* en aguas brasileras y considera que *Mugil platanus* habita desde Río de Janeiro (Brasil) hasta Argentina. Cousseau *et al.* (2005) confirman esta opinión, demostrando la presencia permanente de esta especie en Argentina, así como también la ausencia de *Mugil liza* en este país.

*Mugil cephalus*, *Mugil platanus* y *Mugil liza* conforman un grupo de especies con relaciones morfológicas cercanas: segunda aleta dorsal y aleta anal débilmente escamadas, presencia de usualmente 6-7 hileras de estrías oscuras longitudinales a lo largo del cuerpo, aleta anal con tres espinas y 8 radios blandos.

## OBJETIVOS

- El objetivo del presente Capítulo es discutir la validez específica de *Mugil platanus* y su relación taxonómica con *Mugil cephalus*, sobre la base de un enfoque multidisciplinario, usando técnicas merísticas, análisis morfométricos basados en puntos homólogos (landmarks) y análisis de ADN mitocondrial.

## **Materiales y Métodos**

### MUESTREO

Se colectaron especímenes de *Mugil platanus* provenientes de localidades costeras de Brasil, Uruguay y Argentina (Figura III.1), y de la laguna San Lorenzo de Argentina, ubicada aproximadamente a 90 Km. de la desembocadura del Río Salado, en la Bahía Samborombón. Estas muestras estuvieron compuestas por 59 individuos con un rango de Tallas entre los 190 y 480 mm de longitud estándar (Tabla III.1). Las muestras de *Mugil cephalus* fueron colectadas en la costa mediterránea de España (41°50'N, 3°8'E), donde su validez específica no se encuentra bajo discusión. Dichas muestras se encuentran depositadas en la colección de tejidos del Laboratorio de Ictiología Genética de la Universidad de Girona (LIG). Esto es debido a que todos los estudios de Genética Molecular presentados en esta Tesis Doctoral fueron realizados en conjunción con el LIG, bajo la dirección de la Dra. María Inés Roldán y con participación de la Licenciada Sandra Heras Menna, además del presente autor. La identificación de las especies se basó en Menezes (1983), Thomson (1997) y Harrison (2002).

### ANÁLISIS MORFOLÓGICOS

Para los ejemplares indicados en la Tabla III.1 se tomaron 21 variables morfométricas (además de la longitud total y estándar) medidas sobre el flanco izquierdo del animal como distancias entre puntos homólogos (landmarks). Para ello se utilizó un calibre digital con precisión de 0.05 mm. Estas variables estuvieron basadas en 12 puntos homólogos obtenidos mediante el protocolo geométrico denominado “Box truss” por Strauss & Bookstein (1982) y Bookstein *et al.* (1985) (ver Capítulo Segundo de esta Tesis). La Figura III. 2 muestra la configuración de los puntos homólogos (landmarks) utilizados en el análisis morfométrico.

Los procedimientos estadísticos y matemáticos estuvieron basados en el método de Leonart *et al.* (2000) y se realizaron según Cousseau *et al.* (2005) y Heras *et al.* (2006). Los caracteres morfométricos se organizaron por especies. La longitud estándar (Ls) fue utilizada como variable independiente, mientras que las restantes 20 fueron consideradas variables dependientes. El  $Ls_0$  fue igual a 300 mm para estos análisis, representando el valor

de tamaño al cual todos los individuos fueron reducidos o amplificados (Lombarte & Leonart, 1993, Ibañez-Aguirre & Leonart, 1996). Esta transformación de los datos remueve todos los efectos de tamaño debido al crecimiento alométrico (Leonart *et. al.*, 2000). Luego, una nueva matriz fue construida conteniendo las matrices corregidas para cada especie y se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el Software MULTIVARIADO (Salomón *et al.*, 2004).

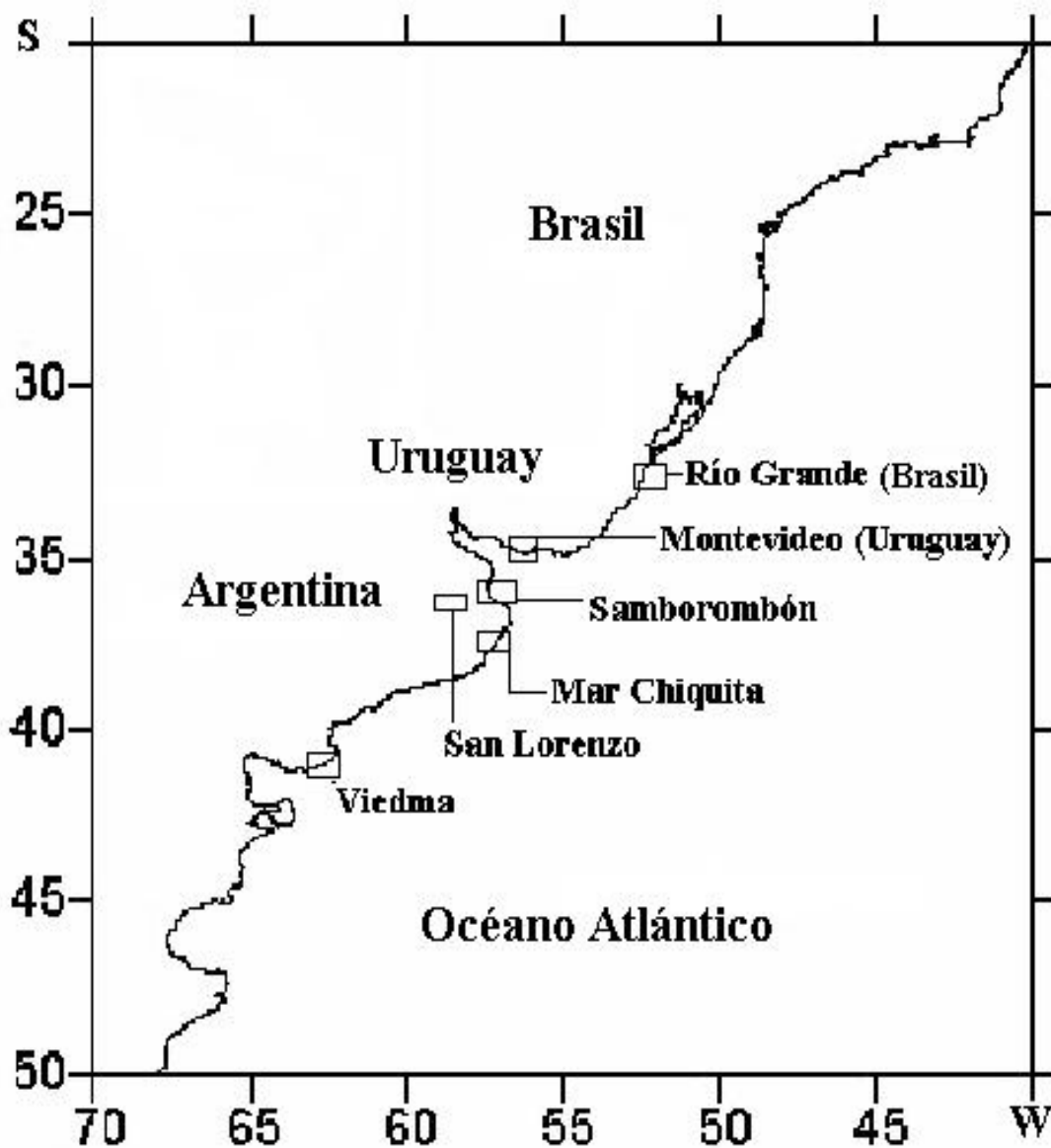


Figura III.1. Ubicación geográfica de las muestras de *Mugil platanus*.

Tabla III.1. Sitios de colecta, tamaños muestrales y tipo de análisis efectuado para los especímenes de *Mugil platanus* y *Mugil cephalus*.

Especie	Localidad	N muestral del análisis realizado		
		Merístico	Morfométrico	Molecular
	Río Grande Do Sul, Brasil	2	2	2
	Montevideo, Uruguay	1	1	6
	Samborombón, Argentina	11	8	11
<i>M. platanus</i>	Laguna costera Mar Chiquita, Argentina	16	13	18
	Viedma, Argentina	6	5	6
	Laguna San Lorenzo, Argentina	16	15	16
<i>M. cephalus</i>	Palamós, España.	3	3	3
	Laguna de Ter Vell, España.	7	7	7

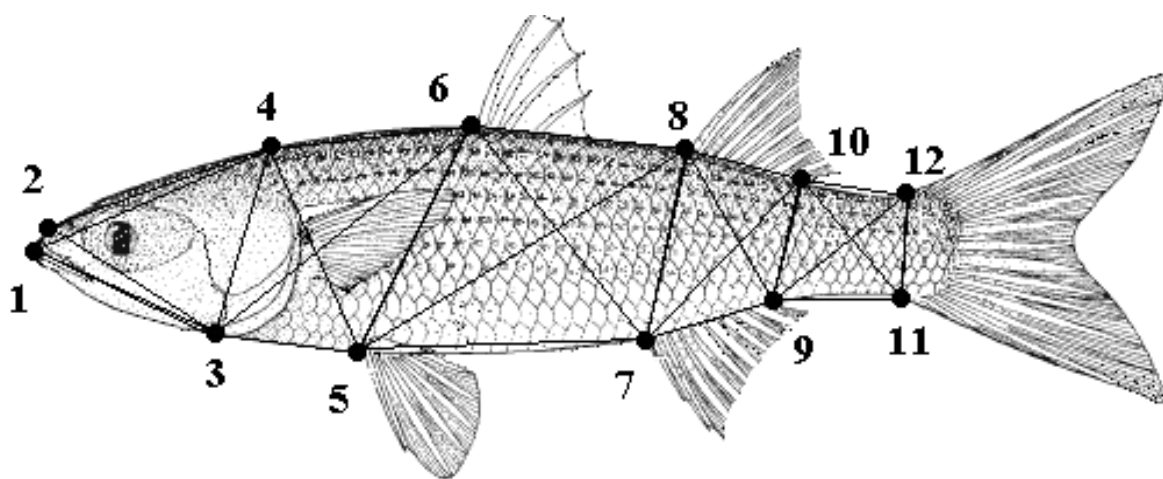


Figura III.2. Configuración de puntos homólogos (landmarks) obtenida mediante protocolo geométrico para los análisis morfométricos.

## ANÁLISIS MERÍSTICOS

Datos merísticos también fueron tomados para cada espécimen según Cousseau *et al.* (2005). Se consideraron para el análisis las escamas de la serie longitudinal y transversal, las cuales fueron comparadas entre *Mugil platanus* y *Mugil cephalus* siguiendo a Menezes (1983) y Thomson. (1997). Una prueba de t de Student para medias fue realizada con la finalidad de testear la existencia de diferencias significativas entre ambas especies.

## ANÁLISIS GENÉTICOS

### **Extracción, amplificación y secuenciación de ADN**

Una muestra de tejido muscular fue tomado de la región dorso- lateral izquierda de ejemplares en estado fresco o bien congelados, la cual fue guardada en alcohol 96° con fines de comparación de una región del DNA mitocondrial, el gen del Citocromo b. Se incubaron aproximadamente 100 mg de músculo durante aproximadamente 10- 12 horas a 37° C con 600 µl de tampón TENS (Tris HCl, EDTA, NaCl y SDS), con el objetivo de obtener el lisado celular y liberar el DNA, y 40 µl (20 ng/ml) de proteinasa K, para evitar la digestión del DNA por parte de las nucleasas presentes en la célula. La totalidad del DNA geonómico se extrajo de acuerdo con el método estándar de fenol-cloroformo: alcohol isoamílico y fue posteriormente precipitada con etanol (Kocher *et al.*, 1989). Finalmente, el DNA fue resuspendido en 75 µl de H<sub>2</sub>O destilada.

La reacción en cadena de la polimerasa seguirá el procedimiento de Saiki *et al.* (1988). Las amplificaciones (Reacción en cadena de polimerasa) del citocromo b (cytb) fueron realizadas en un volumen final de reacción de 50 µl conteniendo Buffer 1.5 mM, MgCl<sub>2</sub> 2.5 mM, 2.5 mM de cada dNTP, 10 µM de cada *primer*, 0.25 unidades de Taq polimerasa (Applied Biosystems) y 2 µl de muestra. La amplificación del Cytb fue obtenida utilizando los siguientes *primers*: L14850 (5' - GCC TGA TGA AAC TTT GGC TC - 3') y H15560 (5' - TAG GCA AAT AGG AAG TAT CA - 3') (Miya & Nishida, 1999)]. La reacción en cadena de la polimerasa se realizó bajo las siguientes condiciones: un paso inicial de desnaturalización de 3 minutos a 94° C, seguido por 35 ciclos; cada ciclo

comprende una desnaturalización a 94° C durante 1 minuto, hibridación a 52° C durante 1 minuto y extensión a 72° C durante 2 minutos; el siguiente paso consta de una extensión final a 72° C durante 5 minutos. Se tuvieron en cuenta precauciones estándares, que incluyen los controles negativos y positivos, con la finalidad de detectar posibles contaminaciones y problemas relacionados.

Los fragmentos amplificados fueron comprobados en geles de agarosa al 1% con Bromuro de Etidio (0.5 Mg/ ml) y purificados con un kit de purificación GFX PCR DNA (Amersham Biosciences, Little Chalfont, UK). Cada fragmento purificado fue secuenciado mediante el método de los didesoxinucleótidos (Sanger *et al.*, 1981) con los mismos *primer* usados para la amplificación. La reacción de secuenciación fue realizada utilizando el kit Dye Terminator Cycle (dRhodamine, Applied Biosystems) y consistió en 26 ciclos a 96° C durante 30 segundos, 50° C durante 15 segundos y 60° C durante 4 minutos. Los productos de secuenciación fueron precipitados en etanol, resuspendidos en 25 µl de *Template Suppression Reagent* (Applied Biosystems) y cargados en un secuenciador automático de bases ABI PRISM 310 Genetic Analyzer (Applied Biosystems), perteneciente al LIG, para realizar la obtención y lectura de las secuencias mediante una electroforesis capilar.

### **Análisis de secuencias**

Las secuencias nucleotídicas obtenidas fueron alineadas manualmente utilizando el programa SeqEd versión 1.0.3 (Applied Biosystems). Los alineamientos finales fueron realizados manualmente mediante el programa BioEdit version 7.0.4.1 (Hall, 1999) utilizando como outgroup una secuencia de citocromo *b* de *Mugil curema* obtenida del GenBank (accession no. [DQ225774](#); Heras *et al.*, 2006). La composición nucleotídica, las posiciones variables y la tasa de transiciones/ transversiones fueron determinadas con el programa MEGA 3 (Kumar *et al.*, 2004). Cada secuencia distinta fue considerada un haplotipo diferente.

La saturación nucleotídica fue testeada con el programa DAMBE versión 4.2.9 (Xia and Xie, 2001).

## **Análisis filogenéticos**

Las relaciones filogenéticas entre especies fueron inferidas con tres tipos de análisis:

- Análisis de Neighbor-Joining (NJ) (Saitou & Nei, 1987), mediante el cálculo de distancias genéticas medidas de acuerdo con Tamura-Nei (1993) utilizando el programa MEGA.
- Análisis de máxima verosimilitud (maximum likelihood analysis) (ML) (Fisher, 1921)
- Análisis de máxima Parsimonia (maximum parsimony analysis) (MP) (Fitch, 1971). Estos dos últimos fueron realizados utilizando el Programa PAUP\* versión 4.0b10 (Swofford, 2002).

La robustez de los nodos de los árboles generados fue testada usando el análisis de bootstrap (Felsenstein, 1985) con 1000 réplicas.

## Resultados

### ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

El Análisis de Componentes Principales de la matriz de correlación, generado a partir del procedimiento de normalización ya descripto, produjo cinco autovalores superiores a uno. Las dos primeras componentes principales (CP) explicaron el 49.7 % de la varianza acumulada de los datos (Tabla III.2).

Tabla III.2. Correlación entre variables y componentes correspondientes al ACP de los especímenes de *Mugil platanus* y *Mugil cephalus*.

	Componente Principal				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
<b>Autovalor</b>	7,24	2,70	2,64	1,75	1,21
<b>Varianza total %</b>	36	13	14	9	6
<b>Varianza acumulada %</b>	36	49	63	72	78
<b>Variables</b>					
1-2	-0,20	0,11	<b>0,69</b>	0,00	-0,08
1-3	-0,14	<b>0,63</b>	0,24	0,59	-0,17
1-4	-0,15	0,22	<b>0,85</b>	-0,02	0,14
2-3	-0,14	0,57	0,24	<b>0,64</b>	-0,21
3-4	0,30	-0,20	<b>0,83</b>	-0,13	0,15
3-5	0,52	-0,49	0,26	-0,01	0,30
3-6	<b>0,71</b>	-0,41	0,32	-0,16	-0,04
4-5	<b>0,63</b>	-0,36	0,29	0,46	0,05
5-6	<b>0,64</b>	-0,36	0,08	0,39	-0,18
5-7	0,52	-0,13	-0,42	0,42	0,32
5-8	<b>0,70</b>	-0,27	-0,17	0,45	0,20
6-7	<b>0,82</b>	0,14	-0,22	0,12	0,09
7-8	<b>0,84</b>	0,36	-0,14	-0,14	0,01
7-9	0,04	0,47	0,18	-0,05	<b>0,71</b>
7-10	<b>0,78</b>	0,44	0,05	-0,21	0,12
8-9	<b>0,84</b>	0,36	-0,09	-0,18	-0,01
9-10	<b>0,86</b>	0,23	-0,02	-0,15	-0,19
9-11	0,48	-0,30	0,24	-0,04	-0,36
9-12	<b>0,79</b>	0,09	0,09	-0,20	-0,37
12-11	<b>0,63</b>	0,54	-0,03	-0,17	-0,02

Para el plano formado por las dos primeras componentes principales, *Mugil cephalus* se ubicó sobre el II y III cuadrante (Figura III. 3), mostrando bajos valores para las variables que constituyen básicamente el tercer, cuarto y quinto cuadrilátero del Box Truss (Figura III. 2 y III.4), con la excepción de las variables 5-7, 7-9 y 9-11. *Mugil platanus* se ubicó fundamentalmente en las cuadrantes I y IV (Figura III. 5) (aunque también en II y III en menor medida), mostrando altos valores para las variables que constituyen básicamente el tercer, cuarto y quinto cuadrilátero del Box mencionadas, con la excepción de las variables 5-7, 7-9 y 9-11. Es destacable que a pesar del amplio rango espacial de muestreo de *Mugil platanus* en comparación con *Mugil cephalus*, solamente un ejemplar de *Mugil cephalus* produjo solapamiento (Figura III. 3).

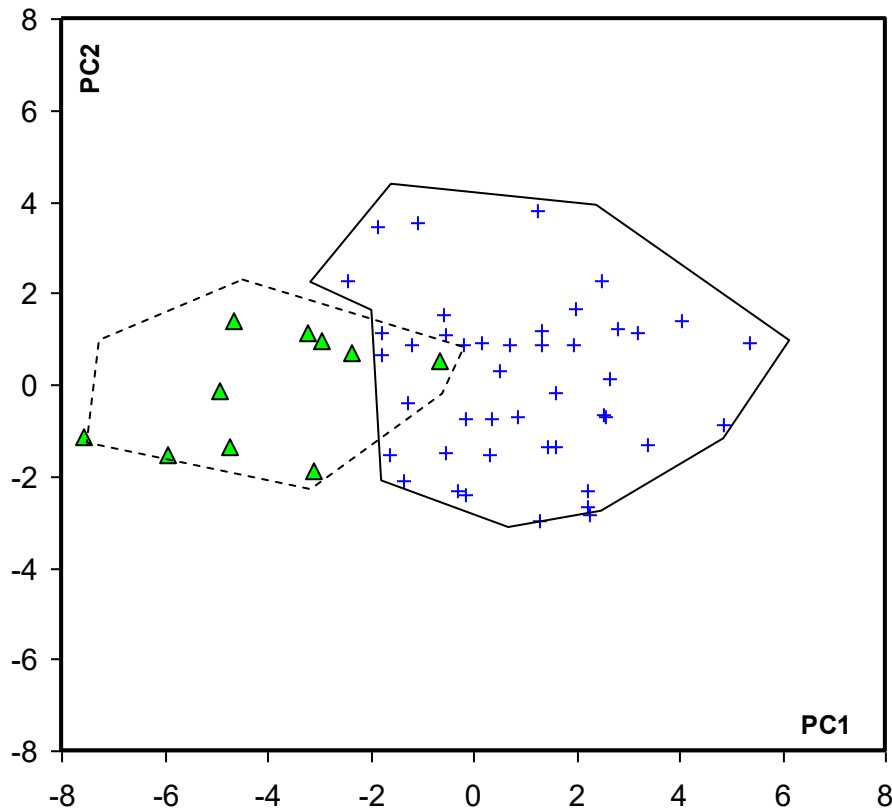


Figura III.3. Análisis de Componentes Principales basado en los datos morfométricos. Los individuos están proyectados en el plano formado por las dos primeras componentes principales. *Mugil cephalus* (triángulos); *Mugil platanus* (cruces).

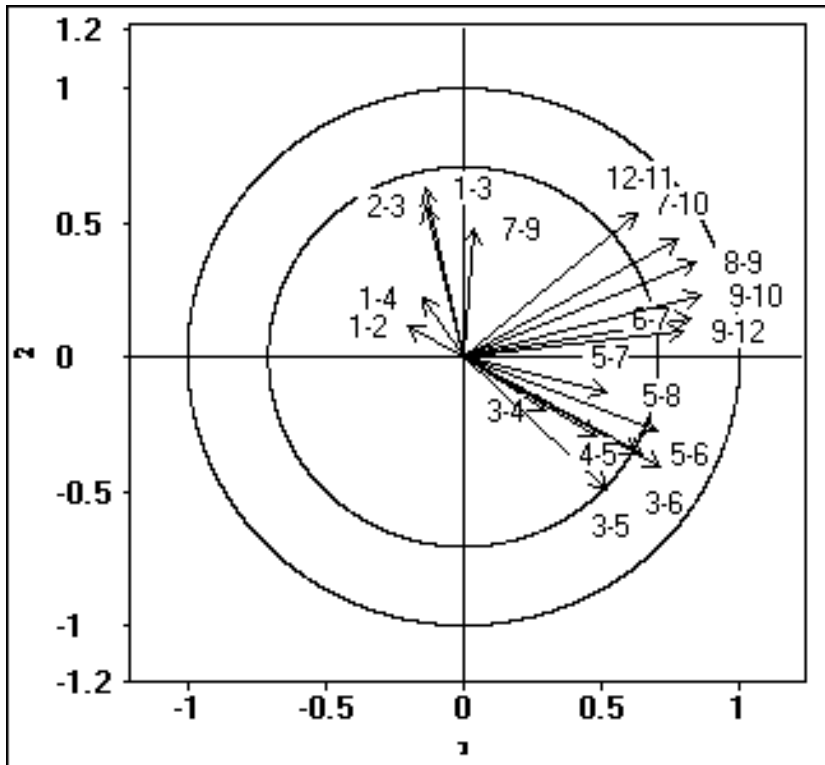


Figura III.4. Correlación entre variables y el plano formado por las dos primeras componentes principales.

La ubicación obtenida en ambas especies para el caso del plano formado por la primera y tercera componente principal (Figura III. 5) fue básicamente la misma que la obtenida para las dos primeras componentes, lo cual refleja (para este análisis en particular) la importancia de la correlación existente entre la CP1 y las variables responsables de la diferenciación morfométrica de las especies bajo estudio. Nuevamente puede observarse que solamente un ejemplar de *Mugil cephalus* produce solapamiento. En la Figura III.6 se observa la correlación entre variables y la primera y tercera componente.

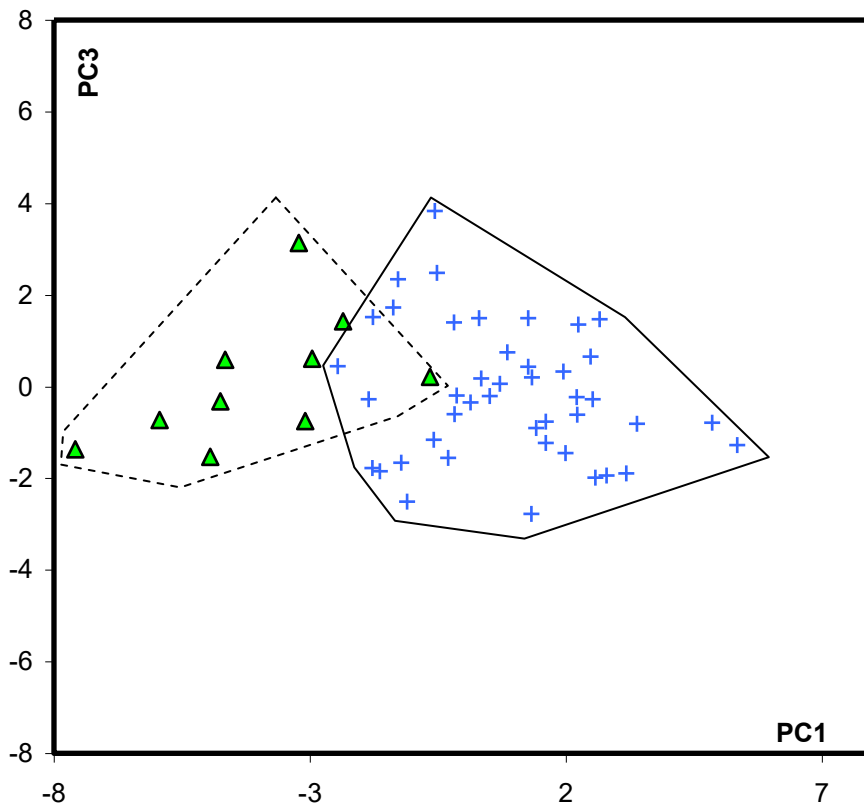


Figura III.5. Análisis de Componentes Principales basado en los datos morfométricos. Los individuos están proyectados en el plano formado por la primera y tercera componente principal. *Mugil cephalus* (triángulos); *Mugil platanus* (cruces).

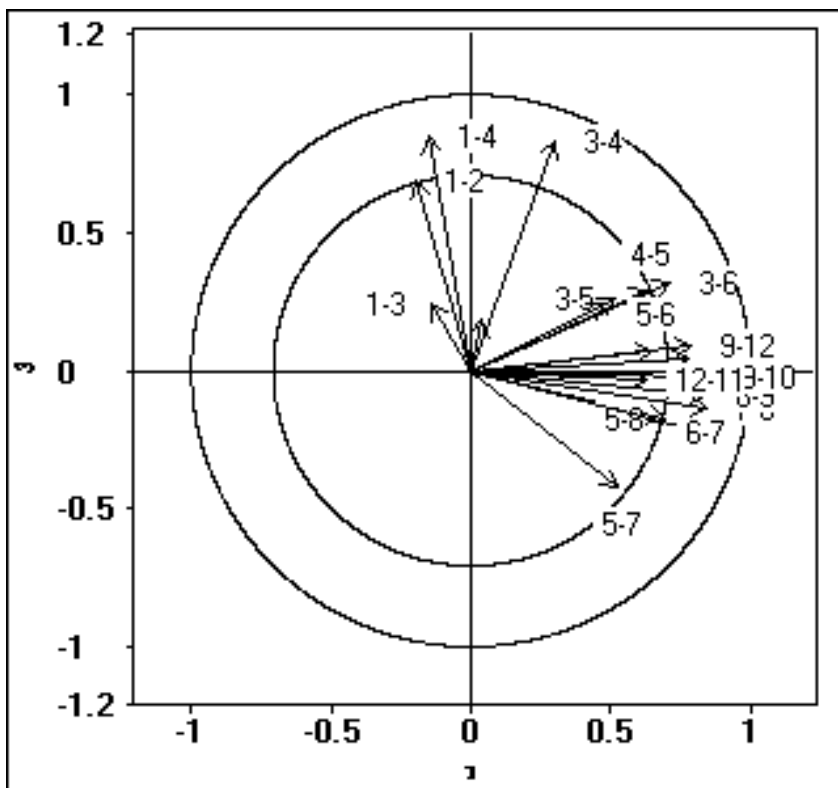


Figura III.6. Correlación entre variables y la primera y tercera componente.

## ANÁLISIS MERÍSTICOS

El número de espinas y radios de las aletas dorsal primera, dorsal segunda, ventral y anal no fueron consideradas en este análisis, debido a que no mostraron variabilidad entre ambas especies. Solamente el número de escamas de la serie lateral y transversal fue utilizado. El rango, la media y la moda de estos caracteres merísticos fueron diferentes entre los especímenes de *Mugil platanus* y *Mugil cephalus* analizados (Tabla III.3; Figura III.7 y III.8). El Test de Student mostró diferencias significativas entre la media de ambas especies, tanto para las escamas de la serie lateral como transversal.

Tabla III.3. Resultados del Test de Student y estadísticos básicos realizados para *Mugil cephalus* y *Mugil platanus*, correspondientes al número de escamas de la serie lateral y transversal. (\*: Diferencias significativas con  $P= 0,05$ ).

		Especies		Test- t
		<i>M. cephalus</i>	<i>M. platanus</i>	
Escamas de la serie lateral	N	10	52	gl 60; $p$ 0,00000 *
	Media	41,1	36,8	
	Moda	41	36	
	DS	1,10	1,14	
Escamas de la serie transversal	Media	13,9	13,05	gl 60; $p$ 0,00001 *
	Moda	14	13	
	DS	0,56	0,49	

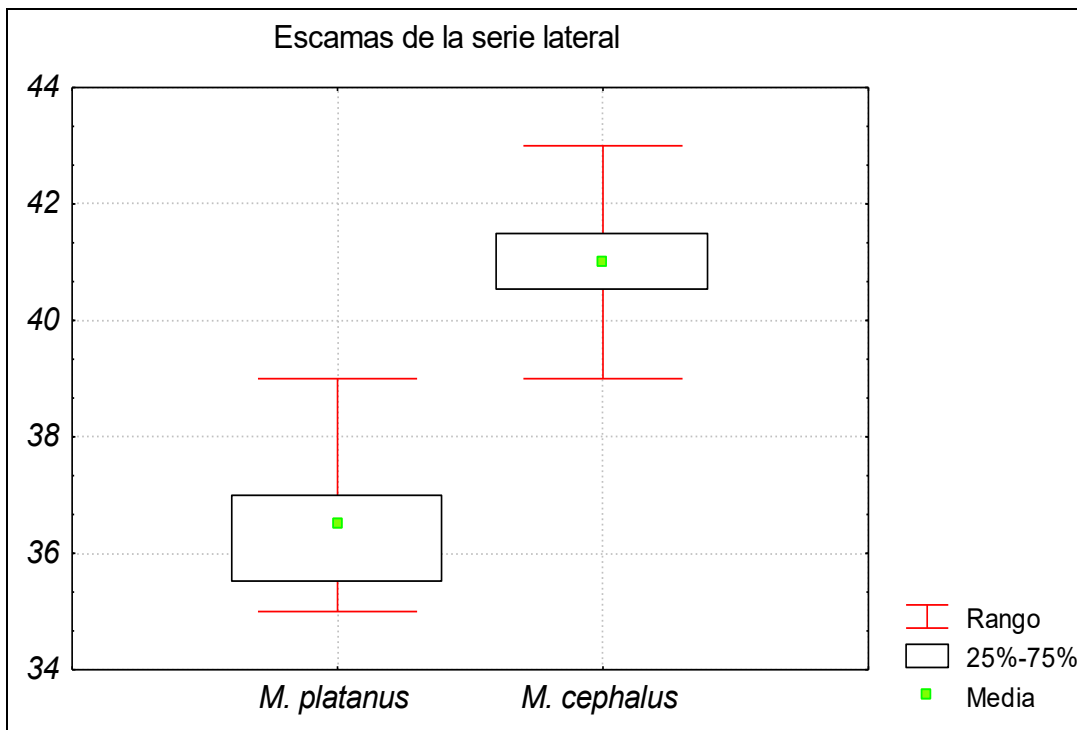


Figura III.7. Rango y valor promedio obtenido para las escamas de la serie lateral de los ejemplares de *Mugil platanus* y *Mugil cephalus* analizados.

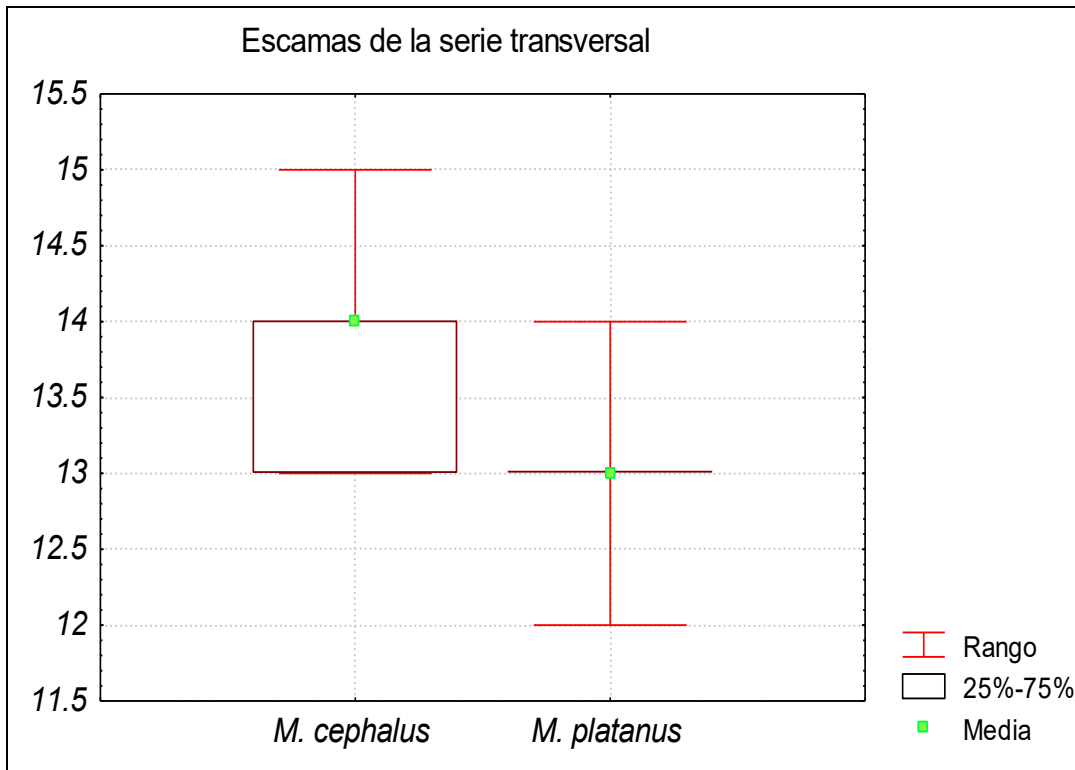


Figura III.8. Rango y valor promedio obtenido para las escamas de la serie transversal de los ejemplares de *Mugil platanus* y *Mugil cephalus* analizados.

## GENÉTICA

Un fragmento del citocromo b de 702 pares de bases de longitud fue amplificado y utilizado en este análisis. La comparación de secuencias reveló 42 sitios variables, los cuales definieron 16 haplotipos (Tabla III.4). Treinta y ocho fueron transiciones y cuatro transversiones, en donde la posición 475 fue la única transversión especie-específica. Doce sitios polimórficos fueron observados en *Mugil platanus*, definiéndose así 13 haplotipos en 59 individuos correspondientes a 6 localidades. Sólo dos localidades están fijadas para haplotipos endémicos, pero los tamaños muestrales son pequeños (Tabla III.4). Dentro de cada especie, los haplotipos fueron distinguidos por una o dos mutaciones ( $d = 0,0019-0,0030$ ).

La divergencia entre especies observada ( $d = 0,0474 \pm 0,0090$ ) es típica de comparaciones intragenéricas de peces marinos. Los árboles de N-J, MP y ML mostraron topologías básicamente idénticas con valores de bootstrap de 99- 100 % para las relaciones de niveles entre especies (Figura III.9).

Tabla III. 4. Distribución de los haplotipos de *Mugil cephalus* y *Mugil platanus*. Secuencias completas de 2CEP y 5PL están disponibles en GenBank bajo número de acceso DQ225778 (Heras *et al.*, 2006).

Especie	Localidad	N	Haplotipos															
			1CEP	2CEP	3CEP	4PL	5PL	6PL	7PL	8PL	9PL	10PL	11PL	12PL	13PL	14PL	15PL	16PL
<i>M. cephalus</i>	Palamós	3	1	2														
	Laguna Ter Vell	7	1	3	3													
<i>M. platanus</i>	Río Grande Do Sul	2				2												
	Montevideo	6					3		1	1	1							
	Samborombón	11					9					1					1	
	Laguna Mar Chiquita	18					16	1										1
	Viedma	6					4						1	1				
	Laguna San Lorenzo	16					14								1	1		

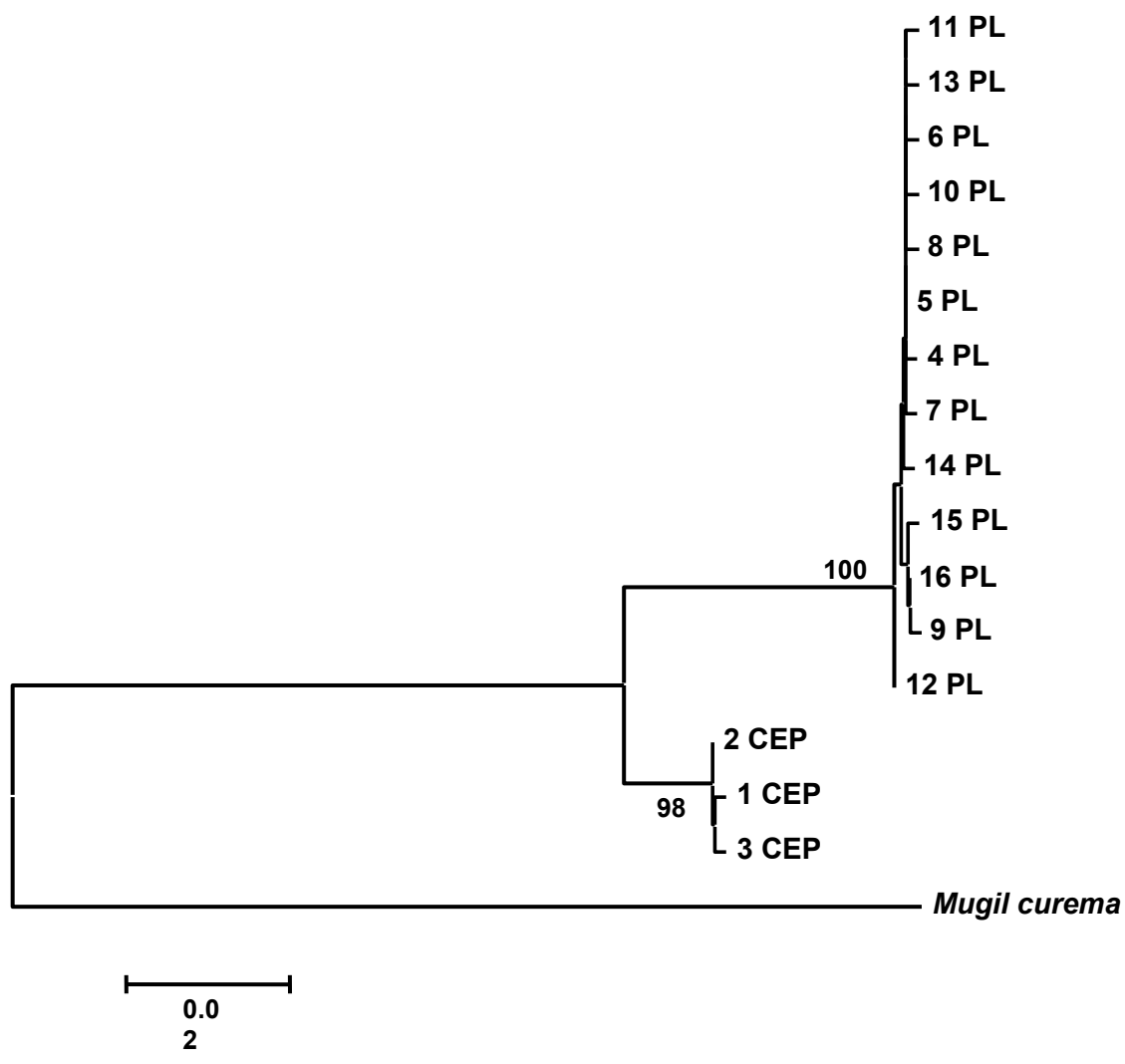


Figura III. 9. Árbol de N-J basado en distancias de Tamura-Nei. Los números en los nodos indican el valor de bootstrap. CEP, *M. cephalus*; PL, *M. platanus*. Códigos de haplotipos idem Tabla III.4.

## **Discusión**

Las especies cosmopolitas ampliamente distribuidas, que además presentan una morfología conservativa, refuerzan de algún modo la noción de continuidad biológica en el océano; no obstante, algunas pueden representar actualmente complejos de especies crípticas, como lo revela el análisis de datos biológicos y moleculares en un gran número de organismos marinos (Knowlton, 2000). El establecimiento de los límites específicos es a menudo muy difícil de lograr, pero su importancia, tanto para la ciencia básica como aplicada, no se discute. Por ejemplo, la validez de *Mugil cephalus* como especie única ampliamente cosmopolita se encuentra actualmente bajo discusión. Rocha-Olivares *et al.* (2000), basado en un set de datos de la región control mitocondrial detectó una profunda diferenciación entre las poblaciones del Golfo de México- Atlántico Norte Occidental y las de Hawai. Rossi *et al.* (1998) usando distancias genéticas basadas en alozimas sugirió que algunas poblaciones transoceánicas de *Mugil cephalus* podrían estar en estado incipiente de especiación. Mas aún, Crosetti *et al.* (1994) basado en un análisis de restricción del ADN mitocondrial concluye que dicha especie parece estar en la “zona gris” entre muestras conspecificas bien diferenciadas y especies cercanamente relacionadas. Toda esta creciente evidencia muestra que *Mugil cephalus*, a través de su distribución total, podría representar un complejo de diversas especies.

*Mugil platanus* es considerado por Thomson (1997) y Harrison (2002) un sinónimo “junior” de *Mugil cephalus*, pero el primer autor no menciona la clave de Menezes (1983). Los resultados muestran diferencias moleculares, métricas y morfométricas que resuelven la controversia respecto al status taxonómico de la lisa americana de distribución atlántica más sureña.

Las secuencias de citocromo b muestran una clara separación entre ambas taxa, las cuales se agrupan en el cluster dentro de grupos bien respaldados. Las taxas se caracterizan por divergencias similares cuando se las compara con valores de divergencia observados entre otros pares congénicos de Teleósteos (Johns & Avise, 1998). No existieron haplotipos compartidos entre los ejemplares analizados de ambas taxas, indicando la ausencia de flujo génico. Además, bajos valores de divergencia de citocromo b han sido frecuentemente encontrados entre otros pares de especies hermanas bien definidas (Poulin *et al.*, 2004).

Los valores merísticos son importantes caracteres en la separación de las especies pertenecientes al Género *Mugil*; entre ellos, el número de escamas de la serie lateral es usado como un elemento diagnóstico (Menezes, 1983; Cervigón, 1993; Cousseau *et al.*, 2005). El análisis de los datos en el presente Capítulo mostró diferencias significativas (Test de t) en los valores medios de las escamas de la serie lateral de *M. platanus* y *M. cephalus*, con un rango mínimo de solapamiento (34- 39 y 39- 43 respectivamente). Las escamas de la serie transversal también presentaron diferencias significativas para sus medias, sin embargo su rango presentó un mayor solapamiento. Acorde a esto, el número de escamas de la serie lateral parecería ser la mejor característica diagnóstica para diferenciar entre *Mugil platanus* y *Mugil cephalus*, tal como Menezes (1983) y Cousseau *et al.* (2005) indican para *Mugil platanus* y *Mugil liza*.

Para nuestro conocimiento, hasta el presente no existen trabajos que versen sobre la comparación morfométrica entre *Mugil platanus* y *Mugil cephalus*. En este Capítulo (el cual es parte de un trabajo que se encuentra en período de evaluación en la revista "Italian Journal of Zoology"), los Análisis de Componentes Principales basados en distancias entre puntos homólogos (landmarks) mostraron una adecuada diferenciación entre los individuos analizados de ambas especies. Al parecer, las variables que representan la altura a diferentes niveles del eje longitudinal del cuerpo de *M. platanus* (figura III.2) muestran que esta especie posee segmentos medios y caudales más robustos, en una vista lateral, con respecto a *M. cephalus*. Esto demuestra diferencias morfológicas y morfométricas entre ambas especies, al igual que Heras *et al.* (2006) demostraron diferencias morfométricas entre *M. cephalus* y *M. curema*. Además Cavalcanti *et al.* (1999), mostraron en un análisis también basado en puntos homólogos una diferenciación morfométrica entre especies de la Familia Serranidae (Teleostei, Perciformes).

*Mugil cephalus* habita en ríos y mares templado- cálidos a tropicales (Thomson, 1997), con una amplia distribución mundial (51° N- 42° S), aunque es menos abundante en los trópicos (Harrison, 2002). De manera opuesta, *Mugil platanus* habita en las costas atlánticas de América de Sur, desde 22° S (Brasil) hasta 42° S (Argentina) (Menezes, 1983). La demostrada discontinuidad en su distribución geográfica y los resultados de nuestros análisis de ADN mitocondrial, morfométricos y merísticos nos permiten considerar que *Mugil cephalus* y *Mugil platanus* son especies alopátricas válidas.

## **Conclusiones**

- Los análisis multidisciplinarios son importantes para la realización de estudios pertinentes al establecimiento de límites específicos.
- Las escamas de la serie lateral son la principal característica diagnóstica que permitiría la diferenciación entre *Mugil cephalus* y *Mugil platanus*.
- Los análisis morfométricos basados en landmarks indican que *M. platanus* posee segmentos medios y caudales más robustos, en una vista lateral, con respecto a *M. cephalus*.
- Las secuencias del gen mitocondrial citocromo b muestran una clara separación entre ambas especies, las cuales se agrupan en los cluster dentro de grupos bien respaldados.
- No existen haplotipos compartidos entre los ejemplares de *M. platanus* y *M. cephalus* analizados, lo cual indica la ausencia de flujo génico.
- *Mugil platanus* es una especie válida, alopátrica con respecto a *Mugil cephalus*.

## **CAPÍTULO CUARTO**

### **‘Biología Reproductiva’**

## **Introducción**

La reproducción es el proceso por el cual una especie se perpetúa, transmitiendo a sus descendientes los cambios ocurridos en su genoma. El éxito alcanzado por cualquier especie está determinado, en última instancia, por la capacidad de sus integrantes de reproducirse en ambientes variables, manteniendo poblaciones viables (Vazzoler, 1996). En particular los Teleósteos, lograron un éxito como grupo por presentar diversas estrategias reproductivas, que engloban tácticas extremas. Existen especies que presentan desarrollo indirecto, con larvas y metamorfosis total, y otras que tienen desarrollo directo, sin una fase larval. Del mismo modo ocurren casos en que machos y hembras son indistinguibles externamente, no exhibiendo comportamiento de cortejo y otros en que individuos de dos sexos desempeñan distintos roles, en comportamientos sexuales elaborados. Su fecundidad presenta una gran amplitud de variación (desde aproximadamente diez hasta millones de ovocitos); existen, por un lado, especies que liberan un gran número de ovocitos y espermatozoides en forma libre en el medio acuático, en número suficiente para balancear las presiones ambientales; por otro lado hay especies con fecundación y desarrollo internos que liberan su prole recién cuando los alevinos están aptos para vivir independientemente. Esta gran variedad de estrategias y tácticas de ciclos de vida permitió su adaptación a ambientes en los cuales tanto las condiciones bióticas, como disponibilidad de alimento y presión de predación, como las abióticas (temperatura, fotoperíodo, oxígeno disponible) varían ampliamente en espacio y tiempo. Frente a toda esa variabilidad, los peces son capaces de guardar energía vía alimentación y a través de una gama de estrategias utilizar parte de la misma transformándola en prole, de modo de garantizar su “éxito reproductivo”.

### **Mecanismos reproductivos**

Mientras un pez es inmaduro toda la energía incorporada vía alimentación es destinada a su crecimiento y supervivencia. El hecho de iniciar su primera maduración implica una reorganización de dicha energía, la cual en gran parte deberá destinarse a los diversos procesos reproductivos, limitando en cierta medida su tasa de crecimiento. El

logro dependerá en gran parte de dónde y cuándo se reproduzca y de cómo los recursos energéticos sean administrados para la reproducción.

Los peces muestran una gran diversidad de **mecanismos** o **modelos reproductivos**. Algunas especies son Semélparas (se reproducen una vez en su vida), aunque la mayoría son Iteróparas pues lo hacen varias veces en su vida con determinada regularidad. Con respecto al género, (Vazzoler, 1996) lo clasifica de la siguiente forma:

a) Gonocorístico (los organismos son bisexuados). Dentro de esta modalidad además podemos clasificarlos en:

- ) Ovulíparos: cuando los organismos poseen fecundación externa, liberando los ovocitos al agua para su fecundación. Se da en la mayoría de los peces Teleósteos. Ej. *Mugil platanus*; *Micropogonias furnieri*; *Engraulis anchoíta*.
- ) Ovíparos: la fecundación es interna y el desarrollo externo. Ej. *Cynolebias* spp. (Aplocheilidae); *Tomeurus gracilis* (Poeciliidae)
- ) Ovovivíparos: fecundación y desarrollo internos. En este caso el huevo o cigoto es liberado con el embrión ya desarrollado. Ej. *Sebastes oculatus* (Scorpaeniformes), en invierno las hembras liberan entre 50.000- 350.000 larvas pelágicas de 8 mm de longitud.
- ) Vivíparos: aquí la fecundación y el desarrollo son internos, con diferentes grados de dependencia trófica entre el embrión y cuerpo materno. Como ejemplos tenemos a las madrecitas (*Jenynsia multidentata*; *Cnesterodon decenmaculatus*) (Poeciliidae), las cuales a los aproximadamente 30 días luego de ocurrida la fecundación “dan a luz” entre 15- 60 alevinos ya desarrollados.

b) Hermafrodita: los individuos poseen gonadas que actúan como ovarios y/o como testículos. De esta manera el hermafroditismo puede ser de dos tipos:

- ) Simultáneo: cuando las gonadas presentan al mismo tiempo porciones femeninas y masculinas (ovotestes). Ej. *Serranus spp.*
- ) Secuencial, que a su vez puede ser:
  - Protándrico, donde las gonadas funcionan primero como masculinas). Ej. *Lates calcifer* (Centropomidae).

- Protogínico, aquí las gonadas funcionan primero como femeninas.

Ej. *Epinephelus spp.*, *Myctoperca spp.* (Serranidae).

- c) Ginogenético: las poblaciones son constituídas exclusivamente por hembras, las cuales son triploides. El oocito para desarrollarse debe ser activado por un espermatozoide de una especie emparentada, la cual sin embargo no tendrá ninguna contribución génica a la nueva generación. Como ejemplo tenemos a las hembras de *Poecilia formosa* con machos de *P. latipinia* (Poeciliidae).
- d) Superfetación: es un caso particular de fecundación interna, en donde ocurre almacenamiento de espermatozoides en las paredes de los ovarios, los cuales permanecen activos durante largos períodos de tiempo fecundando de esta manera varios lotes de ovocitos. Esto ocurre en algunas especies de la Familia Poeciliidae, como *Heterandria formosa* (mosquito- fish) en el cual los espermatozoides pueden vivir hasta 10 meses y llegar a fecundar hasta 9 lotes de ovocitos, con intervalos de 10 días.

### **Formación y Desarrollo de Ovarios**

Inicialmente el ovario se forma como un tubo hueco que se comunica con el oviducto, cuya pared interna se pliega posteriormente, adquiriendo una gran superficie (Saborido, 2002). En algunas especies ambos ovarios se fusionan al principio del desarrollo en un órgano único. La mayoría de los peces son reproductores cíclicos y el ovario cambia extraordinariamente de aspecto en las distintas fases del ciclo reproductivo.

- Microestructura ovárica (el texto correspondiente a este punto se basa en Christiansen 1971; Saborido, 2002).

En un corte histológico realizado en forma transversal, el ovario se encuentra estructurado de la siguiente manera.

- ) Externamente se encuentra un delgado mesotelio, el cual es capaz de sufrir división celular para poder expandirse acorde a la maduración y crecimiento del ovario en cada estación reproductiva.
- ) Por dentro se sitúa la túnica albugínea o muscular, conformada por tejido muscular y conectivo.

- ) Esta túnica está en contacto a su vez con una capa de tejido conectivo laxo, la cual da lugar a las crestas o láminas ováricas y a las estructuras que en ella se diferencian.
- ) Dichas láminas tienen su base en la periferia y convergen hacia la cavidad central o **lumen**. Están recubiertas por un epitelio simple en cuyo seno tienen origen las ovogonias que por diferenciación y crecimiento posterior darán lugar a los ovocitos.
- ) Dicho lumen es formado durante el desarrollo ovárico por una invaginación que atrapa una porción de celoma. Al lumen se liberan los ovocitos tras ser ovulados.
- ) El conjunto de ovogonias, ovocitos y folículos ováricos da lugar al llamado **Cortex**. Estos componentes corticales se encuentran embebidos en el **estroma**, constituido por el citado tejido conectivo, y además el vascular y el neural.

### **Fases de desarrollo ovocitario**

Los ovocitos de los peces se desarrollan a partir del epitelio del lumen del ovario. Existe la duda sobre si en los peces los ovocitos se desarrollan a partir de un stock de precursores ya presentes en el ovario desde la pubertad, como ocurre en mamíferos, o si la oogenesis (entendida como la producción de nuevos ovocitos) puede ocurrir en el ovario adulto (Saborido, 2002). Se ha sugerido la primera modalidad en algunas especies y se ha demostrado lo contrario para otras (Dr. Gustavo J. Macchi, *com. per*).<sup>1</sup>

Las ovogonias, células germinativas femeninas, después de proliferar mitóticamente entran en meiosis, pasando por profundas modificaciones durante su desarrollo, pudiéndose caracterizar las siguientes fases a lo largo de este proceso.

#### Crecimiento Primario

Es la fase inicial, consistente en la formación del ovocito primario a partir de las oogonias o vesículas germinales.

- Estadio de “cromatina nucleolar”: El ovocito al comienzo de su fase de crecimiento primario consta de escaso citoplasma y un núcleo grande de ubicación central, el cual contiene un único gran nucleolo basófilo. El ovocito en sí mismo está rodeado por unas pocas células foliculares escamosas (Wallace & Selman, 1981; Saborido, 2002).

- Estadio “perinucleolar”: Concomitantemente con el crecimiento del ovocito, el núcleo incrementa su tamaño y aparecen múltiples nucléolos periféricos reflejando la

---

<sup>1</sup> Dr. Gustavo J. Macchi: Lab. Histología, INIDEP. Investigador Independiente CONICET.

amplificación de genes ribosomales. Al final de este estado, en la superficie del ovocito se extienden numerosos microvilli al mismo tiempo que los materiales precursores de la membrana pelúcida se empiezan a acumular en manchas (Wallace & Selman, 1981; Saborido, 2002).

#### Formación de alvéolos corticales

Las primeras estructuras intracitoplasmáticas en aparecer en el ovocito durante la fase de crecimiento dependiente de gonadotropinas son las vesículas o alvéolos (Wallace & Selman, 1981). Debido a que contienen glicoproteínas (polisialoglicoproteínas) con las preparaciones convencionales de H&E estas estructuras se observan como esferas huecas, pudiéndose las teñir con colorantes como el azul Alcian, azul de Toluidina y PAS entre otros. Estas vesículas aumentan de tamaño y número hasta formar varias filas en la periferia del citoplasma dando origen de esta manera a los alvéolos corticales (Saborido, 2002). En la fase final de maduración estas inclusiones se fusionarán con el oolema liberando su contenido glicoproteico al espacio perivitelino existente entre el ovocito y el corion durante la reacción cortical en la fertilización (Wallace & Selman, 1981; Patiño & Sullivan, 2002).

La membrana pelúcida (MP) (también denominado zona radiata, membrana vitelina o corion) se hace visible normalmente durante este estado. De esta manera, la aparición de estas estructuras (alvéolos corticales y MP) significa que esos ovocitos han comenzado el proceso de maduración y el pez ha entrado en la fase adulta (Saborido, 2002).

#### Inclusiones lipídicas

La deposición de lípidos en el ovocito pueden iniciarse durante el crecimiento previtelogénico (Patiño & Sullivan, 2002), o el estadio de alvéolos corticales (Tyler & Sumpter (1996). Selman & Wallace (1989), indican que histológicamente, las inclusiones lipídicas son difíciles de diferenciar de los alvéolos corticales. El origen de estos lípidos no está totalmente claro. Se ha sugerido que derivarían de las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) las cuales se unen a receptores de lipoproteínas ováricas del endotelio vascular y son hidrolizadas en ácidos grasos libres por la lipoproteína lipasa. Estos, luego serían re-esterificados en forma de vitelo lipídico para su almacenamiento en el ooplasma en forma de gotas lipídicas (Patiño & Sullivan, 2002).

No todas las especies presentan inclusiones lipídicas; en general ocurre en peces que muestran gota oleosa en sus huevos.

## Vitelogénesis

Se entiende por vitelogénesis al período de desarrollo ovárico donde proteínas extraováricas son captadas, procesadas y empaquetadas dentro de los ovocitos (Tyler & Sumpter, 1996).

La vitelogenina es una glicofosfolipoproteína de 300-600 KDa sintetizada en el hígado y transportada por la sangre hacia los ovarios (Patiño & Sullivan, 2002). En vertebrados no mamíferos el principal evento responsable del crecimiento del ovocito es la captación y el empaquetamiento de las vitelogeninas hepáticas en forma de gránulos de vitelo proteico (Wallace & Selman, 1981). Estos gránulos se caracterizan por poseer plaquetas acidófilas que evidencian la afinidad por la eosina (colorante ácido) de sus proteínas.

La inducción natural de la vitelogénesis hepática ocurre fundamentalmente a partir de la activación del eje neuroendocrino hipotálamo-hipófisis- gónada, en respuesta a estímulos endógenos y medioambientales (Patiño & Sullivan, 2002). Durante la misma, el Índice Gonadosomático en teleósteos se incrementa un 50- 100 %. La duración de la vitelogénesis depende en gran medida del patrón de desarrollo ovárico (Tyler & Sumpter, 1996).

A medida que la vitelogénesis ocurre, las células de la pared folicular se multiplican y estratifican distinguiéndose una capa continua interna (la granulosa) y la teca externa (la cual contiene fibroblastos, fibras de colágeno, capilares y células productoras de esteroides en algunas especies). Ambas capas están separadas por una membrana basal (Saborido, 2002). El conjunto del ovocito, corion y células foliculares pasa entonces a denominarse folículo o folículo ovárico, aunque algunos autores consideran a la teca fuera del folículo.

Como se demuestra por estudios con marcadores (Selman & Wallace, 1989), las vitelogeninas (Vg) ingresan al folículo ovárico a través de los capilares de la teca. Luego atraviesa la membrana basal que separa a ésta de la granulosa y finalmente, a través de los poros del corion, a lo largo de las microvilli ovocitarias hasta hacer contacto con el oolema. Allí las Vg se unen a un receptor específico de superficie, ocurriendo la internalización del complejo Vg- receptor en áreas especializadas de la membrana llamadas “coated pits” (hoyos recubiertos). Estos hoyos se invaginan dando lugar a vesículas recubiertas, las cuales se fusionan con estructuras multivesiculares tipo lisosomas. El clivaje proteolítico de

las Vg en vitelo proteico ocurre en estos cuerpos multivesiculares y, dependiendo de las especies, su almacenamiento será en glóbulos o plaquetas vitelinas.

### Maduración

En muchos Teleósteos, los niveles de hormona luteneizante (LH) sanguínea comienzan a elevarse aproximadamente cuando el crecimiento vitelogénico del folículo ovárico se ha completado. La LH se une a su receptor en las células de la granulosa del folículo y estimula una secuencia de eventos que incluyen la adquisición de competencia maduracional del ovocito, producción de hormona inductora de la maduración (MIH) y la reanudación de la meiosis MIH- dependiente (Patiño & Sullivan, 2002).

Los siguientes eventos caracterizan el reinicio de la meiosis y ocurren durante la maduración del ovocito (Selman & Wallace, 1989):

- a) Migración del núcleo (vesícula germinal) hacia la periferia del ovocito y disociación de la envoltura nuclear.
- b) Los cromosomas se condensan y proceden a efectuar la primera metafase meiótica, seguida de la eliminación del primer corpúsculo polar.
- c) El material cromosómico remanente procede entonces a efectuar la segunda metafase meiótica, donde volverá a detenerse. En Teleósteos, una vez que ocurre esta segunda detención el ovocito se transforma en maduro y fertilizable.

En algunas especies durante el proceso de maduración la coalescencia de los gránulos de vitelo ocurre simultáneamente a la migración del núcleo. En muchas especies de Teleósteos al final de la maduración se produce el fenómeno conocido como hidratación, que consiste en la incorporación rápida de agua, produciendo un nuevo incremento en el tamaño del ovocito (Saborido, 2002). Este proceso es muy marcado en las especies de peces marinos que producen huevos pelágicos, liberando huevos flotantes en el medio marino (Wallace & Selman, 1981). Sirve por un lado para facilitar la expulsión de los ovocitos por el aumento de la presión interna del ovario, y por otro lado para favorecer la flotabilidad de los huevos en el agua de mar (Saborido, 2002).

## Ovulación

La producción de MIH por los folículos ováricos es también necesaria para inducir la última etapa de la ovogénesis: la ovulación (Patiño & Sullivan, 2002). Esta consiste en la ruptura de la membrana folicular (la cual queda en el ovario formando el folículo post ovulatorio), liberando de esta manera el ovocito maduro junto al corion o membrana pelúcida al lumen ovárico (usualmente).

## Atresias

Algunos ovocitos sufren procesos degenerativos, denominados atresias, siendo desintegrados y reabsorbidos debido a que no han sido eliminados oportunamente o por otras causas fisiológicas. Ocurre la pérdida de la turgencia celular, ruptura de la membrana pelúcida, desintegración nuclear y la transformación de los gránulos de vitelo en una masa amorfa de sustancia acidófila. Aparecen células de la serie linfocitaria y macrófagos (Vazzoler, 1996).

En muchos vertebrados, las atresias pueden ocurrir en cualquier estadio de desarrollo lo cual sugiere que éstas juegan un rol importante en la determinación del número de ovocitos que serán reclutados en los sucesivos estadios de desarrollo, afectando por lo tanto el número final de ovocitos maduros (Tyler & Sumpter, 1996).

Histológicamente las atresias se clasifican en cuatro etapas (alfa, beta, gamma y delta). En el estadio inicial del proceso atrésico (alfa), el ovocito es reabsorbido incluyendo el vitelo (si existe) por las hipertrofiadas células de la granulosa del folículo. En el siguiente estadio (beta), ya no hay vestigios del ovocito y ocurre la mayor degeneración y reabsorción del folículo (células de la teca y granulosa). En el tercero (gamma) y cuarto (delta) estadio atrésico la regresión de las células de la teca y granulosa continúa, reduciendo considerablemente el tamaño del folículo, y aparece un pigmento marrón amarillento (Hunter & Macewicz, 1985).

## **Tipos de desove**

Wallace & Selman (1981), proponen una clasificación en la cual se reconocen tres patrones respecto a la organización del ovario:

- a) Sincrónicos: todos los ovocitos, una vez formados, crecen y son ovulados al unísono. Esto es típico de Teleósteos que desovan una sola vez en su vida y luego mueren, ej. *Oncorhynchus spp.* o las anguilas.

- b) Sincrónicos en grupo: al menos dos poblaciones pueden distinguirse al mismo tiempo; una población sincrónica de ovocitos grandes (definido como “clutch” o camada) y otra más heterogénea de ovocitos pequeños a partir de la cual la camada es reclutada. Esta es la situación más común entre los peces.
- c) Asincrónicos: ovocitos de todos los estadios están presentes sin poblaciones dominantes. Cuando el ovario es examinado microscópicamente, parece una mezcla al azar de ovocitos en todos los estadios concebibles. Un ejemplo de esto es el caso del “kilifish”, *Fundulus heteroclitus*.

Por otra parte, Vazzoler (1996) basándose en Wallace & Selman (1981), propone una clasificación muy semejante y más explicativa:

- a) Sincrónicos en un grupo: los ovocitos existentes en los ovarios maduran concomitantemente, siendo eliminadas de una sola vez durante el período de desove. Esto implica un único desove durante el período de vida del pez (especies Semélparas).
- b) Sincrónicos en dos grupos: en cada período reproductivo se evidencian dos lotes de ovocitos, los del stock de reserva (previtelogénicos) y aquellos que irán a madurar sincrónicamente y serán eliminados en el período de desove. Esto ocurriría en especies que desovan con una cierta periodicidad durante su vida y en cada período reproductivo sólo un lote de ovocitos es eliminado: en este caso tendríamos un Desovante Total, o bien un Desovante Parcial con fecundidad determinada (Dr. Macchi, *com. per.*).<sup>1</sup>
- c) Sincrónicos en más de dos grupos: aquí además de los ovocitos de stock de reserva, se evidencian varios lotes de ovocitos en distintas fases de desarrollo, ocurriendo su eliminación a medida que van alcanzando su maduración. En este caso los ovocitos que componen cada lote se desarrollan sincrónicamente, siendo eliminado cada lote a medida que completan su maduración. Esto ocurre en especies que desovan periódicamente durante cada temporada reproductiva, denominándose los Desovantes Parciales.

---

<sup>1</sup> Dr. Gustavo Macchi, investigador de INIDEP/CONICET.

- d) Asincrónicos: no se evidencian lotes o camadas dentro de los ovarios, estando presente todas las fases de desarrollo, ocurriendo su eliminación a medida que van alcanzando su madurez completa. Estas especies no evidencian períodos de reproducción definidos, pudiéndose interpretarlas como casos extremos de desove parcial.

### Estadios de maduración ovárica

A continuación se transcribe la escala macroscópica de madurez ovárica de siete estadios propuesta para *Merluccius hubbsi* por Christiansen y Cousseau (1971), así como también la descripción anatómica correspondiente a cada estadio:

Estadio Ovárico	Características anatómicas
I. Virginal	Ovarios pequeños, translúcidos, turgentes, de color rosado muy pálido.
II: Juvenil	Ovarios turgentes, transparentes, y en ocasiones la irrigación vascular es evidente.
III. Maduración incipiente	Ovarios aumentados de tamaño, color amarillo pálido, ovocitos visibles a través de la túnica.
IV: Maduración avanzada	Ovarios considerablemente aumentados de tamaño, ocupan hasta 3/4 partes de la cavidad abdominal, color amarillo intenso y con vascularización muy evidente. Ovocitos netamente visibles a través de la túnica.
V. Maduración Total y Puesta	Ovarios ocupando gran parte de la cavidad del cuerpo. Color amarillo parduzco, no hay irrigación evidente. La túnica deja ver por transparencia ovocitos grandes, translúcidos, muy aglomerados.
VI: Postpuesta	Ovarios muy flácidos, sanguinolentos, túnica delgada y flácida, gran alteración estructural, lumen amplio. En algunos casos la vacuidad estructural es relativa por quedar remanentes considerables de ovocitos maduros.
VII. Reposo (reversión ovárica)	Ovarios flácidos y opalescentes. Túnica en ocasiones engrosada pero lisa. Lumen amplio, bordeado por parénquima ovárico escaso.

A esta escala de maduración de siete estadios puede asociársele una descripción microscópica de maduración ovárica, como la aplicada por Macchi (1992) y Macchi & Christiansen (1992) para la corvina rubia *Micropogonias furnieri*, que a continuación se describe a manera de ejemplo:

- ) Estadio I: este estadio se caracteriza a nivel histológico por presentar un reducido número de lamelas ovígeras de distribución paralela, las cuales nacen a partir de una túnica ovárica muy delgada. Estas lamelas están recubiertas de ovocitos primarios (basófilos) pudiéndose observar nidos de ovogonias, las cuales constituyen el epitelio germinativo.
- ) Estadio II: los ovarios en este estadio se caracterizan por poseer crestas compactas, con numerosos ovocitos primarios y ausencia de otros elementos celulares en etapas de maduración más avanzadas. La túnica continúa delgada, de un espesor aproximado de 2 micras.
- ) Estadio III: caracterizado por la presencia de ovocitos con vesículas lipídicas y alvéolos corticales (ovocitos secundarios). Se observan crestas ováricas compactas con ovocitos primarios, detectándose de esta manera dos generaciones ovocitarias.
- ) Estadio IV: se observa gran cantidad de ovocitos secundarios cargados de vitelo proteico. Las crestas ováricas son compactas, con ovocitos secundarios y primarios. Debido al gran desarrollo que alcanza el parénquima ovárico se observa una túnica muscular muy delgada.
- ) Estadio V: aquí el ovario, ya en su máximo desarrollo, presenta todas las generaciones de maduración ovocitaria. Al final de este estadio los ovocitos se encuentran totalmente hidratados y se observan al microscopio óptico con contornos irregulares. Estos deben ser considerados artefactos histológicos, debido al procesamiento de rutina de las muestras que involucra etapas de deshidratación en alcohol.
- ) Estadio V/III: similar al estadio III, caracterizado por la expulsión de una camada de ovocitos maduros (puesta parcial) lo cual se evidencia por la laxitud de las crestas ováricas. Pueden observarse folículos postovulatorios en distintas etapas de

reabsorción así como también hemorragias y reacciones inflamatorias. Esta etapa ocurre básicamente en los peces Desovantes parciales.

- J) Estadio VI: luego de producirse la expulsión de la gran mayoría de los ovocitos (exceptuando los previtelogénicos), los restantes entran en reabsorción (atresia). Se destaca el grosor de la túnica ovárica dada la retracción ocurrida luego de las sucesivas puestas y las zonas hemorrágicas.
- J) Estadio VII: presenta características similares al estadio II con ovocitos de reserva y crestas compactas, pero se diferencia del mismo pues la túnica presenta un marcado engrosamiento, observándose fibras de músculo liso y abundante tejido conectivo.

### **Estado previo del conocimiento acerca de la reproducción de las especies pertenecientes la Familia Mugilidae**

Los peces pertenecientes a la Familia Mugilidae habitan en aguas marinas costeras así como también salobres de todos los mares tropicales y templados (Nelson, 1994).

Una característica de los miembros de esta Familia es su catadromía: los juveniles y adultos se reclutan en lagunas o estuarios con fines alimenticios (crecimiento o acumulación de reservas) y de protección. En el caso de los adultos, luego de habitar durante sus períodos de reposo y madurez gonadal en dichos ambientes realizan una migración reproductiva hacia aguas marinas costeras, la cual puede abarcar cientos de kilómetros (Vieira & Scalabrin, 1991; Ibáñez Aguirre, 1993; Chang *et al.*, 2000; Hotos *et al.*, 2000; Marín *et al.*, 2003). De esta manera, a excepción de *Liza abu* (Ünlü *et al.*, 2000), especie de la cual existen dudas sobre su reproducción en agua dulce (Río Tigris, Turquía), las especies pertenecientes a la Familia Mugilidae se reproducen en el medio marino.

Sin duda alguna la especie más estudiada a nivel reproductivo de esta Familia es *Mugil cephalus*, presumiblemente por su carácter pseudo- cosmopolita (Thomson, 1997) y su importancia económica (Ibáñez Aguirre & Gallardo-Cabello, 2004; McDonough *et al.*, 2005). Se ha estudiado su crecimiento ovocitario respecto a la maduración en diferentes salinidades (Tamaru *et al.*, 1994), reproducción y reclutamiento (Chang *et al.*, 2000; Marín *et al.*, 2003; Ibáñez Aguirre & Gallardo-Cabello, 2004), diferenciación sexual y desarrollo gonadal (McDonough *et al.*, 2005), fecundidad y época de desove (McDonough *et al.*, 2003) inducción hormonal de la maduración y el desove (Lee *et al.*, 1988 y 1996;

Monbrison *et al.*, 1997), efecto de la temperatura y fotoperíodo sobre el desarrollo ovárico (Kuo *et al.*, 1974) así como también estudios inmunocitoquímicos de células gonadotróficas de la hipófisis (Mousa & Mousa, 2000), entre muchos otros trabajos existentes en la literatura especializada.

Para las especies sudamericanas del Género *Mugil*, el número de trabajos referentes a reproducción es bastante escaso. Se destaca para *Mugil curema*, el reciente trabajo de Marín *et al.* (2003) sobre la reproducción y reclutamiento de la lisa blanca para la Isla Margarita (Venezuela). Con respecto a *Mugil platanus*, hay varios trabajos, pero todos ellos están realizados solamente para distintas localidades de Brasil. Entre éstos últimos merecen mencionarse los trabajos sobre época reproductiva en la Bahía Paranagua (Esper *et al.*, 2001), desove y fecundidad en la región estuarino- lacunar de Cananeia (Romagosa *et al.*, 2000), desarrollo gonadal / primera madurez y desarrollo citomorfológico de ovarios en Bahía Paranaguá (Da Silva & Esper, 1991; Esper *et al.*, 2000), migración reproductiva en la Lagoa dos Patos y sur de Brasil (Vieira & Scalabrin, 1991) y abundancia y variación estacional de juveniles en la Lagoa dos Patos (Vieira, 1991).

Es bien sabido que el conocimiento de los requerimientos biológicos y ecológicos de una especie es esencial para el cultivo y un manejo eficiente de stocks. No obstante, no existen hasta el momento trabajos referentes a reproducción y fecundidad de *Mugil platanus* para Argentina.

## OBJETIVOS

El objetivo del presente capítulo es aportar los primeros resultados sobre la biología reproductiva de *Mugil platanus*, basados en observaciones efectuadas en la laguna costera Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina). Esto incluye.

- ) Fases de desarrollo ovocitario y estadios de maduración ovárica.
- ) Ciclo de maduración gonadal y estimaciones de abundancia mensual.
- ) Patrón de crecimiento ovocitario a partir de la distribución de diámetros ovocitarios.
- ) Estimación de la fecundidad potencial anual.
- ) Estimación de la longitud de primera madurez (L<sub>50</sub>).
- ) Cálculo del índice Gonadosomático (IGS).

## **Materiales y Métodos utilizados**

### **Área de Estudio.**

La laguna costera Mar Chiquita (Fig. IV.1) esta ubicada en la Provincia de Buenos Aires, 32 km al noreste de la ciudad de Mar del Plata. En el Capítulo I de la presente Tesis se realiza una descripción de las principales características hidrológicas, oceanográficas y físico- químicas de la misma.

En 1996 fue declarada por la UNESCO Reserva Mundial de la Biosfera, en el marco del Programa del hombre y la Biosfera (Man and the Biosphere, MAB), con la denominación “Parque Atlántico Mar Chiquito” y en 1999 se la declaró Reserva Provincial (Iribarne *et al.*, 2001).

La citada laguna fue elegida como área para los estudios reproductivos de *Mugil platanus* debido a su importancia como cuerpo de agua estuarial, adonde concurre la lisa, y también por su cercanía al Laboratorio de Ictiología de la Universidad Nacional de Mar del Plata, sitio en el cual se llevaron a cabo los muestreos pertinentes.

### **Muestreo de peces**

Las muestras de lisas se obtuvieron con una frecuencia mínima mensual y máxima trimensual, entre los años 1999 y 2006. Sin embargo, desde el punto de vista operativo y logístico los muestreos deben dividirse en dos etapas distintas:

-a) La etapa comprendida entre los años 1999- 2004. Durante este período se realizó un muestreo por mes, en las inmediaciones de la desembocadura de la laguna (“Boca”). Se utilizaron redes de enmalle o agalleras de 120 y 67 mm de mallero, 25 metros de longitud y dos metros de altura. Debido a distintos imponderables (como por ej. condiciones climatológicas adversas) acontecidos durante el citado lapso, no se logró una continuidad mensual en las capturas. Varios muestreos resultaron fallidos debidos a intensos temporales o desmedidas crecidas del nivel de agua de la laguna como resultante de las inundaciones que sufrió la Provincia de Buenos Aires durante los años 2000-2001.



Figura IV.1. Mapa de las localidades de muestreo de la laguna costera Mar Chiquita, Argentina.

-b) La etapa comprendida entre 2005 y 2006. Durante este lapso se realizaron tres (2005) y dos (2006) muestreos mensuales abarcando distintos sectores de la laguna costera Mar Chiquita correspondientes al gradiente horizontal de salinidad, es decir: inmediaciones de la boca (Zona III, parte mixo-eurihalina), Recreo San Gabriel (Zona II, parte mixo-mesohalina) y Recreo San Antonio (Zona I, parte mixo-oligohalina) (Fig. 1). Se utilizaron tres redes agalleras, las cuales se emplazaron durante un período de 15 horas para la boca y 5 horas para los Recreos San Gabriel y San Antonio. Dichas redes fueron confeccionadas con mallero de distinto tamaño (120, 67 y 58 mm respectivamente) con la finalidad de abarcar el mayor rango de tallas posible para la especie.

Se registraron datos de temperatura y salinidad del agua para cada estación de muestreo a lo largo del año.

#### Análisis de muestras.

Luego de ser capturados los peces fueron trasladados en frío inmediatamente al laboratorio de Ictiología de la UNMDP para evitar la lisis tisular así como posibles distorsiones en su forma; allí fueron determinados taxonómicamente, obteniéndose para cada ejemplar los siguientes datos:

- ) Longitud total, y estándar, medidas en milímetros.
- ) Peso total, medido en balanza electrónica con precisión de 1 g.
- ) Sexo
- ) Estadio sexual, determinado a nivel macroscópico y microscópico.
- ) Peso de ovarios, medido en balanza electrónica con precisión de 0,1 g.
- ) Un trozo de gónada (ovarios solamente) la cual se fijó en Formol 10% o Bouin, para posterior análisis a nivel microscópico.

El procesamiento histológico de ovarios fue realizado en el Gabinete de Histología del INIDEP, por personal perteneciente al mismo, bajo la Dirección de Dr. Gustavo J. Macchi. Es importante aclarar que solo se trabajó con hembras para los análisis histológicos, debido a las ventajas que presentan en comparación con los machos (West, 1990).

El número total de ejemplares muestreados para esta localidad a lo largo de los ocho años (1999- 2006) fue de N = 381 (machos) y N = 529 (hembras)

Se empleó una escala macroscópica de madurez gonadal de siete estadios (Christiansen & Cousseau, 1971). Los estadios utilizados fueron: (1) virginal, (2) juvenil, (3) inicio de maduración, (4) maduración avanzada, (5) puesta, (6) postpuesta y (7) reposo.

#### Procesamiento de Laboratorio

Se removió una porción de tejido de los ovarios fijados, se deshidrató en etanol o metanol, aclaró en xilol o benzol y embebió en parafina. Se realizaron cortes de 4  $\mu$ m de espesor y se realizó su tinción con Hematoxilina de Harris seguido de contratinción con eosina.

La clasificación histológica de los ovarios fue adaptada de Mayer *et al.* (1988) y la terminología usada en la descripción de los estadios ovocitarios estuvo basada en Wallace & Selman (1981).

#### Determinación de la estructura de los diámetros ovocitarios

Los ovarios en estadio de maduración avanzada fueron utilizados para la determinación de diámetros ovocitarios. Un total de 110 ovocitos/ hembra fueron removidos posteriormente a la fijación (ovarios en alcohol 70%), rehidratados ligeramente y medidos por su eje mayor bajo lupa con un ocular graduado.

#### Estimaciones de Fecundidad Potencial anual, índice Gonadosomático y longitud de primera madurez

La Fecundidad potencial anual (FP) fue estimada usando ovarios preservados en alcohol 70%, posteriormente a su fijación en formol al 10%. Sobre la totalidad de hembras capturadas (N= 529) se seleccionaron para su análisis un total de 24 hembras cuyo diagnóstico histológico del grado de maduración correspondió a ovarios en maduración avanzada (estadio IV). Estos ovarios no mostraron evidencia de desove reciente (ausencia de folículos postovulatorios).

El procedimiento utilizado consistió en la remoción de tres pequeños trozos (de forma triangular) de ovario de aproximadamente 0,025- 0,1 g., tomados de la sección anterior, media y posterior de la gónada. Luego se los pesó en balanza analítica ( $\pm 0,0001$  g.) y se procedió al conteo de los ovocitos vitelados.

Por lo tanto,  $FP = (Ov/ g.) \times Po$ , donde  
Ov/ g. es el número de ovocitos vitelados por gramo de ovario y Po es el peso ovárico.

Índice Gonadosomático (IGS %): este índice fue analizado en relación a los meses del año y los estadios de maduración gonadal.

$$IGS = (\text{Peso gonadal/ peso total}) \times 100$$

Con respecto a la longitud o talla de primera madurez ( $L_{50}$ ), la totalidad de los ejemplares capturados (machos = 381; hembras = 529) fueron organizados en dos matrices separadamente. Se establecieron así una clase de talla para cada centímetro en función de

las longitudes total y estándar. De esta manera los individuos fueron agrupados en las distintas clases de tallas como maduros o inmaduros. Para dicha agrupación, se utilizó el criterio de redondeo al centímetro superior (p. ej. 211 mm corresponde a la clase de talla 220 mm). Para la obtención analítica de la talla de primera madurez ( $L_{50}$ ), se utilizó el algoritmo de Monte- Carlo propuesto por Roa *et al.* (1999) según el cual:

$$P_i = 1/(1 + e^{a + bL}), \quad \text{donde:}$$

$P_i$ : Proporción madura a la longitud  $L$

$a$  y  $b$ : parámetros de intercepto y pendiente

Este modelo trae asociado una probabilidad  $P_L$  para cada clase de talla  $L$ , la cual se calcula:

$$P_L = F_{\text{mad}} \times \ln P_i + (FP_{\text{ot}} - F_{\text{mad}}) \times \ln (1 - P_i), \quad \text{donde:}$$

$F_{\text{mad}}$ : es la frecuencia de individuos maduros para la clase de talla  $L$ .

$FP_{\text{ot}}$ : es la frecuencia total de individuos muestreada para la clase de talla  $L$ .

Una ojiva logística fue ajustada a los datos mediante el método de máxima verosimilitud (max. likelihood).

#### Ciclo de maduración gonadal y estimaciones de abundancia relativa mensual

A partir del análisis macro y microscópico de los estadios de maduración ovárica, se graficaron los distintos estadios para cada mes de dos maneras distintas: la primera fue agrupando meses de manera tal de obtener un ciclo anual gonadal “promedio” el cual incluyó el período 1999- 2006; la segunda fue utilizando solamente el período 2004- 2006 (sin agrupar meses), durante el cual los muestreos fueron más continuos e intensos, como se explicó anteriormente.

Además, se realizaron estimaciones de abundancia mensual (captura por unidad de esfuerzo, o CPUE) en relación con la temperatura y salinidad del agua, con la finalidad de aportar datos sobre los movimientos migratorios de la especie. Se empleó el período 2005-

2006 como modelo, ya que estos fueron los años con mayor regularidad e intensidad de muestreo de todo el período estudiado. El CPUE fue calculado para la Boca de Mar Chiquita, siendo esta localidad el sitio de paso obligado ante cualquier evento migratorio. El mismo se determinó en función de la captura mensual en gramos dividido el tiempo de permanencia de la red en el agua (horas). Solamente se utilizaron para este análisis las capturas de la red de mallero mayor (120 mm), debido a que las otras dos redes (mallero de 68 y 57 mm) capturaron prácticamente sólo ejemplares juveniles.

## Resultados

### **a) Mecanismo reproductivo de *Mugil platanus*:**

*Mugil platanus* es una especie gonocorística (bisexual), ovulípara.

### **b) Fases de desarrollo ovocitario y estadios de maduración ovárica**

Durante el período de estudio realizado en la laguna costera Mar Chiquita (2000-2006) no fueron observados ovocitos en maduración, ovulación, ni tampoco presencia de folículos post-ovulatorios.

- Fases de desarrollo ovocitario observados (a nivel microscópico).

Las siguientes fases fueron observadas.

1) Ovogonias, 2) ovocitos en crecimiento primario (cromatina nucleolar y perinucleolar), 3) ovocitos con alvéolos corticales; 4) ovocitos vitelados. Además se observaron folículos atrésicos.

#### 1) Ovogonias

Estas representan las células germinales más primitivas. Son células pequeñas, de 4-7  $\mu\text{m}$  de diámetro aproximadamente. Presentan un núcleo grande de ubicación central, aspecto redondeado y cromatina laxa, el cual se rodea de escaso citoplasma (Figura IV.2). En general se las encuentra en pequeñas agrupaciones denominadas por algunos autores como “nidos de ovogonias”. Estas células fueron observadas en algunos ejemplares virginales o juveniles.

#### 2) Ovocitos en crecimiento primario

Las células en este estadio son de mayor tamaño que en el anterior. Se caracterizan por poseer formas poliédricas, con un núcleo grande, redondeado, central, y de cromatina laxa (Figura IV.3), con uno a nueve nucleolos prominentes (el número de estos va en aumento a medida que el ovocito va transitando esta fase de desarrollo). El citoplasma es marcadamente basófilo.



Figura IV.2. Ovogonias (flecha) de *Mugil platanus*. 132 X.

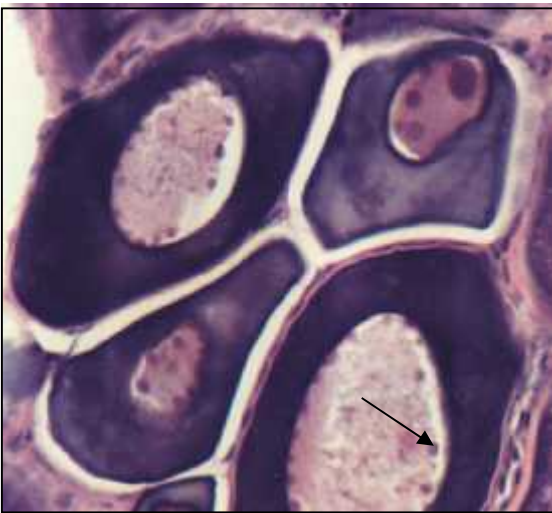


Figura IV.3. Ovocitos en crecimiento primario de *Mugil platanus*. (flecha: nucleolo) 132 X.

### 3) Ovocitos con alvéolos corticales

En esta etapa del desarrollo ovocitario ocurre el inicio de la vitelogénesis (endógena). Con un mayor diámetro que en el estadio anterior, los ovocitos comienzan a perder gradualmente su basofilia citoplásmica. Su núcleo sigue siendo grande y de cromatina laxa, observándose los nucléolos dispuestos en la periferia. En esta fase aparecen los alvéolos corticales (Figura IV.4), vesículas pequeñas que inicialmente se encuentran rodeando al núcleo y paulatinamente van aumentando de tamaño y número, extendiéndose hacia la periferia celular. De esta manera el citoplasma

adquiere una apariencia “espumosa”, dado que estas vesículas pierden su contenido mediante el procesamiento histológico de rutina. En su etapa más avanzada pueden llegar a observarse en esta fase pequeñas plaquetas acidófilas de vitelo verdadero (exógeno) ubicadas en la periferia del citoplasma. La estructura más notoria de este estadio es tal vez la aparición de la membrana pelúcida, que rodea al ovocito, presenta marcada acidofilia y determina de cierto modo el comienzo del período adulto del pez. Por fuera del corion comenzarán a hacerse cada vez más notorias las células foliculares (granulosa y teca).

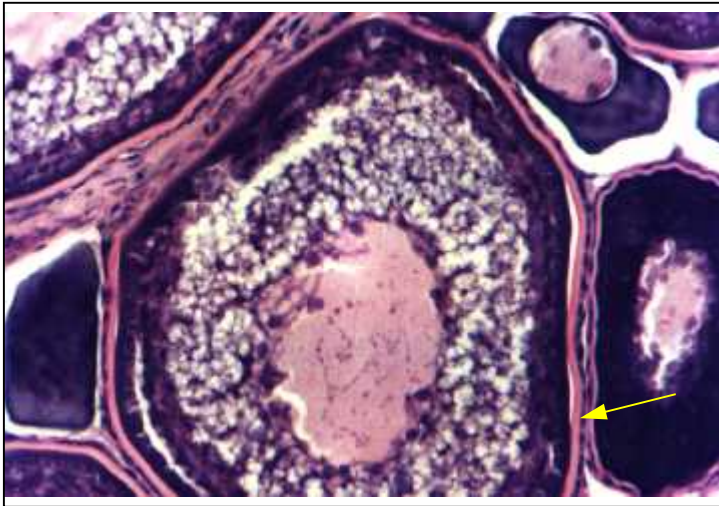


Figura IV.4. Ovocitos con alvéolos corticales de *Mugil platanus*. (flecha: membrana pelúcida) 33 X.

#### 4) Ovocitos vitelados

En este estadio se produce un gran aumento del tamaño ovocitario, producto de la incorporación de vitelogeninas de procedencia hepática (vitelogénesis exógena). Dicha sustancia es incorporada en forma de plaquetas acidófilas citoplasmáticas, con gran afinidad por la eosina. También se observan, aunque en menor proporción, vesículas lipídicas en forma dispersa entre las plaquetas vitelínicas. Los ovocitos en este estadio pueden poseer entre 350 y 700  $\mu\text{m}$  de diámetro. En esta fase se hacen más notorias las células foliculares, pudiéndose diferenciar la granulosa interna y la teca externa. La membrana pelúcida aumenta notoriamente su tamaño presentando estriaciones bien

definidas (Figura IV.5). El núcleo del ovocito no aumenta su tamaño, presentando un aspecto estrellado, característico de este estadio.

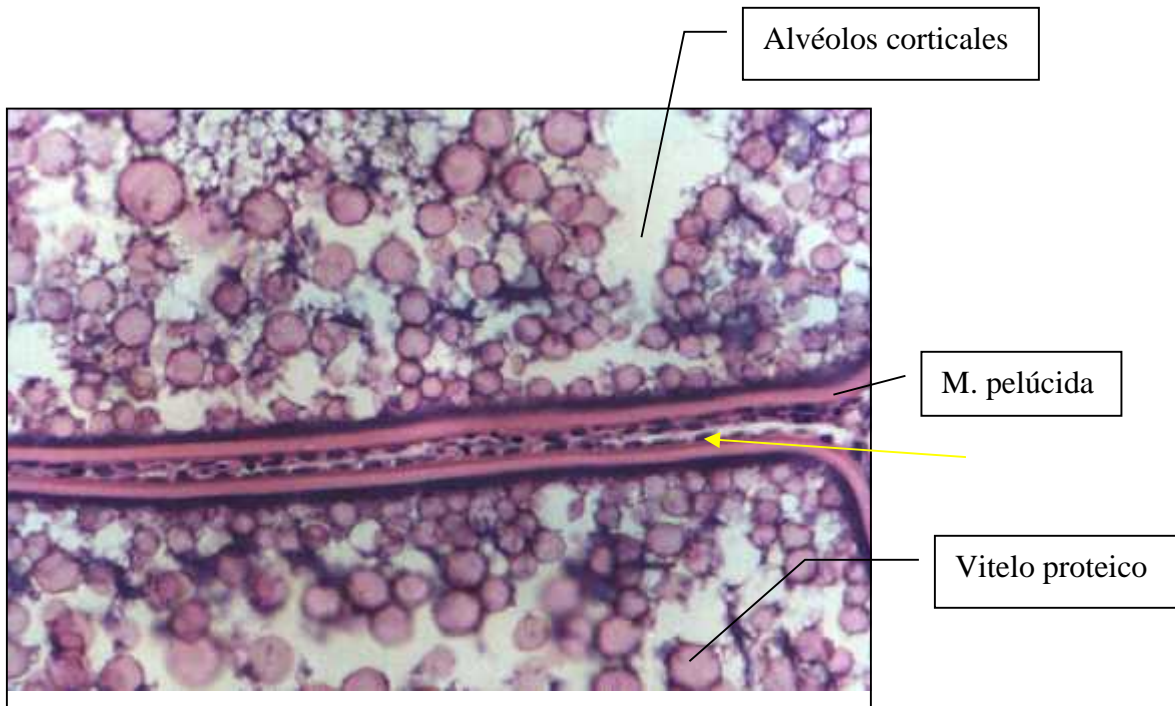


Figura IV.5. Detalle de ovocitos vitelados, mostrando la membrana pelúcida, las células foliculares (flecha), los gránulos de vitelo proteico y alvéolos corticales. 132 X.

#### Folículos atrésicos

Los folículos atrésicos fueron encontrados minoritariamente. Caracterizados por la autólisis de los componentes celulares del folículo, acompañado del ingreso de células fagocíticas en su interior. En general fueron observados en hembras que iniciaron su maduración tardíamente (Figura IV.6) (mes de Junio, por ej.), al ser afectadas por condiciones desfavorables medioambientales (ej. bajas temperaturas), que no permiten la maduración efectiva para la temporada reproductiva.

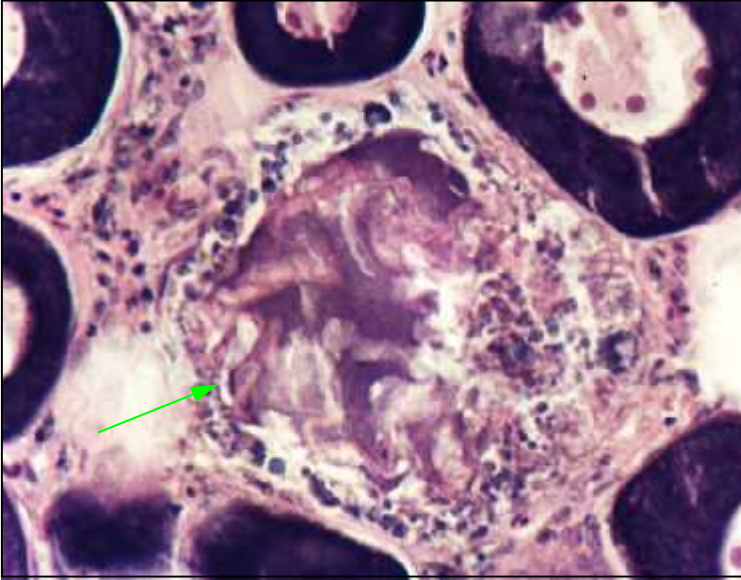


Figura IV.6. Detalle de un folículo atrésico (flecha) rodeado de ovocitos en crecimiento primario. 132 X.

- Estadios de maduración ovárica observados

Durante el presente estudio fueron constatados macro y microscópicamente los siguientes estadios:

- ) Estadio I (Virginal): caracterizado por ovarios muy pequeños, de hasta 1 gramo de peso, translúcidos y de túnica muy delgada. A nivel microscópico presentan grupos de ovogonias y ovocitos en crecimiento primario incipiente. Probablemente por el arte de pesca utilizado (selección de tamaños por el mallero de la red), muy pocos ejemplares fueron hallados en este estadio.

- J) Estadío II (Juvenil): esta fase de desarrollo fue observada durante prácticamente todo el año y se caracterizó por ovarios pequeños turgentes, con pesos aproximados de entre 1 y 3 gramos. Su coloración es rosado- rojiza, pudiendo existir una débil vascularización. La túnica es delgada. Presentan en general ovocitos en crecimiento primario, observándose una estructura lamelar organizada y compacta.
- J) Estadío III (Maduración incipiente o Inicio de maduración): aquí ya se observa un crecimiento perceptible de los ovarios, los cuales ocupan un tercio o más de la cavidad abdominal alcanzando pesos de hasta 20 gramos. Su color va virando hacia el amarillo intenso, pudiéndose observar las arterias ováricas. A nivel microscópico se observan dos fases de crecimiento ovocitario distintas, los ovocitos previtelogénicos (crecimiento primario) y el estadío de alvéolos corticales (Figura IV.7). Hembras en este estadio fueron usualmente encontradas durante los meses de Marzo- Mayo, y luego Noviembre- Diciembre.

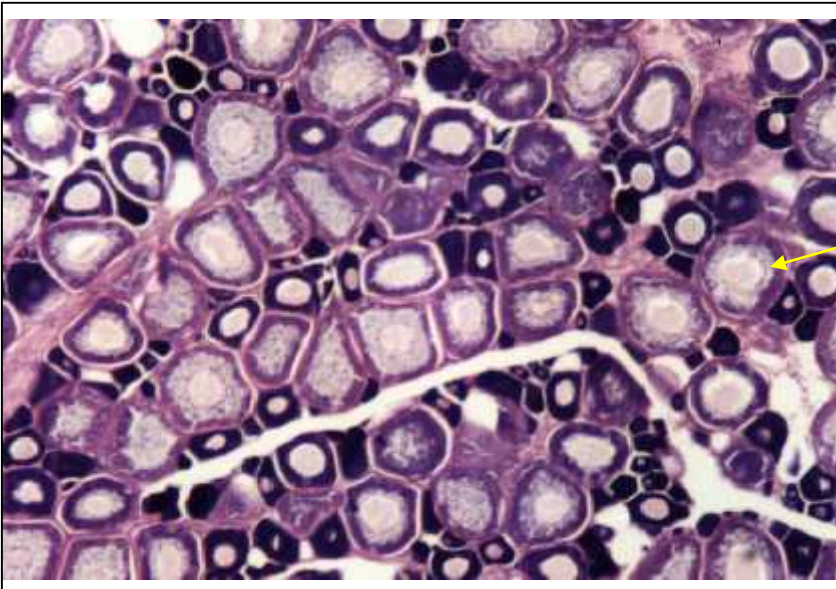


Figura IV.7. Detalle de ovario en Maduración incipiente. (flecha: ovocitos con alvéolos corticales) 33 X.

J) Estadío IV (Maduración avanzada): los ovarios en este estadio ocupan dos a tres tercios de la cavidad abdominal caracterizan este estadio. Se caracterizan por un color amarillo opaco que va virando al naranja intenso a medida que su peso aumenta (entre 30- 280 gramos en este trabajo) (Figura IV.8), y las arterias ováricas son totalmente conspicuas, pudiéndose observar aun sus ramificaciones menores. La histología revela nuevamente dos capas ovocitarias, los previtelogénicos (escasos en este estadio) y los ovocitos vitelados de gran tamaño, observables a simple vista a través de la túnica. Este estadio frecuentemente se encontró durante los meses de Abril- Mayo y Noviembre- Diciembre fundamentalmente.

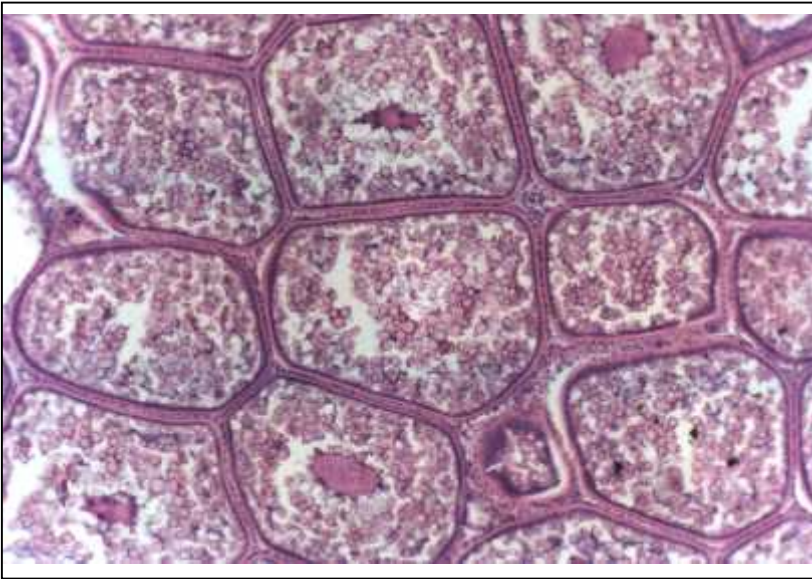


Figura IV.8. Ovario en maduración avanzada. 33 X.

J) Estadío VII (reposo): estadio dominante durante los meses invernales (hasta Octubre aproximadamente), aunque presente en todo el año, incluso durante los meses en los que aparecieron los estadios de maduración avanzada, generando así una simultaneidad espacio-temporal entre ambos estadios que *a priori* parecerían

opuestos (véase más adelante, en el punto f: Ciclo gonadal). Los ovarios presentan una túnica engrosada y algo flácida (Figura IV.9), típica de ejemplares adultos que ya han tenido un evento reproductivo. Su tonalidad varía entre rojiza y grisácea, dependiendo del período en el cual se encuentre, y su peso oscila entre los 4 y 10 gramos aproximadamente. Microscópicamente presenta ovocitos en crecimiento primario, pudiendo observarse eventualmente nidos de ovogonias.

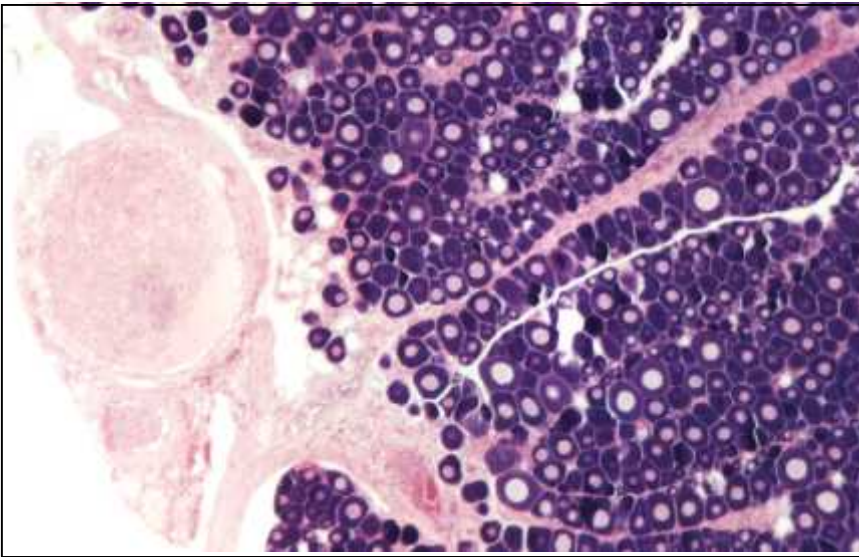


Figura IV.9. Detalle del hilio de un ovario en reposo. 13 X.

Como ya se señaló, no se detectaron en ninguna ocasión durante el período de estudio (1999- 2006) hembras en estadio de desove o post- desove. La lisa *Mugil platanus* permanece durante las etapas de reposo e inicio de maduración en la laguna Mar Chiquita y llegada su maduración avanzada realiza su migración reproductiva hacia aguas marinas (ver Discusión).

### c) Distribución de frecuencia de diámetros ovocitarios

La Fig. IV.10 muestra la distribución de los diámetros ovocitarios para ejemplares en maduración avanzada de *Mugil platanus* capturados en la laguna costera Mar Chiquita. La misma presenta una distribución del tipo bimodal. Se observan fundamentalmente dos agrupaciones o modos de ovocitos:

- el de menor diámetro, con un rango de tamaños entre 0,05 y 0,25 mm y modo en 0,01 mm, correspondiente a los ovocitos previtelogénicos (stock de reserva).
- el segundo grupo, con diámetros que oscilan entre los 0,35 y 0,75 mm de diámetro y modo en 0,05 mm; este grupo corresponde a los ovocitos vitelados, los cuales serán expulsados durante el próximo desove.

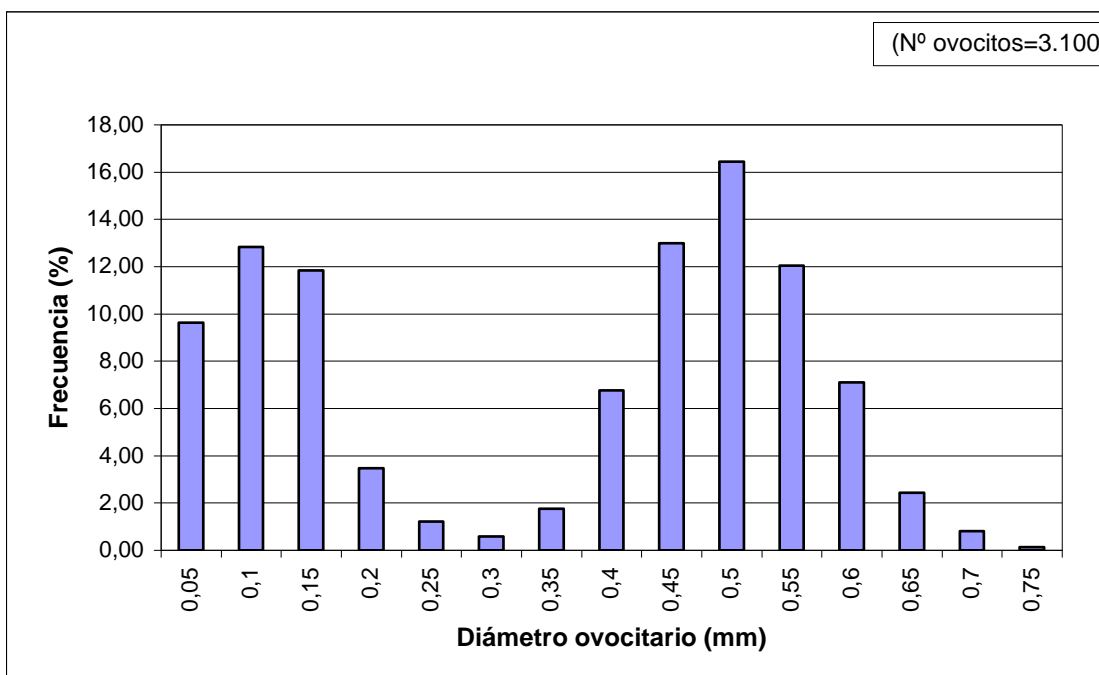


Figura. IV.10: Distribución de diámetros ovocitarios para ejemplares de *Mugil platanus* en estadio IV de maduración (maduración avanzada), colectados en la laguna costera Mar Chiquita.

A partir del análisis de la Figura IV.10 se puede inferir que la lisa *Mugil platanus* es un desovante sincrónico en dos grupos (según Vazzoler, 1996). Esto implica que en esta especie se produce anualmente la maduración de una sola camada ovocitaria, pudiendo considerarse a la lisa como Desovante total, o Parcial con fecundidad determinada. Esto

deberá corroborarse mediante la observación de figuras histológicas correspondientes a desoves, en donde se visualice el modo en que se desarrolla la expulsión de los ovocitos.

#### d) Estimación de Fecundidad potencial anual

La Tabla IV.1 presenta los resultados de las estimaciones de fecundidad potencial anual y número de ovocitos/ gramo de ovario/ obtenidas para los ejemplares de *Mugil platanus* colectados en la laguna costera Mar Chiquita. Los mismos indican que en promedio la fecundidad potencial anual es superior a un millón ochocientos mil ovocitos/ hembra, sin tener en cuenta la posibilidad de pérdidas por futuras atresias. Además puede observarse que los valores mínimos obtenidos son de aproximadamente un millón de ovocitos/ hembra, siendo los máximos superiores a los dos millones y medio/ hembra.

Tabla IV.1: Estadística descriptiva para ejemplares de *Mugil platanus* obtenida a partir de los cálculos de Fecundidad total anual y N° de ovocitos por gramo de ovario.

	<b>Fecundidad Potencial Anual</b>	<b>N° ovocitos/ gramo ovario</b>
<b>Media</b>	1.840.399	13.201
<b>Desvío estándar</b>	466.674	4.581
<b>Mínimo</b>	1.026.026	7.440
<b>máximo</b>	2.548.769	25.758
<b>N</b>	24	24

En las Figuras IV.11 y IV.12 se muestra la relación entre las estimaciones de la fecundidad potencial anual y la longitud (estándar y total). Básicamente se observa una relación lineal entre ambas variables, con tendencia al aumento de la fecundidad en función del crecimiento en longitud del animal. La fecundidad estimada para 22 hembras osciló aproximadamente entre un millón y dos millones y medio de ovocitos por hembra de una longitud estándar de 414 y 461 mm respectivamente, correspondiente a una longitud total de 515 y 565 mm. Es destacable el hecho de que prácticamente no se encontraron hembras en

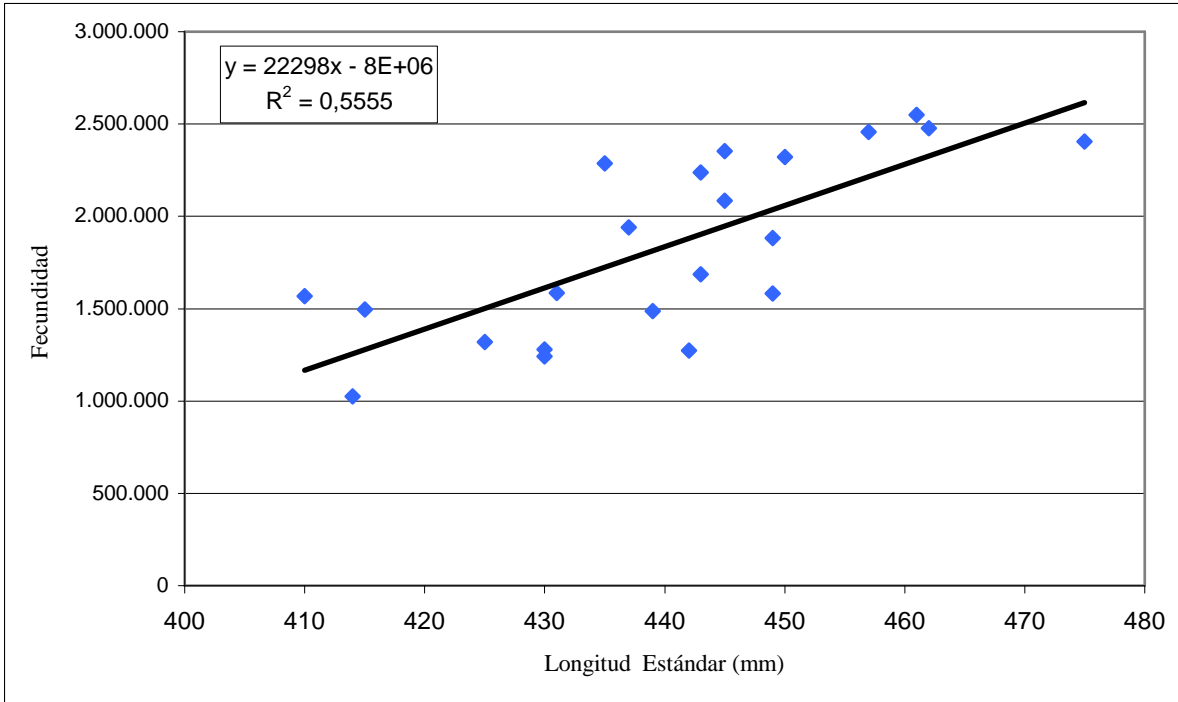


Figura IV.11. Variación de la fecundidad potencial anual en función de la longitud estándar, para los ejemplares de *Mugil platanus* colectados en la laguna costera Mar Chiquita.

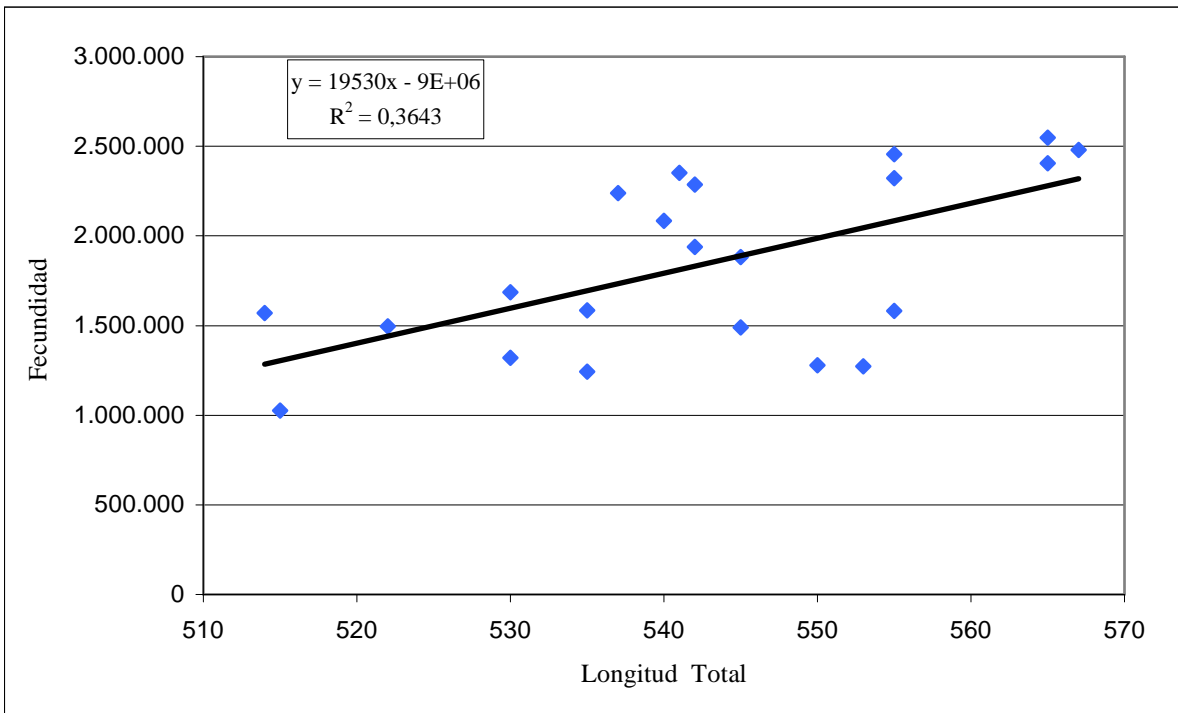


Figura IV.12. Variación de la fecundidad potencial anual en función de la longitud total, para los ejemplares de *Mugil platanus* colectados en la laguna costera Mar Chiquita.

estado de maduración avanzada con una longitud total inferior a los 500 mm (400 mm de longitud estándar), lo cual refleja la gran talla a la cual alcanzan su madurez las hembras de *Mugil platanus*, al menos para la localidad de Mar Chiquita.

Con respecto a la relación entre la fecundidad potencial total y el peso total, se observa en general un incremento en el número de ovocitos vitelados en función del aumento de peso (Fig. IV.13).

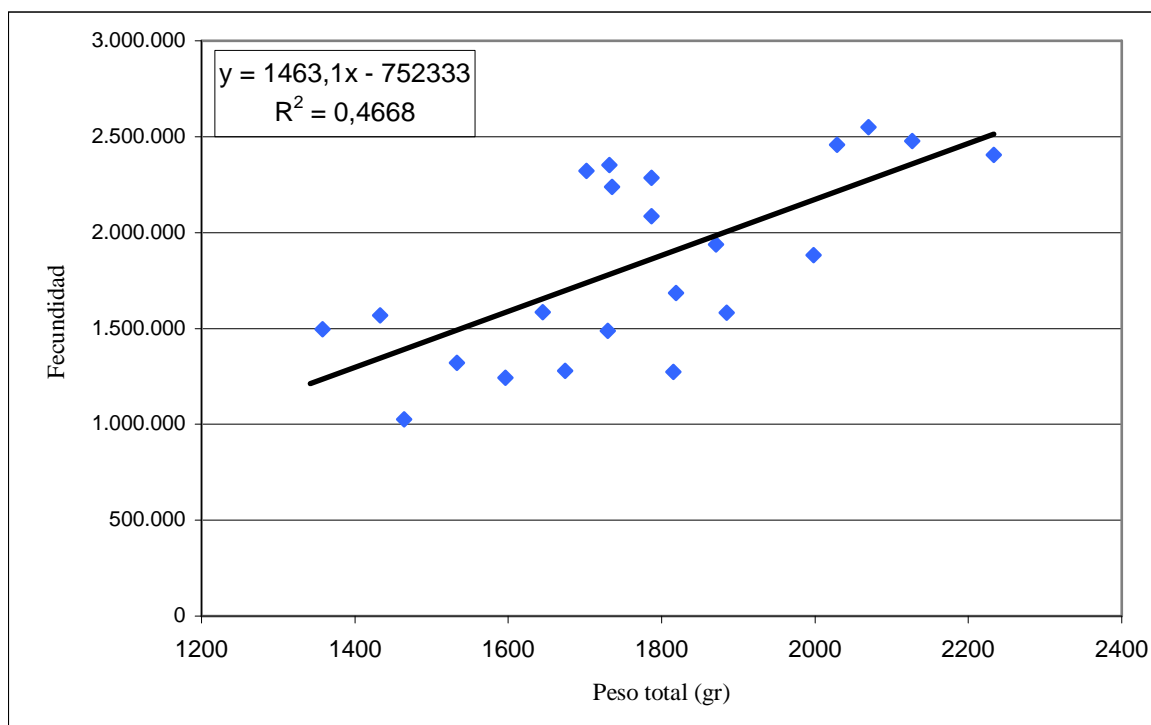


Figura IV.13. Fecundidad potencial anual en función del Peso total, para los ejemplares de *Mugil platanus* colectados en la laguna costera Mar Chiquita.

#### e) Estimación de la Talla de primera madurez (L<sub>50</sub>)

Para la estimación de la talla de primera madurez se utilizaron 32 clases de talla efectivas en función de la longitud total, y 28 en función de la longitud estándar. Las Figuras IV.14 a IV.17 muestran los porcentajes de madurez observados en hembras y machos para cada clase de talla (en función de la longitud total y estándar), así como también su ajuste sigmoideo según el modelo paramétrico logístico utilizado. Para el caso de los machos se empleó una escala macroscópica de madurez según Christiansen & Cousseau (1971).

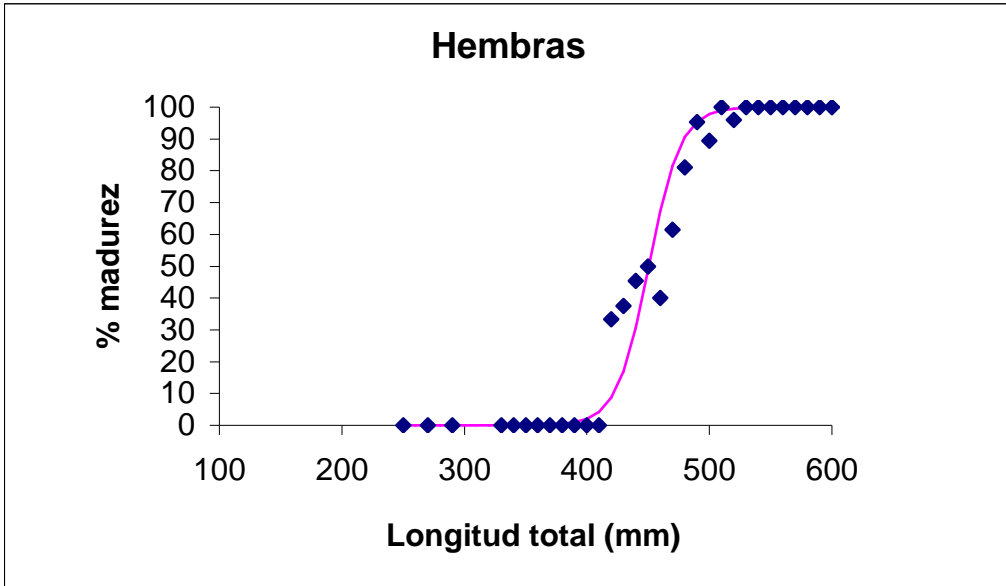


Figura IV.14. Porcentajes de madurez observados y ajustados según el modelo logístico paramétrico para las distintas clases de tallas (longitud total) en hembras de *Mugil platanus*.

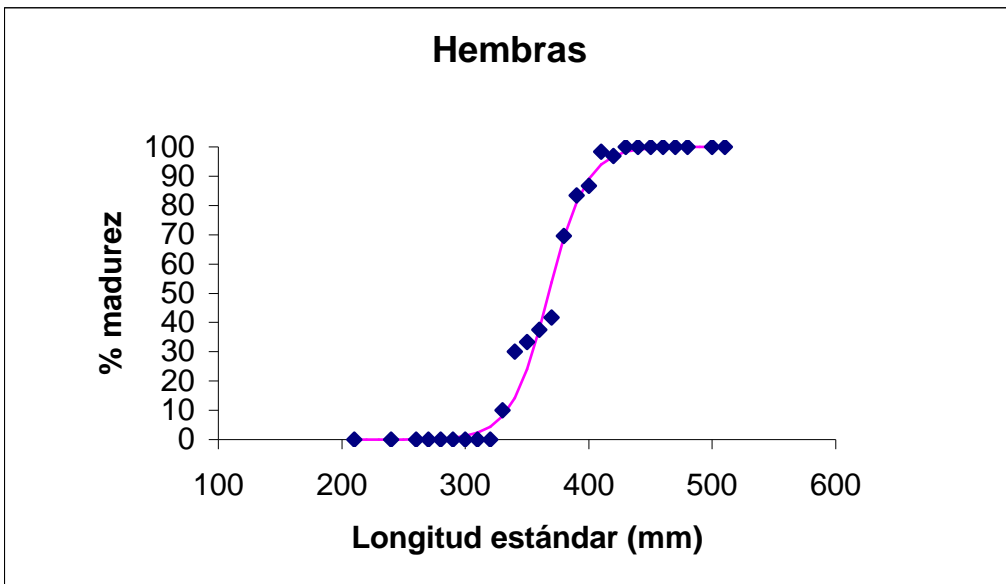


Figura IV.15. Porcentajes de madurez obtenidos experimentalmente y ajustados según el modelo logístico paramétrico para las distintas clases de tallas (longitud estándar) en hembras de *Mugil platanus*.

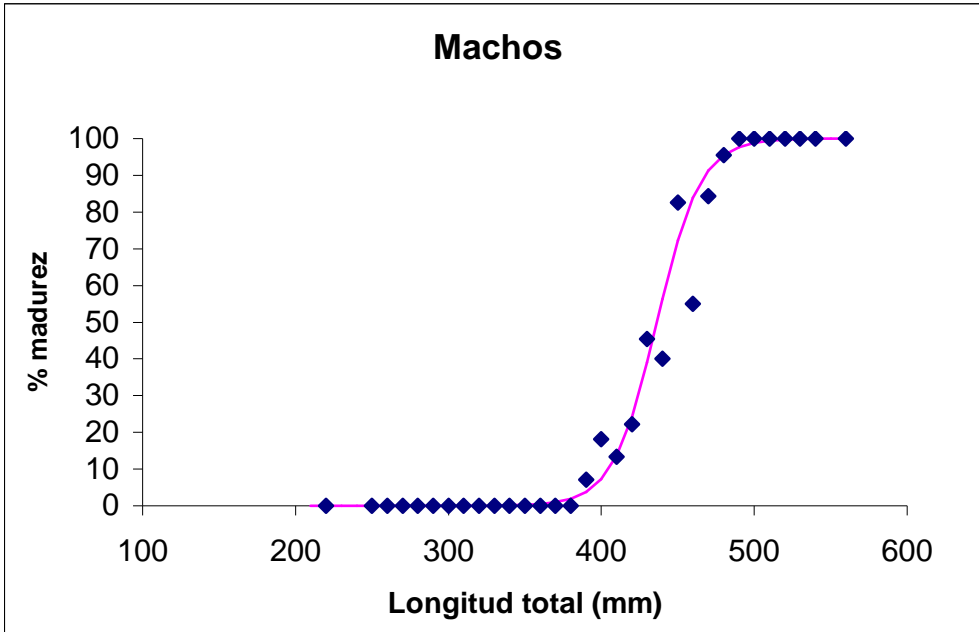


Figura IV.16. Porcentajes de madurez observados y ajustados según el modelo logístico paramétrico para las distintas clases de tallas (longitud total) en machos de *Mugil platanus*.

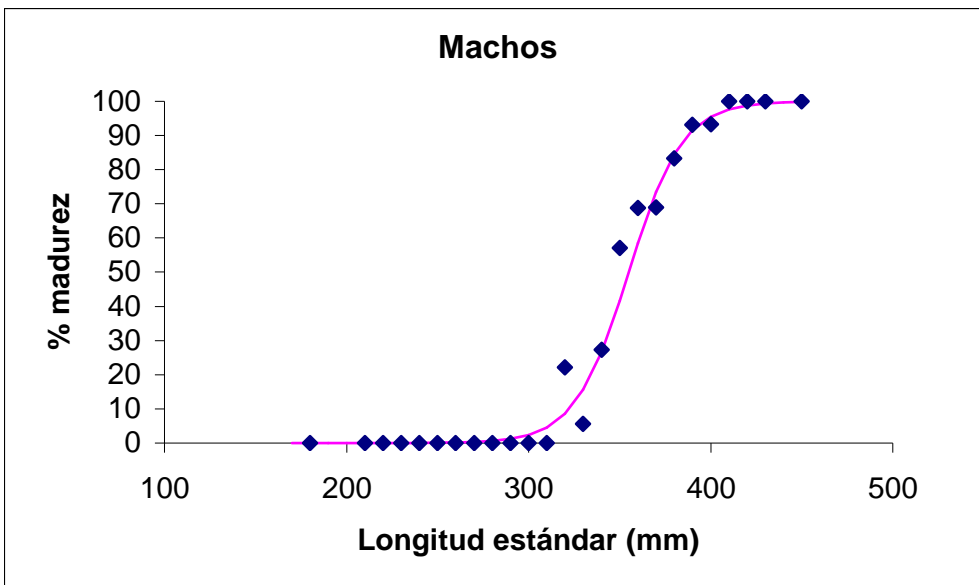


Figura IV.17. Porcentajes de madurez observados y ajustados según el modelo logístico paramétrico para las distintas clases de tallas (longitud estándar) en machos de *Mugil platanus*.

Los valores teóricos de  $L_{50}$  obtenidos ( $L_{50} = a/b$ ) así como los parámetros  $a$  y  $b$  estimados y el  $N$  muestral se presentan en la Tabla IV.2. La Talla de primera madurez obtenida para hembras y machos de *Mugil platanus* es de 450 mm y 436 mm de longitud total respectivamente.

Tabla IV.2. Valores de Talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) obtenidos para los ejemplares de *Mugil platanus* colectados en la laguna costera Mar Chiquita.

	Hembras		Machos	
	L Total	L Estándar	L Total	L Estándar
$L_{50} =$	450,6	367,7	436,3	354,9
<b>a</b>	34,7	23,9	30,5	24,1
<b>b</b>	-0,077	-0,065	-0,0699	-0,0679
<b>N muestral</b>	495	529	373	381

#### f) Ciclo Gonadal y estimaciones de abundancia relativa (CPUE)

La Figura IV.18 representa un ciclo anual “promedio” en el cual se han incluido los estadios de maduración ovárica determinados para ejemplares de *Mugil platanus* colectados en la Laguna Mar Chiquita durante el período 1999- 2006. Es importante destacar la simultaneidad espacio- temporal de los estadios de reposo (VII) e inicio de maduración (III)/ maduración avanzada (IV) encontrados en ejemplares adultos. Se observa un pico principal de maduración avanzada que abarca fundamentalmente los meses de Abril y Mayo, y otro minoritario para los meses de Noviembre y Diciembre. Los meses de Junio a Octubre están básicamente caracterizados por la presencia de hembras en estadio de reposo, lo cual se puede visualizar claramente en la Figura IV.19, donde se grafican frecuencias mensuales porcentuales y no numerosidad. Con respecto a los juveniles, si bien puede observarse su presencia durante la mayor parte del año, existirían dos modos, uno otoñal y otro estival. Es importante aclarar que en este apartado al hablar de juveniles se está haciendo referencia a ejemplares inmaduros, pero de tallas entre 200- 500 mm de longitud total.

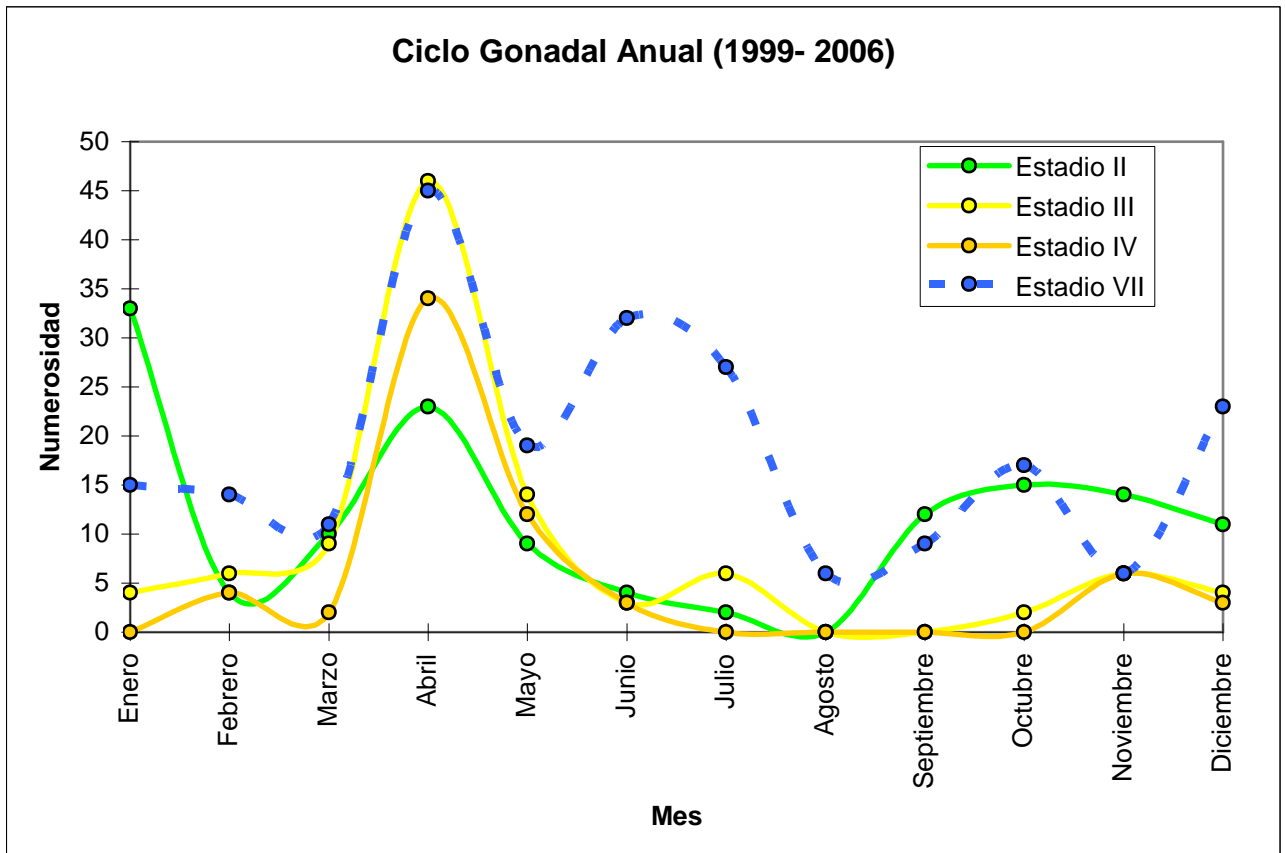


Figura IV.18. Estadios de maduración ovárica observados en hembras de *Mugil platanus* durante el período 1999- 2006.

La Figura IV.20 muestra en cambio una representación de los estadios de maduración ovárica observados a lo largo de los tres últimos años de muestreo (2004, 2005 y 2006), coincidentes como se explicó en la sección de Materiales y Métodos con un mayor esfuerzo de pesca. Nuevamente puede observarse un pico de maduración otoñal (correspondiente a los meses de Abril y Mayo), y el pico minoritario primaveral- estival de Noviembre- Diciembre. Continúa observándose la simultaneidad espacio- temporal de los estadios III, IV y VII, así como también la dominancia (dentro de los ejemplares adultos) de estadios de reposo (VII) entre los meses de Junio- Octubre.

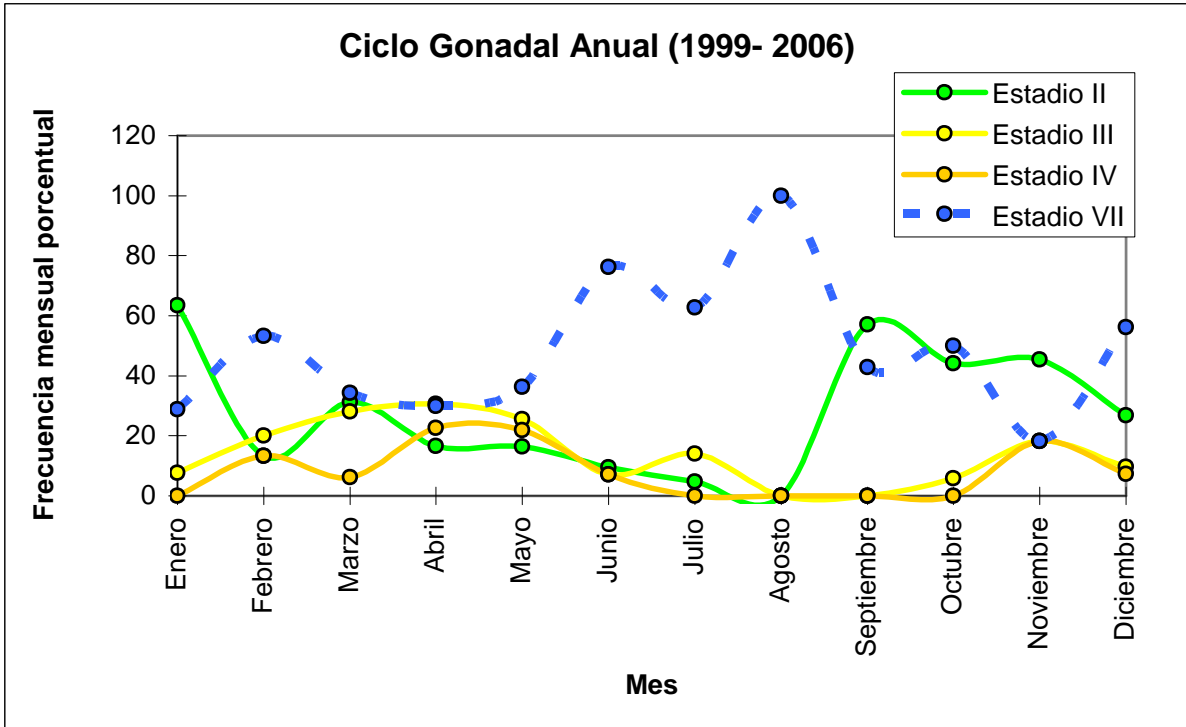


Figura IV.19. Estadios de maduración ovárica expresados en forma porcentual, observados en hembras de *Mugil platanus* durante el período 1999- 2006.

La Figura IV.21 muestra únicamente los estadios de inicio de maduración y maduración avanzada observados en hembras de *Mugil platanus* durante el período 2004- 2006. Allí puede observarse con más claridad para los tres años consecutivos la existencia de los dos picos de maduración anuales, el de Abril- Mayo (líneas negras) y el de Noviembre- Diciembre (líneas azules).

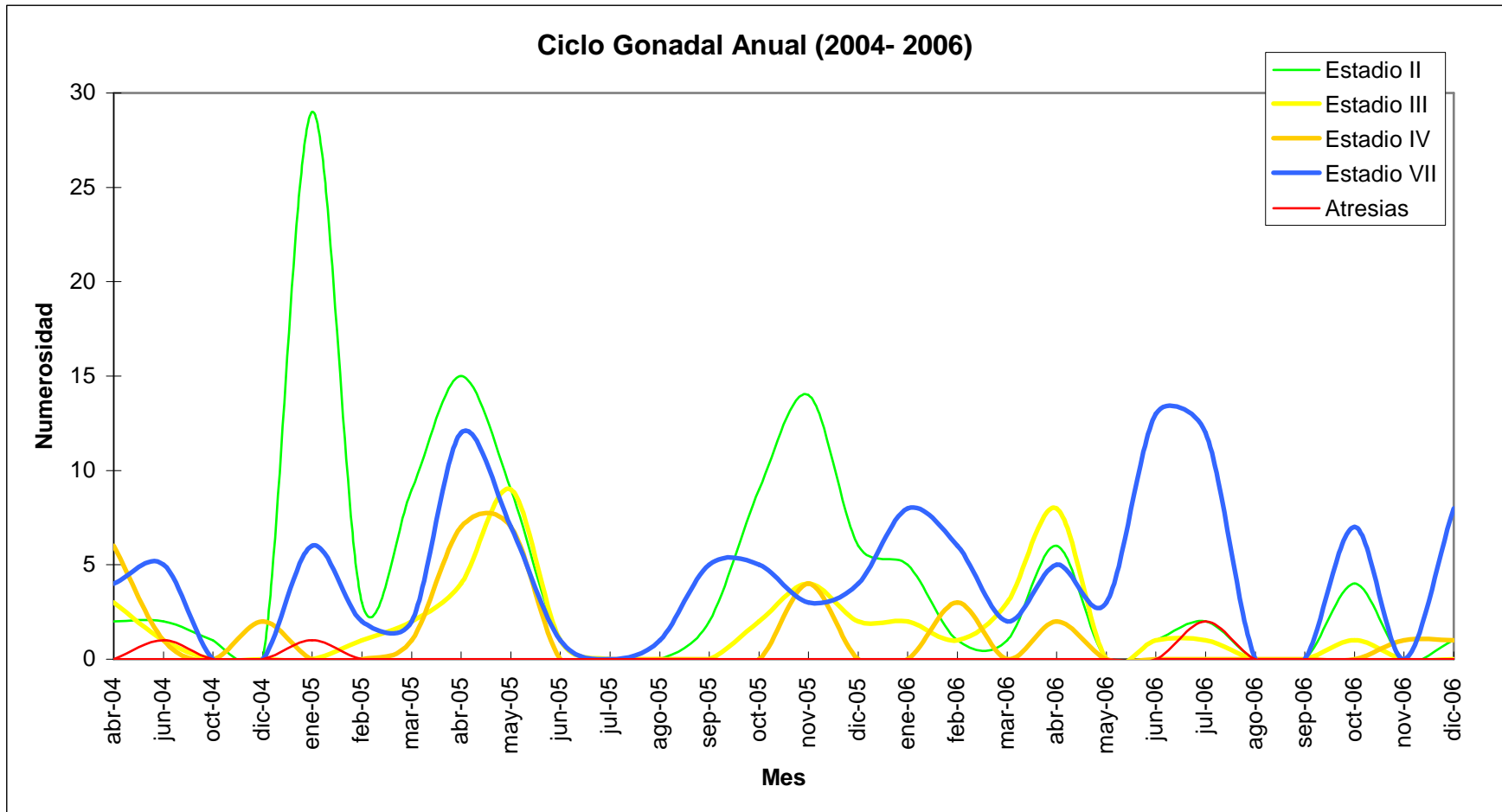


Figura IV.20. Estadios de maduración ovárica observados en hembras de *Mugil platanus* durante el período 2004- 2006. Estadios: II (juvenil); III (inicio de maduración); IV (maduración avanzada); VII (reposo).

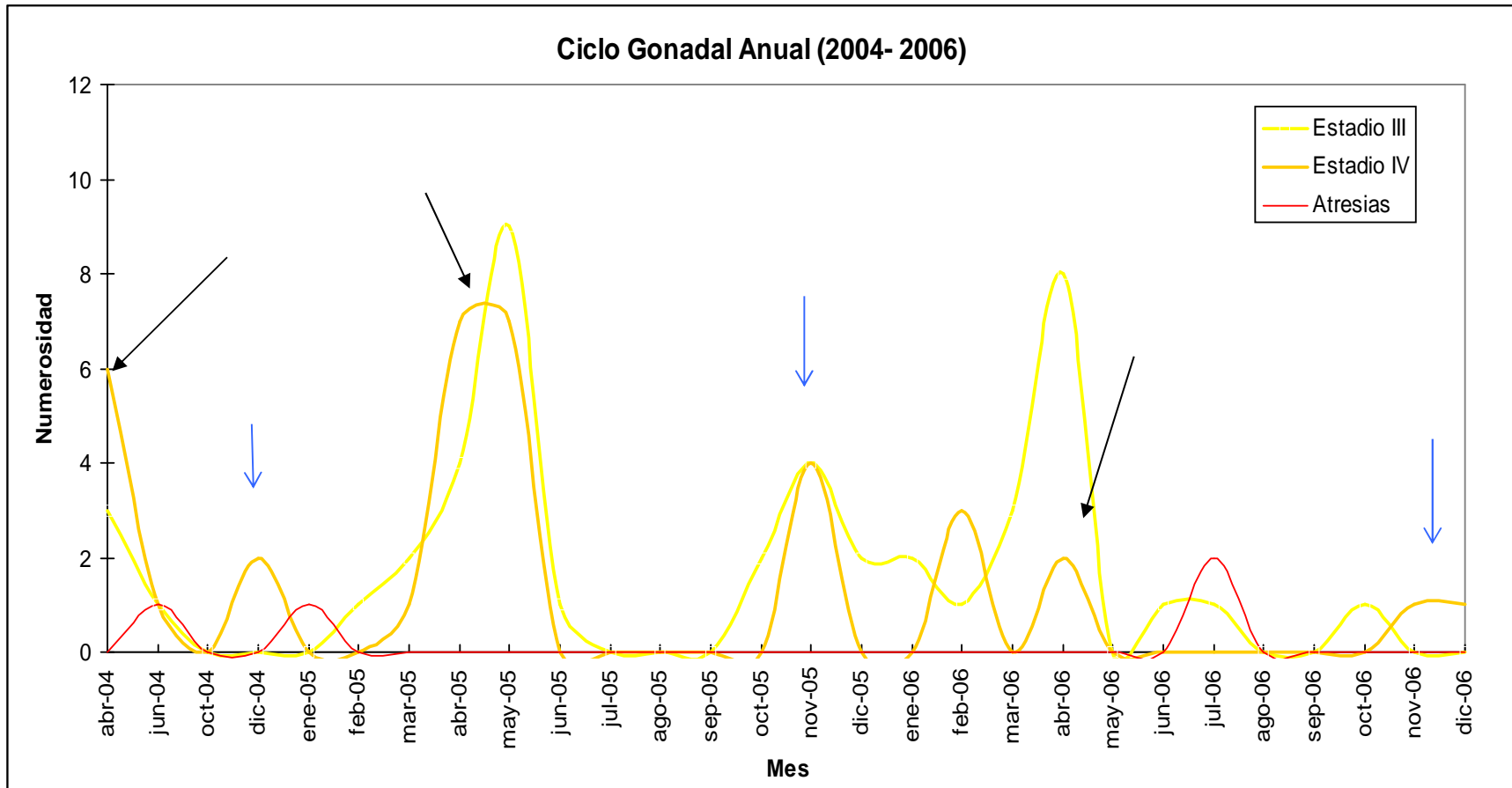


Figura IV.21. Detalle de los estadios de inicio de maduración y maduración avanzada observados en hembras de *Mugil platanus* durante el período 2004- 2006. Flechas: negras (pico principal de maduración otoñal); azules (pico secundario de maduración primaveral estival).

Las estimaciones de abundancia realizadas para la localidad de la Boca de Mar Chiquita (año 2005- 2006), medidas a partir de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), fueron analizadas en función de dos variables ambientales (salinidad y temperatura) (Fig. IV. 22.) Puede observarse que para ambos años el valor máximo de CPUE está ubicado entre los meses de Abril- Mayo, luego el brusco descenso de temperatura (y salinidad en menor medida) desencadenaría la migración reproductiva de *Mugil platanus*, como puede evidenciarse por los bajos valores de CPUE obtenidos para los meses de Junio a Septiembre.

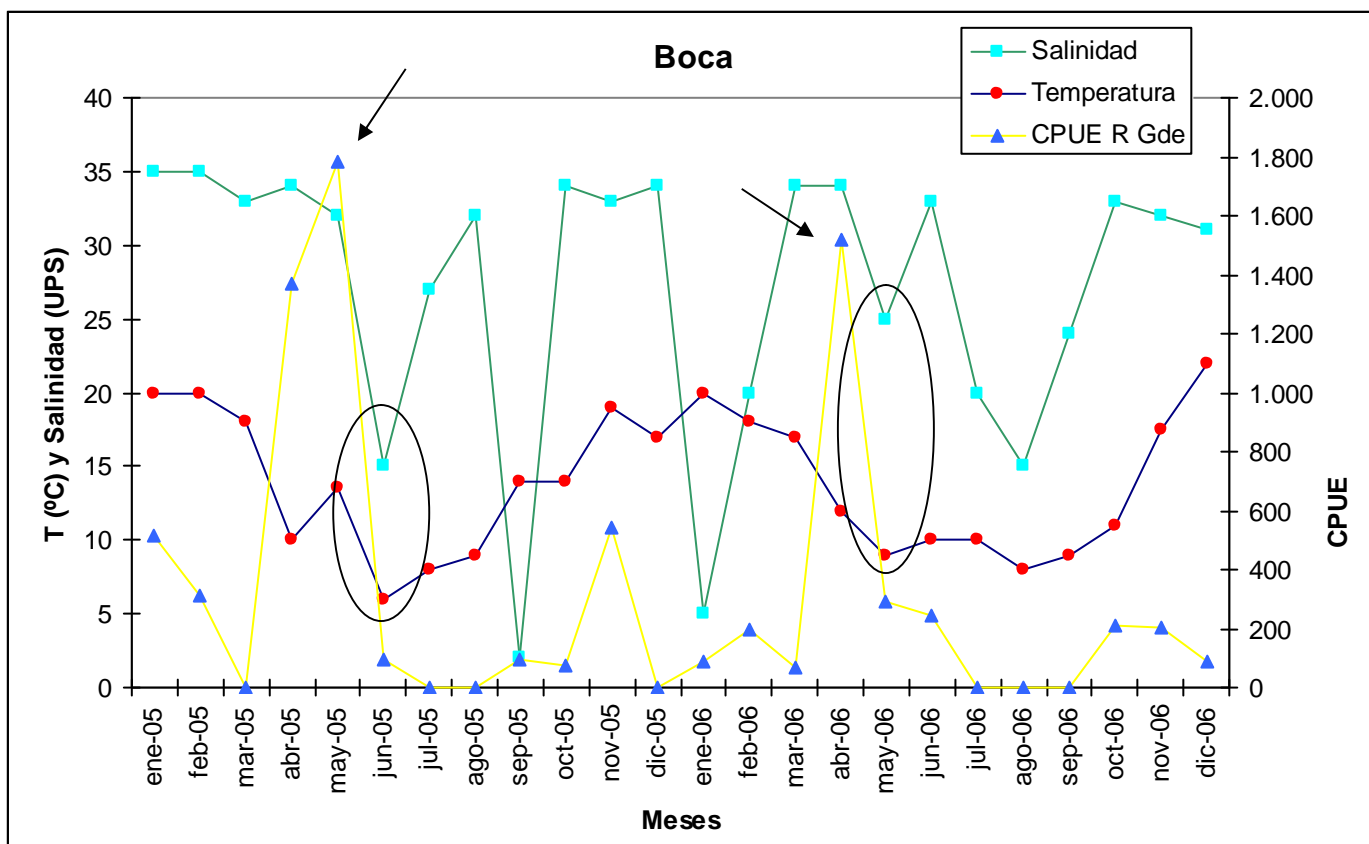


Figura IV.22. Capturas por unidad de esfuerzo y relación con salinidad y temperatura del agua obtenidas para *Mugil platanus* durante el período 2005- 2006 en la localidad de la Boca, Mar Chiquita. (R Gde = Red de mallero de 120 mm)

### g) Índice Gonadosomático (IGS)

En la Figura IV.23 puede observarse la variación del IGS promedio para los diferentes estadios de maduración ovárica hallados en los ejemplares de *Mugil platanus* analizados. Los resultados de la prueba t- de Student indican diferencias significativas ( $P= 0.05$ ) entre todos los estadios analizados (Tabla IV. 3). Nótese el incremento del IGS promedio desde el estadio Juvenil (II) hasta el de maduración avanzada (IV) debido a la incorporación de vitelogeninas hepáticas, y la disminución del

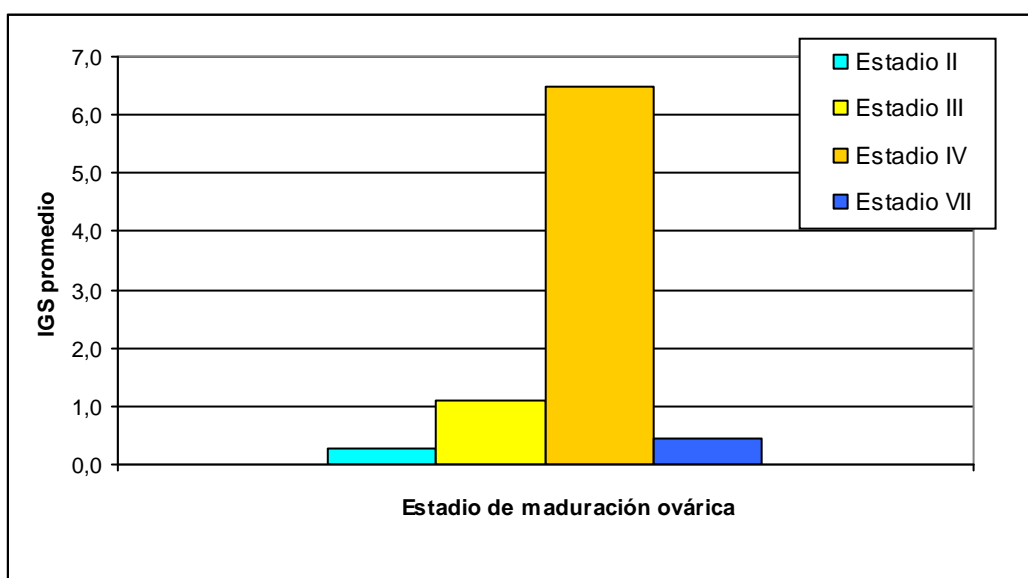


Figura IV.23. Valores promedio de índices gonadosomáticos para cada estadio ovárico calculados para *Mugil platanus* durante el período 2000- 2006.

Tabla IV.3. Resultados de la prueba t de Student para los índices gonadosomáticos correspondientes a cada estadio de maduración ovárica de *Mugil platanus* durante el período 2000- 2006. \*: diferencias significativas para  $P= 0.05$

Test- t para muestras independientes	valor -t	Grados libertad	$p$	N Grupo 1	N Grupo 2	Desv St Grupo 1	Desv St Grupo 2
Estadio II vs. Estadio III	-14,126	169	0,0000 *	96	75	0,086	0,566
Estadio II vs. Estadio IV	-16,386	135	0,0000 *	96	41	0,086	3,670
Estadio II vs. Estadio VII	-10,908	256	0,0000 *	96	162	0,086	0,150
Estadio III vs. Estadio IV	-12,247	114	0,0000 *	75	41	0,566	3,670
Estadio III vs. Estadio VII	13,535	235	0,0000 *	75	162	0,566	0,150
Estadio IV vs. Estadio VII	20,644	201	0,0000 *	41	162	3,670	0,150

mismo (no obstante adquiriendo valor intermedio entre el estadio juvenil y el de inicio de maduración) durante el estadio de reposo posterior a su migración reproductiva.

Al hacer un análisis de los valores individuales de IGS en función de los meses del año (Fig. IV.24) se visualizan claramente los dos picos de maduración ovárica comentados en el punto f) del presente capítulo. Puede observarse que en los meses de Abril y Mayo se produce un aumento del rango de valores individuales de IGS, el cual se acota durante los meses de Junio- Octubre para volver a incrementarse durante Noviembre y Diciembre.

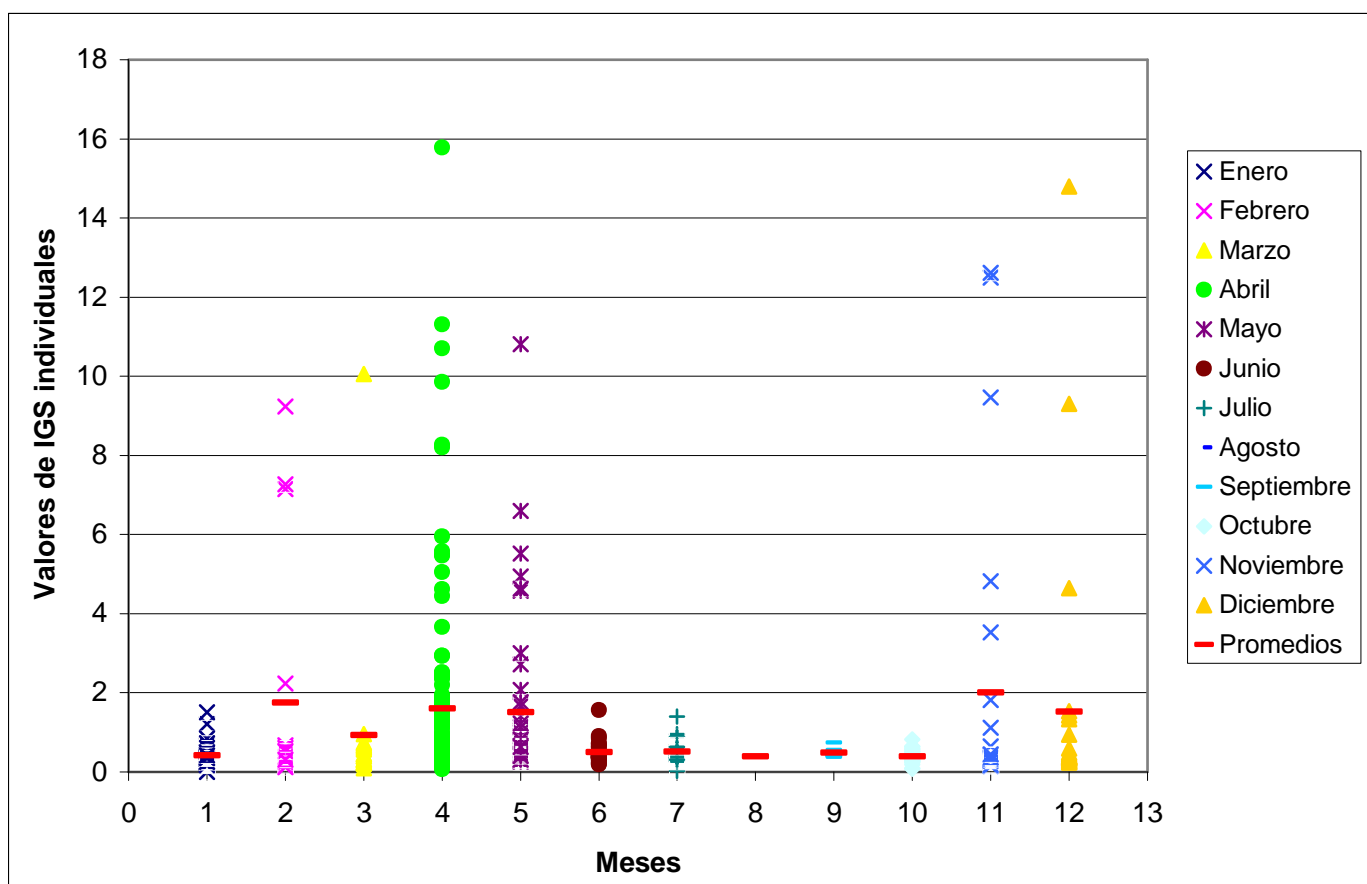


Figura IV.24. Valores individuales y promedios mensuales de los índices gonadosomáticos calculados para hembras de *Mugil platanus* durante el período 2000- 2006.

Cuando se analiza el promedio mensual de los valores de IGS individuales, se observa la misma tendencia (Fig. IV. 24 y Tabla IV.4). Los promedios de los valores individuales de

IGS se elevan durante los meses de Abril- Mayo y Noviembre- Diciembre. El mes de Febrero es un caso particular, pues debido a su acotado N muestral (ver Tabla IV.4) la aparición para el año 2006 de tres individuos con altos valores de IGS generó un aumento exagerado del valor promedio de IGS mensual.

Tabla IV. 4. Valores promedio mensuales de IGS y N muestral para hembras de *Mugil platanus* capturados en el período Mayo 2000- Diciembre 2006.

<b>IGS mensuales promedio</b>											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,412	1,756	0,925	1,602	1,513	0,494	0,505	0,391	0,487	0,394	2	1,52
N= 42	N= 18	N= 20	N=125	N= 45	N= 27	N= 40	N= 1	N= 7	N= 28	N= 26	N= 27

## Discusión

El presente Capítulo representa el primer estudio realizado sobre la biología reproductiva de *Mugil platanus*, en Argentina. Probablemente la conjunción entre la falta de estudios profundos sobre la taxonomía de esta Familia en nuestro país, sumado a la dificultad que representa el estudio de esta especie (dificultad para capturarla, desplazamientos migratorios, etc.) han sido en el pasado factores negativos que no alentaron la realización de trabajos por parte de otros investigadores.

No caben dudas que la lisa *Mugil platanus*, luego de pasar su período de reposo y maduración gonadal en lagunas costeras, estuarios o ambientes salobres o dulceacuícolas de similares características, efectúa una migración reproductiva hacia el mar. Esto ha sido observado también por otros autores en distintas regiones de Brasil (Vieira & Scalabrin, 1991; Esper *et al.*, 2001). No obstante, hasta el presente no existen trabajos que indiquen ubicación latitudinal y longitudinal concreta sobre el/ las áreas de puesta (corroboradas además con las figuras histológicas adecuadas, como ovocitos hialinos o folículos post-ovulatorios) para esta especie. Según Vieira & Scalabrin (1991), *Mugil platanus* finaliza su maduración durante su migración y su reproducción ocurriría aguas afuera entre el Norte de Río Grande do Sul y el Norte de Santa Catarina, principalmente entre Mayo- Agosto, en aguas cuya temperatura oscila entre 19- 21 ° C. Según los citados autores, la brusca disminución de la temperatura entre Marzo y Junio, junto con el aumento de la salinidad, parecerían desencadenar la migración reproductiva de *Mugil platanus*, al menos para el estuario de Lagoa dos Patos. En el presente trabajo se pudo corroborar una disminución paulatina de la temperatura por debajo de los 20° C a partir de Marzo hasta Agosto, cuando comienza a ascender nuevamente. En concordancia, el CPUE máximo ocurre entre Abril y Mayo, siendo el brusco descenso de temperatura y en menor medida de salinidad ocurridos en Mayo- Junio los factores que desencadenan la migración reproductiva de *Mugil platanus* desde la laguna Mar Chiquita hacia el mar.

Es destacable la presencia de ejemplares adultos en reposo en Mar Chiquita durante la mayor parte del año, en conjunción espacio- temporal con los estadios de maduración (meses Abril- Mayo, Noviembre- Diciembre). Esper *et al.* (2001) hacen referencia a la aparición de individuos en un estadio macroscópico por ellos denominado como B1 o inicio de maduración durante casi todo el período de su estudio (1985- 1986), pero omiten la

dinámica de los individuos en reposo gonadal. Tampoco se hace referencia en ninguno de los trabajos aquí citados sobre estudios reproductivos de *Mugil platanus* para Brasil, a la existencia de hembras en maduración avanzada (esto es, con figuras histológicas correspondientes a ovarios con ovocitos vitelados) durante los meses de Noviembre-Diciembre. En la presente Tesis este fenómeno ha sido observado ininterrumpidamente, aunque para pocos individuos, durante los años 2001- 2006. Sobre la base de los estudios de reclutamiento y fecha de eclosión (“hatching date”) de los juveniles de *Mugil cephalus* para el estuario de Tanshui en Taiwan y datos previos sobre la migración reproductiva de esa especie, Chang et al. (2000) sugieren que deberían coexistir dos poblaciones de reproductores: una residente que se reproduciría localmente, y otra población migrante. Esta hipótesis podría explicar no sólo la existencia de ambos picos de maduración, el principal de Abril- Mayo y el minoritario de Noviembre- Diciembre, sino también la coexistencia espacio- temporal entre los estadios de reposo y maduración observada. Otra hipótesis que debería tenerse en cuenta es la posibilidad de un ingreso a la laguna Mar Chiquita (con fines de descanso o alimentación) por parte de individuos migrantes provenientes de mayores latitudes. Como se demostró en el segundo Capítulo de esta Tesis Doctoral, *Mugil platanus* habita al menos hasta aproximadamente los 43° de L S: suponiendo un comportamiento migratorio similar al de las otras poblaciones de su especie, sería esperable un desfase temporal migratorio para las poblaciones ubicadas más al sur.

Con respecto al análisis del Índice Gonadosomático, los valores mensuales promedio máximos de esta variable fueron obtenidos para Abril- Mayo y Noviembre-Diciembre, corroborando una vez más los resultados obtenidos para el ciclo gonadal y migratorio ya explicados. Los valores promedio de IGS por estadio indican un aumento a partir de los estadios juvenil o reposo, inicio de maduración y maduración avanzada, existiendo diferencias significativas entre todos los estadios. Romagosa *et al.* (2000), calcula el IGS para *Mugil platanus* de la región estuarino- lacunar de Cananea (Brasil), utilizando una escala macroscópica distinta a la del presente trabajo, que hace no totalmente comparables a ambos. La autora obtiene valores de IGS similares a los aquí observados: 0.39 para reposo y 0.77- 8.57 para los diferentes estadios de maduración, en comparación con los 0.44 (reposo), 1.09 y 6.47 para inicio de maduración y maduración avanzada obtenidos en este trabajo de Tesis Doctoral.

Las estimaciones de talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) obtenidas corresponden a 450 y 436 mm de longitud total para hembras y machos respectivamente. Valores similares aunque levemente inferiores (412 mm) fueron reportados por Esper *et al.* (2000) para hembras de *Mugil platanus* de Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil, aunque en el presente trabajo fueron analizadas 495 hembras contra 109 observaciones realizadas por Esper *et al.* (2000). De esta manera no debería descartarse la posibilidad que dicha diferencia pueda deberse principalmente a “problemas de muestreos”. Por otra parte, según Vazzoler (1996), existen dentro de los peces variaciones intraespecíficas poblacionales en cuanto a  $L_{50}$ . Dichas variaciones se deberían a factores genéticos y medioambientales. La laguna costera Mar Chiquita, por ser una Reserva de Biosfera decretada, posee legislaciones que impiden la pesca comercial dentro de sus límites. Esto probablemente sería otra razón que explique las mayores tallas de primera madurez registradas para esta región, en comparación con el trabajo de Esper *et al.* (2000) para Brasil, en donde esta especie es sometida a una presión pesquera comercial (Esper *et al.*, 2000).

Con respecto a la distribución de diámetros ovocitarios, a partir del análisis de hembras en estadio de maduración avanzada, en *Mugil platanus* se demuestra la existencia de dos agrupaciones de ovocitos bien diferenciadas: la primera está conformada básicamente por ovocitos previtelogénicos (crecimiento primario) cuyo modo es de 100 micrometros y la segunda, con modo en las 500 micras, correspondería a los ovocitos vitelados. De la misma manera Romagosa *et al.* (2000), basados en el análisis de los diámetros ovocitarios de *Mugil platanus* en la región estuarino- lacunar de Cananea (Brasil) obtienen valores muy semejantes para los individuos en reposo (ovocitos previtelogénicos, con diámetro inferior a 200 micras) así como también para los ejemplares en lo que la autora denomina como estadio Maduro II (con modo algo superior a las 500 micras). Esto demuestra que *Mugil platanus* es un desovante sincrónico en dos grupos (*sensu* Vazzoler, 1996), lo cual sería equivalente a un desovante sincrónico en un grupo según la clasificación de Wallace & Selman (1981).

Las estimaciones de Fecundidad obtenidas indican un valor promedio de 1.840.399 ovocitos por hembra (sin considerar las posibles pérdidas por futuras atresias), con un rango que oscila entre los 1.026.026 y 2.548.769 de ovocitos/ hembra. Romagosa *et al.* (2000) obtienen un valor promedio de 1.040.692 ovocitos/ hembra para *Mugil platanus* (N=29) en

la región estuarino- lacunar de Cananeia (Brasil), con un rango entre los 550.800-2.360.000 ovocitos/ hembra. Si bien las cifras son similares, el menor valor promedio obtenido por la citada autora pudo deberse a que la misma realizó las estimaciones a partir del conteo de ovocitos con diámetro superior a los 470 micrómetros, mientras que en el presente trabajo se incluyeron los ovocitos vitelados a partir de los 400 micrómetros de diámetro aproximadamente. Una diferencia importante es el hecho de no haberse encontrado para el presente trabajo hembras en maduración avanzada de longitud total menor a los 500 milímetros, en contraste con lo reportado por Romagosa *et al.* (2000) quienes analizan hembras maduras con un rango entre 404- 645 milímetros de longitud total. Esto nuevamente podría ser una “reacción” de la/s poblaciones de *Mugil platanus* del sur de Brasil frente a una mayor presión pesquera comparada con la existente para laguna costera Mar Chiquita; la excesiva explotación pesquera de un recurso genera una selección genética a favor de los individuos capaces de madurar a menores tallas, generando una tendencia progresiva al “enanismo” en dicha población (Dr. G. J. Macchi, *com per*)<sup>1</sup>. Otra explicación posible sería la diferencia de temperatura entre el sur de Brasil y la laguna Mar Chiquita. Los valores promedio mensuales algo mayores para Brasil podrían actuar favoreciendo la maduración precoz.

---

<sup>1</sup> Dr. G. J. Macchi, Curso “Estudios sobre la Reproducción de Peces Marinos aplicados a las Pesquerías”.

## Conclusiones

- ) *Mugil platanus* es una especie gonocórica (bisexual), ovulípara. Presenta un ciclo de maduración gonadal anual.
- ) Habita en la laguna costera Mar Chiquita durante sus estadios virginal, juvenil, inicio de maduración, maduración avanzada y reposo gonadal.
- ) Los análisis de la estructura de diámetros ovocitarios acompañados de las figuras histológicas de individuos en maduración avanzada indican que esta especie puede clasificarse como desovante sincrónico en dos grupos *sensu* Vazzoler (1996), lo que equivale a un desovante total o parcial con fecundidad determinada.
- ) Su fecundidad potencial anual estimada oscila entre aproximadamente un millón y dos millones quinientos mil ovocitos/ hembra, siendo la media obtenida de un millón ochocientos mil.
- ) Los valores de IGS promedio reflejan los incrementos/ decrementos en peso de los ovarios a lo largo del ciclo gonadal anual de la lisa para la laguna Mar Chiquita.
- ) Alcanzada su maduración gonadal en los meses de Abril- Mayo, la lisa realizaría su migración reproductiva hacia aguas marinas.
- ) Aparentemente, existiría un pico minoritario de maduración gonadal correspondiente a los meses de Noviembre- Diciembre.
- ) Los valores máximos de CPUE observados para los meses de Abril- Mayo, coinciden con el acardumamiento previo a la migración.
- ) Los desencadenantes de dicha migración reproductiva serían la brusca disminución de la temperatura y (en menor medida) de la salinidad.
- ) Los valores de talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) obtenidos fueron: 450 mm de longitud total para las hembras y 436 mm para los machos.
- ) No se encontraron hembras en estadio de maduración avanzada de longitud total inferior a 500 mm.
- ) Existe para la laguna costera Mar Chiquita una simultaneidad espacio- temporal de ejemplares adultos en maduración y reposo gonadal.

## **CAPÍTULO QUINTO**

### **“EDAD Y CRECIMIENTO”**

## **Introducción**

La determinación de la edad y crecimiento de los peces es un paso fundamental en la elucidación de la biología de las especies y en los estudios de evaluación pesquera. Los parámetros determinados a partir de la edad (mortalidad, crecimiento, etc.) son la base de los modelos de dinámica de poblaciones utilizados en el análisis de pesquerías. De los estudios de edad pueden ser derivados otros datos básicos, tales como: la estructura de edad de la población, edad de primera madurez, frecuencia de freza, las respuestas individuales y poblacionales frente a cambios en el hábitat, el éxito del reclutamiento, etc. Además, los datos de edad y crecimiento permiten determinar los cambios en la población causados por las tasas de explotación (Morales-Nin, 1991). La edad puede determinarse por medio de uno o varios de los siguientes métodos.

- Análisis de frecuencia de tallas: siguiendo la progresión a lo largo del tiempo de las modas etarias identificables en las clases de talla.
- Estimación directa: por mediciones directas de la tasa de crecimiento de algunos ejemplares y extrapolación al total de la población. La estima directa puede llevarse a cabo por el marcado y posterior recaptura de los peces, o por seguimiento de crecimiento de peces de edad conocida mantenidos en cautividad.
- Método anatómico: por enumeración de las marcas rítmicas de crecimiento formadas en los tejidos duros, tales como escamas, otolitos, vértebras, espinas y huesos urohiales (Morales-Nin, 1991).

Estas marcas se forman en períodos alternos de crecimiento rápido y lento por diversas causas (Ibañez- Aguirre & Gallardo- Cabello, 1996). Para los mugílidos de zonas frías y templadas, las variaciones de temperatura debidas a la estacionalidad son la causa fundamental de la formación de las marcas (Quignard & Farrugio, 1981).

Con respecto al crecimiento, éste puede definirse desde el punto de vista biológico y en función del ciclo solar como el cambio del tamaño a través del tiempo. Dicho cambio puede ser tanto en talla como en peso, o ser definido energéticamente, como el cambio en las calorías acumuladas para la formación de tejidos somáticos y reproductivos (Moyle & Cech, 2000).

Los otolitos se encuentran en el laberinto membranoso del oído interno de los peces teleósteos y su función está relacionada con la captación de sonidos y el equilibrio (Lowenstein, 1971). Existen tres tipos de otolitos:

1. Sagitta: es el más grande de los tres pares de otolitos; se encuentra involucrado en la detección de sonido y la conversión de las ondas sonoras en señales eléctricas.
2. Asteriscus: involucrado en la detección de sonido y el procesamiento de la audición.
3. Lapillus: relacionado con la detección de fuerzas gravitacionales y sonoras (Popper & Lu, 2000).

Los otolitos son concreciones altamente calcificadas, consistentes en carbonato de calcio cristalizado en forma de aragonita con una pequeña cantidad de matriz orgánica compuesta de una proteína fibrosa, otolina, del tipo del colágeno (Morales-Nin, 1991). La aposición de ambos elementos (fibroproteína + carbonato de calcio) en función del tiempo es lo que da lugar a la formación de anillos. En los períodos en los que el crecimiento es rápido (mayores temperaturas y disponibilidad de alimento) el depósito de estos elementos es mayor, formándose así en el otolito los anillos de crecimiento rápido u opacos; cuando existe escasez de alimento, disminuye la cantidad de proteína depositada, predomina el carbonato de calcio, el ritmo de crecimiento es menor formándose de esta manera los anillos de crecimiento lento o hialinos (transparentes). En el caso de áreas con marcada diferencia de temperatura estacional, a la disponibilidad de alimento se une la variación de la temperatura. La disminución de la misma provoca una disminución de la tasa metabólica del pez, el cual no se desplaza, se alimenta menos y por ende el crecimiento es menor que durante la estación cálida.

Los biólogos pesqueros utilizan estas estructuras para evaluar el crecimiento diario y construir historias de vida, debido a que los incrementos diarios se depositan en los otolitos y además su composición elemental es escasamente modificada luego de su incorporación (Edeyer *et al.*, 2000).

La edad del pez puede conocerse entonces mediante la lectura de anillos anuales (“verdaderos”), asignando un año calendario a la aparición de un anillo hialino más uno opaco. Se determinan de esta manera los valores medios de talla (y su rango) para cada clase etaria, a partir de los cuales se puede estimar los parámetros de crecimiento y valores teóricos correspondientes a cada clase de edad, utilizando el modelo de von Bertalanffy:

$$L_t = L_{\infty} [ 1 - e^{-K(t-t_0)} ] \quad \text{donde:}$$

$L_t$ : talla promedio a la edad  $t$

$K$ : es la velocidad de crecimiento, o parámetro de curvatura

$t_0$ : parámetro de condición inicial; aunque teóricamente representa la edad 0 del pez, solo tiene significado matemático.

$L_{\infty}$ : es la longitud infinita o asintótica.

### **Estudios de edad y crecimiento relativos a especies pertenecientes a la Familia Mugilidae**

Entre los trabajos más destacados sobre el tema se encuentran los de análisis del crecimiento de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* para el Golfo de México (Ibáñez Aguirre *et al.*, 1999), de *Chelon labrosus* en Irlanda (Richter, 1995) y de *Liza ramada* en África del Norte (Kraïem *et al.*, 2001); mortalidad total y natural de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* en la Laguna de Tamiahua, México (Ibáñez Aguirre & Gallardo- Cabello, 1996a); reclutamiento y abundancia de juveniles de *Mugil curema* en la Isla Margarita, Venezuela (Marín E *et al.*, 2003) y también de *Mugil cephalus* en los estuarios de Carolina del Sur (Mc Donough & Wenner, 2003); estimación de edad para *Mugil cephalus* y *Mugil curema* por métodos directos (Ibáñez Aguirre & Gallardo- Cabello, 1996-b) e indirectos (Ibáñez Aguirre *et al.*, 1995).

En cuanto a *Mugil platanus*, como se comentó en el Capítulo Primero de la presente Tesis, existen numerosos estudios sobre la especie, pero, al menos para nuestro conocimiento, no existen trabajos concernientes a edad y crecimiento (especialmente estimado a partir de la lectura de otolitos), tanto para Argentina como para Uruguay y Brasil.

## OBJETIVOS

Los objetivos del presente Capítulo, referidos a *Mugil platanus*, son los siguientes.

- Analizar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy.
- Estimar la longevidad o edad límite ( $A_{0.95}$ )
- Determinar el crecimiento en peso para ambos sexos.
- Calcular la relación Longitud total- Longitud estándar.
- Estimar la Mortalidad natural (M)

### Área de estudio.

Nuevamente, al igual que en el capítulo anterior, relativo a la Biología reproductiva de *Mugil platanus*, se eligió como área de estudio la laguna costera Mar Chiquita.

Las razones más valideras para justificar su elección son la regularidad de los muestreos de la especie por parte del Laboratorio de Ictiología de la Universidad Nacional de Mar del Plata, lo cual permitió obtener otolitos de *Mugil platanus* que abarcaron un gran porcentaje de la totalidad de su rango de tallas.

## **Materiales y Métodos utilizados**

Especímenes de *Mugil platanus* fueron colectados usando tres redes agalleras de 25 metros de longitud, 2 metros de altura y 57, 68 y 120 mm de mallero. Las capturas fueron realizadas mensualmente, entre Abril de 2004 y Abril de 2006, período en el cual se muestrearon 440 ejemplares, de los cuales se registraron longitudes total y estándar. Los estadísticos básicos del estudio se presentan en la Tabla V.1. Debido a la imposibilidad de la diferenciación sexual macroscópica de las edades 1 y 2, el análisis de los datos fue efectuado realizando un pool entre ambos sexos. Se empleó un total de 290 otolitos sagitta, seleccionados de especímenes pertenecientes a un rango de tallas comprendido entre 125 a 610 mm (prácticamente el rango de tallas completo de la especie para aguas argentinas). Los otolitos sagitta (izquierdo y derecho) de cada pez fueron removidos, limpiados y guardados en seco.

La lectura de edades se realizó en el Gabinete de Edad y Crecimiento del INIDEP, bajo la dirección del Dr. Ricardo G. Perrotta. Los otolitos fueron rehidratados durante 48 horas, luego colocados en una cápsula de Petri con agua, sobre una superficie oscura como contraste de fondo para su examen directo bajo microscopio estereoscópico. Las edades estimadas (1- 10 años) se obtuvieron por conteo de los anillos de crecimiento lento (hialinos) a partir del centro del núcleo. Se realizaron dos lecturas independientes para cada otolito. Cuando no se logró coincidencia entre ambas lecturas, una tercera fue intentada y aceptada solamente cuando coincidió con alguna de las previas. Las proporciones mensuales de bandas hialinas y opacas a lo largo del borde de los otolitos fueron examinadas, con la finalidad de validar la periodicidad de la formación de bandas.

La curva de crecimiento de von Bertalanffy fue ajustada a los datos de longitud-edad usando el método de máxima verosimilitud, considerando una distribución normal y varianzas desiguales de los residuales por clase de edad (Kendall and Stuart, 1967; Francis, 1988; Cerrato, 1990) y empleando una planilla de cálculo según Aubone & Wöhler (2000). Los parámetros de von Bertalanffy ( $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ) fueron estimados teniendo en cuenta grupos de edad 1 a 8, debido a que las edades 9 y 10 estuvieron representadas por tres ejemplares en total.

El peso total de 440 especímenes fue registrado para los cálculos de crecimiento en peso. Las relaciones longitud- peso fueron obtenidas mediante la ecuación  $Y = aX^b$ , donde:

Y: representa el peso total en gramos,

X: es la longitud total en milímetros.

Los parámetros de crecimiento en peso fueron calculados mediante el método de mínimos cuadrados generalizados para el total de individuos y para machos y hembras. Se realizó un Test de Fisher de comparación de coeficientes para probar la existencia/ ausencia de diferencias estadísticas significativas entre sexos.

La edad límite ( $A_{0.95}$ ) o longevidad (95% de  $L_{\infty}$ ) fue calculada utilizando la fórmula de Taylor (1959), según la cual:

$$A_{0.95} = (2.9957 / K) + t_0, \quad \text{donde } K \text{ y } t_0 \text{ son}$$

los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy.

A partir de la obtención de este parámetro se calculó la mortalidad natural (M) según Taylor (1960):

$$M = 2.9957 / t_{0.95}, \quad \text{donde } t_{0.95} = A_{0.95}$$

Además se calculó la relación entre la longitud total y la estándar, y se realizó un análisis del crecimiento (a través del coeficiente alometría b y de la proporción de otolitos con borde hialino u opaco) en función de los meses del año.

## **Resultados**

En la Tabla V.1 se presentan los estadísticos básicos obtenidos para las muestras de lisa de la laguna costera Mar Chiquita colectadas entre los años 2004- 2006 y utilizadas para la realización del presente Capítulo de Edad y Crecimiento.

Tabla V.1. Estadísticos básicos de las muestras de *Mugil platanus*.

<b>Longitud promedio (LT)</b>	418,5 mm
<b>Rango (LT)</b>	125- 610 mm
<b>Desviación estándar</b>	75,62
<b>Varianza de la muestra</b>	5718,45
<b>N muestral</b>	440

### **Validación de la edad:**

#### **Deposición de anillos de crecimiento rápido y/ o lento en función de los meses del año**

La distribución porcentual de borde hialino y opaco en los otolitos de ejemplares de *Mugil platanus* capturados durante el año 2005 se presenta en la Figura V.1. Puede observarse la preponderancia de bordes con anillos de crecimiento rápido (opacos) durante el período enero- mayo, a partir del cual disminuye, elevándose el porcentaje de otolitos con borde de anillos hialinos durante el período invernal, lo cual es una evidencia de la disminución de la tasa de crecimiento para la etapa señalada. A partir del mes de Septiembre la proporción de otolitos con borde opaco aumenta, conjuntamente con la disminución de los otolitos con borde hialino. Ya en el mes de Diciembre nuevamente el porcentaje de otolitos con borde opaco supera al hialino.

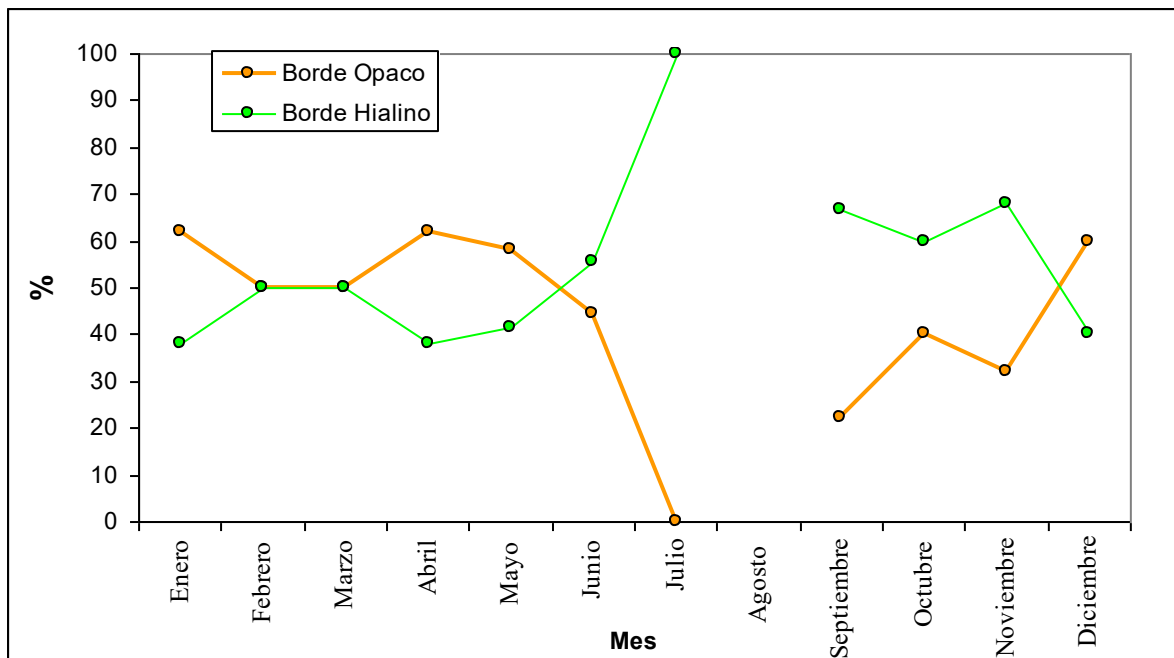


Figura V.1. Porcentaje mensual de borde opaco e hialino para otolitos de *Mugil platanus* en función de los meses del año 2005.

En la Tabla V.2 se muestran los resultados obtenidos para la clave talla- edad. Puede observarse que a partir de la edad 3 (y hasta la 8 inclusive) cada clase de edad abarca un rango de tallas muy grande, especialmente las edades 4 a 6. También puede observarse la escasa representación de las clases de edad menores 1 y 2. Esto fue debido a las características en cuanto a diámetro de mallero de las artes de pesca utilizadas.

Los valores de longitud total promedio, rango, desvío estándar y N muestral por edad se presentan en la Tabla V.3. Las clases de edad observadas se distribuyeron entre las edades 1- 10, con longitudes totales promedio correspondientes de 136,3 y 547,5 mm respectivamente. Las edades 9 y 10 no estuvieron bien representadas, ya que su N muestral fue de 2 y 1 ejemplares respectivamente.

Tabla V.2. Clave Talla- edad obtenida para *Mugil platanus*.

LT	Edad										Total general
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
125	1										1
135	2										2
140	1										1
245		1									1
255		2	1								3
270			1								1
275				1							1
285			1		1						2
290			3	1							4
300				1							1
310				2							2
315					2						2
320			1								1
325					1						1
330				1	2						3
335				4	2						6
340			2	1	4						7
345			2	2	2	1					7
350			1	3	1						5
355			1	3	6						10
360				2		1					3
365				3	6	1					10
370			1	3	4						8
375				4	5	2					11
380			1	5	3						9
385				3	4						7
390			1	4	1	2	1				9
395				3	3						6
400				3	4	1					8
405				1	1	1					3
410				2	4	1					7
415				1	1		1				3
420				1	1	1					3
425				1	1						2
430				1			1				2
435				3	2						5
440					1		1				2
445				1							1

450	1	1		2	1			5
460		2	1					3
465		2	3					5
470		1	2	1	2			6
475		2	1	2				5
480		1	2	2	1			6
485		1	1	2	1			5
490		3	5	4				12
495			4	4				8
500	1	8	2	3	1			15
505		1	2	1	1			5
510	1	3	4	2	1			11
515		1	3	4				8
520		1			1			2
525	1		2		1			4
530		3	3	2				8
535		1	2	1				4
540				1		2		3
545			2	1	2		1	6
555			2	1				3
560			1		1			2
565				2				2
570				1				1
610			1					1
								<b>290</b>

En la Figura V.2 se presenta la fotografía de un otolito Sagitta de un ejemplar de *Mugil platamus* de ocho años de edad. Puede observarse la alternancia entre anillos de crecimiento hialino y opaco, así como también la disminución progresiva de los incrementos en función de la edad.



Figura V.2. Otolito Sagitta de un ejemplar de *Mugil platanus* de ocho años de edad.

Tabla V.3. Tamaño de las muestras (N), longitud total media (LT), desviación estándar (DS) y rango total de tallas (RAN) por edad para *Mugil platanus*.

<b>Edad (años)</b>	<b>N</b>	<b>LT (mm)</b>	<b>DS</b>	<b>RAN (mm)</b>
<b>1</b>	4	136,3	6,29	125- 140
<b>2</b>	3	254,1	5,77	245- 255
<b>3</b>	16	328,4	41,04	255- 390
<b>4</b>	64	383,4	8,72	275- 450
<b>5</b>	93	416,1	64,91	285- 535
<b>6</b>	54	484,5	57,78	345- 610
<b>7</b>	40	499,6	39,40	390- 570
<b>8</b>	13	507,5	33,42	450- 610
<b>9</b>	2	542,5	0	540
<b>10</b>	1	547,5	0	545

Los parámetros de crecimiento estimados para *Mugil platanus* en la región de estudio se muestran en la Tabla V.4. Las curvas resultantes, correspondientes a valores observados y teóricos, así como también los límites de confianza se ilustran en la Figura V.3. Es destacable el apropiado ajuste obtenido para los valores observados de la curva de crecimiento en comparación con los valores teóricos estimados y con los límites de confianza. Se encontró que el crecimiento de los peces fue mayor durante su segundo año de vida, alcanzando el 44% de su Longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ). Puede observarse como los incrementos de talla van haciéndose cada año menores, especialmente de la edad 5 en adelante.

Tabla V.4. Parámetros de crecimiento estimados e intervalos de confianza ( $\alpha = 0,05$ ) para *Mugil platanus*.

Parámetros de crecimiento	Valores estimados
$L_{\infty}$ (mm)	563,82 (541,99; 585,66)
k (años <sup>-1</sup> )	0,30 (0,24; 0,36)
$t_0$ (años <sup>-1</sup> )	-0,057 (-0,168; -0,283)

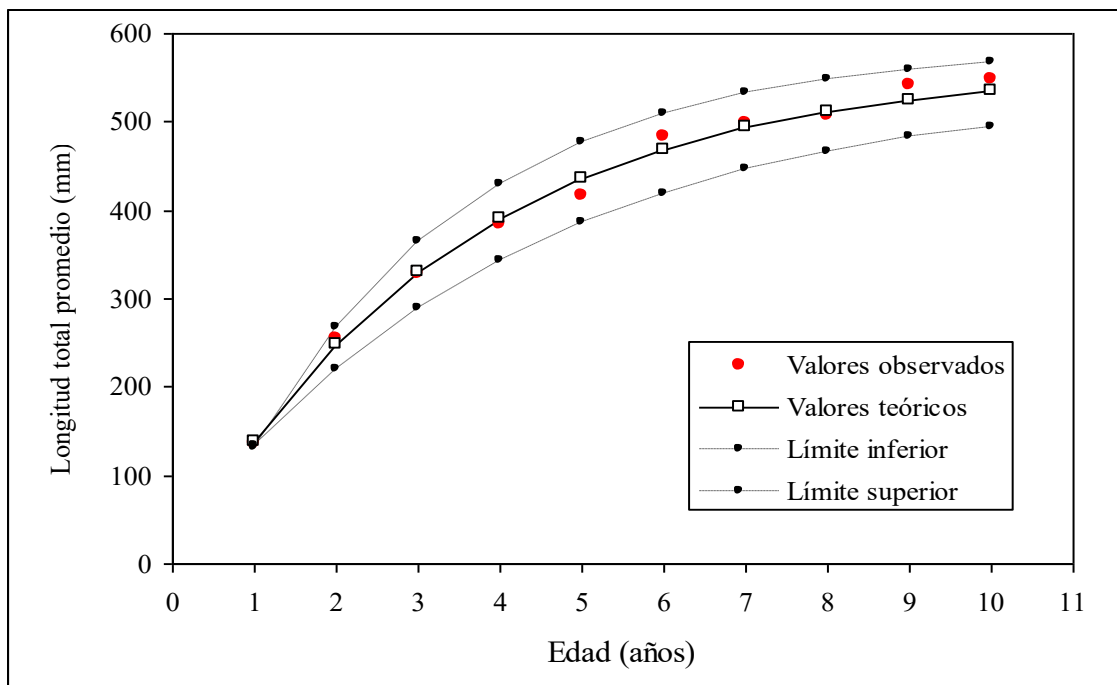


Figura V.3. Curva de crecimiento estimada para *Mugil platanus*.

La Figura V.4 muestra las capturas para machos y hembras en función de la talla. Se observa que entre los 245- 355 mm hay una sobreestimación de machos. Esto se debió a la imposibilidad de diferenciación macroscópica entre machos y hembras en estadios virginales. Esto reafirmó la decisión de realizar la estimación de los parámetros de von Bertalanffy sin separar sexos.

### Longevidad ( $A_{0.95}$ )

*Mugil platamus* alcanzó el 95% de su  $L_{\infty}$  a la siguiente edad:

$A_{0.95} = (2,9957/ 0.30) + 0,057 = 10,07$  años. Este resultado concuerda con los datos obtenidos en la práctica, ya que sobre los 290 individuos muestreados la edad máxima obtenida fue de 10 años solamente para un individuo.

### Estimación de la mortalidad natural (M) por el método de Taylor

A partir del valor estimado obtenido  $A_{0.95} = 10,07$  años, se obtuvo la siguiente estimación teórica de mortalidad natural (M):

$$M = 2,9957/ t_{0.95} = 2,9957/ 10,07$$

$$M = 0,2974$$

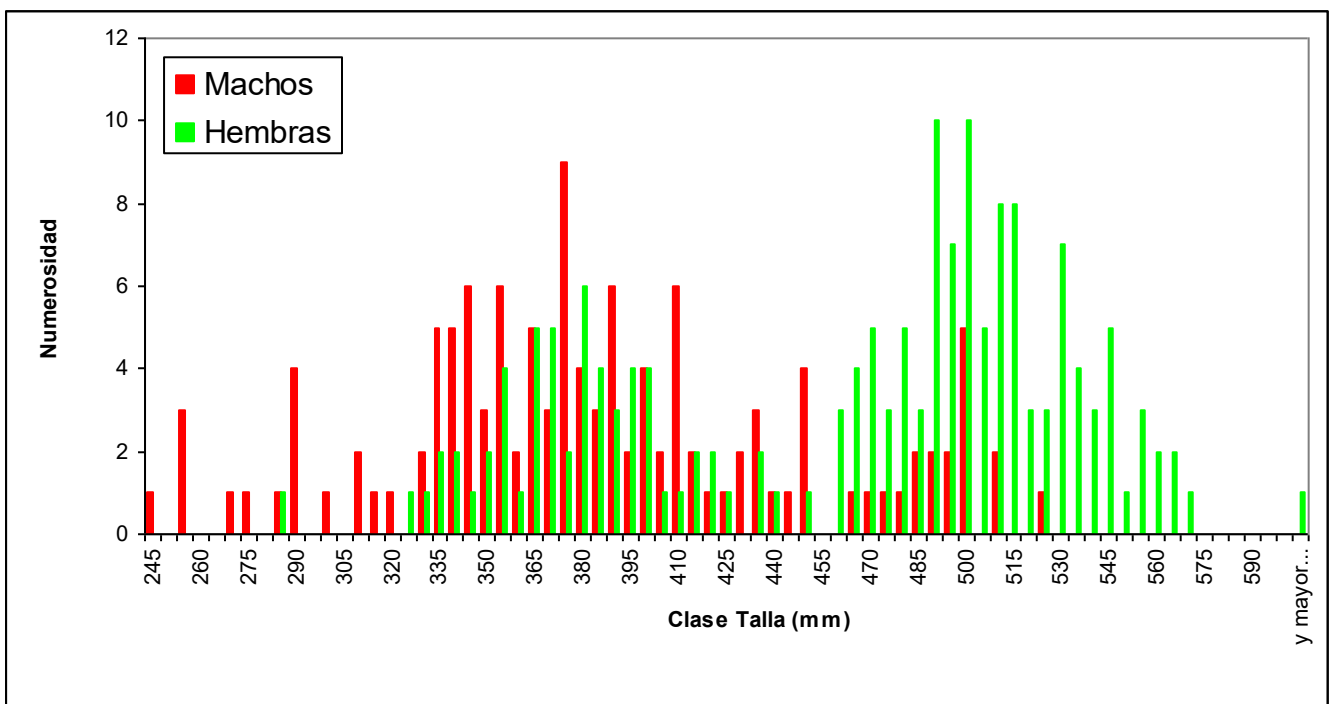


Figura V. 4. Numerosidad por clase de talla (longitud total) obtenida para los machos y hembras del presente análisis.

## Relación Talla- Peso

Las Figuras V.5 a V.8 muestran los resultados obtenidos para las relaciones entre el peso y las longitudes total y estándar en ambos sexos separadamente. En todos los casos las curvas mostraron su mejor ajuste a funciones de tipo Potencial ( $Pt = a Lt^b$ ), obteniéndose altos coeficientes de regresión ( $R^2 = 0,96$  o superior). De la comparación entre las Figuras V.5 y V.7, o V.6 y V.8 puede observarse claramente la menor talla (y por ende peso) alcanzado por los machos, los cuales rara vez en su estado adulto superan los 500 mm de longitud total y 1400 gramos de peso. No obstante, los resultados del Test de comparación de coeficientes de Fisher (Tabla V.5) ( $H_0$ : igualdad de coeficientes) mostraron diferencias no significativas entre machos y hembras, demostrando que las curvas obtenidas pertenecen a la misma recta de regresión. Además, como parte requerida por dicho estadístico se testeó para Heterocedasticidad, obteniéndose que las curvas entre machos y hembras son Homocedásticas (varianzas iguales). De esta manera, no existen al menos para la localidad estudiada, diferencias significativas entre machos y hembras con respecto a la relación Talla- Peso.

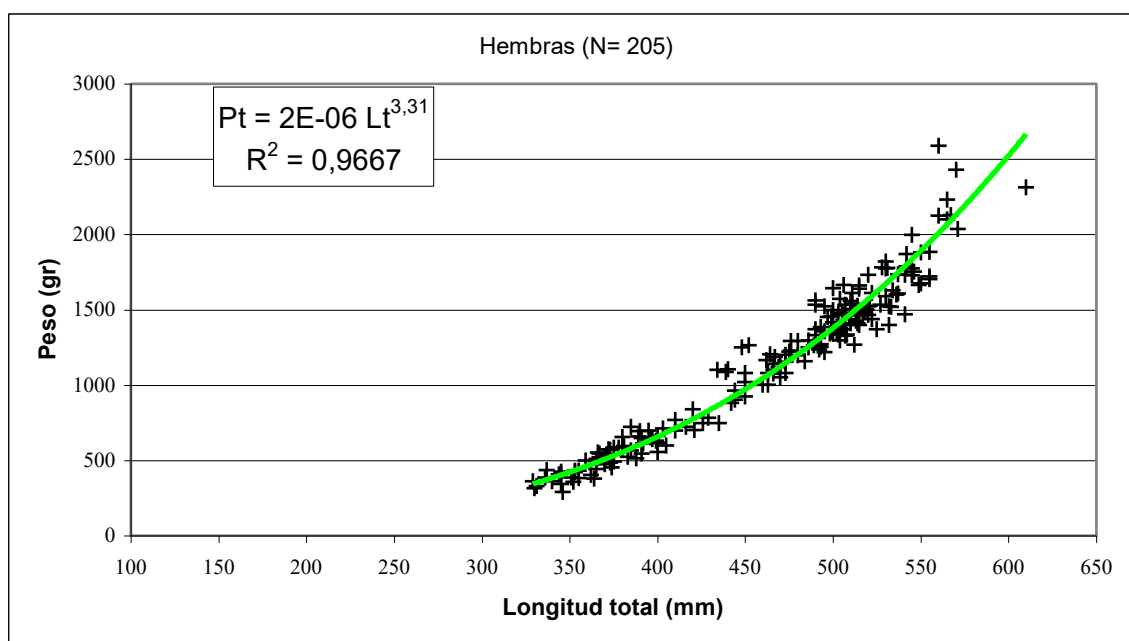


Figura V.5. Relación entre peso y longitud total para hembras de *Mugil platanus* colectados durante el período 2004- 2006.

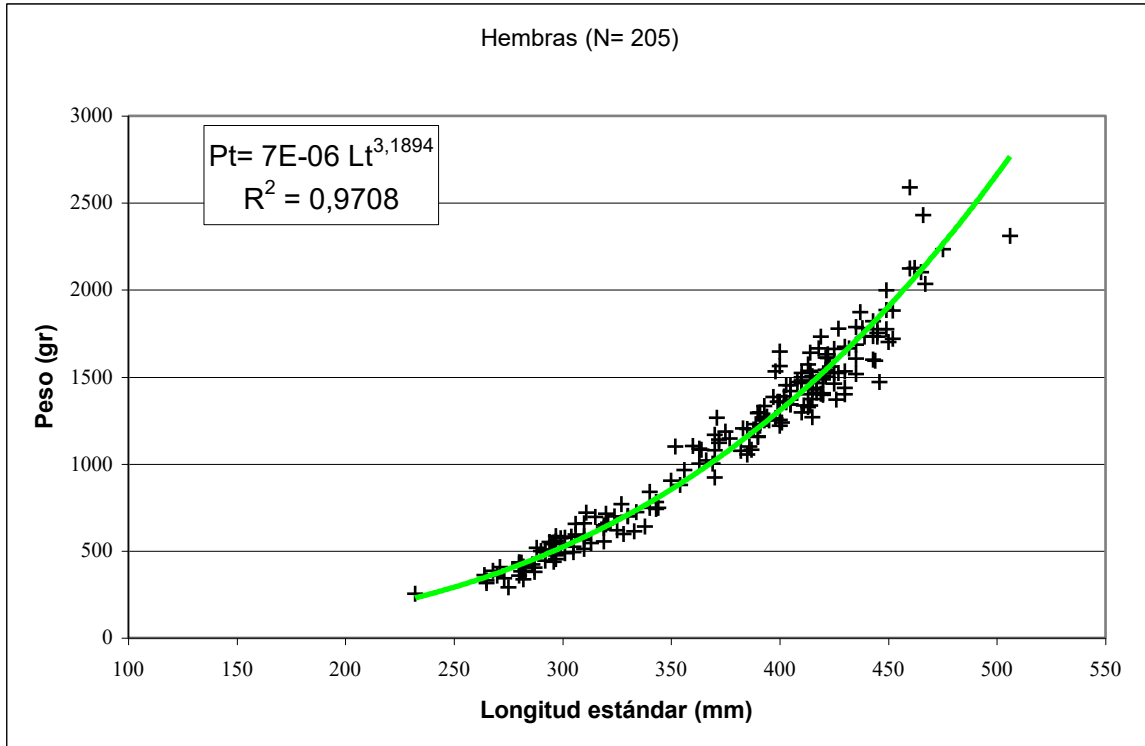


Figura V.6. Relación entre peso y longitud estándar para hembras de *Mugil platanus* colectados durante el período 2004- 2006.

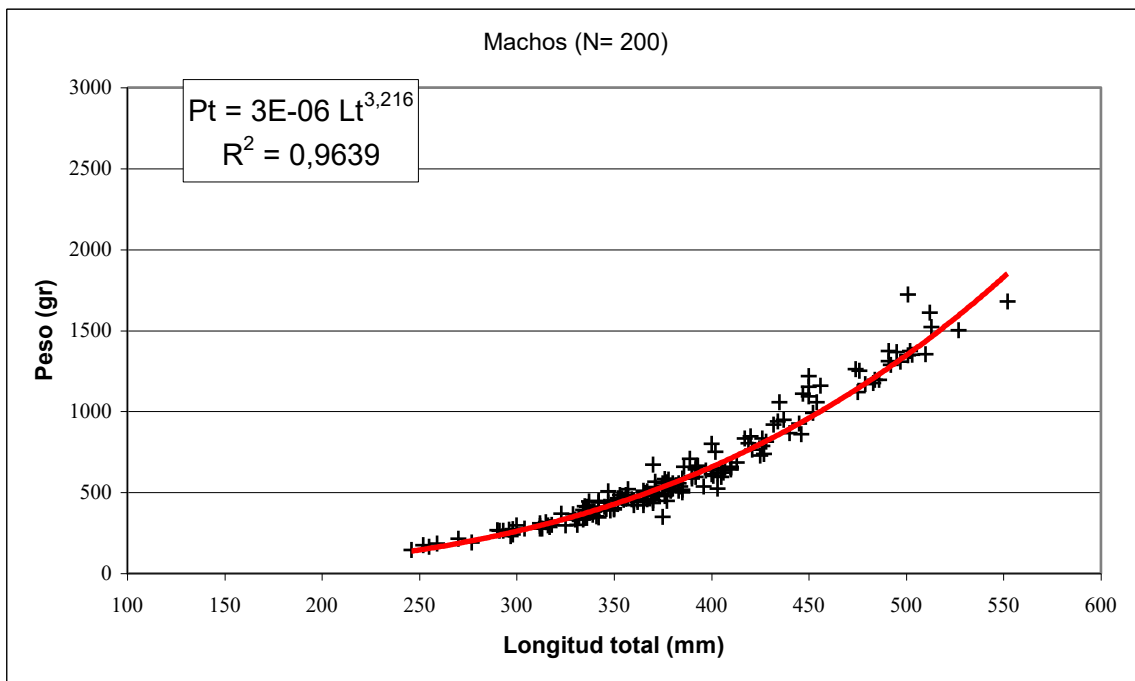


Figura V.7. Relación entre peso y longitud total para machos de *Mugil platanus* colectados durante el período 2004- 2006.

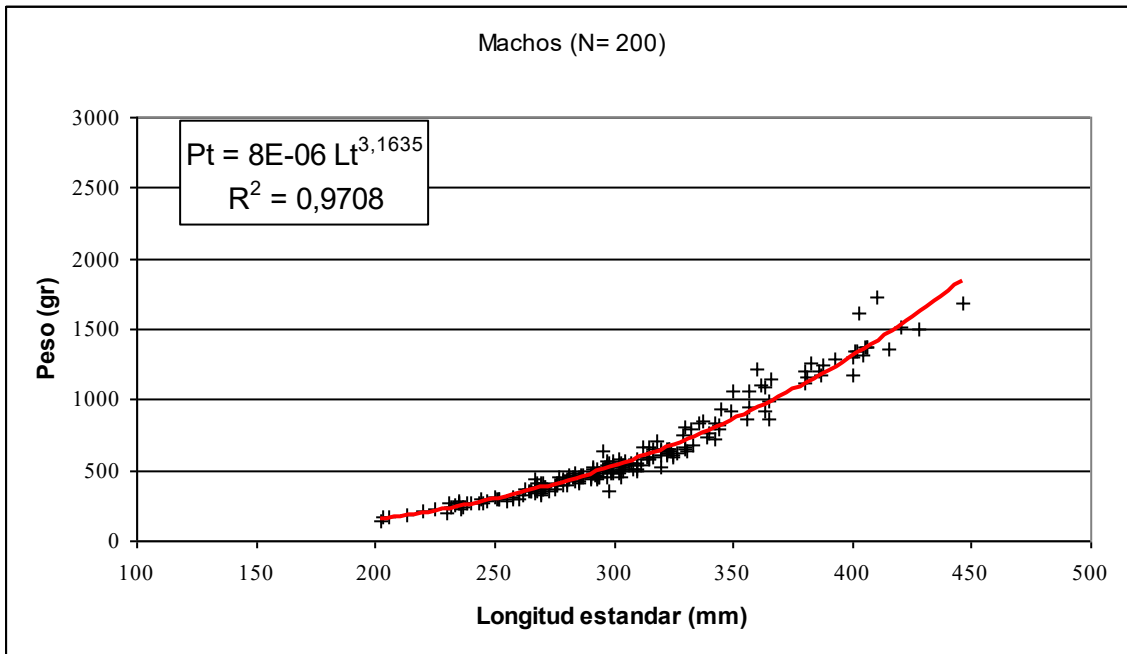


Figura V.8. Relación entre peso y longitud estándar para machos de *Mugil platanus* colectados durante el período 2004- 2006.

Tabla V.5. Test de Fisher de comparación de coeficientes entre sexos para la relación talla- peso de *Mugil platanus* colectados durante el período 2004- 2006. \*: Diferencias significativas (P = 0,05)

N = 378		Test de Fisher		
Variable Ind.	Variable Dep.	gl1	gl2	u (V obs)
Ln Lt	Ln Peso	2	374	0,96843
Ln Lst	Ln Peso	2	374	0,03324

### Relación longitud total- estándar

Las Figuras V.9 y V.10 ilustran las relaciones potenciales entre longitud total y estándar obtenidas para machos y hembras. Se destaca el altísimo coeficiente de correlación obtenido.

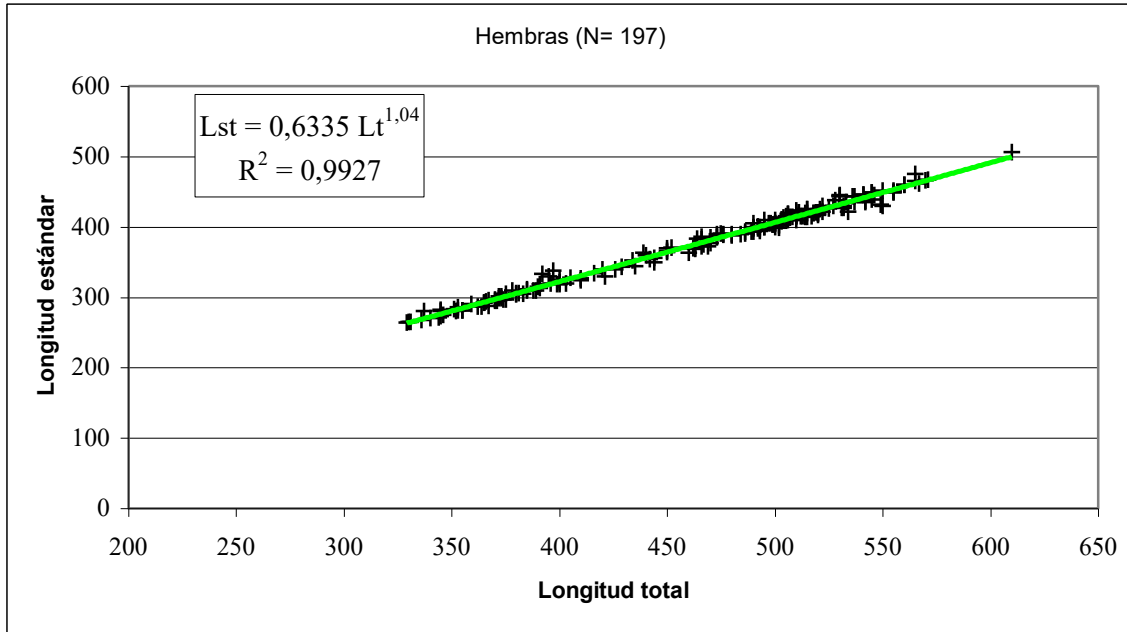


Figura V.9. Relación potencial entre longitud total y estándar para hembras de *Mugil platanus* colectadas durante el período 2004- 2006.

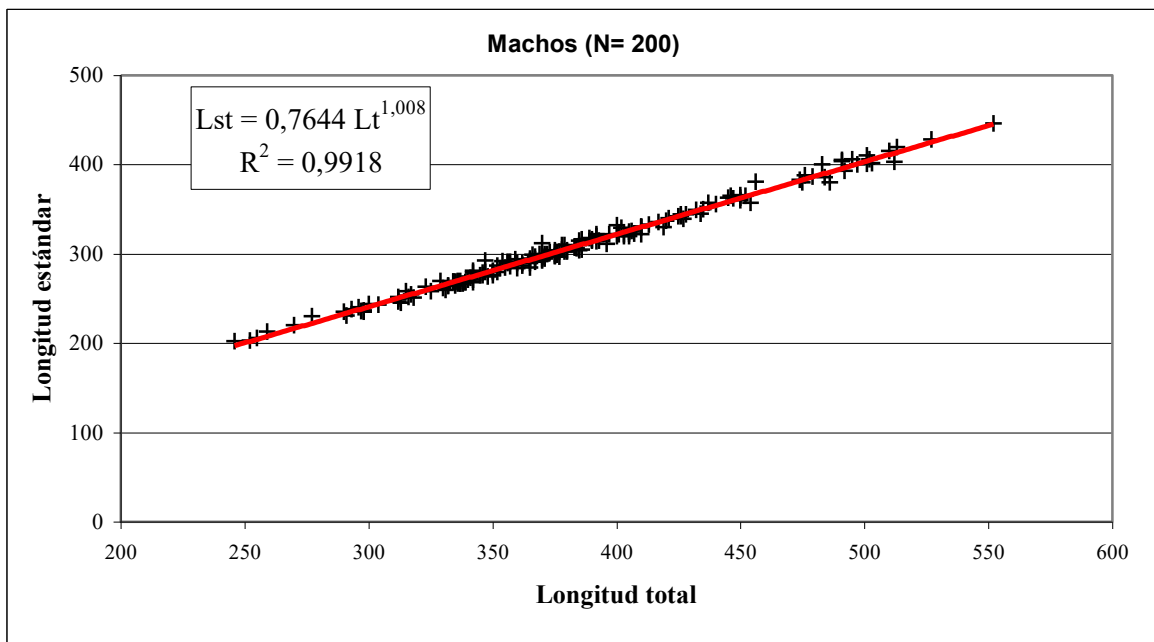


Figura V.10. Relación potencial entre longitud total y estándar para machos *Mugil platanus* colectadas durante el período 2004- 2006

## El coeficiente de alometría **b** como estimador del crecimiento

Como se observó en las Figuras V.5 a V.8, si se grafica la relación Longitud- Peso, dicha curva representará una función potencial del tipo  $P = a L^b$ . Si además esta relación es expresada en función de un período de tiempo determinado, el coeficiente de alometría **b** puede interpretarse como una medida del crecimiento promedio de la población bajo estudio durante el lapso de tiempo analizado. La Figura V.11 muestra la evolución del coeficiente de alometría **b** para la relación longitud total- peso para los meses del año 2005. Se observa que el mayor crecimiento (valores de **b** mayores o iguales a 3) ocurre durante los meses de Enero a Mayo, decayendo luego durante los restantes meses de otoño y los correspondientes al invierno. Luego, a partir de la primavera comienza nuevamente un ascenso paulatino en el coeficiente de alometría **b** el que ya en Octubre alcanza nuevamente valores mayores a 3.

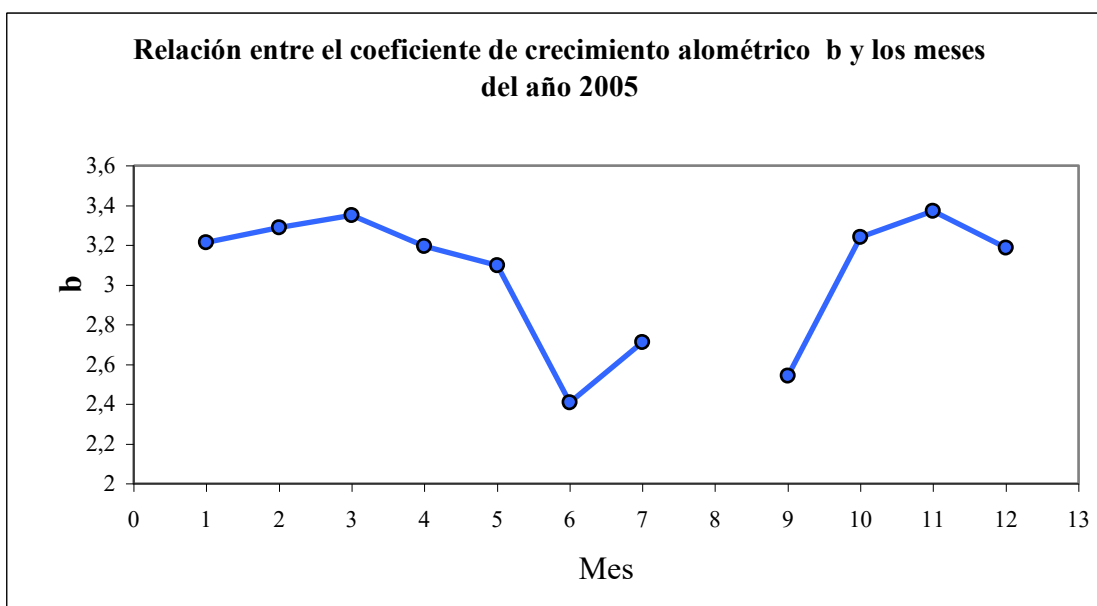


Figura V.11. Evolución del coeficiente de alometría **b** para la relación Longitud total- peso total por mes correspondiente al año 2005. (N muestral mensual promedio = 43)

## **Relación entre el crecimiento y el ciclo de vida: proposición de un modelo.**

Sobre la base de los resultados obtenidos en el **Capítulo de Reproducción** (Figuras **IV.13, IV.14 y IV.15**), trabajos reproductivos previos realizados para *Mugil platanus* de Brasil, y las Figuras V.1 y V.11 del presente, se sugiere un modelo explicativo (Figura V.12) que intenta resumir los conocimientos biológicos obtenidos sobre *Mugil platanus* para la laguna costera Mar Chiquita, relacionando su crecimiento (medido a través del coeficiente de alometría **b** y de la proporción de otolitos de borde hialino u opaco) con su ciclo de vida. El citado puede resumirse así:

a) El período comprendido entre Enero y mediados de Abril- Mayo, sería utilizado por la lisa para su **crecimiento** y **maduración** gonadal. Lo primero se evidencia por los altos valores del coeficiente de alometría **b** obtenidos, así como también por la preponderancia de otolitos con borde opaco debido a la gran deposición de proteína durante ese período de tiempo. En cuanto a la maduración gonadal, se manifiesta por los altos valores de los Índices Gonadosomáticos (IGS) (individuales y también del promedio) y la presencia de hembras en estadio de inicio de maduración y maduración avanzada (Abril y Mayo) (Capítulo Cuarto, Figuras IV.13, IV.14 y IV.15).

b) A partir de mediados de Mayo hasta fines de Junio aproximadamente, se produciría la **migración** reproductiva, lo cual conllevaría una disminución en la alimentación de los individuos, gran gasto energético y por ende un descenso en el ritmo de crecimiento. Esto es concordante con la disminución del coeficiente alométrico **b** y el brusco aumento de la proporción de anillos hialinos. Además, la desaparición de figuras histológicas de hembras en maduración, (en este período se observan en la laguna Mar Chiquita solamente ejemplares en reposo gonadal), así como también la notable disminución del CPUE son evidencias claras de la migración reproductiva.

c) En los meses de Julio hasta mediados de Septiembre (aproximadamente) se mantiene la dominancia hialina del borde de los otolitos y los bajos valores de coeficiente alométrico obtenidos. Continúan los bajos valores de IGS y CPUE, así como también las figuras histológicas de reposo gonadal. Es necesario destacar que los anillos hialinos observados corresponden a los adultos que permanecen en la laguna (ver Capítulo sobre Reproducción), pero los otolitos de los ejemplares que regresan después de la migración

reproductiva también presentan anillos hialinos, lo cuales aparecen en proporciones semejantes a los de los ejemplares residentes, por lo cual se deduce que experimentan fenómenos similares en cuanto a la reducción del ritmo de crecimiento.

d) A partir de finales de Septiembre- principios de Octubre los eventos reproductivos finalizarían y, presumiblemente, las lisas comenzarían a **alimentarse** y a **retornar** hacia su lugar de origen (Mar Chiquita). Puede observarse en la Figura V.12 que es a partir del citado mes que los valores del coeficiente alométrico **b** comienzan a aumentar llegando a alcanzar ya para el mes de Noviembre los valores registrados para el período Enero- Mayo. También se visualiza que la proporción de otolitos con borde opaco comienza a aumentar hasta superar –en el mes de Diciembre- al porcentaje de otolitos con borde hialino. Notablemente, como puede observarse en la Figura V.12, en Diciembre se restablecen casi exactamente los valores iniciales (mes de Enero) en cuanto a proporción de otolitos con borde hialino y opaco, así como también del coeficiente de alometría **b**. De esta manera se cerraría el ciclo.

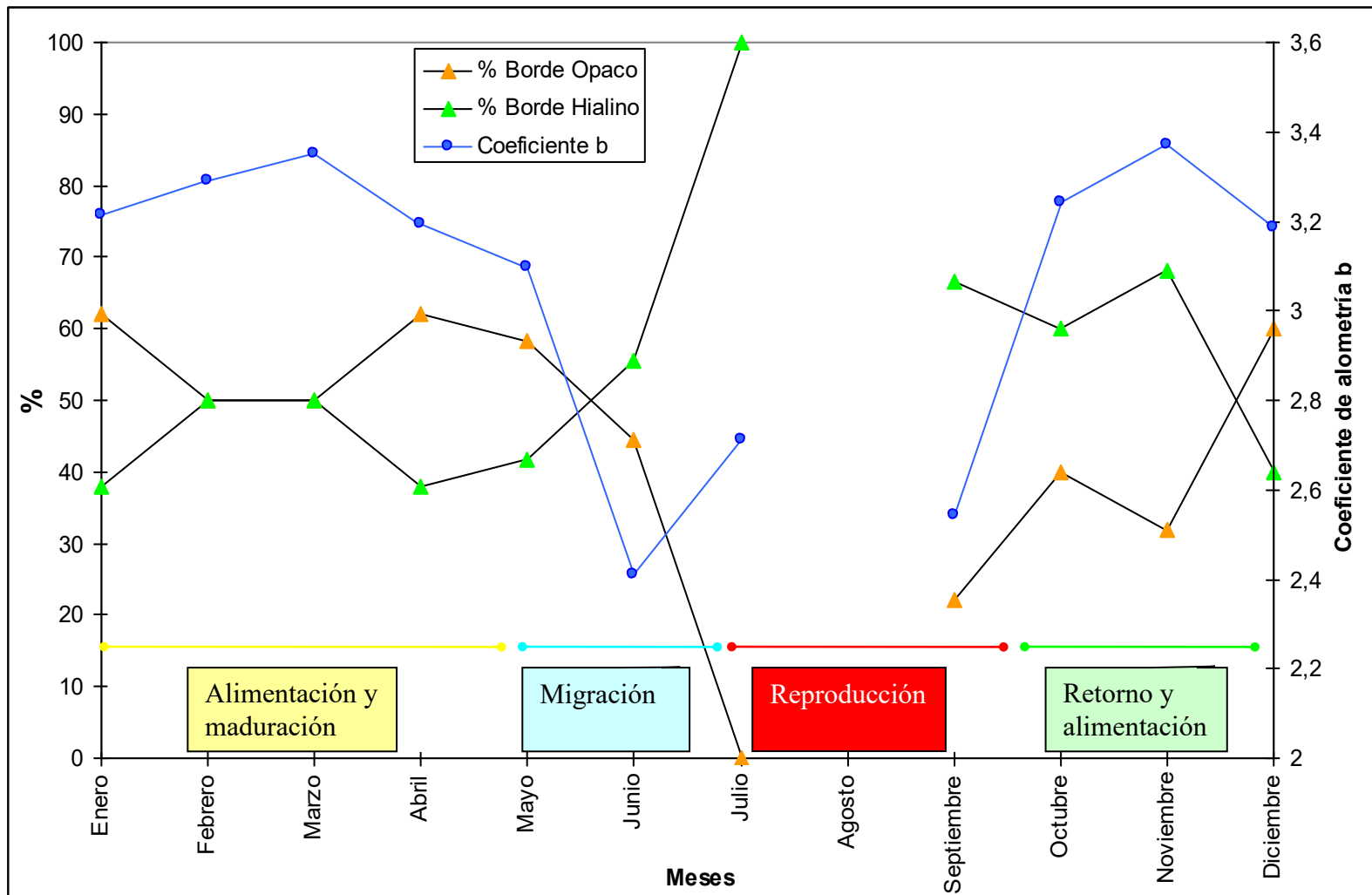


Figura V.12. Modelo explicativo propuesto para la relación entre el crecimiento y ciclo de vida de *Mugil platanus* para la laguna costera Mar Chiquita.

## **Discusión**

Como se comentó en la introducción del presente Capítulo, no existen trabajos que versen sobre edad y crecimiento basados en la lectura directa de otolitos para *Mugil platanus*. Al menos para nuestro conocimiento, este sería pues el primer aporte concreto a la biología del crecimiento/ edad para esta especie, de distribución netamente sudamericana.

El análisis del borde de los otolitos de *Mugil platanus* indicó que las bandas hialinas predominaron durante la estación fría, mientras que las opacas aparecieron con mayor frecuencia durante la estación cálida. A partir de estos resultados, y en comparación con estudios de crecimiento realizados para otras especies y en otras regiones (Ibáñez Aguirre & Gallardo- Cabello, 1996 b; Urteaga & Perrotta, 2001) puede asumirse la formación de bandas de periodicidad anual.

Lombarte & Lleonart (1993), en un estudio sobre otolitos de algunas especies de Gadiformes, sugieren que el desarrollo del otolito ocurriría bajo una regulación dual: los patrones genéticos regularían la forma del otolito, mientras que las condiciones medioambientales, principalmente la temperatura en aguas saturadas de carbonatos, regularía la cantidad de material depositado durante la formación de otolito. No obstante Morales- Nin (1987), indica que para muchas especies los eventos reproductivos (maduración, migración, reproducción) serían los desencadenantes del período de crecimiento lento, equivalente a la formación de anillo hialino. Es evidente, desde el punto de vista energético, el enorme gasto que este complejo evento implica. Ibáñez Aguirre & Gallardo- Cabello (1996 b) encuentran en la laguna de Tamiahua (México), coincidencia entre la formación de la banda de crecimiento lento y la época de emigración y freza en *Mugil cephalus* y *Mugil curema*. En el presente Capítulo se sugiere que la disminución de la temperatura es desencadenante de la formación del anillo hialino de los otolitos de *Mugil platanus* para la laguna costera Mar Chiquita. A su vez, la migración reproductiva estaría orquestada también por el brusco descenso de temperatura (y salinidad) como pudo evidenciarse en el Capítulo de Reproducción.

En la Tabla V.6 se presenta una comparación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, la mortalidad natural y la longevidad ( $A_{0.95}$ ) para especies de la Familia Mugilidae. Se destaca el trabajo de Sánchez Ramírez *et al.*, (1988) junto con el presente, por los valores de  $t_0$  más cercanos a cero. Con respecto a la velocidad de

Tabla V.6. Comparación de los parámetros de von Bertalanffy, la mortalidad natural (M) y longevidad  $A_{0.95}$  obtenidos para distintas especies (sin discriminar sexos) de la Familia Mugilidae.

Autor	Lugar	Técnica	Especie	$L_{\infty}$ (mm)	K	$t_0$	$A_{0.95}$	M	Grupos de edad determinados
Presente trabajo	Laguna costera Mar Chiquita	Otolitos	<i>M. platanus</i>	563.8	0.30	-0.057	10.07	0.297	10
Ibáñez Aguirre & Gallardo Cabello (1996)	Laguna de Tamiahua, México	Otolitos	<i>M. cephalus</i>	642.4	0.099	-2.849	28.32	0.106	6
Ibáñez Aguirre & Gallardo Cabello (1996)	Laguna de Tamiahua, México	Otolitos	<i>M. curema</i>	461.4	0.140	-3.624	18.68	0.160	5
Moura & Serrano Gordo (2000)	Laguna de Óbidos, Portugal	Otolitos	<i>Liza ramada</i>	513.93	0.107	-1.612	-	-	10
Moura & Serrano Gordo (2000)	Laguna de Óbidos, Portugal	Otolitos	<i>Liza aurata</i>	312.68	0.241	-1.385	-	-	7
Moura & Serrano Gordo (2000)	Laguna de Óbidos, Portugal	Otolitos	<i>Chelon labrosus</i>	300.63	0.391	-0.924	-	-	7
Ritcher (1995)	Mar de Strangford Lough, Irlanda del Norte	Otolitos	<i>Chelon labrosus</i>	609.42	0.119	-0.416	-	-	23
Sánchez <i>et al.</i> (1998)	Ciénaga de Santa Marta, Colombia	Frecuencia de Tallas	<i>Mugil incilis</i>	430	1	0.042	-	-	-

crecimiento (K), los valores obtenidos son bastante disímiles ya que presentan una diferencia de diez órdenes de magnitud ( $0.099 \cdot 10^{-1}$ ) entre los extremos de su rango; no obstante, el mayor valor (obtenido para *Mugil incilis*) no estuvo basado en la lectura directa de otolitos, sino en el análisis de frecuencia de tallas. Como señala Ibañez-Aguirre & Gallardo-Cabello (1996), la velocidad de crecimiento indica que las especies con altos valores alcanzarán más rápidamente longitudes cercanas a  $L_{\infty}$ , tendrán menor longevidad y una tasa de mortalidad más elevada. Esto se corrobora si se observa los valores obtenidos en dichos parámetros para *Mugil platanus*, *M. cephalus* y *M. curema*. Se interpreta pues a *Mugil platanus* como una especie de crecimiento moderado-rápido, con una longevidad relativamente baja y tasa de mortalidad natural elevada, al menos en comparación con especies de la Familia Mugilidae.

Vieira (1991), basado además en Vieira & Scalabrin (1991), propone un modelo hipotético de historia de vida para *Mugil platanus* del estuario de Lagoa dos Patos, Brasil. Para su aval, el autor se basa principalmente en la distribución espacio-temporal del reclutamiento de larvas/ juveniles (cuantificada a través de la CPUE), y en las capturas de adultos (con especial énfasis en su migración reproductiva). Estos datos son relacionados con distintas variables ambientales, como la temperatura, salinidad, dirección de las corrientes marinas costeras, época del año, etc. En la presente Tesis se propone un modelo hipotético para el stock adulto de *Mugil platanus* de la laguna costera Mar Chiquita. A diferencia del propuesto por Vieira (1991), el presente modelo se basa no solo en datos de CPUE de adultos y variables ambientales como salinidad y temperatura en función de los meses del año, sino también en estadios de maduración ovárica obtenidos macro y microscópicamente, índices gonadosomáticos, y en estimadores de crecimiento mensual/ estacional como el coeficiente de crecimiento alométrico **b** (relación Talla- Peso) y la deposición de anillos hialinos u opacos en otolitos. Ambos modelos resultan básicamente coincidentes y complementarios, dado que como lo indica Viera (1991) “The following model describes the early- life movements of *M. platanus*.”, mientras que en el presente se tiene un enfoque desde el punto de vista de los adultos.

Se hace evidente la importancia de poseer datos de las primeras edades (0,1 y 2) para poder estimar adecuadamente los parámetros de von Bertalanffy u otros valores relacionados como la longevidad ( $A_{0.95}$ ), edad de primera madurez y mortalidad natural (M). Ibañez Aguirre & Gallardo-Cabello (1996 **b**), debido a problemas logísticos

relacionados con el tamaño de mullero de las artes de pesca utilizadas, reconocen no haber capturado individuos de *Mugil cephalus* y *Mugil curema* para las edades 0 y 1. De esta manera realizan un retrocálculo para estimar dichos valores (relación talla- edad) obteniendo luego valores del parámetro  $t_0$  que evidencian un determinado error, asociado a la falta de mediciones directas para esas primeras edades ( $t_0 = -2.85$  y  $-3.60$  para *M. cephalus* y *M. curema* respectivamente; determinación de 6 y 5 grupos de edad en contraste con valores de longevidad de 28 y 18 años respectivamente). Para la presente Tesis, la diferencia entre los parámetros de von Bertalanffy estimados utilizando o no las edades 1 y 2 es considerable. Cuando estas edades se incluyen (y por ende el cálculo se realiza para la especie) el  $t_0$  obtenido ( $t_0 = 0.057$ ) se aproxima a la idealidad matemática (cero), obteniéndose además valores “adecuados” para los demás parámetros ( $k = 0.30$ ,  $L_{\infty} = 563$ ). Por el contrario cuando, pretendiendo evaluar sexos separadamente, se descartan las edades 1 y 2, los valores obtenidos de dichos parámetros se hacen muy disímiles, especialmente para las hembras cuya representación porcentual en la edad 3 es menor ( $L_{\infty} = 542$ ,  $t_0 = -1.81$  y  $k = 0.556$  para hembras;  $L_{\infty} = 538$ ,  $t_0 = -0.69$  y  $k = 0.235$  para machos)(datos no presentados). Por esta razón se decidió no realizar cálculos de parámetros de crecimiento por sexos separadamente en este Capítulo.

## Conclusiones

- Al igual que otras especies de Mugílidos, *Mugil platanus* presenta formación de bandas de periodicidad anual.
- La deposición de bandas hialinas predominó durante la estación fría, por el contrario las opacas predominaron durante la estación cálida.
- La migración reproductiva, asociada con la disminución de la temperatura, sería desencadenante de la formación del anillo hialino de los otolitos de *Mugil platanus*.
- Los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy estimados para los ejemplares de *Mugil platanus* de la laguna Mar Chiquita fueron:
  - $L_{\infty} = 563 \text{ mm}$ ;  $k = 0.30 \text{ años}^{-1}$ ;  $t_0 = 0.057 \text{ años}$ .
- La longevidad (edad a la que se alcanza el 95% de la longitud asintótica  $L_{\infty}$ ) estimada fue:  $A_{0.95} = 10.07 \text{ años}$ .
- La mortalidad natural estimada (% de individuos que sobreviven hasta el  $A_{0.95}$ ) fue :  $M = 0.297$ .
- El modelo explicativo propuesto resume los conocimientos biológicos obtenidos sobre *M. platanus* para la laguna costera Mar Chiquita, relacionando adecuadamente su crecimiento con su ciclo de vida.
- Las relaciones entre el peso total y las longitudes total y estándar presentaron un ajuste de tipo potencial ( $P_t = a L_t^b$ ).
- No existen, al menos para la localidad estudiada, diferencias significativas entre machos y hembras con respecto a la relación Talla- Peso (test Fisher,  $p = 0,05$ ). No obstante, a pesar de pertenecer a la misma curva de regresión, los machos rara vez superan los 500 mm de longitud total y 1400 gramos de peso, siendo las hembras de mayor longitud y peso.

## **CAPÍTULO SEXTO**

# **“Primeros registros de otras especies del Género *Mugil* para aguas argentinas”**

## **Introducción**

Hasta recientemente, dos especies nominales fueron reportadas como ocurrentes en Argentina: *Mugil platanus* Günther, 1880 y *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Menni *et al.*, 1984; López *et al.*, 2003). No obstante, Menezes (1983) y Cousseau *et al.* (2005) reconocen solamente una, *Mugil platanus*, que se distribuye desde Río de Janeiro (Brasil) hasta Argentina. En los tres primeros Capítulos de esta Tesis Doctoral se demostró que *Mugil platanus* es la especie de presencia permanente para Argentina, que *Mugil liza* no habita nuestras aguas y por último que *Mugil cephalus* y *Mugil platanus* son especies alopátricas válidas y no sinónimos como lo sugieren algunos autores anglosajones.

*Mugil curema* Valenciennes (1836), comúnmente conocida como lisa blanca (white mullet) o tainha (Brasil), habita ambientes de aguas marinas o salobres. Posee una amplia distribución a ambos lados del continente americano, desde Cape Cod (USA) hasta el Sudeste de Brasil en el Atlántico oeste y desde el Golfo de California al norte de Chile en el pacífico este; además ocurre en el Atlántico del este desde Gambia hasta el Congo (Menezes, 1983; Thomson, 1997). Coexiste junto con *Mugil platanus* y *Mugil gaimardianus* (especie con la cual es fácilmente confundible) en la región del Sudeste y Sur de Brasil (Menezes, 1983). No obstante, como se indicara en el primer Capítulo de esta Tesis, el nombre *Mugil gaimardianus* se encuentra actualmente invalidado y aún bajo discusión (Nirchio *et al.* 2003). Recientemente González Castro *et al.* (2006) reportaron la ocurrencia más al sur de *M. curema* para el Atlántico Sudoccidental, y el primer registro para Argentina

Un total de dieciseis (16) especímenes de *Mugil curema* fueron capturados en la desembocadura de la laguna costera Mar Chiquita (Figura VI.1), el 26 de Mayo y 16 de Junio de 2003, el 21 de Abril de 2005 y 23 de Mayo 2006.

## OBJETIVOS

- El objetivo del presente Capítulo es evaluar la presencia de nuevas especies del Género *Mugil* para aguas argentinas, utilizando técnicas merísticas, morfométricas y de genética molecular.
- Además se intenta discutir la posibilidad de existencia de un complejo de especies bajo la identidad del actual taxón *Mugil curema* Valenciennes (1836).



Figura VI.1. Mapa de la laguna costera Mar Chiquita, mostrando el área de captura de los 16 ejemplares de *Mugil curema*.

## Materiales y Métodos

### MUESTREO

Los dieciseis especímenes de *Mugil curema* fueron colectados con dos redes agalleras monofilamento de 25 m de longitud, 2 m de alto y 57 y 62 mm de mallero respectivamente, a una profundidad aproximada de 1,2 a 1,5 metros. En la Tabla VI.1 se resumen los datos de salinidad y temperatura del agua al momento de su captura, así como también el N muestral obtenido por fecha de captura. La identificación de los especímenes fue basada en Menzes (1983) y Thomson (1997). Un espécimen está preservado en la colección del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero como INIDEP N° 724 (Figura VI.2)

Tabla VI.1. Fecha de captura de los ejemplares de *M. curema* colectados en la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, N muestral, temperatura y salinidad del agua.

Fecha	T° agua (° C)	Salinidad (ups)	N muestral
26/05/2003	7,5	7	4
16/06/2003	9	8	2
21/04/2005	10	34	4
23/05/2006	9	25	6



Figura VI.2. Espécimen de *Mugil curema* colectado en la laguna Mar Chiquita.

Los ejemplares fueron pesados, sexados y medidos en fresco. Se registraron los siguientes caracteres merísticos y datos morfométricos, sobre el lado izquierdo del animal (Tabla VI.2):

### Merísticos

- Escamas de la serie lateral
- Escamas de la serie transversal
- Número de espinas y radios de la primera aleta dorsal
- Número de espinas y radios de la segunda aleta dorsal
- Número de espinas y radios de la aleta anal.

### Morfométricos

- Longitud total y estándar
- Longitud de cabeza
- Hocico
- Diámetro del ojo
- Longitud de la aleta pectoral
- Longitud de la escama axilar pectoral
- Distancia pre-pectoral
- Distancia pre-dorsal

Además, se tomaron 20 distancias basadas en 12 puntos homólogos (landmarks), obtenidos mediante el protocolo de Box Truss según Strauss & Bookstein, (1982) (ver Capítulo III para detalles). Estas fueron: 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 3-4, 3-5, 3-6, 4-5, 5-6, 5-7, 5-8, 6-7, 7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 9-10, 9-11, 9-12, 12-11.

Los conteos se realizaron sobre ejemplares únicamente en estado fresco, utilizando pinzas, aguja de disección, con empleo de microscopio estereoscópico y/o lupa siempre que fue necesario. Los caracteres morfométricos fueron medidos utilizando un calibre digital con 0,05 mm de precisión.

De cada ejemplar se guardó en alcohol 70° un trozo de músculo de la región dorsal, flanco izquierdo, con la finalidad de realizar análisis comparativos que arrojen luz sobre su identidad específica. Para esto, los ejemplares N° 1 al 6 fueron comparados con ejemplares de *Mugil curema* de Galveston Bay (USA; N = 3) y *Mugil cephalus* de la costa mediterránea de España, (41°50'N, 3°8'E; N = 10), donde su validez específica no se encuentra bajo discusión. Dichas muestras se encuentran depositadas en la colección de tejidos del Laboratorio de Ictiología Genética de la Universidad de Girona

(LIG), con quien como ya se aclarara en el Capítulo III, se trabaja en conjunción desde el año 2003.

#### ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

De igual manera los análisis morfométricos se realizaron utilizando la misma metodología que la expuesta en el tercer Capítulo, la cual se basa en la obtención de distancias entre puntos homólogos, eliminación de los efectos talla y alométricos mediante la técnica de Leonart *et al.* (2000) y por último la realización de un Análisis de Componentes Principales. El Xo de referencia al cual todos los individuos fueron reducidos o amplificados fue: Xo = 210 mm. Los ejemplares N° 1 al 10 de *Mugil curema* fueron comparados con ejemplares de *Mugil cephalus* colectados en la costa Mediterránea de España, dado que como se explicó en el primer Capítulo, esta especie es considerada la especie Tipo del Género.

#### ANÁLISIS GENÉTICOS

La metodología empleada para la extracción, amplificación, secuenciación y análisis filogenéticos es la misma que se utilizó en el Capítulo III de la presente Tesis, por lo tanto no se vuelve a describir aquí. Para este trabajo se secuenciaron dos genes mitocondriales en total: el citocromo b (cyt b) (utilizado también en el Tercer Capítulo) y la subunidad 12S del RNA ribosomal (12S RNA). Los *primers* aquí utilizados fueron: L1091 (Palumbi *et al.*, 1991; 5'- CAA ACT GGG ATT AGA TAC CCC ACT AT -3') y H1478 (Kocher *et al.*, 1989; 5'- TGA CTG CAG AGG GTG ACG GGC GGT GTG T -3') para las amplificaciones del 12S rRNA y L14850-CYB (Miya & Nishida, 1999; 5'- GCC TGA TGA AAC TTT GGC TC -3') y H15560-CYB (Miya & Nishida, 1999; 5'- TAG GCA AAT AGG AAG TAT CA -3') para el cyt b.

Tabla VI.2. Datos morfométricos y merísticos de los ejemplares de *Mugil curema* capturados en la laguna costera Mar Chiquita.

Caracteres morfométricos (mm)	Especímenes															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Longitud total	260	258	274	277	274	276	311	285	279	309	284	297	307	302	295	275
Longitud estándar	212	205	215	212	212	220	249	227	227	246	226	237	245	243	235	221
Longitud de cabeza	52	51	52	52	53	53	57,7	53	51,4	58,3	54,1	56,7	58,2	57,2	53,8	53,5
Hocico	14	13	13	13	14	14,6	4,4	13,3	13	14,8	13,8	14,7	14,8	15,4	13,5	14,1
Díametro del ojo	13	14	14,4	15	16	14	16,5	14,7	15,2	16,5	14,9	16,2	16,3	16,1	16	14,5
Longitud pectoral	37	38,5	39	38	42	41,5	44,4	41,4	37,9	43,8	40,1	42,7	42	43,2	41,5	40,7
Longitud escama axilar	16	14	8,5	14	14,5	17	17,4	10,3	15,1	12,8	15,4	15,3	15,9	17,1	16,8	16
Distancia pre pectoral	54	51	56	53,5	55	55	60,7	53,8	53,7	60,8	57	59,3	60,2	59,9	57,6	57,2
Distancia pre Dorsal	104	100	106	105	109	111	119	109	106	116	112	116	118	118	112	106
Peso	-	-	201	200	-	-	306	244	240	329	194	242	271	271	234	182
<b>Caracteres merísticos</b>																
Escamas serie lateral	37	36	38	38	38	38	38	37	38	38	38	38	39	38	38	38
Escamas serie transversal	13	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	-	12
Radios de la aleta Anal	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9	III- 9
Radios de la aleta Dorsal 1°	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Radios de la aleta Dorsal 2°	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8	i- 8

## Resultados

Los conteos merísticos así como también las medidas clásicas tomadas se adecuan a las descripciones previas realizadas para la especie en Menezes (1983), Cervigón *et al.* (1993), Thomson (1997) y Harrison (2002). Los especímenes en estado fresco presentaron una coloración gris oscura dorsalmente, gris plateada en los flancos y blanca en el vientre. Todas las aletas fueron grisáceas excepto la aleta pélvica que fue blanca y la caudal y dorsal segunda que fueron grises con reborde negro. Presentaron además un punto de color gris azulado en la base de la aleta pectoral, y una mancha amarilla- anaranjada sobre la base del opérculo (Figura VI.2).

### VARIACIÓN MORFOLÓGICA

El ACP de la matriz de correlación, generado por procedimiento de normalización, produjo tres autovalores mayores a uno. Las dos primeras Componentes Principales explicaron más del 65 % de la varianza total de los datos (Tabla VI.3).

Tabla VI.3. Autovalores, porcentaje de varianza total y acumulada, y correlación variables- componente utilizando los tres primeros Componentes Principales. CP mayores que 0,7 en negrita.

	CP1	CP2	CP3
Autovalor	10,97	2,43	1,67
% varianza Total	53	14	8
% varianza acumulada	53	67	75
<b>Variables</b>			
1-2	-0,04	<b>0,73</b>	-0,06
1-3	0,39	0,48	0,15
1-4	-0,17	<b>0,87</b>	-0,3
2-3	0,64	0,32	0,02
3-4	0,64	0,59	-0,26
3-5	0,34	0,59	0,2
3-6	<b>0,86</b>	0,05	0,14
4-5	<b>0,92</b>	-0,11	-0,06
5-6	<b>0,83</b>	-0,25	0,03
5-7	0,47	0,2	<b>0,76</b>
5-8	<b>0,9</b>	-0,21	0,14
6-7	<b>0,86</b>	0,09	-0,01
7-8	<b>0,98</b>	-0,14	-0,06
7-9	<b>0,91</b>	-0,05	-0,13
7-10	<b>0,94</b>	-0,02	-0,13
8-9	<b>0,86</b>	0,08	-0,05
9-10	<b>0,87</b>	0,05	-0,05
9-11	-0,22	0,09	<b>0,88</b>
9-12	<b>0,78</b>	-0,1	0,14
12-11	<b>0,86</b>	-0,39	-0,14

*Mugil cephalus* estuvo ubicado fundamentalmente sobre el segundo y tercer cuadrante, mostrando bajos valores para las variables que constituyen el tercero, cuarto y quinto Box Truss (Figuras VI.2 y VI.3), con excepción de las variables 5-7 y 9-11. *Mugil curema* estuvo ubicada en el cuarto cuadrante (solo dos especímenes en el primero) (Figura VI.3). Presentó altos valores en las variables 4-5, 5-6, 5-8, 6-7, 7-8, 7-9, 7-10, 8-9, 9-10, 9-12, 12-11, y también 3-4 y 2-3 para los individuos localizados en el primer cuadrante.

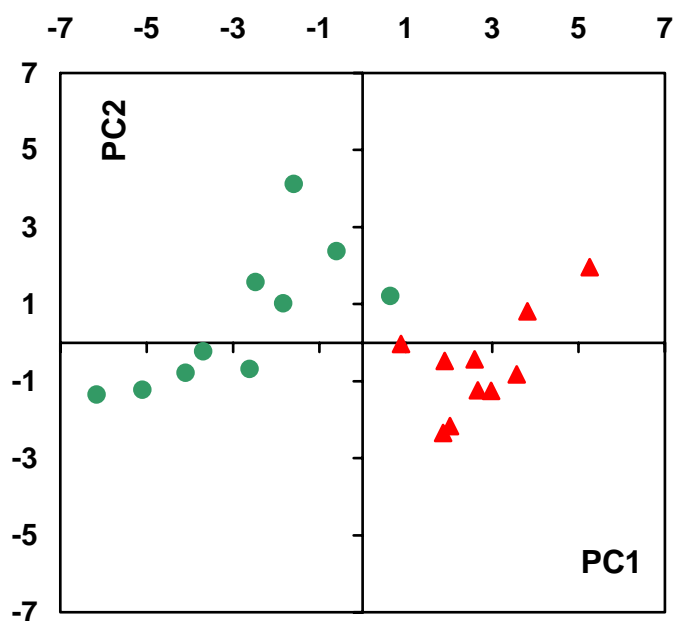


Figura VI.3. Análisis de Componentes Principales basado en distancias entre puntos homólogos. Los individuos están proyectados en el plano formado por las dos primeras componentes Principales. (Triángulos: *M. curema*; círculos: *M. cephalus*).

#### ANÁLISIS DE SECUENCIAS Y DIVERSIDAD GENÉTICA.

Los alineamientos múltiples de las secuencias del 12S rRNA (409 bp) y cytb (702 bp) resultaron en 5 (GenBank accession nos. DQ225769, DQ225770, DQ225771, DQ225772, DQ225773), y 6 (GenBank accession nos. DQ225774, DQ225775, DQ225776, DQ225777, DQ225778, DQ225779) haplotipos respectivamente (Tabla VI.4), con uno de ellos (“MCUR) compartido entre ejemplares de ambas localidades (Mar Chiquita y EEUU). Se detectó saturación para la tercera posición del cyt b, por lo tanto sólo se utilizó la primera y segunda posición.

## DIVERGENCIA DE ESPECÍMENES

Una matriz de distancias de Tamura- Nei entre pares de secuencias (Tabla VI.5) fue generada para cada *set* de datos. Para *M. curema*, los valores de distancias de 12S RNA variaron entre  $0,0647 \pm 0,0132$  y  $0,0025 \pm 0,0025$ . El valor más bajo es el mismo encontrado para los haplotipos de *M. cephalus*. Los mayores valores de distancias fueron establecidos entre *M. curema* y *M. cephalus*, con rangos entre  $0,1541 \pm 0,0220$  a  $0,1132 \pm 0,0181$ . Para el cyt b, se hallaron distancias de  $0,0219 \pm 0,0070$  entre los haplotipos de *M. curema* y  $0,0108 \pm 0,0048$  entre los de *M. cephalus*. Más aún, las distancias entre *M. curema* y *M. cephalus* oscilaron entre  $0,0559 \pm 0,0114$  a  $0,0465 \pm 0,0103$ .

Los árboles NJ, ML y MP mostraron idénticas topologías para ambos marcadores moleculares (Figura VI.4). Todos los análisis separaron claramente los haplotipos de *M. curema* de aquellos de *M. cephalus*, con valores de 100 de bootstrap.

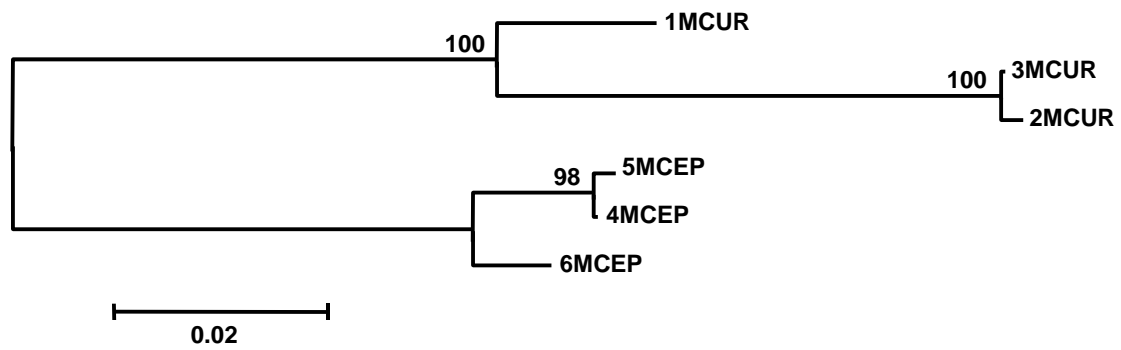
Tabla VI.4. Ubicación de los sitios de colecta, tamaño muestral y diversidad haplotípica de las secuencias de 12S rRNA y citocromo b (cytb) de *M. curema* y *M. cephalus*.

		Haplotipos											
		12S rRNA					Cyt b						
Especie	Localidad	N	1MCUR	2MCUR	3MCUR	4MCEP	5MCEP	1MCUR	2MCUR	3MCUR	4MCEP	5MCEP	6MCEP
<i>Mugil curema</i>	Galveston Bay	4	3	1				3	1				
	Laguna de Mar Chiquita	6		4	2				1	5			
<i>Mugil cephalus</i>	Mediterráneo	4				1	3				1	2	1

Tabla VI.5. Matriz de distancias entre pares de secuencias para 12S rRNA y cytochrome b (cytb). En la matriz inferior izquierda se reportan las calculadas entre los haplotipos estudiados según el modelo de Tamura- Nei. En la matriz superior derecha se reporta el Desvío Estándar.

12S rRNA	1MCUR	2MCUR	3MCUR	4MCEP	5MCEP	6MCEP	Cyt b	1MCUR	2MCUR	3MCEP	4MCEP
1MCUR		0,0129	0,0132	0,0181	0,0184	0,0181	1MCUR		0,0070	0,0114	0,0114
2MCUR	0,0620		0,0025	0,0217	0,0220	0,0209	2MCUR	0,0219		0,0103	0,0103
3MCUR	0,0647	0,0025		0,0214	0,0217	0,0206	3MCEP	0,0558	0,0465		0,0048
4MCEP	0,1135	0,1508	0,1476		0,0025	0,0071	4MCEP	0,0559	0,0465	0,0108	
5MCEP	0,1165	0,1541	0,1508	0,0025		0,0071					
6MCEP	0,1132	0,1438	0,1407	0,0200	0,0200						

**A**



**B**

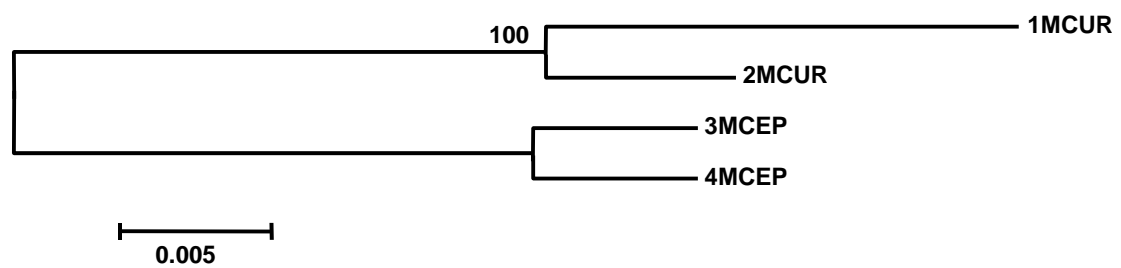


Figura VI.4. Árboles de Neighbour- joining basados en las distancias de Tamura- Nei. (A: 12S RNA; B: Cyt b). Los números arriba de los nodos indican el valor de bootstrap. Códigos de haplotipos igual que en la Tabla VI.4.

## **Discusión**

*Mugil curema* comúnmente habita aguas costeras y también penetra en regiones estuarinas donde se alimenta y crece (Menezes, 1983; García *et al.*, 2001; Harrison, 2002). Los adultos de *M. curema* migran hacia el mar para reproducirse (Cervigón *et al.*, 1993). La capacidad de adaptación a un amplio rango de salinidad permite a esta especie penetrar en lagunas de aguas salobre y dulce.

La presencia ocasional de peces de origen tropical o subtropical para aguas argentinas ha sido bien documentada en la literatura (Díaz de Astarloa & Figueroa, 1995; Figueroa *et al.*, 2000). Estas ocurrencias esporádicas han sido atribuidas a la incursión de aguas neríticas sobre la Plataforma Continental Argentina (Díaz de Astarloa & Figueroa, 1995).

Al parecer, esta ocurrencia interpretada en el año 2003 como ocasional, ha comenzado a sugerir un cierto patrón de regularidad, ya que como se demostró han ocurrido apariciones entre los meses de Abril- Mayo para los años 2005 y 2006 (debe tenerse en cuenta que durante el 2004 los muestreos para esa época fueron fallidos debido a impedimentos logísticos y climatológicos). Por ende, no debería descartarse la posibilidad que estos peces sean parte de una población permanente en vías de colonización de nuevos hábitats más al sur que los previamente reportados. Además se debería constatar si el carácter de la presencia de los citados taxones es ocasional o permanente, y de ser así que fenómenos podrían estar involucrados en estos procesos

Los datos morfométricos y genéticos revelaron la clara existencia de dos grupos. La morfología de ambas especies revela la importancia de la forma del cuerpo para su diferenciación. Variables que representan la altura a diferentes niveles del eje longitudinal del cuerpo, como 5–6, 7–8, 9–10 y 12–11 (ver Figura III.2 en Capítulo III), muestran que *Mugil curema* posee segmentos medios y caudales del cuerpo más robustos en una vista lateral. Las variables 1-2 y 1-4 (que representan la cabeza) fueron importantes para la separación entre grupos, al igual que lo indica Ibáñez Aguirre & Leonart (1996) para estas especies, en un trabajo basado en morfometría clásica que muestra diferencias entre ambas en la cabeza (más corta en *M. curema*) y aleta anal. La variable 7-9, que representa el largo de la base de la aleta anal, presentó mayores valores para *Mugil curema*. Esto refleja el hecho que esta especie posea 9 radios blandos en la aleta anal, en comparación con los 8 radios que posee *M. cephalus* (Thomson, 1997).

Con respecto a los datos moleculares, las distancias promedio entre *M. curema* y *M. cephalus* son  $0,1368 \pm 0,0185$  para el 12S rRNA y  $0,0512 \pm 0,0099$  para cyt b. son de alrededor del doble de las distancias dentro de cada especie, indicando su diferenciación.

Los haplotipos compartidos del 12S rRNA (2MCUR) y cyt b (2 MCUR) muestran información crucial (Figura VI.4) ya que indican la proximidad molecular entre individuos de *M. curema* de Argentina y EEUU, indicando que esta especie no sigue un patrón geográfico como se esperaría. De la misma manera, los análisis filogenéticos corroboran que los especímenes morfológicamente identificados como *M. curema* para la laguna costera Mar Chiquita forman parte del linaje de dicha especie.

Recientemente, Nirchio & Cipriano (2005) demostraron la existencia de diferencias citogenéticas significativas entre muestras de *Mugil curema* venezolanas y brasileñas, las cuales serían de carácter específico según dicho autor. Más aún, en comunicación personal el Dr. Nirchio me ha manifestado que bajo el actual taxón *Mugil curema* se encontrarían en forma críptica tres citotipos conspicuos, de los cuales el citotipo 1 correspondería a *Mugil curema*, el citotipo 2 a *Mugil* sp1 y el citotipo 3 a una nueva especie del Género aún no descripta (sp2). El citotipo 2 sería *Mugil gaidmardianus* Desmarest, 1831, especie actualmente invalidada por la Comisión de Nomenclatura zoológica. Por lo tanto, se evidencia la posibilidad de que existan otras especies además de las ya descriptas para la Familia Mugilidae en aguas argentinas, lo cual amerita un relevamiento de las especies involucradas bajo el nombre *Mugil curema*. Además se debe constatar si el carácter de la presencia de los citados taxones es ocasional o permanente, y de ser así que fenómenos podrían estar involucrados en estos procesos.

Análisis cariotípicos que he realizado a dos individuos recientemente capturados vivos, de la “supuesta” *Mugil curema*, indicarían que estos dos individuos corresponderían al citotipo 3, aún sin designación específica. Es evidente que esta investigación recién comienza...

## **Conclusiones**

- Los análisis multidisciplinarios son importantes para la realización de estudios pertinentes al establecimiento de límites específicos.
- *Mugil curema* es una especie que presenta ocurrencia para aguas argentinas. El carácter de su presencia (ocasional, permanente) debería estudiarse en el futuro.
- No existen haplotipos compartidos entre los ejemplares de *Mugil curema* y *Mugil cephalus* analizados, lo cual indica la ausencia de flujo génico.
- Se presentaron, para ambos genes analizados, haplotipos compartidos de *Mugil curema* de Mar Chiquita y EEUU, indicando la ausencia de barreras geográficas para esta especie y confirmando positivamente la determinación realizada para la citada laguna.
- Los análisis morfométricos basados en landmarks indican la altura del cuerpo, la forma de la cabeza y la longitud de la base de la aleta anal son características morfométricas importantes para la diferenciación entre *M. curema* y *M. cephalus*.
- Las secuencias de los genes mitocondriales 12S rRNA y cyt b muestran una clara separación entre ambas especies, las cuales se agrupan en clusters con valores de bootstrap de 100 %.
- El actual taxón encuadrado bajo el nombre de *Mugil curema*, probablemente represente un complejo de especies crípticas que debe estudiarse detalladamente mediante un enfoque multidisciplinario.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aubone, Aníbal. 1993. La forma de los animales y su cambio con el crecimiento. Notas de Divulgación INIDEP: 9 pp.
- Aubone, A. & Wöhler, O. C. 2000. Aplicación del método de Máxima Verosimilitud a la estimación de parámetros y comparación de curvas de crecimiento de von Bertalanffy. INIDEP Informe Tecnico 37, 21pp.
- Bookstein, F. L., Chernoff, R. L., Elder, J. M., Humpries, Jr., Smith, G. R. & Strauss, R. E. 1985. Morphometrics in evolutionary biology: The geometry of size and shape change, with examples from fishes. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Special Publication 15.
- Bértola, G.R. & Martín Morosi. 1997. Caracterización textural de depósitos de ambientes de marea de la Bahía Samborombón (Buenos Aires, Argentina) . Revista Asociación Argentina de Sedimentología. Vol. 4. (1): 1-13.
- Boschi, E. E. 1988. El ecosistema estuarial del Río de la Plata (Argentina y Uruguay). An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 15 (2): 159-182.
- Burnaby, T. P. 1966. Growth-invariant discriminant functions and generalized distances. Biometrics. 22: 96–107.
- Caldara, F., Bargelloni, L., Ostellari, L., Penzo, E., Colombo, L., & Patarnello, T. (1996) Molecular phylogeny of Grey mullets based on mitochondrial DNA sequence analysis: evidence of a differential rate of evolution at the intrafamily level. Molecular Phylogenetics and Evolution, Vol. 6, N°3, December, pp 416-424.
- Carvalho Filho, A. 1999. Peixes Costa Brasileira. 3ra Edição. Merlo Editora, San Pablo, Brasil: 320p., 347 ilust., 300 fotos.
- Cavalcanti, M. J., Monteiro, L. R. & Duarte Lopes, P. R. 1999. Landmark based morphometric analysis in selected species of serranid fishes (Perciformes: Teleostei). *Zoological Studies* **38** (3): 287-294.
- Cerrato, R. M. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47, 1416-1426.

- Cervigón, F. 1980. Ictiobiología Marina, Vol. 1. Editorial Arte. Caracas, Venezuela. 358 pp.
- Cervigón, F. 1993. Los peces marinos de Venezuela. Volumen II. Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela: 497 pp.
- Chang, C. W., Tzeng, W. N. & Lee, Y. C. 2000. Recruitment and hatching date of grey mullet (*Mugil cephalus* L.) juveniles in the Tanshui Estuary of Northwest Taiwan. *Zool. Stud.* 39 (2): 99- 106.
- Christiansen, H. E. 1971. La reproducción de la merluza en el Mar Argentino (Merluccidae, *Merluccius merluccius hubbsi*). 1. Descripción histológica del ciclo del ovario de merluza. *Boletín del Instituto de Biología Marina*, N° 20: 4-42.
- Christiansen, H. E. & Cousseau, M. B. 1971. La reproducción de la merluza en el Mar Argentino (Merluccidae, *Merluccius merluccius hubbsi*). 2. La reproducción de la merluza y su relación con otros aspectos biológicos de la especie. *Boletín del Instituto de Biología Marina*, N° 20: 43- 74.
- Corti, M. & Crosetti, D. 1996. Geographic variation in the grey mullet: a geometric morphometric analysis using partial warp scores. *Journal of Fish Biology* 48: 255-269.
- Cousseau, M. B., González Castro, M., Figueroa, D. E., & Gosztony, A. E. 2005. Does *Mugil liza* Valenciennes 1836 (Teleostei: Mugiliformes) occur in Argentinean waters? *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40(2): 133 – 140.
- Crosetti D., Nelson W. S. & Avise, J. C. 1994. Pronounced genetic structure of mitochondrial DNA among populations of the circumglobally distributed grey mullet (*Mugil cephalus*). *Journal of Fish Biology* 44: 47-58.
- Da Silva, R. M. P. & Esper, M. L. P. 1991. Observações sobre o desenvolvimento citomorfológico dos ovarios de tainha *Mugil platanus* (Günther) da Baía de Paranaguá (Brasil). *Acta Biol. Par.*, Curitiba, 20 (1, 2, 3, 4): 15- 39.
- Díaz de Astarloa, J. M. & Figueroa, D. E. 1995. – Scrawled cowfish, *Acanthostracion quadricornis* (Tetraodontiformes: Ostraciidae), collected from Argentine waters. *Jpn. J. Ichthyol.*, 41: 466-468.
- Edeyer, A., de Pontual, H., Payan, P., Troadec, H., Se've're, A. & Mayer-Gostan, N. (2000). Daily variations of the saccular endolymph and plasma compositions in

- the turbot *Psetta maxima*: relationship with the diurnal rhythm in otolith formation. *Marine Ecology Progress Series* **192**, 287–294.
- Eiras- Stofella, D. R., Charvet- Almeida, P., Fanta, E. & Casagrande Vianna, A. C. 2001. Surface ultrastructure of the gills of the mullets *Mugil curema*, *M. liza* and *M. platanus* (Mugilidae, Pisces). *Journal of Morphology*, 247: 122- 133.
- Elías, Inés. 1998. Alternativas de explotación pesquera en áreas costeras norpatagónicas ecológicamente sensibles. Tesis Doctoral. 118 pp.
- Eschmeyer, W. N., E. S. Herald, and H. Hamann. 1983. A field guide to Pacific Coast fishes of North America. Peterson Field Guide Series. Houghton Mifflin Co., Boston, MA.
- Esper, M. L. P., de Menezes, M. S. & Esper, W. 2000. Escala de desenvolvimento gonadal e tamanho de primeira maduração de femeas de *Mugil platanus* Günther, 1880 da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Acta Biol. Par.*, Curitiba, 29 (1, 2, 3, 4): 255-263.
- Esper, M. L. P., de Menezes, M. S. & Esper, W. 2001. Época reprodutiva de *Mugil platanus* (Günther, 1880), Pisces Mugilidae da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). *Acta Biol. Par.*, Curitiba, 30 (1, 2, 3, 4): 5-17.
- Etnier, D. A., and W. C. Starnes. 1993. The fishes of Tennessee. University of Tennessee Press, Knoxville, TN.
- Fasano, J. L. 1980. Geohidrología de la Laguna Mar Chiquita y alrededores, provincia de Buenos Aires. Proc Simposio Problemas Geológicos del Litoral Atlántico Bonaerense. Mar del Plata. 59-71.
- Felsenstein, J., 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39, 783-791.
- Figuerola, D. E., Díaz de Astarloa, J. M. & COUSSEAU, M. B. 2000. - Southernmost occurrence of the aguavina on the western Atlantic coast of Argentina. *J. Fish Biol.*, 56: 1280-1282.
- Fisher, R. A. 1921. On the mathematical foundations of theoretical statistics. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A* 122, 309–368.
- Fitch, W. M., 1971. Towards defining the course of evolution: Minimum change for a specific tree topology. *Sist. Zool.* 20, 406-416.

- Fonseca Neto, J. C. & Spach, H. L. 1998. Effect of environmental salinity on the apical surface of chloride cells of the euryhaline teleost, *Mugil platanus* (pisces, Mugilidae). *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, (85): 151-156.
- Fonseca Neto, J. C. & Spach, H. L. 1999. Morfologia e ultraestrutura de arcos branquiais de juvenis de *Mugil platanus* Günther (Pisces, Mugilidae). *Revta. Bras. Zool.* 16 (2): 489-500.
- Francis, R. I. C. C. 1988. The maximum likelihood estimation of growth and growth variability from tagging data. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 22 (1), 43-51.
- Galvao, M. S. N., Fenerich-Verani, N., Yamanka, N. & Rocha Oliveira, I. 1997. Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus* Günther 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. *B. Inst. Pesca.* 24 (único): 91-100.
- Gilbert, C.R. 1993. Geographic distribution of the striped mullet (*Mugil cephalus* Linnaeus) in the Atlantic and eastern Pacific Oceans, *Fl Scient* 56: 204-210.
- Godinho, H. M., Serralheiro, P. C. da S., & Scorvo Filho, J. D. 1988. Review and discussion of papers about the species of the genus *Mugil* (Teleostei, Perciformes, Mugilidae) of the Brazilian coast (Lat.3°S – 33°S). *B. Inst. Pesca, Sao Paulo*, 15 (1): 67-80.
- Greenwood., P. H., Rosen, D. E., Weitzman, S. H. & Myers, G. S. 1966. Phyletic Studies of Teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. *Bull. Am. Mus. Nat. hist.* 131: 339- 456.
- Hanazaki, Natalia. 2001. Ecologia de Caiçaras: uso de recursos e dieta. Tese Doutorado – Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. 193 f.
- Harrison, I. J. & Howes, G. J. 1991 The pharyngobranchial organ of mugilid fishes; its structure, variability, ontogeny, possible function and taxonomic utility. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)* 57 (2) 111-132.
- Harrison IJ. 1993. Comment on the proposed conservation of the specific names of *Mugil curema* and *M. liza* Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1836 (Osteichthyes, Perciformes). *Bulletin of Zoological Nomenclature* 50 (2): 144-147.
- Harrison, I. J. 2002. Mugilidae. In: Carpenter, K. eds. *FAO Species identification Guide for Fisheries purposes. The Living Marine Resources of the Western Central*

- Atlantic. Vol. 2. Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae), FAO. Rome, 1071-1085.
- Heras, S., González Castro, M. & Roldán M. I. 2006. *Mugil curema* in Argentinean waters: combined morphological and molecular approach. *Aquaculture* **261**: 473-478.
- Herberg A & Pasteur R. 1975. The identification of grey mullet species by disc electrophoresis. *Aquaculture*, 5: 99-106.
- Hotos, G. N., Avramidou, D. & Ondrias, I. 2000. Reproduction biology of *Liza aurata* (Risso, 1810), (Pises Mugilidae) in the lagoon of Klisova (Messolonghi, W. Greece). *Fisheries Research* 47: 57-67.
- Humphries, J. M., Bookstein, F.L., Chernoff, B., Smith, G. R., Elder, R L. & Poss, S. G: 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Sust. Zool.* 30, 291-308.
- Hunter, J. R. & B. J. Macewicz. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild Noerthern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.* 83: 119- 136.
- Hurt, C. & Philip Hedrick. 2004. Conservation genetics in aquatic species: General approaches and case studies in fishes and spring snails of arid lands. *Aquat. Sci.* 66, 402–413.
- Ibañez-Aguirre, A. L. 1993. Coexistence of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* in a coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Mar. Biol.* 42: 959- 961.
- Ibañez-Aguirre, A. L., Gallardo-Cabello, M., & Sánchez- Rueda, M. P. 1995. Estimación de la edad de la lisa *Mugil cephalus* y la lebrancha *M. curema* por métodos indirectos. *Hidrobiológica*, 5 (1-2): 105- 111.
- Ibañez-Aguirre, A. L., & Lleonart, J. 1996. Relative growth and comparative morphometrics of *Mugil cephalus* L. and *M. curema* V. in the Gulf of Mexico. *Sci. Mar.* 60, 361-368.
- Ibañez-Aguirre, A. L. & Gallardo-Cabello, M. 1996. Total and natural mortality of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae), in Tamiahua Lagoon, Veracruz. I. Selectivity. *Hidrobiológica*, 6 (1-2): 9- 16.
- Ibañez-Aguirre, A. L. & Gallardo-Cabello, M. 1996 **b**. Age determination of the grey mullet *Mugil cephalus* L. and the white mullet *Mugil curema* V. (Pisces: Mugilidae) in Tamiahua Lagoon, Veracruz. *Ciencias Marinas*; 22 (3): 329- 345.

- Ibañez Aguirre, A. L., Gallardo- Cabello, M. & Chiappa Carrara, J. 1999. Growth análisis of striped mullet *Mugil cephalus* and white mullet, *M. curema* (Pisces: Mugilidae), in the Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 97: 861- 872.
- Ibañez-Aguirre, A. L. & Gallardo-Cabello, M. 2004. Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces: Mugilidae) from a coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 75 (1): 37- 49.
- Iribarne, O. (editor). 2001. Reserva de Biosfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas. Editorial Martín. Mar del Plata, Argentina. 320 pp.
- Johns, G. P. & Avise, J. C. 1998. A comparative summary of genetic distances in the vertebrates from the mitochondrial cytochrome b gene. *Molecular Biology and Evolution* 15: 1481-1490.
- Keith, P., Le Bail, Y. & Planquette, P. 2000. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Tome 2, fascicule 1. Batrachoidiformes, Mugiliformes, Beloniformes, Cyprinodontiformes, Synbranchiformes, Perciformes, Tetraodontiformes. Patrimoines naturels (M.N.H.N./S.P.N.), 43 (1): 286 pp.
- Knowlton, N. 2000. Molecular genetic analyses of species boundaries in the sea. *Hydrobiologia* 420: 73–90.
- Kraïem, M. M., Ben Hamza, C., Ramdani, M., Fathi, A. A. Abdelzaher, H. M. A. & Flower, R.J.. 2001. Some observations on the age and growth of thin-lipped grey mullet, *Liza ramada* Risso, 1826 (Pisces, Mugilidae) in three North African wetland lakes: Merja Zerga (Morocco), Garâat Ichkeul (Tunisia) and Edku Lake (Egypt). *Aquatic Ecology* 35: 335–345.
- Kocher, T.D., Thomas, W. K., Meyer, A., Edwards, S.V., Paabo, S., Villablanca, F.X. & Wilson, A.C., 1989. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 86, 6196-6200.
- Kuo, C. M., Nash, C. E. & Shehadeh, Z. H. 1974. The effects of temperature and photoperiod on ovarian development in captive grey mullet (*Mugil cephalus* L). *Aquaculture*, 3: 25- 43.
- Kumar, S., Tamura, K., & Nei, M., 2004. MEGA3: Integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Brief. Bioinf.* 5, 150-163.

- Lee, C. S., Tamaru, C. S. & Kelley, C. D. 1988. The cost and effectiveness of CPH, HCG and LNRH-a on the induced spawning of grey Mollet, *Mugil cephalus*. *Aquaculture*, 73: 341- 347.
- Lee, C. S., Kelley, C. D & Tamaru, C. S. 1996. Hormonal induction of maturation in striped Mollet, *Mugil cephalus*. *Asian Fisheries Science*, 9: 9-20.
- Leviton, A. E., Gibbs R. H. Jr., Heal, E. & Dawson C .E. 1985. Standards in Herpetology and Ichthyology: Part I. Standard Symbolic Codes for Institutional Resource Collections in Herpetology and Ichthyology. *Copeia*, (3): 802-832.
- Lleonart, J., Salat, J. & Torres, G. J. 2000. Removing allometrics effects of body size in morphological analysis. *J. theor. Biol* 205, 85-93.
- López, H. L., Miquelarena, A. M. & Menni, R. C. 2003. Lista comentada de los peces continentales de la Argentina. ProBiotA. Serie Técnica y Didáctica N° 5. 85 pp. La pLata, Burnos Aires, Argentina.
- Lombarte, A. & Lleonart, J. 1993. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Envir. Biol. Fish*, 37: 297-306.
- Lowenstein, O. 1971. The labyrinth. *In* WS Hoar, DJ Randall, eds. *Fish physiology*. Vol. 5. New York: Academic Press, pp. 207-240.
- Macchi, G. J. 1992. Tesis Doctoral. "Estudios histológicos aplicados al ciclo reproductivo y a diagnósticos patológicos en la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*). Su vinculación a la biología pesquera y al análisis de las relaciones ecológicas de la especie".
- Macchi, G. J. & Christiansen, H. E. 1992. Estudio histológico del ciclo reproductivo en hembras de corvina rubia, *Micropogonias furnieri*. Análisis de la estructura madurativa en distintas localidades del área bonaerense. *Frente Marítimo* (Montevideo), 11: 47-56.
- McDonough, C. J., Roumillat, W. A. & Wenner, C. 2003. Fecundity and spawning season of striped mullet (*Mugil cephalus* L.) in South Carolina estuaries. *Fish. Bull.* 101: 822–834.
- McDonough, C. J., Roumillat, W. A. & Wenner, C. 2005. Sexual differentiation and gonad development in striped mullet (*Mugil cephalus*) from South Carolina estuaries. *Fish. Bull.* 103: 601-619.
- Marín E., B. J., Quintero, A., Bussiere, D. & Dodson, J. J. 2003. Reproduction and recruitment of white Mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita

- Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fish. Bull.* 101: 809-821.
- Martos, P. & Reta, R. 1997 Aspectos hidrográficos de la Región Estuarial de la Laguna de Mar Chiquita, Pcia. de Buenos Aires. II Congreso Argentino de Limnología. I Reunión Argentina sobre Sistemas Costeros Mixohalinos. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Buenos Aires, 18 al 24 de Septiembre de 1997.
- Mayer, I., Shackley, S. E. & Ryland, J. S. 1988. Aspects of the reproductive biology of the bass, *Dicentrarchus labrax* L. I. An histological and histochemical study of oocyte development. *Jour. Fish Biol.*, 33 (4): 609–622.
- Menezes, M. R., Martins, M., & Naik, S. 1992. Inerspecific genetic diveregence in grey mullets from the Goa region. *Aquaculture*, 105: 117-129.
- Menezes, Naercio Aquino. 1983. Guia práctico para conhecimento e identificação das tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral Brasileiro. *Revta. Bras. Zool.*, S. Paulo 2(1): 1-12.
- Menni, R. C., Ringuelet, R. A. & Aramburu, R. H. 1984. Peces marinos de la Argentina y Uruguay (Reseña histórica y clave de Familias, Géneros y especies). Catálogo crítico. Ed. Hemisferio Sur S.A. 359 pp. Buenos Aires, Argentina.
- Menni, R.C., Miquelarena, A.M. & Lopez, H. L. 1995. Pisces. In: Lopretto, E. & Tell, G. (Eds). Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo III: 1327 – 1352. Editorial Sur, La Plata, Argentina.
- Miya, M., Kawaguchi, A. & Nishida, M. 2001. Mitogenomic exploration of higher teleostean phylogenies: a case study for moderate-scale evolutionary genomics with 38 newly determined complete mitochondrial DNA sequences. *Mol. Biol. Evol.* 18, 1993-2009.
- Miya, M. & Nishida, M. 1999. Organization of the mitochondrial genome of a deep-sea fish, *Gonostoma gracile* (Teleostei: Stomiiformes): first example of transfer RNA gene rearrangements in bony fishes. *Mar. Biotechnol.* 1, 416-426.
- Monbrison, D., Tzchori, I., Holland, M. C., Zohar, Y., Yaron, Z. & Elizur, A. 1997. Acceleration of gonadal development and spawning induction in the mediterranean grey Mullet, *Mugil cephalus*: preliminary studies. *Bamidgeh*, 49 (4): 214-221.

- Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 322. Roma, FAO. 58 p.
- Mosimann, J. E. 1970. Size allometry: size and shape variables with characterizations of the lognormal and generalized gamma distributions. J. Am. Stat. Assoc. 65, 930-945.
- Mousa, M. A. & Mousa, S. A. 2000. Immunocytochemical studies of the gonadotropic cells in the pituitary gland of male mullet, *Mugil cephalus*, during the annual reproductive cycle in both natural habitat and captivity. J. Appl. Ichthyol. 16: 98- 103.
- Moyle, P. B. & Cech, J. J. Jr. 2000. fishes: an Introduction to Ichthyology, 3rd ed. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice- Hall. 559 pp.
- Nelson, J. S. (1984). Fishes of the world. 2d ed. John Wiley & Sons, New York. 523pp.
- Nelson, J. S. (1994). Fishes of the world. 3rd ed. John Wiley & Sons, New York. 600pp.
- Nelson, J. S. (2006). Fishes of the world. 4th ed. John Wiley & Sons, New York. 601pp.
- Nirchio, M., Cervigón, F., Porto, J. I. R., Pérez J. E., Gómez, J. A. & Villalaz J. 2003. Karyotype supporting *Mugil curema* Valenciennes, 1836 and *Mugil gaimardianus* Desmarest, 1831 (Mugilidae: Teleostei) as two valid nominal species. Sci. Mar., 67(1): 113-115.
- Nirchio, M. & R. Cipriano. 2005. Cytogenetical and morphological features reveal significant differences among Venezuelan and Brazilian samples of *Mugil curema* (Teleostei: Mugilidae). Neotropical Ichthyology, 3(1):107-110.
- O'Connor, W. P. 1991. A numerical model of tides and storm surges in the Río de la Plata estuary. Continental Shelf Research, 11 (2): 1491-1508.
- Parenti, L. R. 1993. Relationships of atherinomorph fishes (Teleostei). Bull. Marine Sci. 52: 170-196.
- Patiño, R. & C. V. Sullivan. 2002. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. Fish Physiology and Biochemistry 26: 57- 70.
- Perillo, G. M. E. 1995. Definition and geomorphologic classifications of estuaries. En: Perillo, G. M. E. (Ed.): Geomorphology and sedimentology of estuaries, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, 17-46.
- Piccolo, M. C. & Perillo, G. M. E. 1997. Geomorfología e hidrografía de estuarios. En: Boschi, E. E. (Ed.): El mar argentino y sus recursos pesqueros, 1: 133-161.

- Piola, A. R. & Rivas, A. L. 1997. Corrientes en la plataforma continental. 119- 132. En: E. Boschi (ed). El mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo I. INIDEP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Mar del Plata.
- Perillo, G. M. E. & Piccolo, M. C. 2004. ¿Qué es el estuario de Bahía Blanca? Revista Ciencia Hoy *en línea*. Vol. 14 - N° 81.
- Popper, A. N. & Lu, Z. 2000. Structure-function relationships in fish otolith organs. Fisheries Research 46 (2000):15–25.
- Poulin, E., Cárdenas, L., Hernández, C. E., Kornfield, I. & Ojeda F. P. 2004. Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian jack mackerels using mitochondrial DNA sequence. *Journal of Fish Biology* **65**: 1160-1164.
- Quignard, J. P. & Farrugio, H. 1981. Age and growth of grey mullet. In: O. H. Oren (ed.), Aquaculture of Grey Mulletts. Cambridge University Press, Cambridge, 507 pp.
- Reta, R., Martos, P., Ferrante, A., Perillo, G. M. E. & Piccolo, M. C. 1995. Efectos de mareas y viento sobre temperatura y salinidad en la laguna Mar Chiquita, Argentina. Anales del VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Mar del Plata.
- Reta, R., Martos, P., Perillo, G. M. E., Piccolo, M. C. & Ferrante, A. 2001. Características hidrográficas del estuario de la Laguna Mar Chiquita. En: Iribarne, O. (Ed). Reserva de Biosfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y Ringuelet RA, Aramburu RH, (1960). Peces marinos de la República Argentina y catálogo crítico abreviado. Agro, 2 (5): 1-141. Buenos Aires, Argentina.
- Richter, Hartmut. 1995. Age and growth of thick- lipped gery mullet *Chelon labrosus* (Risso 1826) (Pisces: Mugilidae) in Strangford Lough, CO Down. Ir. Nat. J. 25 (4) 134- 139.
- Ringuelet, R. A. & Aramburu, R. H. 1960. Peces marinos de la República Argentina y catálogo crítico abreviado. Agro 2: 1- 141.
- Ringuelet, R. A., Aramburu, R. H., & Aramburu, A. A. de. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. Comisión de Investigación Científica Prov. Bs. As. (CIC): 602 pp. La Plata, Argentina.
- Rivas, A. L. & Beier, E. J. 1990. Temperatura and salinity fields in the Northpatagonic Gulfs. Oceanológica Acta, 13: 15- 20.

- Roa, R., Ernst, B. & Tapia, F. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fish. Bull.* 97: 570- 580.
- Rocha Olivares, A., Garber, N. M. & Stuck, K. C. 2000. High genetic diversity, large inter-oceanic divergence and historical demography of the striped mullet. *Journal of Fish Biology* 57: 1134-1149.
- Rocha Olivares, A., Garber, N. M., Garber, A. F. & Stuck K. C. 2005. Structure of the mitochondrial control region and flanking tRNA genes of *Mugil cephalus*. *Hidrobiológica*, 15 (2 especial): 139- 149.
- Rocha Oliveira, I. & Soares, L. S. H. 1996. Alimentação da tainha *mugil platanus* Günther 1880 (Pisces, Mugilidae) da região estuarino-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *B. Inst. Pesca*, 23 (único): 95-104.
- Rohlf, F. James. 1990. Morphometrics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:299-316.
- Romagosa, E., Andrade-Talmelli, E. F., Narahara, M. Y. & Godinho, H. M. 2000. Desova e fecundidade da tainha *Mugil platanus* (Teleostei, Mugilidae) na região estuarino- lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil (25° 01' S; 47° 57' W). *Atlântica, Río Grande*. 22: 5-12.
- Rossi A. R., Capula, M., Crosetti, D., Sola, L. & Campton, D. E. 1998a. Allozyme variation in global populations of striped mullet, *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae). *Marine Biology* 131: 203–212.
- Rossi, A. R., Capula, M., Crosetti, D., Campton, D. E. & Sola, L. 1998b. Genetic divergence and phylogenetic inferences in five species of Mugilidae (Pisces: Perciformes). *Marine Biology*, 131: 213-218.
- Saborido, Fran. 2002. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso Doutorado do bienio 2002- 2004. Universidad de Vigo, España. 71pp.
- Saiki, R. K., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S. J., Higuchi, R., Horn, G. T., Mullis, K. B. & Erlich, H. A. 1988. Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239, 487-491.
- Saitou, N., Nei, M., 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4, 406-425.
- Salomón, R., Melo, S. & Winzer, N. 2004. MULTIVARIADO software. Departamento de Matemática, Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Sánchez, S., Marí, N., Lasta, C., & Giangioffe, A. 1991. Alimentación de la corvina

- rubia (*Micropogonias furnieri*) en la Bahía Samborombón. Fr. Mar. 8, Sec. A: 43-50.
- Sánchez Ramírez, C., Rueda M., & Santos-Martinez A. 1998. Dinámica poblacional y pesquería de la lisa, *Mugil incilis*, en la ciénaga grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 22 (85): 507-517.
- Sanger, F. 1981. Determination of Nucleotide Sequences in DNA. Science, 214: 1205-1210.
- Selman. K. & Wallace, R. A. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in Teleosts. Zoological Science 6: 211- 231.
- Sprent, P. 1972. The mathematics of size and shape. Biometrics 28, 23-27.
- Strauss, R. E. & Bookstein, F. L. 1982. The truss: Body form reconstruction in morphometrics. Syst. Zool. 131 (2): 113-135.
- Swofford, D. L., 2002. PAUP\* Phylogenetic analysis using parsimony (\*and other methods), Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Tamaru, C. S., Lee, C. S., Kelley, C. D., Miyamoto, G. & Moriwake, A. 1994. Oocyte growth in the striped Mullet *Mugil cephalus* L. maturing at different salinities. Journal of the world aquaculture Society. 25 (1): 109-115.
- Tamura, K. Nei, M. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. Molecular Biology and Evolution 10: 512-526.
- Taylor, C. C. 1959. Temperature and growth. The Pacific razor clam. Journal du Conseil, 25 (1): 177- 224.
- Taylor, C. C. 1960. Temperature, growth and mortality- The Pacific cockle. Journal du Conseil, 26 (1): 93- 101.
- Thomson, J. M, 1966. The grey mullets. Ann. Rev. Oceanogr. Mar. Biol. 4: 301-335.
- Thomson, J, M, 1997. The Mugilidae of the World. Memoirs of the Queensland Museum, 41 (3): 457-562. Brisbane. ISSN 0079-8835.
- Tyler, C. R. & Sumpter, J. P. Oocyte growth and development in teleosts. 1996. Rev. Fish Biol. Fish. 6: 287–318.
- Ünlü E., Balci K., & Meriç N. 2000. Aspects of the biology of *Liza abu* (Mugilidae) in the Tigris River (Turkey). *Cybium*, 24 (I): 27-43.
- Vazzoler, A. E. 1996. Biología da reprodução de peixes Teleósteos: teoria e prática. EDUEM; Sao Paulo; 169 pp.

- Vieira, J. P. 1991 Juvenile Mulletts (Pises: Mugilidae) in the Estuary of Lagoa dos Patos, RS, Brazil. *Copeia*, (2), 409- 418.
- Vieira, J. P. & Scalabrin, C. 1991. Migração reprodutiva da “tainha” (*Mugil platanus* Günther 1880) no sul do Brasil. *Atlântica*, Río Grande, 13 (1): 131-141.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). *Human Biology*, 10 (2): 181- 213.
- Wallace, R. A. & Selman, K. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist* 21: 325 – 343.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 41: 199- 222.
- Xia, X. & Xie, Z., 2001. DAMBE: Data analysis in molecular biology and evolution. *J. Heredity* 92, 371-373.