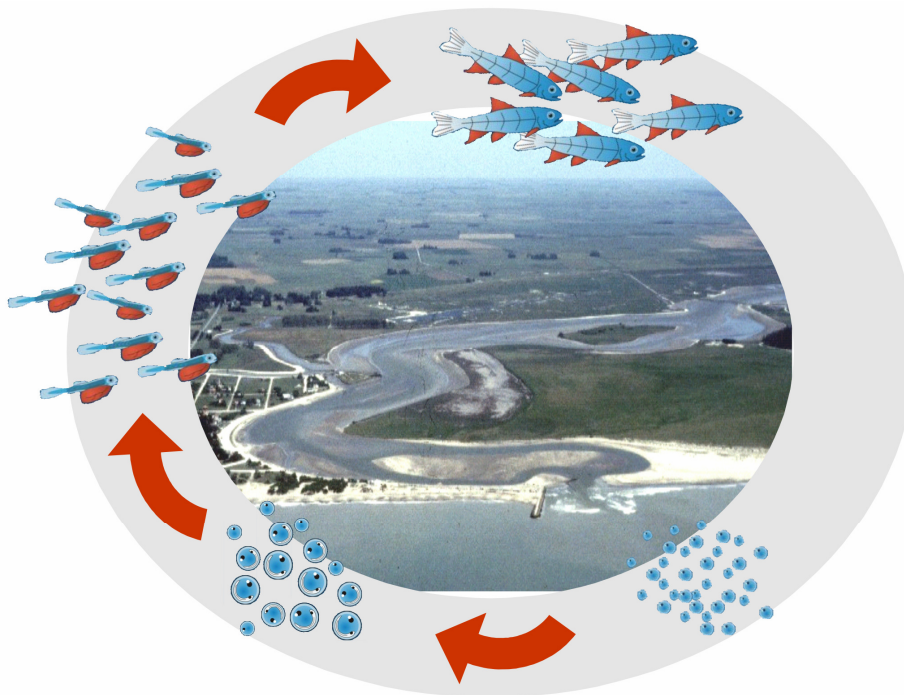


# Patrones de utilización de la laguna Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina) y área costera adyacente por parte de los primeros estadios ontogénicos de peces.



Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias, área Biología

Año: 2014

**Autor:** Lic. Daniel Osvaldo Bruno

**Director:** Dr. Eduardo Marcelo Acha

**Co-Director:** Dra. María Berta Cousseau

*Laboratorio de Biotaxonomía Morfológica y Molecular de Peces (BIMOPE)*

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata*

*Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), CONICET*



*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”*

**- Mahatma Gandhi -**



## *Agradecimientos*

En primer lugar quiero agradecer a mis directores Dr. Eduardo Marcelo Acha y Dra. María Berta Cousseau por darme la oportunidad de realizar esta tesis, por transmitirme sus conocimientos y por el voto de confianza al aceptar dirigirme durante esta etapa.

Al Dr. Juan Martín Díaz de Astarloa, director del grupo BIMOPE, por tenerme siempre presente en sus proyectos, campañas, etc.

A las autoridades que permitieron que esta tesis pudiera realizarse: CONICET, UNMdP, Escuela de postgrado de la FCEyN; y a aquellas que concedieron los permisos para realizar los muestreos: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Julio Mangiarotti (Guardaparque de Mar Chiquita), el plantel que conforma el Centro de Interpretación de la laguna Mar Chiquita y a la Policía de la delegación Mar Chiquita.

A los jurados, Dres. Tomas A. Luppi, Dario C. Colautti y Martín D. Ehrlich, por el tiempo dedicado a la corrección de esta tesis y sugerencias valiosas.

A la MS. Patricia Martos y al Lic. Raúl Reta por contestar desinteresadamente a todas mis preguntas relacionadas con la hidrografía y climatología de la laguna.

A la Lic. Ana T. Gómez del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) por proporcionar la información relevante a factores climáticos durante el periodo de estudio.

A Lore que fue la primera en darme ese gran empujón para que continuara estudiando y dedicándome a esto que es lo que más me gusta. Por su apoyo incondicional, paciencia y por todo.

A Male, que hace que con una sonrisita todo esfuerzo valga la pena.

A mi familia: Mony, Ale, Flopi, Fiore, Papá. Gracias por estar siempre presentes e interesarse en esto que hago, queriendo siempre ayudar en lo que puedan.

A mi nueva familia: Beti, Maris, Rodri, Cande, Luqui, y primos y tíos, siempre dispuestos a ayudar en lo que puedan y darme ánimo para finalizar con la tesis.

A mis amigos: Nacho, Enano, Indio, Noelia, Romina, Johanna, Gabriela M., Irina, Soledad B., Soledad L., Paula, Lucia, Florencia, Valeria, Agustin, Matias P., Chavecito, Pedro, Carlitos, Ariel N., gracias por todo y simplemente por ser amigos!

A los amigos del Lab.: Matias D., Gabriela B., Mariana, Gabriela D., Cecilia, Santiago, Lorena S., Juan, Ezequiel, Mariano. Gracias por todo lo cotidiano, los mates bien lavados, por hacer las tareas de campo y muestreo mucho más amenas.

A los pasantes del grupo BIMOPE: Sofia, Paula, Lourdes, Carlín, Nicolás, Damián, Samira y Brian por la ayuda en la colecta de muestras de Martucho.

Al Técnico Químico Daniel A. Cucchi-Colleoni por la ayuda en el procesamiento de las muestras de clorofila.

A los integrantes del grupo Ecología: Florencia, Esteban, Gachi, Diana, Eugenia y Martín. Por toda la ayuda durante el procesamiento de las muestras de isótopos.

Y finalmente, quiero agradecer a todos los que se tomaron uno o varios días para acompañarme a buscar esos bichos que según Uds. “*son tan chicos que no sirven ni para canapés*”: Matias D., Gabriela B., Juan Luca, Ariel Martínez, Lore, Ale, Pablo Lértora, Daniela Rodríguez-Golpe, Mariana, Federico Sala, María, Rodrigo, Alan, Mariana Addino, Fernada Álvarez, Santiago, Carlitos, Ezequiel, Jesús Nuñez y Nicolás Chiaradia. Si no fuera por su enorme ayuda hoy no contaría con resultados para finalizar esta tesis. Muchas gracias!!

## ÍNDICE

Resumen .....	1
Abstract .....	2
<i>Capítulo 1    Introducción general</i>	
1.1.      Ciclo de vida de los peces.....	3
1.2.      Rol de los estuarios en los ciclos de vida de los peces.....	6
<i>Capítulo 2    Área de estudio</i>	
2.1.      Características generales.....	11
2.1.1.   Zona marítima.....	12
2.1.2.   Zona de rompiente.....	14
2.1.3.   Canal de acceso de la laguna (Estuario).....	15
2.1.4.   Arroyo Vivoratá.....	17
2.2.      Características climatológicas.....	18
2.3.      Nutrientes.....	19
<i>Capítulo 3    Variaciones espaciales y temporales de larvas y juveniles de peces en el sistema de la laguna Mar Chiquita y variables relacionadas en su reclutamiento</i>	
3.1.      Introducción.....	23
3.2.      Materiales y métodos.....	26
3.3.      Resultados.....	33
3.4.      Discusión.....	63
3.5.      Conclusiones.....	81
<i>Capítulo 4    Dinámica de la composición de larvas y juveniles de peces en relación a las mareas de cuadraturas y sicigias</i>	
4.1.      Introducción.....	83
4.2.      Materiales y métodos.....	85
4.3.      Resultados.....	88
4.4.      Discusión.....	100
4.5.      Conclusiones.....	105

<i>Capítulo 5</i>	<i>Variación día/noche en la composición de los primeros estadios de vida de peces sobre la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita</i>	
5.1.	Introducción.....	107
5.2.	Materiales y métodos.....	111
5.3.	Resultados.....	114
5.4.	Discusión.....	126
5.5.	Conclusiones.....	132
<i>Capítulo 6</i>	<i>Análisis del origen del Carbono orgánico en la alimentación de larvas y juveniles de peces en el área costera adyacente a la boca de la laguna Mar Chiquita</i>	
6.1.	Introducción.....	135
6.2.	Materiales y métodos.....	138
6.3.	Resultados.....	142
6.4.	Discusión.....	148
6.5.	Conclusiones.....	155
<i>Capítulo 7</i>	<i>Discusión y conclusiones generales</i>	
7.1.	El viento como motor principal del reclutamiento.....	157
7.2.	¿Porqué reclutar a la laguna costera Mar Chiquita?.....	163
<i>Capítulo 8</i>	<i>Bibliografía general.....</i>	165
<i>Anexo</i>		
1.	Figuras.....	189
2.	Tablas.....	192

*Patrones de utilización de la laguna Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina) y área costera adyacente por parte de los primeros estadios ontogénicos de peces*

## RESUMEN

Se evaluó el rol de la laguna Mar Chiquita y su zona costera adyacente como área de cría de larvas y juveniles de peces y los factores que actúan en el proceso de reclutamiento. Para ello se analizó la composición y variación espacio-temporal de los primeros estadios de vida de los peces sobre el gradiente marítimo-estuarino de la laguna y su relación con variables ambientales; la variación nictemeral de dichos estadios en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna; y el origen del Carbono orgánico en la alimentación de los mismos sobre la desembocadura de la laguna y área costera adyacente, mediante la técnica de isótopos estables. La riqueza y densidad promedio de larvas fueron mayores en la zona marítima que en la laguna. Dentro de la laguna la especie dominante en estadio larval fue *Brevoortia aurea*, mientras que en la zona marítima *Gobiosoma parri* y la Familia Engraulidae fueron dominantes. La composición de estadios juveniles manifestó una variación temporal, siendo los primeros en colonizar la laguna *Platanichthys platana*, *Ramnogaster arcuata* y *Odontesthes argentinensis*. Aunque posiblemente las dos primeras especies estén representadas tanto por estadios juveniles como adultos. Los bajos valores de abundancia y diversidad sobre la zona de rompiente sugieren que es un ambiente utilizado solamente como ruta transitoria entre el mar y la laguna. Las mayores abundancias de ambos estadios estuvieron asociadas con vientos del sector marítimo, mientras que no se observó un claro patrón en relación a las mareas. Variaciones en la composición de peces entre periodos de luz y oscuridad fueron evidentes, con mayores abundancias durante las primeras horas de la noche, coincidiendo con la disminución del fenómeno de brisa marina. De acuerdo a las marcas isotópicas, la fuente principal de materia orgánica que sustenta a larvas y juveniles de peces fuera de la laguna es el macro-detrito derivado de plantas terrestres y de marismas presentes en la laguna. Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  similares entre larvas y juveniles sugieren que ambos estadios comparten el recurso. Finalmente, se propone un esquema conceptual del reclutamiento a la laguna mediado por las variables ambientales que regulan la entrada y salida de agua y también se discute sobre el rol de las pequeñas lagunas en las historias de vida de los peces costeros.

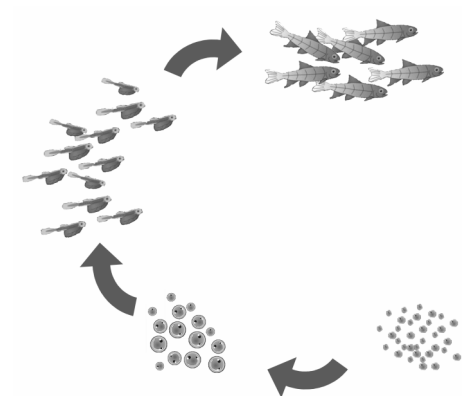
*Patterns of use of the Mar Chiquita lagoon (Buenos Aires, Argentina) and adjacent coastal area by fish early life stages*

**ABSTRACT**

We evaluated the role of the Mar Chiquita lagoon and its adjacent coastal area as nursery ground for fish larvae and juveniles and the factors which regulate their recruitment process. To do so, we analyzed the fish early life stages composition and spatio-temporal variation over the marine-estuarine gradient of the lagoon and its relationship with environmental factors; the diel variation of these stages in the immediate area at the mouth of the lagoon; and the source of the organic carbon which feed them on the mouth of the lagoon and adjacent coastal area, by using stable isotope analysis. The richness and mean density of larvae were higher at the offshore area than at the lagoon. Inside the lagoon the dominant species in larval stage was *Brevoortia aurea*, while in the offshore zone *Gobiosoma parri* and the Engraulidae Family were dominant. The composition of juvenile stages showed a temporal variation, being *Platanichthys platana*, *Ramnogaster arcuata* and *Odontesthes argentinensis* the first to colonize the lagoon. Although possibly the first two species are represented by both juveniles and adults stages. The low values of abundance and diversity collected at the surf zone suggest that this environment is only used as a transient route between the sea and the lagoon. The highest abundances of both stages were associated with onshore winds, whilst there was no clear pattern in relation to tides. Variations in the composition of fish between light and dark periods were evident, with higher abundances during the first hours of the night, coinciding with the decline of the sea-breeze phenomenon. According to isotopic labels, the main source of organic matter that supports larval and juvenile fish outside the lagoon is the macro-detritus derived from terrestrial and marsh plants present in the lagoon. Similar  $\delta^{15}\text{N}$  values between larval and juvenile fishes suggest that both stages share the resource of food. Finally, we propose a conceptual framework to the lagoon recruitment mediated by environmental factors which rule the entry and exit of water and also discussed the role of small lagoons in the life histories of coastal fishes.

# *Capítulo 1*

## *Introducción general*

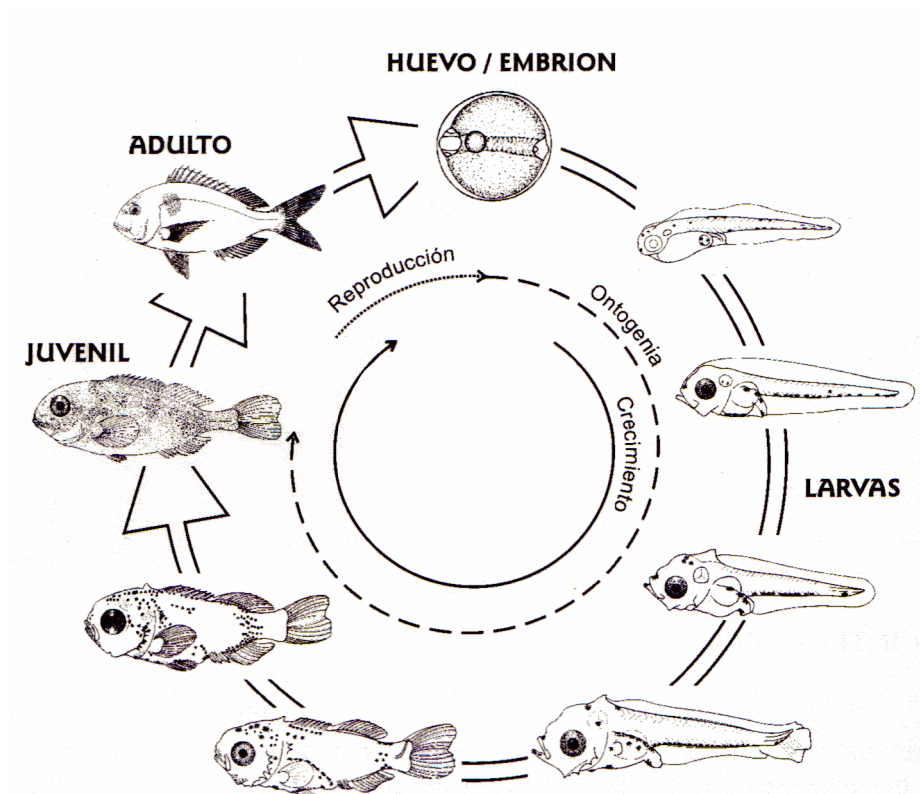




## 1.1. Ciclo de vida de los peces

La historia de vida de los peces teleósteos puede dividirse en cinco periodos primarios: embrión (alimentación endógena), larva, juvenil, adulto y senescente (Fig. 1.1). La gran mayoría de las especies marinas, independientemente de si ocupan hábitats pelágicos o demersales cuando adultos, tienen una etapa larval pelágica (Leis, 2010). Durante esta etapa larval pelágica, que puede durar días o meses, varios procesos importantes se llevan a cabo. En primer lugar, las larvas crecen, aumentando considerablemente en tamaño y peso (Houde, 1989). Gradualmente, se van desarrollando muchas de las características de importancia ecológica, incluyendo las aletas, órganos de los sentidos, el esqueleto, y la pigmentación externa (Fuiman, 2002). La adquisición de estas características genera cambios comportamentales importantes como la alimentación exógena y la natación más activa, que permiten a las larvas de peces moverse en el espacio para interactuar con los componentes bióticos y abióticos del medio ambiente (Fuiman, 2002). Asimismo, al menos en algunas especies, la mayor parte de la dispersión se lleva a cabo durante la etapa larval pelágica, estableciendo así la escala espacial de la estructura poblacional y la conectividad (Leis, 2010) y también permitiendo la mezcla del pool génico (Fuiman, 2002). Sin embargo, estos estadios son mucho más vulnerables a la inanición, predación y perturbaciones ambientales en comparación con estadios adultos (Werner, 2002); debido al menor tamaño, incompleto estado de desarrollo y al hecho de que su tamaño, estructura y capacidades fisiológicas y de comportamiento están cambiando rápidamente en un intento por sobrevivir (Fuiman, 2002). De hecho, la tasa de mortalidad hasta el periodo juvenil usualmente excede el 95% (Houde, 2002). Por lo tanto, pequeños cambios en la supervivencia de los primeros estadios de vida, pueden ocasionar grandes cambios o fluctuaciones en el

tamaño de la población de adultos (Fuiman, 2002; Ehrlich, 2010). Este hecho es fundamental para la comprensión de la dinámica de poblaciones de peces (Ehrlich, 2010).



**Fig. 1.1.** Ciclo de vida generalizado de un pez utilizando el besugo *Pagrus pagrus* como ejemplo. Se muestran los periodos principales con sus correspondientes procesos intrínsecos dominantes. El esquema circular en el centro muestra que los cambios ontogénicos (línea entrecortada) comienzan con la fertilización del huevo y gradualmente disminuye hacia el periodo juvenil. El crecimiento (línea sólida) también comienza con la fertilización y disminuye hacia la adultez. La reproducción (línea punteada) comienza con la diferenciación de las gónadas y disminuye hacia la senescencia. Dibujo tomado de Ehrlich (2010).

Tomando en cuenta la clasificación de peces realizada por Balon (1975) en función de sus estrategias reproductivas y el desarrollo de las etapas tempranas, el presente estudio estará enfocado en estudiar al grupo de peces pelagófilos, con puestas libres de sustrato y sin cuidado parental. Este grupo está relacionado usualmente con el mar, aunque hay algunas excepciones de agua dulce, y se caracteriza por producir un

número muy grande de huevos relativamente pequeños, no adhesivos, planctónicos y con flotación neutra o positiva (Balon, 1975).

A modo de asegurar la supervivencia de las larvas, las zonas de puesta y cría de los peces deben presentar configuraciones físicas y biológicas particulares. Bakun & Parrish (1991) establecieron que las características recurrentes de estos escenarios son los mecanismos que tienden a producir: (i) la estabilidad de la columna de agua, (ii) el enriquecimiento de nutrientes, y (iii) la retención de estadios larvales dentro de un hábitat favorable. Asimismo, la capacidad de proveer refugio contra predadores potenciales ha sido señalada como otro requerimiento importante (Werner, 2002). Bajo este paradigma, es que se han estudiado a escala global las zonas de cría de peces, los patrones de utilización de las mismas y los procesos que regulan dichos patrones, debido a que una mejor comprensión de los hábitats que sirven como áreas de cría de especies marinas y de los factores que generan variabilidades específicas de la calidad del área, mejorará la conservación y gestión de las mismas (Beck *et al.*, 2001). Los resultados de estos estudios indican que las zonas de frentes marinos (Acha *et al.*, 2004), los sistemas estuariales (Boehlert & Mundy, 1988; Muelbert & Weiss, 1991; Acha *et al.*, 1999), los arrecifes coralinos (Nagelkerken *et al.*, 2000) y los bosques submarinos (Nagelkerken *et al.*, 2000; Nelson, 2001) son importantes zonas de cría de peces (e invertebrados) por reunir las condiciones antes mencionadas.

Dentro de estos cuatro sistemas, los dos primeros han sido quizás, los mejor estudiados.

## 1.2. Rol de los estuarios en los ciclos de vida de los peces

El uso de estuarios como área de cría es una importante fase de la historia de vida de muchos organismos marinos, incluidos los peces (Moehlert & Mundy, 1988; Neira & Potter, 1992; Whitfield, 1999; Beck *et al.*, 2001; Strydom, 2003; McLusky & Elliott, 2004). Los estuarios son cuerpos de agua costeros semicerrados que se extienden hasta el límite efectivo de la influencia de la marea, dentro de los cuales el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salino, es diluida significativamente con agua dulce derivada del drenaje terrestre (Perillo, 1995). Esta particularidad les confiere a los estuarios dos características en común: la severidad del ambiente químico y físico, pero también una alta concentración de nutrientes y su retención, debido a los procesos de mezcla (Moyle & Cech, 2004). Diversas estrategias en el uso de estuarios han sido observadas entre diferentes especies de peces. Aunque algunas especies son residentes en los estuarios durante todo su ciclo de vida (e.g., Familia Gobiidae), la regla general para los peces pelagófilos es que la puesta tiene lugar aguas afuera, lo que implica la migración de larvas y juveniles tempranos desde la plataforma continental hacia áreas costeras y estuarios (e.g., Balon, 1975; Norcross & Shaw, 1984; Koutsikopoulos & Lacroix, 1992), denominándose a esta estrategia reproductiva “especies marinas estuarino-oportunistas” (Lenanton & Potter, 1987; Blaber *et al.*, 1989) (Fig. 1.2). El régimen de vientos (Boehlert & Mundy, 1988; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2000), la dirección y velocidad de las corrientes (van der Veer *et al.*, 2000; Wilson *et al.*, 2008) y los flujos de marea (Boehlert & Mundy, 1988), entre otros factores, son clave para el éxito del reclutamiento al área de peces marinos. Como se mencionó anteriormente, la dispersión de larvas tiene varias ventajas (colonización de nuevos habitats, intercambio de genes y

minimización de la competencia intraespecífica), sin embargo hay riesgos evidentes en la dispersión hacia aguas estuarinas, una de las cuales es la alta variabilidad del esfuerzo en el reclutamiento. Este problema es mayor para aquellas especies marinas cuyos estadios planctónicos tienen una alta tasa de mortalidad (comúnmente entre 5 - 40% por día) (Bailey *et al.*, 2008; Martinho *et al.*, 2009).

Segun Boehlert & Mundy (1988), existen dos fases principales de movimiento necesarias para el reclutamiento a estuarios por aquellas especies que fueron producidas en el mar. La primera es la acumulación de larvas en zonas costeras y la segunda es el proceso de agrupamiento cerca de la boca de los estuarios y luego el eventual paso a través de ellos hacia zonas internas. Cada proceso involucra un conjunto de factores



**Fig. 1.2.** Estrategia reproductiva de peces marinos estuarino-oportunistas. Figura modificada de Whitfield (1999) y Elliot *et al.* (2007).

físicos a los cuales las larvas deben responder y por lo tanto un conjunto de comportamientos necesarios por parte de las larvas para poder alcanzar su ambiente óptimo. Hay evidencia de que existe una respuesta comportamental hacia factores físicos y sobre todo a aquellos factores de régimen cíclico, como ser ciclos de marea o ciclos nictemerales (Boehlert & Mundy, 1988; Trnski, 2001; Strydom & Wooldridge, 2005), donde se ha observado que la explotación de diferentes fases de estos ciclos puede favorecer el reclutamiento hacia los estuarios. A su vez, las áreas de rompiente, adyacentes a desembocaduras de ambientes estuariales, han sido identificadas en algunas regiones como áreas importantes de acumulación y rutas transitorias para larvas

de especies de peces marinos en el proceso de colonización estuarial (Cowley *et al.*, 2001).

Dentro de la clasificación de estuarios se encuentran las lagunas costeras (Perillo, 1995). Estas lagunas son cuerpos de agua poco profundos, generalmente con profundidades menores a 5 m (excepto en sus bocas), orientados paralelos a la línea de costa, separados del océano por una barrera y conectados al mismo por una o más entradas (Kjerfve, 1994). Estos ambientes estuariales son sistemas de transición con un alto dinamismo y características ambientales particulares por ser sitio de conjunción entre dos flujos hidrológicos: la descarga de agua continental proveniente de los tributarios y las intrusiones marinas. Estos ecosistemas altamente productivos están controlados por interacciones complejas entre la tierra, el océano y la atmósfera, lo cual los hace ambientes altamente fluctuantes (Viaroli *et al.*, 2007). A su vez, son muy sensibles a las actividades antrópicas, por estar ubicados al final de las cuencas de drenaje, y a fenómenos de escala global (por ejemplo, el fenómeno de El Niño), por ser sistemas generalmente someros y con un alto tiempo de residencia (Kjerfve, 1994).

En la costa Sudeste de Sudamérica (Sur de Brasil, Uruguay y Este de Argentina) se encuentra una extensa área de lagunas costeras, las cuales cubren el 12,2 % de sus costas y se conectan con el Océano Atlántico (Kjerfve, 1994). Muchos de estos sistemas se encuentran legalmente protegidos por su alta diversidad biológica, por ser sitios relevantes para aves migratorias y por representar importantes refugios y zonas de cría de especies de interés comercial (Beltrame, 2008).

Mar Chiquita es la única laguna costera del tipo semiobturada de canal largo en la Argentina (Perillo, 1995). Está situada en el partido de Mar Chiquita, al sudeste de la Provincia de Buenos Aires, entre los 37°33' - 37°43'S y los 57°15' - 57°30'O, aproximadamente a 32 km al noreste de la ciudad de Mar del Plata. Esta laguna fue

declarada Reserva Mundial de Biosfera por el Programa “Man and Biosphere” de la UNESCO en 1996 (UNESCO, 1996). Además, fue declarada área protegida en 1999 por Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 12.270 (Iribarne, 2001).

Estudios previos sobre peces en Mar Chiquita establecieron que esta laguna actúa como área de refugio y alimentación para juveniles de peces (Martinetto *et al.*, 2007; Valiñas *et al.*, 2010), y que también es usado por estadios adultos como área de reposo y alimentación durante sus rutas migratorias (Cousseau *et al.*, 2001; González-Castro *et al.*, 2009; Bruno *et al.*, 2013). Sin embargo, el uso de esta laguna por estadios más tempranos de vida de peces y los patrones de reclutamiento de larvas y juveniles de peces y los procesos que regulan dichos patrones se desconocen.

El objetivo de esta tesis fue estudiar el rol de la laguna Mar Chiquita y zona costera adyacente como área de cría de larvas y juveniles de peces y los factores que actúan en el proceso de reclutamiento.

La hipótesis evaluada fue que: “el gradiente marítimo-estuarino del sistema de Mar Chiquita presenta condiciones apropiadas de acumulación, retención, productividad y refugio que lo convierten en un lugar óptimo como área de cría de etapas tempranas en la vida de los peces y que las variables ambientales involucradas en el ascenso y descenso del nivel del agua en la laguna son las que regulan el reclutamiento de dichos estadios al sistema”.

Para poner a prueba dicha hipótesis, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

1) Evaluar la composición y variación espacio-temporal de los primeros estadios de vida de peces en relación a variables ambientales.

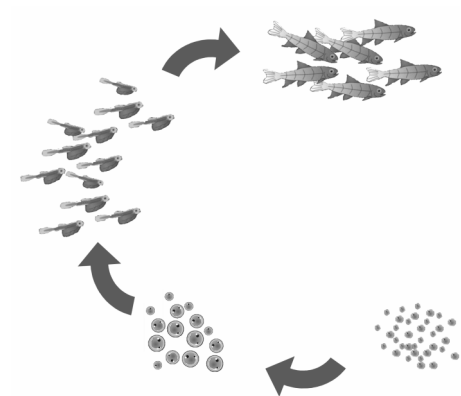
2) Estudiar la dinámica de la composición de larvas y juveniles de peces en función de las mareas de cuadraturas y de sicigias y su relación con los vientos dominantes.

3) Evaluar la variación nictemeral de los primeros estadios de vida de peces en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna.

4) Analizar el origen del Carbono orgánico en la alimentación de larvas y juveniles de peces en el área de ingreso de la laguna Mar Chiquita y área costera adyacente.

## *Capítulo 2*

### *Área de estudio*





## 2.1. Características generales

La laguna costera Mar Chiquita posee una forma elongada, con una orientación general NNO-SSE (Fig. 2.1). Su longitud es de 25 km con un ancho variable entre 100 y 4.500 m. Tiene un área total de 46 km<sup>2</sup> con una cuenca tributaria de 10.000 km<sup>2</sup>, que se distribuye principalmente a lo largo de su margen occidental y en su extremo norte (Fasano, 1980).

Según Reta *et al.* (2001) la laguna Mar Chiquita puede dividirse, desde un punto



**Fig. 2.1.** Ubicación de la laguna Mar Chiquita en América del Sur y en recuadro la ubicación del área completa de estudio en el canal de acceso de la laguna y zona costera adyacente.

de vista hidrográfico, en dos ambientes diferentes: un cuerpo lagunar donde la acción de la marea no es percibida, aproximadamente aguas arriba del puente de acceso a la Base del Centro Experimental de Lanzamiento de proyectiles Aeropropulsados (C.E.L.P.A.), y un sector estuarial desde la desembocadura de la laguna hasta donde es percibida la acción de la marea. Por lo antes expuesto, para el presente estudio sólo será considerado el sector de la laguna que es afectado por el estado de marea. De este modo, el área completa de estudio abarcó el área marítima de influencia sobre la desembocadura de la laguna, la zona de rompiente adyacente a la misma, el canal de acceso desde su desembocadura hasta el puente de C.E.L.P.A. y el arroyo Vivorotá que es el único tributario que descarga sobre el canal de la laguna. Una breve descripción de cada tipo de ambiente en el gradiente marítimo-estuarino del sistema de Mar Chiquita se detalla a continuación.

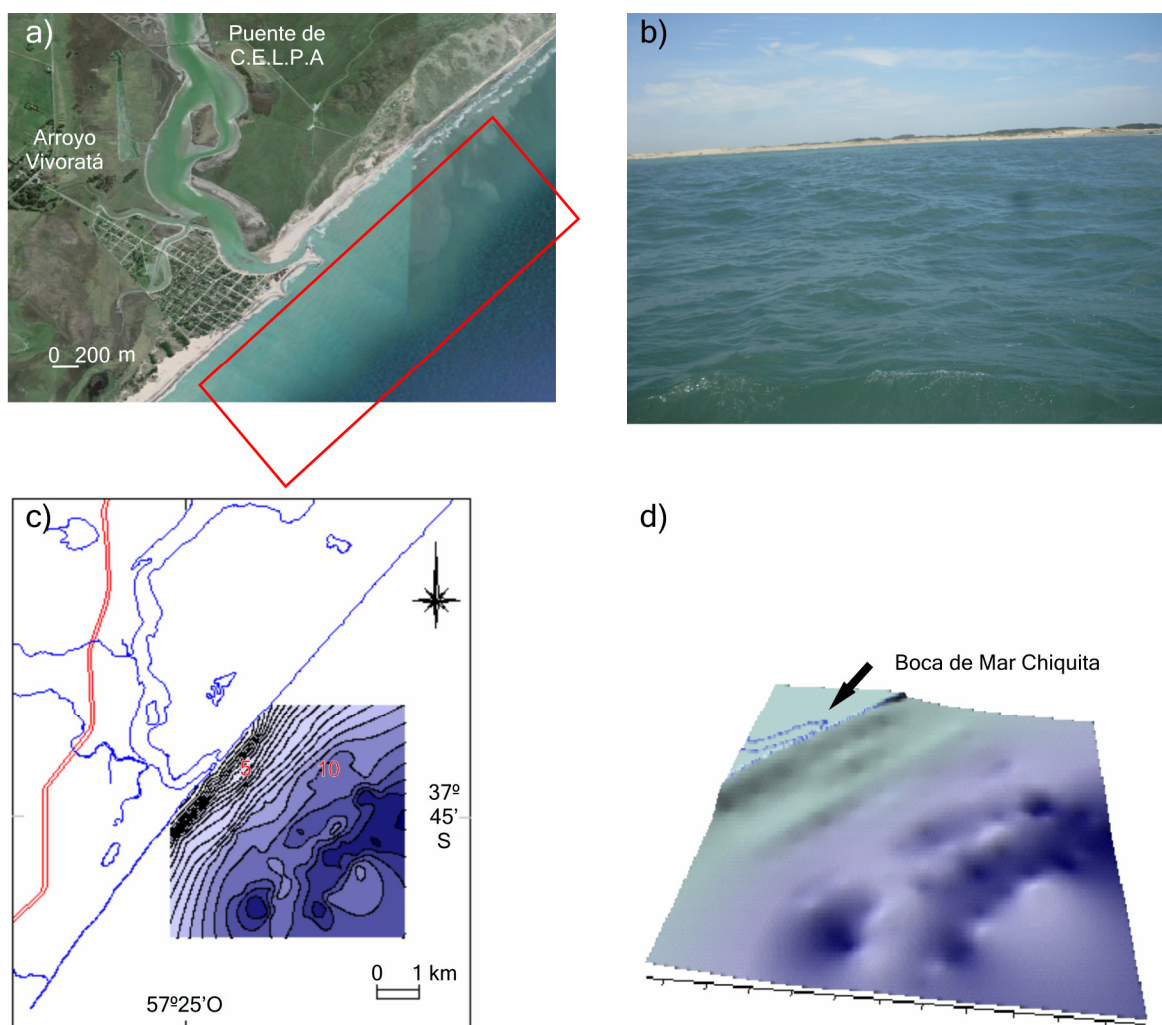
### **2.1.1. Zona marítima**

En la región costera adyacente a la laguna (Fig. 2.2a, b), las profundidades aumentan bruscamente hasta alcanzar un valor de 6 m y luego disminuyen en forma gradual (Reta *et al.*, 2001). Perfiles de profundidad realizados en la zona evidenciaron que a 1 km de la línea de costa se encuentra la isobata de los 8 m, a los 2 km la de los 10 m y a los 4 km la de los 12 m aproximadamente (Fig. 2.2c). También pudieron apreciarse inflexiones (rugosidades), que probablemente se deban a la presencia de bancos de arena (Fig. 2.2d) (Ferrante, com. pers.)<sup>1</sup>.

Las aguas de plataforma continental en el área cercana a la laguna Mar Chiquita son de origen subantártico, con salinidades del orden de 33,5 – 33,8; y están sometidas a

---

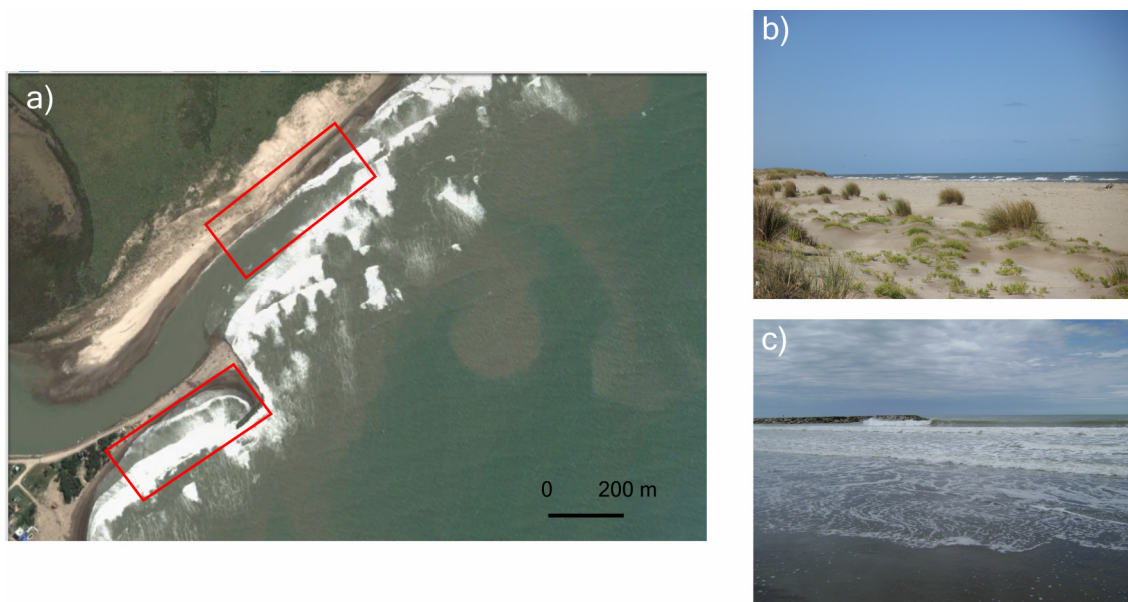
<sup>1</sup> Hidrógrafo Angel Ferrante. IGCyC. UNMdP.



**Fig. 2.2.** Ubicación de la zona Marítima sobre el área completa de estudio a), imagen del área tomada a aproximadamente 1,6 km de la orilla b), isobatas de profundidad del área desde la orilla hasta unos 4 km. C) y modelo 3D de la batimetría del área según los resultados del gráfico de isobatas. Estos dos últimos gráficos fueron cedidos gentilmente por el Hidrógrafo Angel Ferrante (Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP).

variabilidad estacional, modificando las características de las aguas que ingresan por mareas hacia la laguna. En invierno y otoño las aguas de alta salinidad (entre 33,8 y 34,4) del Golfo San Matías descargan fuertemente hacia el norte. Las aguas de plataforma en estas latitudes son barridas por las aguas del Golfo San Matías, presentando una señal débil y de poca cobertura espacial. En primavera y verano, las aguas de baja salinidad (menores de 33,5) del Río de la Plata son derramadas hacia el

sur sobre la costa de Argentina, pudiendo llegar su señal hasta latitudes próximas a Mar Chiquita (Lucas *et al.*, 2005).



**Fig. 2.3.** Ubicación de la zona de Rompiente sobre el área completa de estudio a), e imágenes tomadas en la zona de Rompiente al norte b) y al sur de la escollera.

### 2.1.2. Zona de rompiente

La laguna Mar Chiquita descarga hacia el mar sobre el tramo más austral de la barrera medanosa oriental de la costa de la Provincia de Buenos Aires (Fig. 2.3) (Merlotto & Bértola, 2009). Esta zona comprende una costa de acumulación determinada por su bajo nivel topográfico (ya que se ubica en la llanura o pampa deprimida) y la existencia de un aporte continuo de arena que ha permitido la formación de la franja de médanos y el desarrollo de playas (Merlotto & Bértola, 2009). En particular, la costa sudeste de la Provincia de Buenos Aires se caracteriza por zonas de rompiente de moderada energía (Bértola, 2006) para la mayor parte del año. Sin embargo, las fuertes tormentas del Sudeste que pueden durar de 24 a 144 hs durante los

meses más cálidos del año y con dos máximos en primavera y mediados de verano, afectan a toda la costa de la Provincia de Buenos Aires, aumentando la energía de las zonas de rompiente y causando daños de erosión severos (Merlotto & Bértola, 2009). Aunque no existen datos disponibles sobre la energía de las olas y de la deriva litoral de la costa de Mar Chiquita, podemos asumir que estos parámetros son similares a la costa de la ciudad de Mar del Plata (32 km al suroeste de Mar Chiquita) a la que Isla (1997) y Martos *et al.* (2004) han descrito bien. Estos últimos autores han demostrado que una altura promedio de las olas de 0,91 m (máx. 2,3 m) y con un periodo de 9,5 segundos caracteriza a la costa de Mar del Plata. La deriva litoral es de unos 16-25 cm s<sup>-1</sup> con dirección hacia el norte, y se ha observado que la onda de marea tiene un retraso de 35 minutos desde el puerto de Mar del Plata hasta Mar Chiquita (Reta *et al.*, 2001; Martos *et al.*, 2004).

### **2.1.3. Canal de acceso de la laguna (Estuario)**

La conexión de la laguna con el océano abierto se realiza por medio de un canal de aproximadamente 6 km de largo, 200 m de ancho y profundidades típicas entre 1,5 – 2 m, llegando hasta 3 m en la zona próxima a la boca (Fig. 2.4). La profundidad del canal principal disminuye conforme se avanza hacia el interior de la laguna. En general el canal se muestra como un típico sistema de meandros con las máximas profundidades sobre los flancos de corte y una suave pendiente hacia el flanco opuesto. Se observan algunos bancos distribuidos aleatoriamente. La boca muestra una clara desviación hacia el Norte, evidentemente influenciada por la deriva litoral predominante en ese sentido en toda la costa de la región. La construcción de una escollera mantuvo la posición de la desembocadura de la laguna pero la posición del canal principal muestra una variación

estacional (Isla, 1997). La acción del oleaje es percibida en los primeros metros del canal; junto con las corrientes transportan sedimentos hacia el interior de la laguna, depositándolos algunos metros aguas arriba (Lanfredi *et al.*, 1987).

El sustrato del canal se caracteriza por ser arenoso-fangoso (Fasano *et al.*, 1982) con presencia de restos de conchilla. Marismas y zonas pantanosas circundantes dominadas por la cortadera *Spartina densiflora* (e.g., Isacch *et al.*, 2006) y el cangrejo



**Fig. 2.4.** Extensión de la zona Estuario en el área de estudio a) con detalle de los lugares extremos de la misma, el puente de C.E.L.P.A. b) y la boca de la laguna c).

excavador *Neohelice granulata* (e.g., Iribarne *et al.*, 1997) se extienden a través del canal desde la boca hasta las zonas internas de la laguna. Los valores medios de temperatura del agua muestran que la misma responde al ciclo térmico de la temperatura del aire, como así también de las condiciones del tiempo reinante, habiéndose registrado valores de 3°C (en invierno) y de 25°C (en verano) (González-Castro *et al.*, 2009). La

poca profundidad de la laguna determina que los cambios térmicos en la misma respondan más rápidamente a las condiciones atmosféricas que en aguas externas más profundas (Reta *et al.*, 2001). La salinidad muestra un patrón extremadamente variable, dependiendo de las características de la marea, de las condiciones e intensidades de los vientos y del volumen de agua presente en la laguna (Piccolo & Perillo, 1999; Hozbor & García de la Rosa, 2000). Se han registrado valores típicos de agua dulce hasta más de 30 unidades (González-Castro *et al.* 2009, Cousseau *et al.* 2011). Así mismo, se han reportado patrones complejos de coexistencia de masas de agua en sentido horizontal, con diferencias en las características hidrológicas y de dirección de las corrientes (Anger *et al.*, 1994).

Como el canal de acceso es la parte de la laguna que tiene características claramente estuarinas, de aquí en adelante nos referiremos a él como la zona del Estuario.

#### **2.1.4. Arroyo Vivoratá**

La laguna Mar Chiquita recibe el aporte de varios canales artificiales y arroyos de agua dulce, de los cuales el arroyo Vivoratá (Fig. 2.5) es uno de los más caudalosos y el único que descarga sobre la zona del Estuario (Olivier *et al.*, 1972a). Se caracteriza por un fondo fangoso y el nivel de agua oscila conjuntamente al nivel de agua de la laguna, al menos en el tramo bajo estudio.



**Fig. 2.5.** Extensión de la zona del arroyo Vivoratá en el área de estudio a) con detalle de los lugares extremos del mismo, 900 m aguas arriba de la desembocadura b) y la desembocadura del arroyo c).

## 2.2. Características climatológicas

Por su latitud, todo el sistema de la laguna Mar Chiquita está inscripto en la región pampeana y 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 (Reta *et al.*, 2001). El patrón de vientos en el área a partir de frecuencias estadísticas anuales muestra que las mayores frecuencias son las provenientes de los sectores N, O, S, NO y E, con velocidades

medias entre 19 y 21 km.h<sup>-1</sup>. A lo largo del ciclo anual, puede determinarse que las frecuencias del sector N se mantienen importantes durante todo el año, con picos de máxima durante los meses de verano; las direcciones del O presentan su mayor señal en los meses de invierno y otoño disminuyendo hacia el verano y primavera. Las del sector S se observan prácticamente durante todo el año, con mayor permanencia en los meses de verano y primavera y con una disminución en otoño e invierno. Los vientos del sector NO son importantes principalmente en los meses de invierno y otoño y, finalmente, los del sector E aparecen durante el verano y la primavera. Los vientos provenientes del NE presentan su mayor señal durante los meses de verano y primavera, aunque en lo que respecta a las medias anuales no presentan una frecuencia relativa importante (Reta *et al.*, 2001).

Con respecto a las precipitaciones, el área se ubica dentro del régimen de transición con inviernos lluviosos (Reta *et al.*, 2001), donde el periodo de máximas precipitaciones corresponde a fines de primavera y verano. El semestre cálido (octubre-marzo) es el más lluvioso, con dos máximos en diciembre y marzo, el semestre frío (abril-septiembre) es menos lluvioso, con mínimos en los meses de junio y julio (Reta *et al.*, 2001).

### **2.3. Nutrientes**

Marcovecchio *et al.* (2006) encontraron que las variaciones de las concentraciones de nutrientes están estrechamente relacionadas con el correspondiente ciclo biológico del fitoplancton, por ejemplo, la reducción dramática de nitratos durante el verano se relaciona estrechamente con un gran crecimiento generalizado del fitoplancton en gran parte de la laguna costera. En consecuencia, un aumento

significativo de nitrato a principios de otoño es simultáneo con un decrecimiento en la concentración de clorofila *a*. Patrones similares, no sólo en la distribución, sino también en la variación de los correspondientes niveles, se han observado en otros nutrientes (nitritos, fosfatos y silicatos). Según sus resultados, los autores establecen que la laguna Mar Chiquita parece funcionar como un ambiente de transición, que recibe una gran cantidad de nutrientes inorgánicos de los ecosistemas terrestres vecinos durante todo el año. Esto ha permitido a la laguna costera desarrollar su propio ritmo biológico, que puede estar influenciado por el sistema marino costero cercano a su desembocadura.

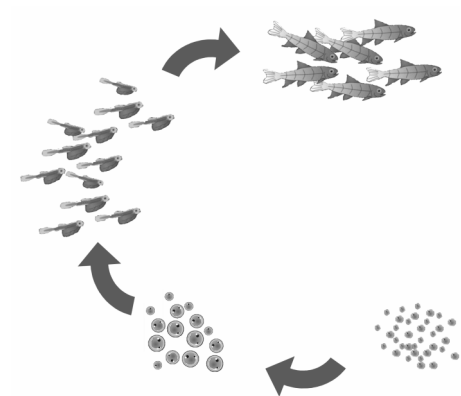
Dentro de las áreas internas, la proliferación de fitoplancton está regulada tanto por la disponibilidad de nutrientes como por condiciones meteorológicas (e.g., tormentas) que controlan el suministro de nutrientes a través de la entrada de agua continental (De Marco *et al.*, 2005; Marcovecchio *et al.*, 2005). Así mismo, la actividad de forrajeo del poliqueto tubícola *Ficopomatus enigmaitcus* puede disminuir en gran medida la biomasa fitoplanctónica (Bruschetti *et al.*, 2008). Sin embargo, dicha actividad puede ser beneficiosa, ya que aumenta la materia orgánica (MO) en el sedimento por biodeposición alrededor de los arrecifes (o “bochones”) que forma, y dicha MO no queda acumulada ahí, sino que posiblemente se deposite en otros lugares de la laguna al ser transportada por las corrientes (Bruschetti *et al.*, 2011). De todos modos, es posible que la mayoría de las afloraciones de fitoplancton dentro de la laguna tengan un predominio de diatomeas, teniendo en cuenta que la mayoría de los silicatos, que son introducidos en el sistema desde fuentes terrestres, son rápidamente consumidos, sobre todo en la región cerca de la desembocadura. Sus concentraciones se mantienen durante todo el año, con la excepción de inusuales fenómenos meteorológicos. Esta situación particular de Mar Chiquita durante la mayor parte de el año (es decir, alta disponibilidad de nutrientes, reducción de las condiciones de profundidad, circulación

restringida del agua y la homogeneidad en la columna de agua) genera una producción biológica a un ritmo mayor que en el medio marino costero adyacente. Esta característica particular merece que se le de una consideración ecológica, porque representa una importante fuente de alimentos que parecen estar disponible todo el año para zooplancton, larvas de peces y otros organismos filtradores (Marcovecchio *et al.*, 2006).



## Capítulo 3

*Variaciones espaciales y temporales de larvas y juveniles de peces en el sistema de la laguna Mar Chiquita y variables relacionadas en su reclutamiento*





### 3.1. Introducción

Los ecosistemas estuarinos (e.g., estuarios y lagunas costeras) son fisiológicamente exigentes y en muchas formas, ambientes inhóspitos. Sin embargo, las pequeñas formas larvarias y juveniles de peces y crustáceos son especialmente abundantes en estos ambientes, a pesar de su aparente fragilidad y ciclos de vida complejos (Cowan *et al.*, 2013). Los ecosistemas estuarinos proporcionan un suministro de abundante alimento, refugio contra los depredadores y condiciones de temperatura óptimas para el desarrollo de larvas y juveniles, que los utilizan como zonas de cría (Blaber, 1985; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985; Able, 2005), particularmente durante las temporadas de primavera y verano en aquellos sistemas de clima templado (Blaber & Blaber, 1980; Gibson, 1994; Beck *et al.*, 2001). Por lo tanto, los costos fisiológicos y de comportamiento que estos organismos deben pagar por vivir en estos ecosistemas parecen ser compensados por la mayor supervivencia de los estadios juveniles (Cowan *et al.*, 2013).

El ciclo de historia de vida más común de peces pelagófilos que habitan en los estuarios implica la puesta en alta mar con la producción de un gran número de pequeños huevos pelágicos, y la migración hacia los estuarios como larvas o juveniles tempranos (Lawler *et al.*, 1988; Day *et al.*, 1989; Acha *et al.*, 1999). Por lo tanto, el intercambio entre mar y estuarios es una cuestión clave para los científicos que estudian ambientes costeros, debido a que muchas especies de peces presentan migraciones entre la plataforma continental y los estuarios durante etapas tempranas de su ciclo de vida (Boehlert & Mundy, 1988; Epifanio & Garvine, 2001). Por otra parte, este movimiento es, de hecho, crucial para completar con éxito el ciclo de vida de varias especies que sostienen importantes pesquerías costeras (Muelbert & Weiss, 1991. Islam *et al.*, 2007).

Varios autores han debatido acerca de los principales factores que intervienen en el transporte hacia la costa de las larvas y juveniles de peces que tienen su origen en alta mar. La mayoría de los estudios han hecho hincapié en que la influencia de las tasas de descarga de los ríos en el mar, y las señales físico-químicas resultantes (gradientes de turbidez y/o de salinidad) son importantes para ayudar a los peces en el reclutamiento hacia los estuarios (e.g., Beckley, 1985; Whitfield, 1989a; Harris *et al.*, 2001). Estos hallazgos también explican por qué las larvas y juveniles de peces se congregan en las zonas de rompiente adyacentes a los estuarios (Whitfield, 1989b; Harris *et al.*, 2001; Watt-Pringle & Strydom, 2003). En los estuarios estratificados, donde la dirección neta de las corrientes varía verticalmente, los peces pueden aprovechar las corrientes para mantener su ubicación en el estuario, modificando su posición vertical (Melville-Smith *et al.*, 1981), o ser asistidos por las diferentes corrientes en sus movimientos hacia las cabeceras o desembocaduras de los estuarios. Por el contrario, en los canales estuarinos no estratificados, donde las velocidades de las corrientes varían poco verticalmente (Beckley, 1985; Whitfield, 1989a), los peces están fuertemente influenciados por el flujo de las mareas, independientemente de su posición vertical en la columna de agua (Roper, 1986; Trnski, 2001). A diferencia de la mayoría de los estuarios, las lagunas costeras semi-obturadas están influenciadas en gran medida por los vientos locales debido a que el canal de entrada actúa como un filtro dinámico que reduce significativamente las fluctuaciones de las mareas o corrientes de marea (Kjerfve & Magill, 1989; Kjerfve, 1994). En estos escenarios, los modelos de reclutamiento para larvas y juveniles de peces basados en los ciclos de marea (Weinstein *et al.*, 1980; Boehlert & Mundy, 1988; Forward *et al.*, 1999) podrían no ser adecuados.

A pesar de la extensa literatura relacionada con el movimiento de los primeros estadios de vida de los peces desde las zonas de puesta en alta mar hacia las zonas de

cría en estuarios costeros, sólo unos pocos estudios han tratado sobre el transporte de las larvas de peces en las lagunas costeras semi-obturadas mediado por vientos (e.g., Martins *et al.*, 2007).

Como se mencionó anteriormente en el Capítulo 2 (Área de estudio), la laguna costera Mar Chiquita es pequeña (46 km<sup>2</sup>) y muy poco profunda (0,80 - 3 m) y es afectada por una baja amplitud (<1 m) de mareas semi-diurnas (Reta *et al.*, 2001). Reta *et al.* (1997) realizaron observaciones de las series completas de viento y marea sobre la laguna, y concluyeron que la componente longitudinal del viento es el principal mecanismo responsable de las oscilaciones del nivel de agua de la laguna, respecto a la variación esperada por acción de los ciclos de mareas. Tanto es así, que vientos que soplan del SO impiden la descarga de aguas de la laguna, aumentando el nivel de agua de la misma, mientras que vientos del NE restringen el ingreso de aguas oceánicas favoreciendo un descenso del nivel predicho. Por otro lado, durante las típicas tormentas del SE, se produce un aumento del nivel de las aguas de la laguna (Olivier *et al.*, 1972a). Estas situaciones se refuerzan o debilitan según el volumen de agua dulce que se halle presente en la laguna (Reta *et al.*, 2001).

La ictiofauna de la laguna Mar Chiquita ha sido descripta a partir de etapas de juveniles y adultos (e.g., Cousseau *et al.*, 2001; González-Castro *et al.*, 2009) y es similar estructuralmente a la ictiofauna de otras lagunas o estuarios de clima templado de todo el mundo (González-Castro *et al.*, 2009). Aunque está bien establecido el papel de la laguna como zona de cría para peces juveniles (Cousseau *et al.*, 2001; Martinetto *et al.*, 2007; Valiñas *et al.*, 2010), no existen trabajos sobre el uso de esta laguna costera en las etapas más tempranas de vida de los peces.

El objetivo principal de este Capítulo fue investigar los patrones de reclutamiento de larvas y juveniles de peces desde el mar hacia la laguna Mar Chiquita.

Para ello, se analizaron los patrones de abundancia de larvas y juveniles de peces y su distribución en el canal de acceso de la laguna y la zona costera adyacente.

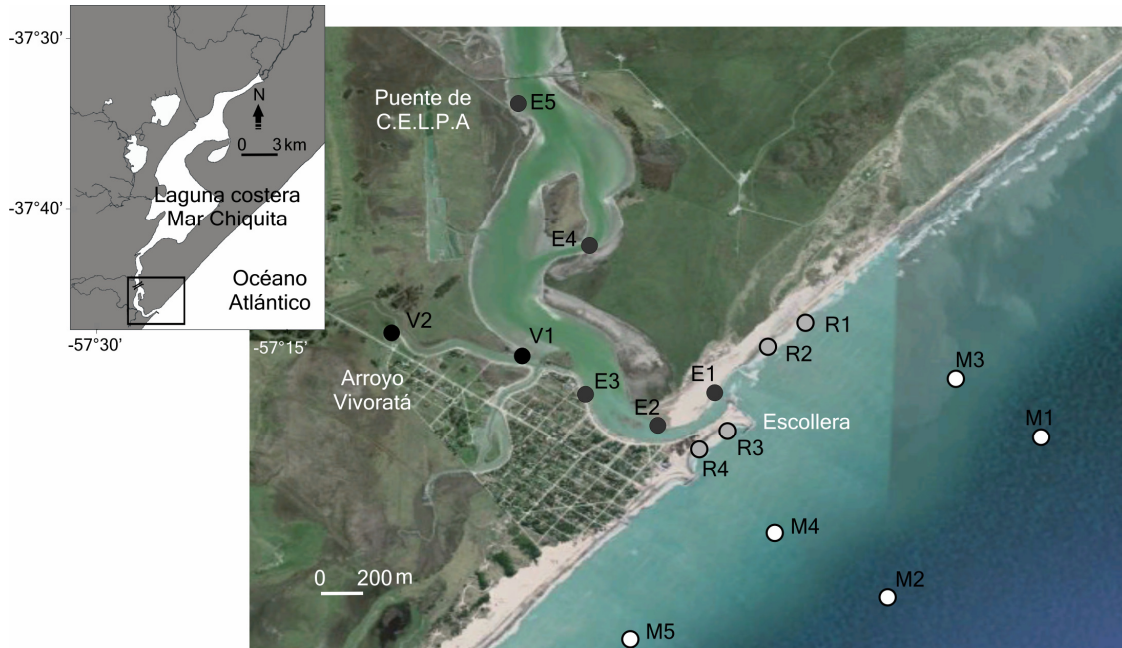
La hipótesis planteada es que: “en el contexto de un sistema de baja influencia por las variaciones de mareas, otros factores como la fuerza del viento pueden regular la dinámica del reclutamiento de larvas y juveniles de peces.” Particularmente, se espera demostrar que los vientos del sector marítimo (SO, S, SE, E) están fuertemente relacionados con el reclutamiento de los primeros estadios de vida de los peces hacia el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita.

## **3.2. Materiales y Métodos**

### **3.2.1. Área de estudio**

Para cumplimentar con el objetivo planteado, el área de estudio, abarcó la región marítima de influencia sobre la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, la zona de rompiente adyacente a la misma, el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita y el arroyo Vivoratá, que desemboca en el canal de acceso de la laguna (Fig. 3.1). De esta manera, el gradiente marítimo-estuarino estuvo representado. Los sitios de muestreo de la zona Marítima correspondieron a las estaciones M1, M2, M3, M4 y M5; los de la zona de Rompiente correspondieron a las estaciones R1, R2, R3 y R4; los del canal de acceso de la laguna (en adelante el Estuario) a las estaciones E1, E2, E3, E4 y E5; y los del arroyo Vivoratá a las estaciones V1 y V2 (Fig. 3.1) (ver Capítulo 2: Área de estudio, para descripción del lugar).

Dado que sobre la zona marítima de influencia no se pudo realizar un muestreo de juveniles como el realizado para larvas de peces, se realizarán comparaciones en el



**Fig. 3.1.** Mapa del área de estudio, indicando la ubicación de las estaciones de muestreo correspondiente a cada zona del gradiente marítimo-estuarino en la laguna costera Mar Chiquita.

apartado de Discusión sobre los resultados obtenidos recientemente por Díaz de Astarloa *et al.* (2011), quienes estudiaron la diversidad de peces óseos y cartilagosos en el área marítima de influencia de la laguna Mar Chiquita, y cuyas estaciones de muestreo fueron similares a las realizadas para larvas de peces.

### **3.2.2. Procedimiento de muestreo**

Para la colecta de peces, se utilizaron 2 tipos de artes de pesca diferente: una red cónica de 300  $\mu$ m de mallero para colecta de larvas (red de 44 cm de diámetro para muestreos en las estaciones de la zona Marítima y de 30 cm en las restantes) y una red playera de 10 mm de mallero para colecta de juveniles (ver Anexo, Tabla 2.1). El muestreo se concentró en los meses de primavera-verano (septiembre 2009 - abril 2010), dado que es de esperar que los peces menores al año de vida sean más abundantes durante este periodo en los estuarios de clima templado (Potter *et al.*, 1990; Martino &

Able, 2003), y fue adecuado para cubrir la temporada de reproducción de la mayoría de las especies de peces citadas para la zona (Cousseau & Perrotta, 2004).

Zona Marítima: los muestreos en esta zona sólo pudieron realizarse en diciembre de 2009 y febrero de 2010 con red cónica, la cual fue arrastrada por medio de una embarcación provista con un motor de 60 HP, contra la corriente predominante, a una velocidad de 2 nudos durante 10 minutos. El volumen filtrado fue de unos 38 m<sup>3</sup> y la profundidad del arrastre osciló entre 5-6 m (~ 0,6 km de la costa, M3, M4, M5) y 9 m (~ 1,6 km de la costa, M1, M2) (Fig. 3.1).

Zonas de Rompiente, Estuario y Vivotará: Se tomaron muestras en 11 estaciones espaciadas sobre el gradiente marítimo-estuarino del sistema de la laguna Mar Chiquita, con una frecuencia quincenal dentro del periodo descrito. En cada estación de muestreo se utilizaron ambas redes (red cónica de 30 cm de diámetro y red playera), que fueron arrastradas en contra de la corriente por 50 m paralelos a la línea de costa a una profundidad de aproximadamente 1 m. Cada arrastre de red se realizó por duplicado durante el día (cada muestreo se promedió para los análisis estadísticos) y los muestreos fueron planificados para ser realizados durante una marea bajante y una creciente para cada mes, a excepción de las estaciones de muestreo R1 y R2, que no pudieron ser muestreadas en la marea bajante de abril de 2010 debido al mal tiempo. El volumen filtrado por la red cónica fue de aproximadamente 3,53 m<sup>3</sup> y la superficie de arrastre de la red playera fue de 200 m<sup>2</sup>. Después de la finalización de cada uno de los arrastres, las redes se lavaron y las muestras se fijaron y se conservaron en una solución de agua de mar y formol al 4% y se transportaron al laboratorio para la clasificación, la identificación, el recuento y la medición.

Las larvas de peces (y los huevos cuando fue posible) se identificaron con una lupa estereoscópica hasta el taxón más bajo posible, utilizando guías de campo o claves

diagnósticas (Weiss, 1981; Fahay, 1983; Richards, 2006). Las larvas se contaron y se midieron con una precisión de 0,01 mm con un ocular graduado. Para todas las larvas en preflexión se midió la longitud de la notocorda (LN) y para las larvas en flexión y en postflexión se midió la longitud total (LT) (Fuiman, 2002). Estas mediciones se denominan “longitud del cuerpo” (LC) para todas las especies colectadas.

En el caso de los juveniles se midió el largo total (longitud total: LT) con calibre y para aquellas especies que presentaron una abundancia superior a los 30 individuos por arrastre, se extrajo una submuestra de 30 individuos para medirlos y el resto fue contado.

La temperatura y salinidad del agua fue registrada luego de cada arrastre con un termómetro de mano y refractómetro, respectivamente. La transparencia de la columna de agua se midió con Disco de Secchi. El periodo de olas (como segundos entre olas consecutivas) fue registrado en la zona de Rompiente. La cantidad de lluvia total caída, así como la moda en la dirección del viento y la velocidad máxima promedio durante el día de muestreo, más los 5 días anteriores, fueron calculados para los análisis estadísticos (ver Anexo, Tabla 2.1). Estos datos de viento y precipitación fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina), correspondientes a la estación meteorológica 876920 (SAZM) ubicada en el aeródromo de Mar del Plata.

### ***3.2.3. Análisis estadísticos de las variables ambientales***

A modo de testear la hipótesis nula de no existencia de diferencias en la temperatura, la salinidad y la transparencia (sólo para las zonas de Rompiente, del Estuario y del Vivoratá) entre las estaciones de muestreo, se utilizó el test no

paramétrico de suma de rangos de Kruskal-Wallis. En el caso de observarse diferencias significativas, se utilizó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney.

#### **3.2.4. Análisis estadísticos de las variables biológicas**

Debido a que las capturas de larvas fueron nulas en los meses de septiembre, octubre, noviembre y abril, para los análisis estadísticos correspondientes a este grupo se evaluaron sólo las capturas realizadas entre diciembre de 2009 y marzo de 2010, y por lo tanto serán tratadas por separado de los análisis correspondientes a los juveniles. También cabe acotar que al no colectarse larvas en la Estación V2 del arroyo Vivoratá (Fig. 3.1), se consideró a la estación V1 como parte del Estuario. Por lo tanto, el Estuario, para los análisis estadísticos correspondientes a larvas, incluye 6 estaciones de muestro (E1-E5 y V1) (Fig. 3.1).

##### **3.2.4.1. Larvas de peces colectadas con red cónica**

Con el fin de explorar los patrones de distribución de las larvas de peces, se calculó para cada arrastre, la densidad promedio de peces (ind.  $100\text{ m}^{-3}$ ), la riqueza de especies (como el número promedio de especies) y el índice de diversidad de Shannon-Weiner ( $H'$ ) (Magurran, 1988). Para probar la hipótesis nula de no existencia de diferencias en cada parámetro calculado entre estaciones de muestreo, se utilizó el test de suma de rangos de Kruskal-Wallis y posteriormente el test de comparación de medianas de Mann-Whitney, en caso de ser necesario.

Para evaluar las variaciones espaciales y temporales, las estaciones de muestreo fueron agrupadas y consideradas réplicas de cada zona (es decir, Marítima, Rompiente y

Estuario) y los meses se agruparon en temporadas como sigue: Verano temprano (diciembre y enero) y Verano tardío (febrero y marzo). Dado que no fue posible realizar los muestreos en las estaciones correspondientes a la zona Marítima en los meses de enero y marzo, para esta zona el Verano temprano estuvo representado sólo por diciembre y el Verano tardío por febrero. Por lo tanto, para evaluar diferencias en la composición de especies entre las zonas, temporadas y sus interacciones, se utilizó un Análisis Multivariado de la Varianza no Paramétrico con Permutaciones (PERMANOVA) de dos vías, usando la distancia de Bray-Curtis con 10.000 permutaciones sobre la matriz de datos (Anderson, 2001) de la densidad (ind. 100 m<sup>-3</sup>) de las larvas de peces. Esta prueba está diseñada sobre la base de una medida de distancia entre cada par de unidades de observaciones para obtener una matriz de disimilitud. La prueba de permutación se utiliza para crear una distribución de Pseudo F y obtener un valor *p* (permanente) (Anderson, 2001). En caso de observarse diferencias significativas, se utilizó un PERMANOVA de una vía a posteriori. El Porcentaje de Similitud (SIMPER) se utilizó para determinar el grado de responsabilidad de las especies en la disimilitud de Bray-Curtis observada entre cada par de grupos.

Con el fin de evaluar las diferencias en la longitud de las larvas entre las zonas por temporadas se utilizó el test no paramétrico de suma de rangos de Kruskal-Wallis. En el caso de observarse diferencias significativas, se utilizó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney.

Se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para evaluar la relación entre la composición de las especies y las variables ambientales (ter Braak & Verdonschot, 1995). Este método de clasificación relaciona dos matrices de datos, una de las abundancias de especies de varias muestras y otra de las características ambientales de las muestras. Esto resulta en una disposición en la que el eje de las

especies se limita a un patrón que maximiza la correlación con las variables ambientales (ter Braak & Schaffers, 2004). Las variables biológicas utilizadas fueron las densidades transformadas de las especies [es decir:  $\log(\text{ind } 100 \text{ m}^{-3} + 1)$ ]. Para reducir los efectos de las especies raras en el análisis, se omitieron las especies con menos de 5% de frecuencia media de ocurrencia. La matriz ambiental incluyó sólo las variables ambientales que estaban disponibles para todas las estaciones de muestreo. Las variables empleadas fueron la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la salinidad, la cantidad de lluvia (mm), la velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), la dirección del viento, y el estado de marea (creciente = 1 y bajante = -1). Dado que la dirección del viento es una variable circular, esta se transformó en una variable lineal utilizando el coseno del ángulo que el viento formó sobre dos ejes ortogonales alineados (perpendicular y paralelo) a la línea de costa (Clark *et al.*, 1996; Beyst *et al.*, 2001). Vientos del sector marítimo (SO, S, SE, E) se consideraron positivos (1), mientras que los vientos continentales (NE, N, NO, O) se consideraron negativos (-1). El análisis de simulación de permutaciones de Monte Carlo se utilizó para evaluar la significancia ( $p < 0,05$ ) en la contribución de cada variable.

#### **3.2.4.2. Juveniles de peces colectados con red playera**

Para evaluar las diferencias en la abundancia de peces, el número de especies y la diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) entre las estaciones de muestreo, se realizó el mismo procedimiento estadístico al realizado para larvas.

El análisis de clusters (AC) usando la medida de disimilitud de Bray-Curtis y la clasificación por medias de grupos (Krebs, 1989) se utilizó para evaluar las variaciones temporales en la composición de peces juveniles por zonas (Rompiante, Estuario y Vivoratá). Para reducir el efecto de las especies más abundantes en el análisis, la

abundancia de especies colectadas se transformó como el  $\log(x + 1)$ , y para reducir los efectos de las especies menos abundantes, se omitieron las especies con menos de 5% de frecuencia media de ocurrencia. Se utilizó un Análisis Multivariado de la Varianza no Paramétrico con Permutaciones (PERMANOVA) de una vía (Anderson, 2001), para probar la hipótesis nula de que no existen diferencias entre los grupos definidos por el AC. Fue empleada la distancia de disimilitud de Bray-Curtis con 10.000 permutaciones sobre la matriz de datos de la abundancia de los juveniles de peces. El Porcentaje de Similitud (SIMPER) se utilizó para determinar qué especies fueron las más responsables de la disimilitud de Bray-Curtis observada entre cada par de grupos.

Con el fin de evaluar las diferencias en las tallas de los peces colectados entre los grupos definidos por la AC para cada zona, se empleó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney.

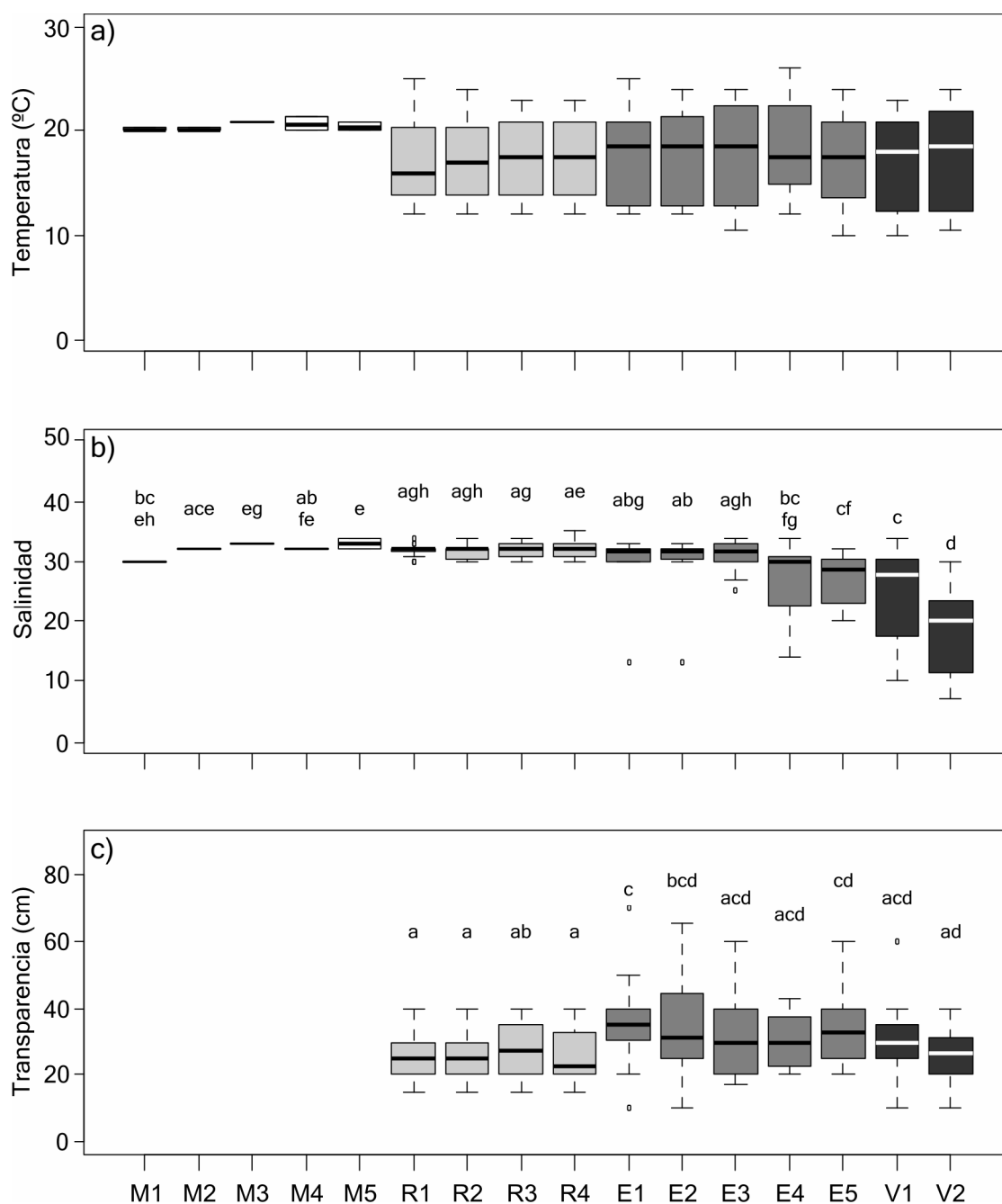
La relación entre la composición de las especies y las variables ambientales se evaluó a través del análisis de correspondencia canónica (ACC) (ter Braak & Verdonschot, 1995), tomando el mismo criterio al considerado para larvas de peces.

Todos los análisis multivariados se realizaron con el software R (R Development Core Team, 2012).

### **3.3. Resultados**

#### **3.3.1. *Variación espacio-temporal de los parámetros ambientales***

La temperatura del agua no fue diferente entre las estaciones de muestreo (Fig. 3.2a), según los resultados del test de Kruskal-Wallis ( $\chi^2 = 4,83$ ;  $gl = 15$ ;  $p = 0,9935$ ).



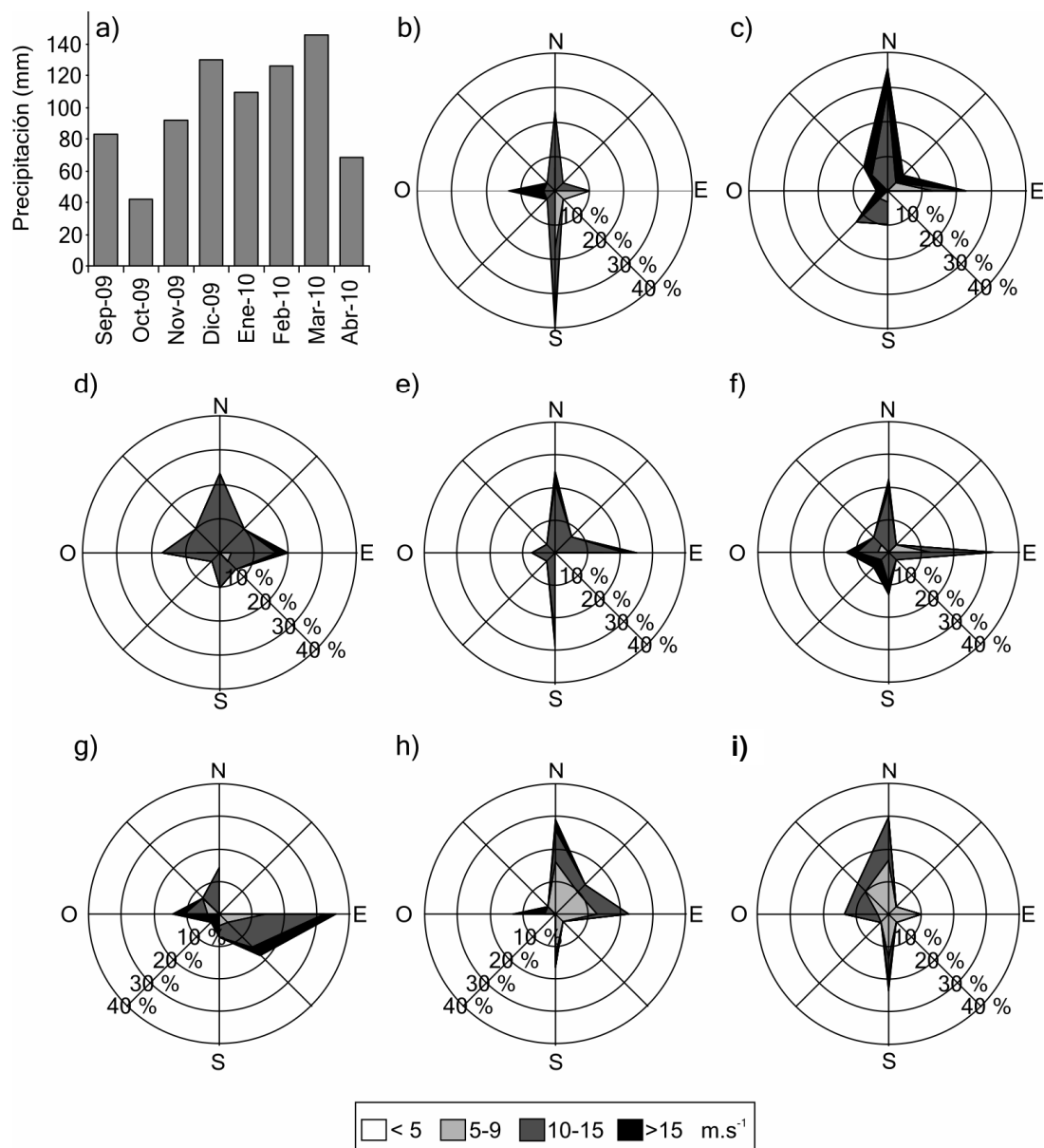
**Fig. 3.2.** Variación espacial en a) temperatura, b) salinidad y c) transparencia (como profundidad de Secchi) del agua, a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna costera Mar Chiquita (mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil, máximo). Letras distintas indican diferencias significativas.

Sin embargo, se observó que en las estaciones de la zona Marítima se registró un rango de valores más estrecho (20 - 21,5°C) en comparación a las estaciones de la zona de Rompiente (12 - 25°C), del Estuario (10 - 26°C) y del Viverotá (10 - 24°C).

La salinidad varió espacialmente, revelando ambientes con aguas típicamente marinas (zona Marítima y zona de Rompiente) y ambientes con aguas salobres (zona del Estuario y arroyo Vivoratá). Se observaron diferencias en la salinidad entre estaciones de muestreo ( $\chi^2 = 77,51$ ;  $gl = 15$ ;  $p < 0,0001$ ), y el test de comparaciones de medianas de Mann-Whitney confirmó el gradiente horizontal de salinidad (Anexo, Tabla 2.2). La salinidad registrada en la estación de muestreo de la zona Marítima más alejada a la desembocadura (M5) fue mayor a la registrada en las estaciones de muestreo no pertenecientes a esta zona (a excepción de R4; Anexo, Tabla 2.2; Fig. 3.2b). A su vez, la salinidad registrada en la estación de muestreo más interna del arroyo Vivoratá (V2) fue menor a la registrada en todas las estaciones de muestreo (Anexo, Tabla 2.2; Fig. 3.2b). La salinidad registrada en las estaciones de muestreo de la zona de Rompiente (R1 - R4) fue mayor a la registrada en las dos estaciones de muestreo más internas de la zona del Estuario (E4 y E5) y a la registrada en las estaciones del arroyo Vivoratá (V1 y V2) (Anexo, Tabla 2.2; Fig. 3.2b).

La transparencia del agua también reveló un gradiente espacial con valores más bajos de la zona Rompiente, lo que refleja un entorno más turbulento debido a la acción de las olas, y valores más altos en la zona del Estuario en condiciones más calmas (Fig. 3.2c). Se observaron diferencias entre estaciones de muestreo ( $\chi^2 = 21,87$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,0158$ ). El test de Mann-Whitney reveló que la transparencia registrada las estaciones de muestreo E1 y E5 fue mayor a la registrada en todas las estaciones de muestreo de la zona de Rompiente y que, a su vez, la transparencia registrada en la estación E1 fue mayor a la registrada en la estación V2 (Anexo, Tabla 2.3; Fig. 3.2c).

Las precipitaciones fueron más abundantes durante marzo (145,6 mm), mientras que los menores valores se registraron durante octubre (42,3 mm). Durante todo el período de estudio se registró una cantidad total de lluvia caída de 795,3 mm (Fig. 3.3a).



**Fig. 3.3.** Variación temporal en a) cantidad de lluvia caída, y en la dirección y velocidad del viento para b) septiembre de 2009, c) octubre de 2009, d) noviembre de 2009, e) diciembre de 2009, f) enero de 2010, g) febrero de 2010, h) marzo de 2010 e i) marzo de 2010.

Los vientos de dirección Sur fueron dominantes durante el mes de septiembre (Frecuencia = 38,71%), con una velocidad máxima promedio de  $11,13 \text{ m s}^{-1}$  (Fig. 3.3b), mientras que los vientos de dirección Norte fueron dominantes en los meses de octubre (Frecuencia = 35,48%) (Fig. 3.6.3c), noviembre (Frecuencia = 22,58%) (fig. 3.3d), marzo (Frecuencia = 29,03%) (Fig. 3.3h) y abril (Frecuencia = 29%) (Fig. 3.3i) con

velocidades máximas promedio de 13,66; 13,85; 10,52 y 11,2 m s<sup>-1</sup>; respectivamente. Los vientos de dirección Este fueron dominantes durante los meses de diciembre (Frecuencia = 32,26%) (Fig. 3.3e), enero (Frecuencia = 32,26%) (Fig. 3.3f) y febrero (Frecuencia = 35,71%) (Fig. 3.3g), con velocidades máximas promedio de 10,53; 10,86 y 10,45 m s<sup>-1</sup>; respectivamente.

### 3.3.2. Variación espacio-temporal de larvas de peces colectadas con red cónica

#### 3.3.2.1. Abundancia y diversidad

Durante el período de estudio fueron colectados huevos planctónicos en las tres zonas. La abundancia de huevos fue menor en la zona de Rompiente y en la zona Marítima, pero mayor en la zona del Estuario (Tabla 3.1). La gran mayoría de los taxones, fue colectada en las estaciones de muestreo correspondientes a la zona Marítima. No fue posible identificar dos clases de huevos y por ello se los catalogó como huevos Tipo 1 y Tipo 2. Ambos fueron diferentes entre sí, pero presumiblemente corresponderían cada tipo a varias especies.

**Tabla 3.1.** Composición de huevos de peces colectados durante el periodo de estudio. Las abreviaciones corresponden a: DM, densidad media (ind. 100 m<sup>-3</sup>); (HSE) porcentaje de huevos sin embrión. El desvío Standard se muestra entre paréntesis.

Especies	Marítima		Rompiente		Estuario	
	DM	HSE	DM	HSE	DM	HSE
<i>Brevoortia aurea</i>	0,88 (2,71)	0	-	-	4,13 (20,84)	57,14
<i>Engraulis anchoita</i>	0,44 (1,86)	0	-	-	-	-
Tipo 1	0,44 (1,86)	100	-	-	-	-
Tipo 2	-	-	1,42 (4,32)	66,67	25,66 (102,76)	59,32
<i>Trichiurus lepturus</i>	1,32 (3,29)	100	-	-	12,68 (42,24)	25,58

Al menos 19 taxones de peces en estadio de larvas estuvieron presentes durante el período de estudio en las tres zonas (Tabla 3.2). Las especies *Engraulis anchoita* (1,18 ind. 100 m<sup>-3</sup> ± 3,75), *Peprilus paru* (0,13 ind. 100 m<sup>-3</sup> ± 0,42), *Porichthys porossisimus* (0,53 ind. 100 m<sup>-3</sup> ± 1,66), *Stromateus brasiliensis* (0,26 100 m<sup>-3</sup> ± 0,55 ind.) y *Umbrina canosai* (5,66 ind. 100 m<sup>-3</sup> ± 10,67) fueron colectadas solamente en la zona Marítima. Por el contrario, *Menticirrhus americanus* (0,29 ind. 100 m<sup>-3</sup> ± 2,04) y tres especies no identificadas, estuvieron presentes sólo en la zona del Estuario (Tabla 3.2).

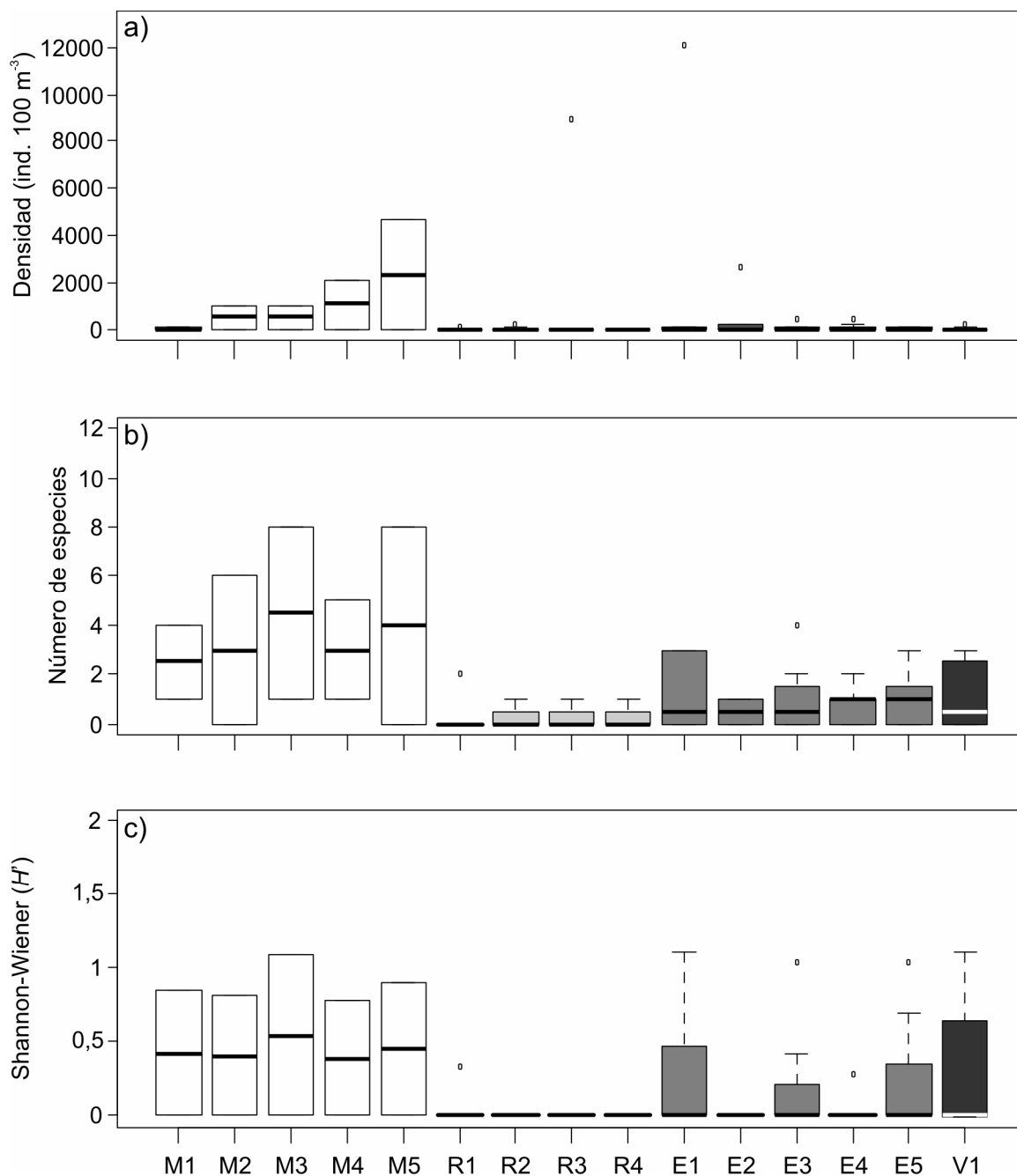
*Gobiosoma parri* fue la especie más abundante en la zona Marítima seguida en orden de importancia por la Familia Engraulidae, que incluye a individuos no identificados, presumiblemente de *Anchoa marinii*, *E. anchoita* y/o *Lycengraulis grossidens* (Tabla 3.2). Pocas especies estuvieron presentes en la zona de Rompiente, siendo *Brevoortia aurea* la más abundante (Tabla 3.2). *Brevoortia aurea* también fue la especie más abundante en la zona del Estuario (Tabla 3.2).

No se observaron diferencias en la densidad de larvas de peces ( $\chi^2 = 12,14$ ; gl = 14;  $p = 0,5951$ ) (Fig. 3.4a), en la riqueza de especies ( $\chi^2 = 18,73$ ; gl = 14;  $p = 0,1755$ ) (Fig. 3.4b), ni en la diversidad ( $H'$ ) ( $\chi^2 = 18,31$ ; gl = 14;  $p = 0,1931$ ) (Fig. 3.4c) entre las estaciones de muestreo, según lo revelado por el test de Kruskal-Wallis. Sin embargo, cuando se analizaron las estaciones de muestreo como replicas de sus correspondientes zonas, se observaron algunas tendencias espaciales (Tabla 3.3). La densidad de larvas de peces fue menor en la zona de Rompiente (media = 314,2 ind. 100 m<sup>-3</sup>) que en la zona Marítima (media = 889,6 ind. 100 m<sup>-3</sup>) y que en la zona del Estuario (media = 357,4 ind. 100 m<sup>-3</sup>) (Tabla 3.3; Anexo, Tabla 2.4). La riqueza de especies también difirió entre zonas con un mayor número de especies colectadas en la zona Marítima

**Tabla 3.2.** Especies, densidad media (DM, ind. 100 m<sup>-3</sup>), rango del largo del cuerpo (LC, mm) y estadio de desarrollo de las larvas de peces colectadas durante el periodo de estudio. V: larva vitelina, Pr: preflexión, Fl: flexión, Po: postflexión, Jt: Juvenil temprano. El desvío Standard se muestra entre paréntesis.

	Maritima			Rompiente			Estuario		
	DM	LC (mm)	estadio	DM	LC (mm)	estadio	DM	LC (mm)	estadio
<i>Anchoa maringhi</i>	13,03 (22,11)	11,19-29,1	Po	-	-	-	0,29 (2,04)	24,55	Po
<i>Brevoortia aurea</i>	-	-	-	300,54 (1.632,82)	17,87-24	Po	333,22 (1.770,01)	3,03-51	Pr, Fl, Po, Jt
<i>Cynoscion guatucupa</i>	77,12 (138,15)	5,34-41	Po, Jt	0,47 (2,58)	4,51	Po	0,29 (2,04)	19,78	Po
Engraulidae	374,66 (606,41)	8,52-34	Po, Jt	-	-	-	8,85 (42,07)	2,01-26	Pr, Fl, Po
<i>Engraulis anchoita</i>	1,18 (3,75)	15,2-20,4	Po	-	-	-	-	-	-
<i>Gobiosoma parri</i>	385,19 (728,58)	3,84-14,9	Pr, Fl, Po	-	-	-	0,29 (2,04)	6,51	Pr
<i>Hypoleurochilus fissicornis</i>	0,39 (1,25)	1,32-1,68	V	0,94 (5,17)	1,92-1,95	V	7,96 (22,22)	1,89-2,67	V, Pr
<i>Macrodon ancylodon</i>	0,66 (2,08)	21-23	Po	-	-	-	0,29 (2,04)	15,53	Po
<i>Menticirrhus americanus</i>	-	-	-	-	-	-	0,29 (2,04)	20,04	Po
<i>Micropogonias furnieri</i>	30,79 (58,62)	5,34-26,1	Po	-	-	-	2,65 (16,43)	5,01-21,71	Po
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	-	-	-	11,79 (44,46)	5,18-8,02	Po	1,77 (10,37)	7,68-9,35	Po
<i>Peprilus paru</i>	0,13 (0,42)	23	Po	-	-	-	-	-	-
<i>Porichthys porosissimus</i>	0,53 (1,66)	19,54-45	Po	-	-	-	-	-	-
<i>Stromateus brasiliensis</i>	0,26 (0,55)	19,21-32,5	Po	-	-	-	-	-	-
<i>Umbrina canosai</i>	5,66 (10,67)	6,35-16,7	Po	-	-	-	-	-	-
Tipo A	-	-	-	0,47 (2,58)	2,07	V	0,29 (2,04)	1,95	V
Tipo C	-	-	-	-	-	-	0,29 (2,04)	1,62	V
Tipo F	-	-	-	-	-	-	0,59 (2,86)	1,59-1,65	V
Tipo G	-	-	-	-	-	-	0,29 (2,04)	2,19	V

(media = 3,4) en comparación con la zona del Estuario (media = 0,94) y con la zona de Rompiente (media = 0,27;) (Tabla 3.3; Anexo, Tabla 2.4). La diversidad fue menor en la zona de Rompiente (media = 0,01) en comparación con la zona del Estuario (media = 0,16) y con la zona Marítima (media = 0,44) (Tabla 3.3; Anexo, Tabla 2.4).



**Fig. 3.4.** Variación espacial en a) la densidad de larvas de peces, b) el número de especies y c) el índice de diversidad de Shannon-Wiener, a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna costera Mar Chiquita (mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil, máximo).

**Tabla 3.3.** Resultados del test de suma de rangos de Kruskal-Wallis y del test de comparación de medianas de Mann-Whitney (valores en Anexo, Tabla 2.4) para evaluar diferencias en densidad, riqueza, diversidad y tallas (LC) de larvas de peces colectadas entre zonas de muestreo (Mt: Marítima, Rp: Rompiente y Est: Estuario) en la laguna Mar Chiquita y área costera adyacente, durante el periodo de estudio. Vtem: Verano temprano, Vtar: Verano tardío. \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

Fuente	Kruskal-Wallis				Mann-Whitney
	$\chi^2$	gl	$p$		
Densidad de larvas	10,612	2	0,0049	**	Mt = Est > Rp
Número de especies	16,670	2	0,0003	***	Mt > Est > Rp
Diversidad ( $H'$ )	12,030	2	0,0024	**	Mt = Est > Rp
Tallas (Vtem)	10,380	2	0,0056	**	Mt = Rp; Mt > Est; Rp < Est
Tallas (Vtar)	14,550	2	0,0007	***	Mt = Rp; Mt < Est; Rp = Est

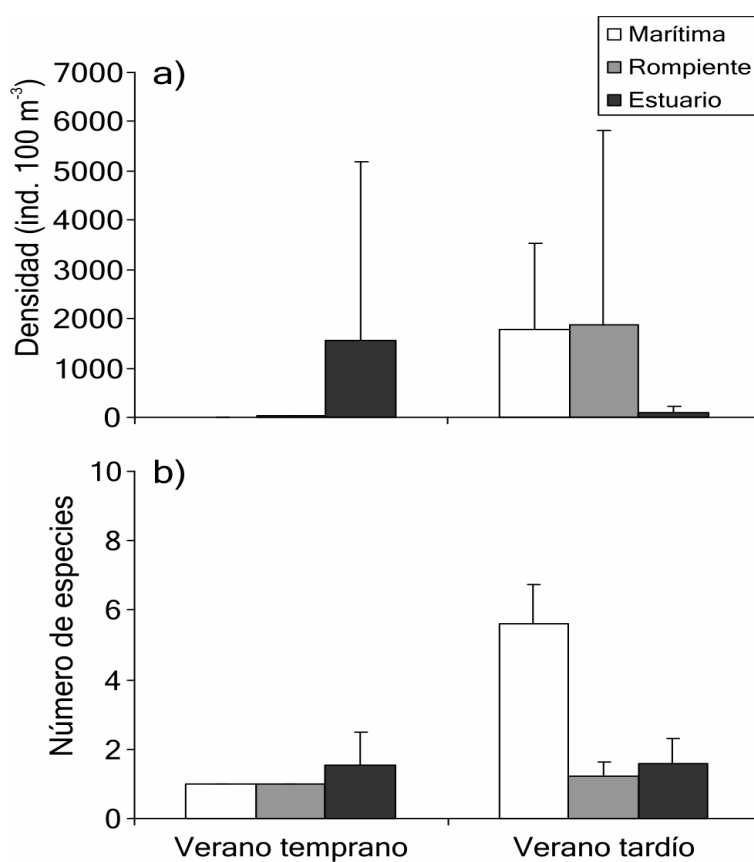
### 3.3.2.2. Composición espacial y temporal

Los resultados del PERMANOVA de dos vías revelaron que la interacción zona x temporada fue significativa [ $p(\text{perm}) = 0,0013$ ] en relación a la composición de las larvas de peces (Tabla 3.4). Durante el Verano temprano, la composición de larvas de peces en la zona Marítima fue diferente de la de la zona del Estuario. Sin embargo, no hubo diferencias en la composición de larvas de peces entre la zona de Rompiente y la

**Tabla 3.4.** Resultados del PERMANOVA de dos vías testeando diferencias en la densidad (ind. 100 m<sup>-3</sup>) de especies de larvas de peces entre zonas, temporadas y su interacción. gl: grados de libertad. \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Fuente	gl	Media de cuadrados.	Pseudo F	$p(\text{perm})$	
Zonas (A)	1	0,608	2,32	0,0513	ns
Temporada (B)	2	1,317	5,14	1E-04	***
A x B	2	0,794	3,03	0,0013	**
Residuales	33	0,262			
Total	38				

zona Marítima, ni entre la zona de Rompiente y la zona del Estuario (Fig. 3.5a, b; Anexo, Tabla 2.5). Durante el Verano tardío, la composición de larvas de peces en la zona Marítima fue diferente de la de la zona de Rompientes, y de la de la zona del Estuario (Fig. 3.5a, b; Anexo, Tabla 2.5). La composición de las larvas de peces también difirió entre la zona de Rompiente y la zona del Estuario (Fig. 3.5a, b; Anexo, Tabla 2.5).



**Fig. 3.5.** Variación temporal en a) la densidad de larvas de peces y b) el número de especies, a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna costera Mar Chiquita.

*Brevoortia aurea* e *Hypleurochilus fissicornis* fueron las especies que más contribuyeron a las diferencias encontradas entre la zona Marítima y la zona del Estuario durante el Verano temprano (Tabla 3.5), siendo las dos especies más abundantes en la zona del Estuario. Durante el Verano tardío, la Familia Engraulidae y *G. parri* fueron las que más contribuyeron a las diferencias observadas entre la zona

Marítima y la zona de Rompiente (Tabla 3.5) y a las diferencias encontradas entre la zona Marítima y la zona del Estuario (Tabla 3.5). Estas diferencias se debieron a mayores densidades de ambos taxones colectados en la zona Marítima. En el caso de las diferencias encontradas entre la zona de Rompiente y la zona del Estuario, *B. aurea* y *P. orbignyana* fueron las especies que más contribuyeron (Tabla 3.5). *Brevoortia aurea* fue más abundante en la zona del Estuario, mientras que *P. orbignyana* fue más abundante en la zona de Rompiente.

**Tabla 3.5.** Especies discriminantes (% de contribución) de la disimilitud entre grupos definidos por el PERMANOVA de comparación por pares, utilizando el análisis SIMPER. Mt, zona Marítima; Rp, zona de Rompiente; Est, Estuario.

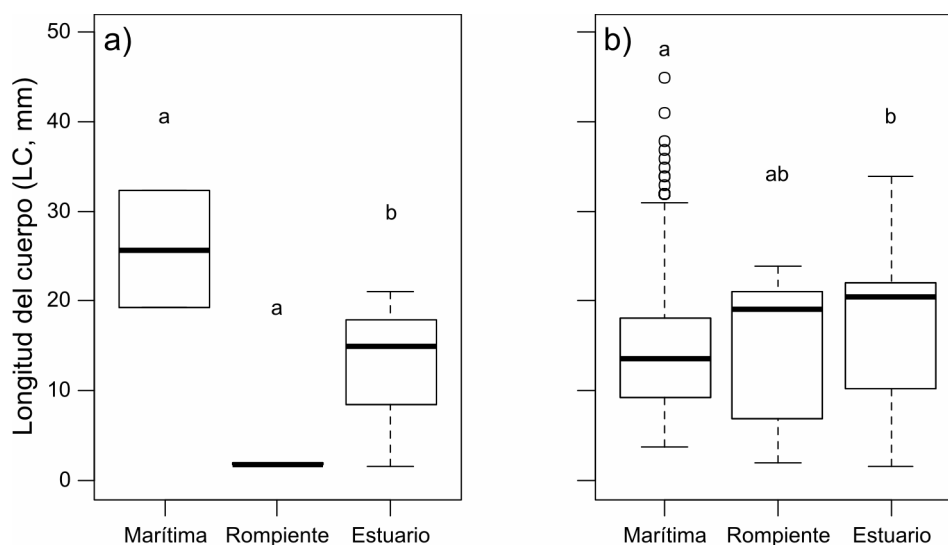
	Verano temprano	Verano tardío		
	Mt vs. Est	Mt vs. Rp	Mt vs. Est	Rp vs. Est
Disimilitud promedio (%)	92,77	96,28	92,85	78,75
Contribución por especies(%)				
<i>Anchoa marinii</i>	-	7,82	7,73	1,15
<i>Brevoortia aurea</i>	34,49	9,57	11,39	30,3
<i>Cynoscion guatucupa</i>	3,79	13,13	15,16	4,32
Engraulidae	4,99	20,9	18,94	5,05
<i>Gobiosoma parri</i>	-	19,1	18,62	2,46
<i>Hypleurochilus fissicornis</i>	28,95	-	4,33	10,52
<i>Macrodon ancylodon</i>	3,79	0,98	0,99	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	5,12	9,96	10,1	-
<i>Paralichthys orbignyana</i>	2,11	10,02	0,75	24,94
<i>Stromateus brasiliensis</i>	9,51	-	-	-
<i>Umbrina canosai</i>	-	4,79	4,84	-

### 3.3.2.3. Variación en las clases de tallas

Las tallas de las larvas de peces colectadas en la zona de estudio difirieron entre zonas, tanto durante el Verano temprano como durante el Verano tardío (Tabla 3.3). Durante el primer período, sólo fueron colectadas larvas en etapa de postflexión en la zona Marítima, encontrándose dos picos en la distribución de frecuencias de tallas para

las clases de 18 – 19,99 mm LC y de > 30 mm LC (Anexo, Fig. 1.1a). En la zona de Rompiente, sólo fueron colectadas larvas vitelinas (< 2 mm; Anexo, Fig. 1.1a), mientras que en la zona del Estuario fueron colectadas larvas en un amplio rango de tallas (< 2 mm LC a 21,99 LC mm) observándose, sin embargo, un pico en la distribución de frecuencia de tallas para la clase de 18 – 19 mm LC y otro menor para la clase de 2 – 3,99 mm LC (Anexo, Fig. 1.1a). Las tallas de larvas colectadas en la zona Marítima fueron mayores a las colectadas en la zona del Estuario, mientras que las colectadas en la zona de Rompiente fueron menores a las colectadas en el Estuario (Fig. 3.6a; Tabla 3.3; Anexo, Tabla 2.4).

Durante el Verano tardío, las larvas de peces en etapa de postflexión fueron dominantes en las tres zonas. La distribución de frecuencia de tallas indicó una moda entre los 6 mm LC y 17,99 mm LC en la zona Marítima, mientras que en la zona de Rompiente y del Estuario se observó una distribución bimodal con un primer pico en la clase de 6 – 7,99 mm LC y un segundo pico en la clase de 20 – 21,99 mm LC para la zona de Rompiente, y un primer pico entre < 2 mm LC y 3,99 mm LC y un segundo



**Fig. 3.6.** Variación temporal en la longitud del cuerpo (LC) de larvas de peces colectados durante a) Verano temprano y b) Verano tardío, a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna costera Mar Chiquita. Letras diferentes denotan diferencias significativas.

entre 20 mm LC y 23,99 mm LC para la zona del Estuario (Anexo, Fig. 1.1b). Las larvas colectadas durante este periodo en el Estuario fueron mayores a las colectadas en la zona Marítima (Fig. 3.6b; Tabla 3.3; Anexo, Tabla 2.4).

### 3.3.2.4. Composición en relación con las variables ambientales

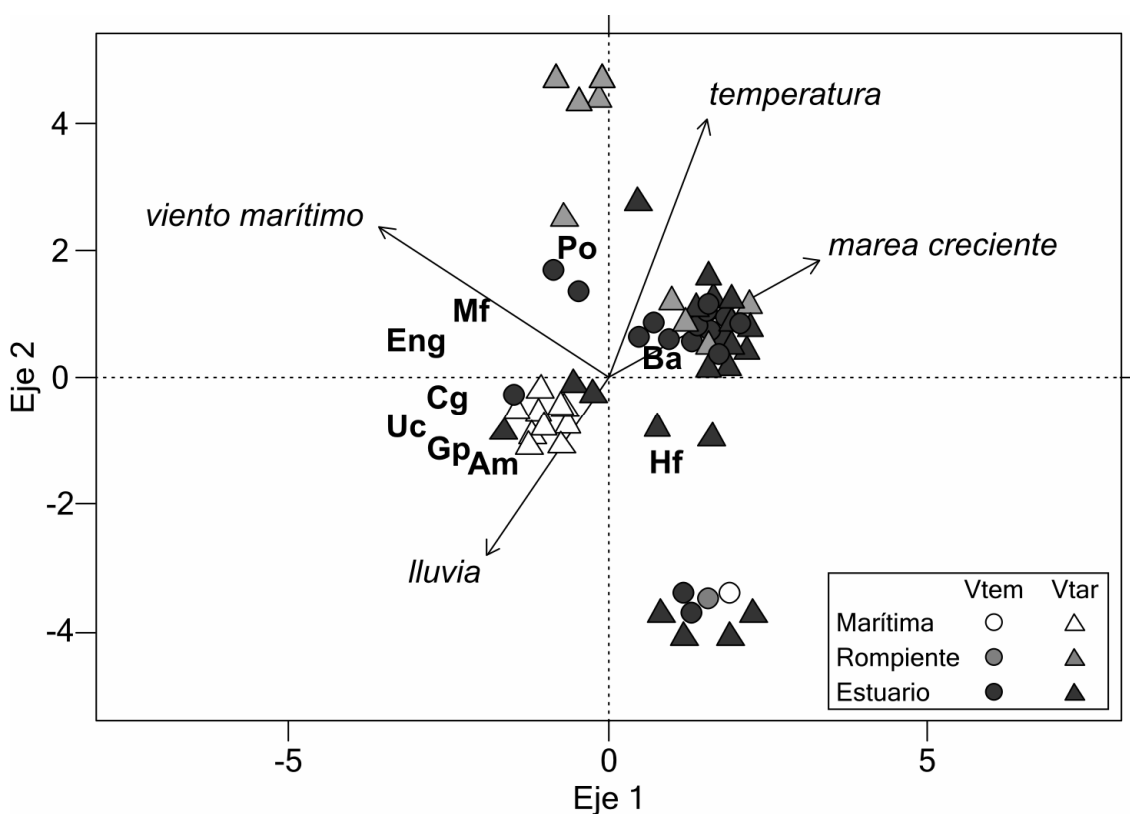
El ACC explicó un 33,3% de la variabilidad total encontrada en la relación entre las variables ambientales y la composición de las especies (Tabla 3.6). Los ejes 1 y 2 representaron el 60,96% y el 30,81% de la variabilidad total explicada, respectivamente. La velocidad del viento y la salinidad no fueron incluidos en el ACC ya que no contribuyeron significativamente ( $p = 0,650$  y  $p = 0,261$ ; respectivamente). Según la longitud de los vectores, la dirección del viento (-0,788) y el estado de mareas (0,546) estuvieron mejor correlacionados con el eje 1 (Tabla 3.6) y distinguieron a las estaciones de muestreo de la zona Marítima con la marea baja y con condiciones de

**Tabla 3.6.** Resultados del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) sobre la densidad de larvas [transformada como  $\log(x + 1)$  y correlaciones entre las variables ambientales con los ejes del ACC. ns: no significativo.

<i>Resultados del ACC</i>				
Ejes	1	2	3	4
Autovalores	0,587	0,297	0,073	0,007
% de variabilidad explicada acumulada	20,30	30,55	33,06	33,30
Correlación especies-variables ambientales	0,816	0,615	0,325	0,245
Variabilidad total				2,891
Variabilidad explicada				0,963
<i>Correlaciones entre variables ambientales y ejes del ACC</i>				
Variables	Eje 1	Eje 2		
Viento marítimo	-0,788	0,518		
Velocidad del viento	ns	ns		
Marea creciente	0,546	0,372		
Temperatura	0,312	0,807		
Salinidad	ns	ns		
Lluvia	-0,353	-0,554		

vientos marítimos en el lado izquierdo del diagrama (Fig. 3.6.7). Mientras que la temperatura (0,807) y la lluvia (-0,554) se correlacionaron mejor con el eje 2 (Tabla 3.6), y distinguieron a las estaciones de muestreo de la zona de Rompiente y de la zona del Estuario con condiciones más cálidas y menos lluviosas en la parte superior del diagrama y a las estaciones de muestreo de la zona Marítima con condiciones más frías y con mayor cantidad de lluvia caída en la parte inferior.

También fue observada una relación entre los parámetros ambientales y las especies más abundantes (Fig. 3.7). *Micropogonias furnieri*, *P. orbignyanus* y la Familia Engraulidae estuvieron asociadas a condiciones de vientos marítimos, marea bajante, mayores temperaturas y escasas precipitaciones en la parte superior izquierda del diagrama de ordenación. *Cynoscion guatucupa*, *U. canosai*, *G. parri* y *A. marinii*



**Fig. 3.7.** Diagrama de ordenación (tripplot) de los resultados del ACC. Las flechas representan a las variables ambientales seleccionadas. Abreviaciones de temporadas: Vtem, Verano temprano; Vtar, Verano tardío. Abreviaciones de especies: Ba, *Brevoortia aurea*; Eng, Familia Engraulidae; Hf, *Hypleurochilus fissicornis*; Mf, *Micropogonias furnieri*; Po, *Paralichthys orbignyanus*; Am, *Anchoa marinii*; Gp, *Gobiosoma parri*; Cg, *Cynoscion guatucupa*; Uc, *Umbrina canosai*.

también estuvieron asociadas a condiciones de vientos marítimos y marea bajante, pero a condiciones de bajas temperaturas y mayores precipitaciones en la parte inferior izquierda del diagrama de ordenación. *Brevoortia aurea* e *H. fissicornis* fueron las únicas especies asociadas a la marea creciente y condiciones de vientos continentales a la derecha del diagrama de ordenación. *Brevoortia aurea* estuvo también asociada a mayores temperaturas y escasas precipitaciones en la parte superior del diagrama, mientras que *H. fissicornis* estuvo asociada a las condiciones opuestas en la parte inferior del diagrama (Fig. 3.7).

### **3.3.3. Variación espacio-temporal de juveniles de peces colectados con red playera**

#### **3.3.3.1. Abundancia y diversidad**

Durante el período de estudio se colectaron un total de 22.240 individuos pertenecientes a 22 especies (Tabla 3.7). Las capturas estuvieron dominadas por organismos menores al año de vida en la mayoría de las especies, sobre la base de las longitudes de los peces examinados (Tabla 3.7). Sin embargo, las especies de pequeño tamaño como *Platanichthys platana*, *Ramnogaster arcuata* y *Jenynsia multidentata* (Whithead, 1985; Rosso, 2006) estuvieron representados tanto por estadios juveniles como adultos.

La mayoría de las especies fueron de origen marino a excepción de unas pocas especies de origen dulceacuícola, tales como: *J. multidentata*, *Oligosarcus jenynsii*, *Pimelodella laticeps* y *Rhamdia quelen* que fueron colectadas en el Estuario. Sólo *J. multidentata* estuvo presente, tanto en el estuario como en el arroyo Vivoratá. *Odontesthes argentinensis* fue la especie con mayor frecuencia de ocurrencia (F) en las

tres zonas (Tabla 3.7) con un 35,48 %F, 72,5 %F y 68,75 %F para las zonas de Rompiente, Estuario y Vivoratá, respectivamente. *Platanichthys platana* fue la especie más abundante (N) en la Rompiente (65,2 %N) y el Estuario (53.84 %N), mientras que *B. aurea* fue la especie más abundante en el Vivoratá (88.55 %N) (Tabla 3.7).

**3.7.** Porcentaje de abundancia de especies (%N), porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%F) y rango del Largo Total (TL, mm) de los peces juveniles colectados con red playera a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna Mar Chiquita entre los meses de septiembre de 2009 y abril de 2010. El desvío Standard se muestra entre paréntesis.

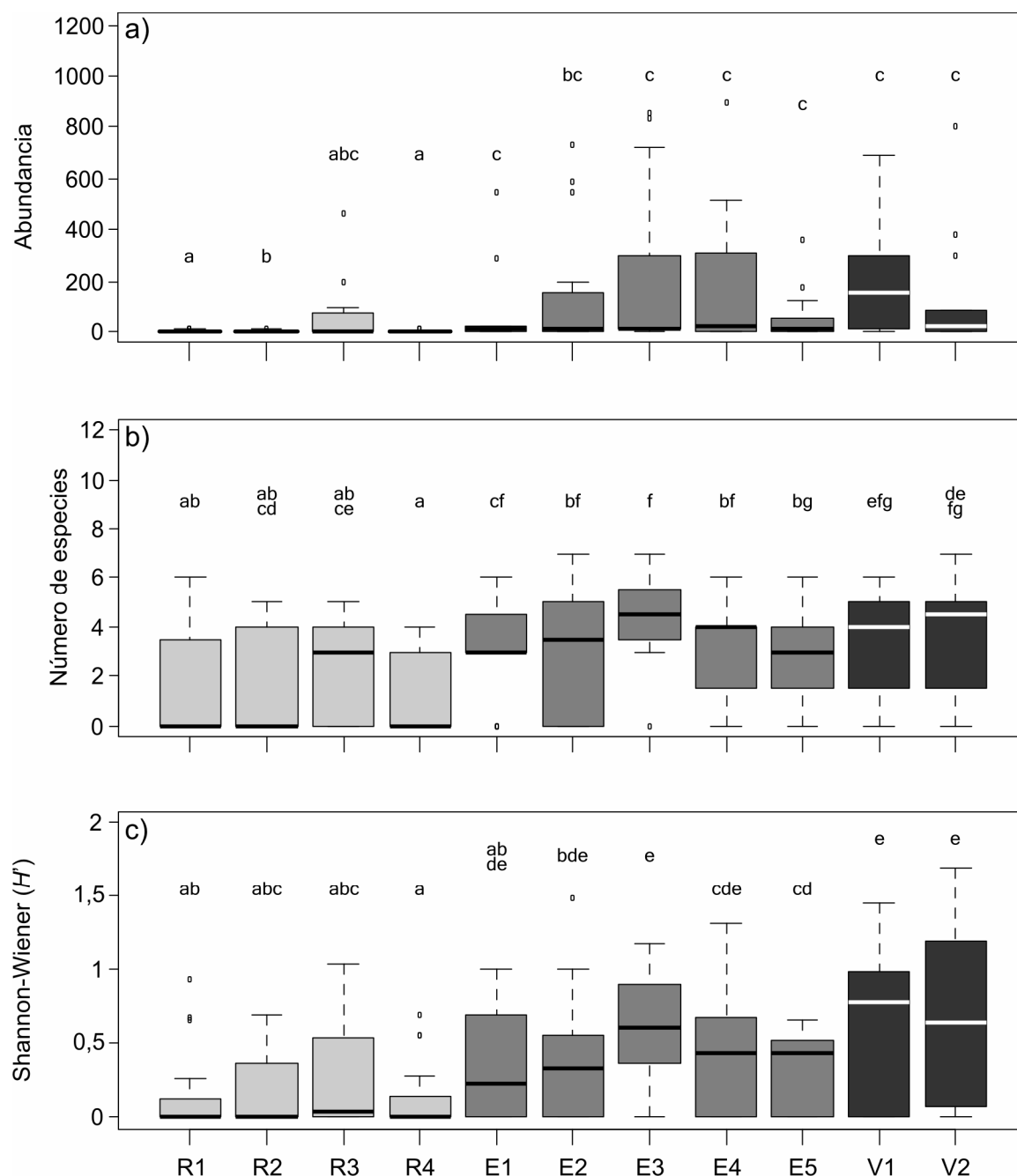
Especies	Rompiente			Estuario			Arroyo Vivoratá		
	%F	%N	LT (mm)	%F	%N	LT (mm)	%F	%N	LT (mm)
<i>Anchoa marinii</i>	-	-	-	5,00	0,03	35-48	-	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	12,90	25,44	20-90	47,50	35,26	14-119	59,38	88,55	21-90
<i>Diplectrum radiale</i>	-	-	-	1,25	0,00	59	-	-	-
<i>Diplodus argenteus</i>	-	-	-	7,50	0,25	17-71	6,25	0,01	24-44
<i>Hyleurochilus fissicornis</i>	-	-	-	-	-	-	3,13	0,01	33
<i>Jenynsia multidentata</i>	-	-	-	7,50	0,27	23-58	21,88	0,18	19-61
<i>Lycengraulis grossidens</i>	1,61	0,02	46	13,75	0,08	34-192	9,38	0,10	26-50
<i>Menticirrhus americanus</i>	1,61	0,04	33-37	12,50	0,08	22-102	3,13	0,07	65
<i>Micropogonias furnieri</i>	3,23	0,38	41-69	23,75	0,93	25-101	34,38	1,73	16-120
<i>Mugil liza</i>	8,06	0,09	25-104	13,75	0,18	24-38	31,25	2,15	25-80
<i>Odontesthes argentinensis</i>	35,48	7,72	32-192	72,50	6,80	22-190	68,75	13,60	9-170
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	-	-	-	2,50	0,04	46-68	-	-	-
<i>Oncopterus darwinii</i>	1,61	0,02	113	7,50	0,04	30-70	3,13	0,06	34-36
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	-	-	-	12,50	0,05	37-217	40,63	0,62	21-88
<i>Parona signata</i>	-	-	-	1,25	0,01	173	-	-	-
<i>Pimelodella laticeps</i>	-	-	-	1,25	0,01	99	-	-	-
<i>Platanichthys platana</i>	19,35	65,20	21-55	30,00	53,84	19-68	34,38	41,94	18-60
<i>Pogonias cromis</i>	-	-	-	1,25	0,01	56	12,50	0,05	27-87
<i>Prionotus punctatus</i>	-	-	-	1,25	0,01	157	-	-	-
<i>Ramnogaster arcuata</i>	9,68	1,08	22-46	22,50	2,07	19-62	31,25	3,77	19-58
<i>Rhamdia quelen</i>	-	-	-	2,50	0,06	71-110	-	-	-
<i>Trachurus lathami</i>	-	-	-	1,25	0,01	36	-	-	-
Abundancia promedio	42,6 (214,04)			153,62 (324,95)			228,44 (503,54)		
Cantidad de arrastres	62			80			32		

Una tendencia espacial de menores valores desde la Rompiente a mayores valores en el Vivoratá fue evidente en la abundancia y diversidad ( $H'$ ) promedios de juveniles por arrastre, mientras que el número de especies aumentó desde la Rompiente hacia el Estuario para luego disminuir en el arroyo Vivoratá (Tabla 3.7). La abundancia promedio de peces por arrastre fue mayor en las estaciones de muestreo de la zona del Estuario y del Vivoratá en comparación a las de la zona de Rompiente (Fig. 3.8a). La única excepción fueron las dos estaciones de muestreo de la zona de Rompiente (R2 y R3) cerca de la boca de la laguna, en donde la abundancia promedio fue similar a la de las dos primeras estaciones de muestreo (E1 y E2) de la zona del Estuario (Fig. 3.8a). Aunque el número promedio de especies fue menor en las estaciones de muestreo de la zona de Rompiente, la estación R4 fue la única que presentó diferencias entre todas las estaciones de muestreo de la zona del Estuario y las del Vivoratá (Fig. 3.8b). El número de especies colectadas en las estaciones de la Rompiente R2 y R3 (las más cercanas a la boca de la laguna), fue similar a casi todas las estaciones de muestreo del Estuario y a las del Vivoratá (Fig. 3.8b). La diversidad de peces juveniles, por otro lado, fue menor en las estaciones de muestreo de la Rompiente en relación a las del Vivoratá (Fig. 3.8c). Sólo la diversidad registrada en la estación R4 fue menor a la registrada en las estaciones de muestreo más internas del Estuario (Fig. 3.8c).

#### **3.3.3.2. Composición espacial y temporal**

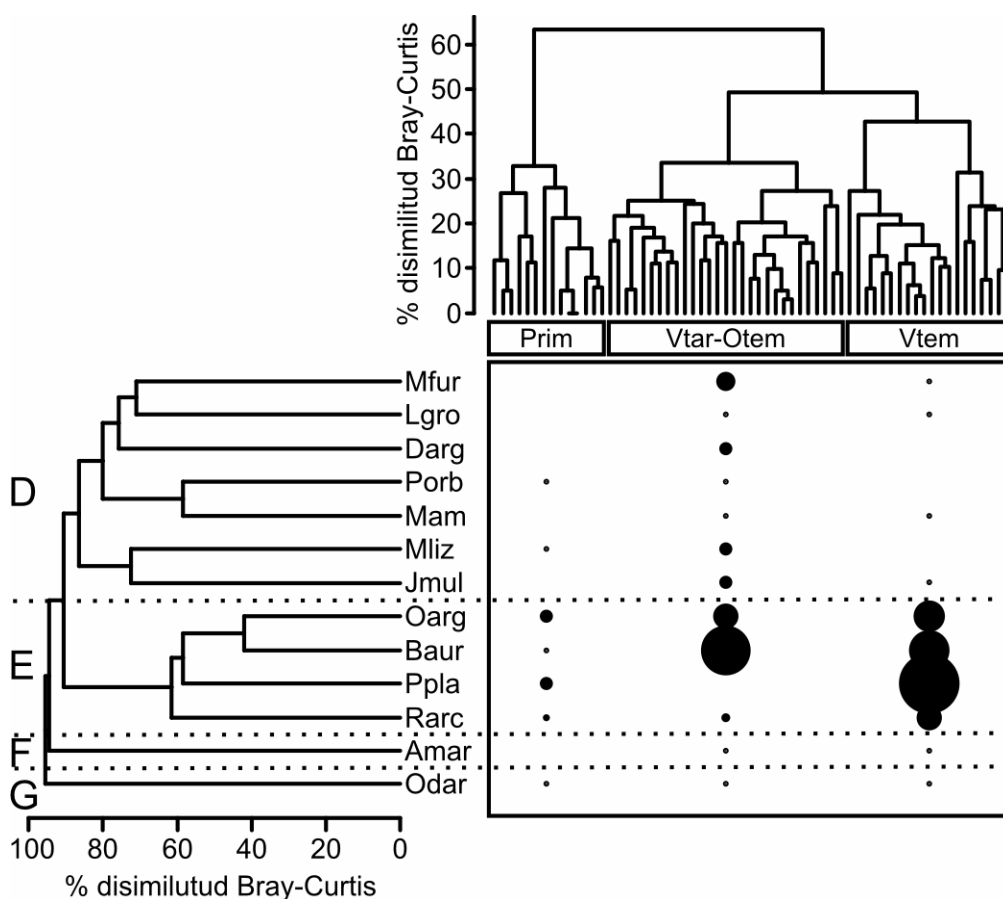
Dos grupos de estaciones de muestreo fueron definidos para la Rompiente con un 50% de similitud: un grupo que incluyó a los arrastres realizados en los meses de Primavera y Verano temprano (septiembre a enero) y otro grupo que abarcó a los realizados en los meses correspondientes al Verano tardío y Otoño temprano (febrero a

abril) (Fig. 3.9). El grupo Primavera-Verano temprano se caracterizó por bajas temperaturas (12-21°C), mayores precipitaciones (455,2 mm) y los vientos de dirección Norte (vientos continentales). Por otro lado, el grupo Verano tardío-Otoño temprano, se caracterizó por mayores temperaturas (12-26°C), menos lluvias (340,1 mm) y vientos de

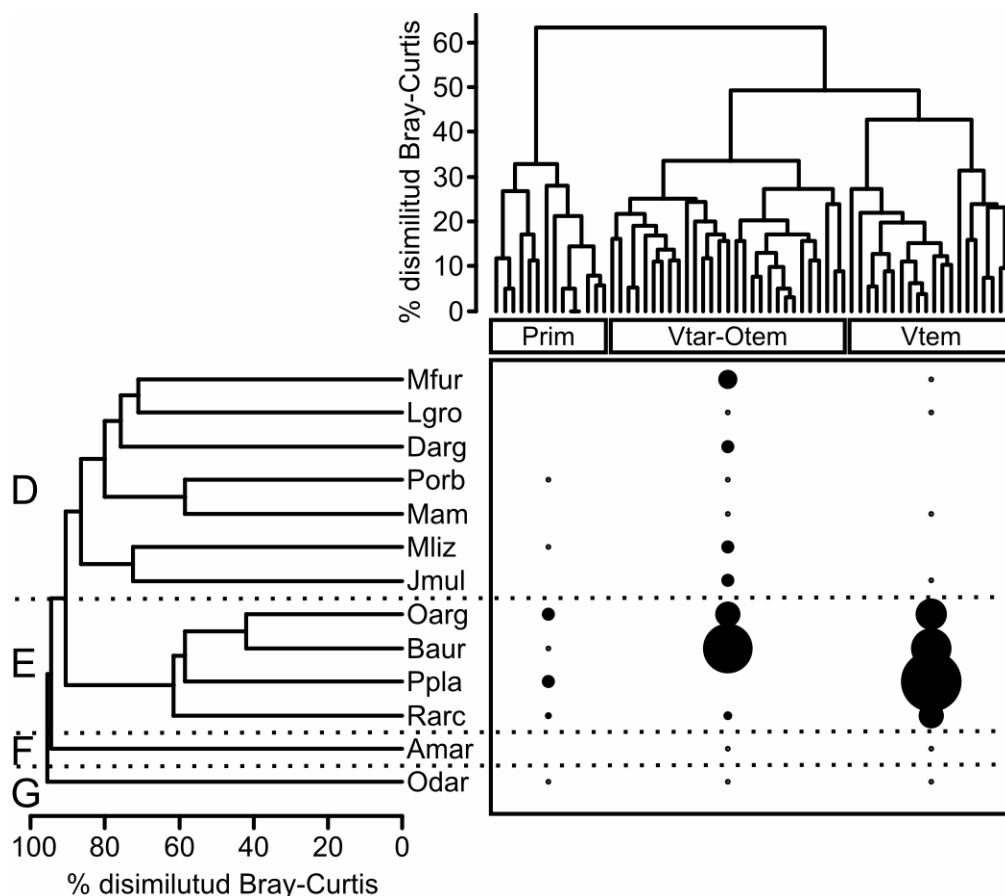


**Fig. 3.8.** Variación espacial en a) la abundancia de juveniles de peces, b) el número de especies y c) el índice de diversidad de Shannon-Wiener, a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna costera Mar Chiquita (mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil, máximo). Letras distintas indican diferencias significativas.

dirección Este (vientos marítimos). La composición de peces juveniles difirió entre los grupos de estaciones (Tabla 3.8). Tres ensambles de peces (A a C) fueron definidos con un nivel de similitud del 15% (Fig. 3.9). La abundancia del ensamble de peces A fue mayormente colectada en el grupo de estaciones de Primavera-Verano temprano. Los ensambles de peces B y C estuvieron cada uno compuesto por una única especie (*M.*



**Fig. 3.9.** Resultados del Análisis de Cluster, usando la medida de disimilitud de Bray-Curtis y la clasificación por medias de grupos, indicando la relación entre las agrupaciones de las estaciones de muestreo y los ensambles de peces para la zona de Rompiente. El tamaño de las burbujas es proporcional a la abundancia de especies colectadas durante cada temporada. Abreviaciones de temporadas: Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano; Prim-Vtem, Primavera-Verano temprano. Abreviaciones de especies: Rarc, *Ramnogaster arcuata*; Ppla, *Platanichthys platana*; Oarg, *Odontesthes argentinensis*; Baur, *Brevoortia aurea*; Mfur, *Micropogonias furnieri*; Mliz, *Mugil liza*.

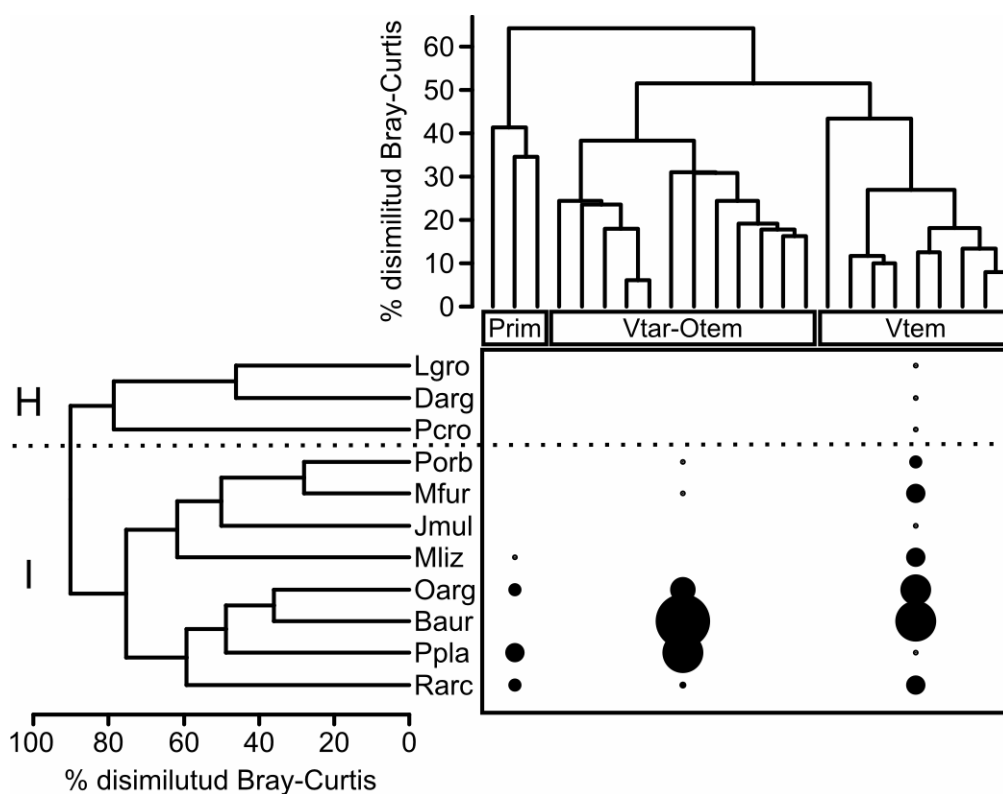


**Fig. 3.10.** Resultados del Análisis de Cluster, usando la medida de disimilitud de Bray-Curtis y la clasificación por medias de grupos, indicando la relación entre las agrupaciones de las estaciones de muestreo y los ensambles de peces para la zona del Estuario. El tamaño de las burbujas es proporcional a la abundancia de especies colectadas durante cada temporada. Abreviaciones de temporadas: Prim, Primavera; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano; Vtem, Verano temprano. Abreviaciones de especies: Mfur, *Micropogonias furnieri*; Lgro, *Lycengraulis grossidens*; Darg, *Diplodus argenteus*; Porb, *Paralichthys orbignyanus*; Mam, *Menticirrhus americanus*; Mliz, *Mugil liza*; Jmul, *Jenynsia multidentata*; Oarg, *Odontesthes argentinensis*; Baur, *Brevoortia aurea*; Ppla, *Platanichthys platana*; Rarc, *Ramnogaster arcuata*; Amar, *Anchoa marinii*; Odar, *Oncopterus darwini*.

*furnieri* y *Mugil liza*, respectivamente). La primera especie sólo estuvo presente en las estaciones del grupo de Verano tardío-Otoño temprano, mientras que la abundancia de la última especie fue similar en los dos períodos. *Brevoortia aurea*, *P. platana* y *O. argentinensis* fueron las especies que más contribuyeron (23,88%; 18,86% y 18,45%; respectivamente) a las diferencias observadas entre los grupos de estaciones (Tabla 3.9). La primera especie fue más abundante durante el período Verano tardío-Otoño

temprano, mientras que las dos últimas especies fueron más abundantes durante el período Primavera-Verano temprano.

Tres grupos de estaciones de muestreo fueron definidos para la zona del Estuario (Fig. 3.10) y del arroyo Vivoratá (Fig. 3.11), con un nivel de similitud del 50%: Para ambas zonas, el primer grupo estuvo conformado por las estaciones de muestreo correspondientes a Primavera (septiembre a noviembre), el segundo a las correspondientes al Verano temprano (diciembre y enero) y el tercero a las correspondientes al Verano tardío-Otoño temprano (febrero a abril). Para ambas zonas,



**Fig. 3.11.** Resultados del Análisis de Cluster, usando la medida de disimilitud de Bray-Curtis y la clasificación por medias de grupos, indicando la relación entre las agrupaciones de las estaciones de muestreo y los ensambles de peces para la zona del arroyo Vivoratá. El tamaño de las burbujas es proporcional a la abundancia de especies colectadas durante cada temporada. Abreviaciones de temporadas: Prim, Primavera; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano; Vtem, Verano temprano. Abreviaciones de especies: Lgro, *Lycengraulis grossidens*; Darg, *Diplodus argenteus*; Pcro, *Pogonias cromis*; Porb, *Paralichthys orbignyanus*; Mfur, *Micropogonias furnieri*; Jmul, *Jenynsia multidentata*; Mliz, *Mugil liza*; Oarg, *Odontesthes argentinensis*; Baur, *Brevoortia aurea*; Ppla, *Platanichthys platana*; Rarc, *Ramnogaster arcuata*.

el grupo de Primavera se caracterizó por temperaturas más bajas (12-19°C) que en Verano temprano (19-25°C), la cantidad de lluvia fue similar para las dos temporadas (217 y 238,2 mm; respectivamente) y los vientos de dirección Norte fueron dominantes durante la primera temporada, mientras que los de dirección Este fueron dominantes durante la última temporada. La composición de peces juveniles difirió significativamente entre los grupos de estaciones para la zona del Estuario y para la del arroyo Vivoratá (Tabla 3.8).

**Tabla 3.8.** Resultados del PERMANOVA de una vía, evaluando diferencias temporales en la composición de peces juveniles entre los grupos de estaciones de muestreo definidos por el Análisis de Cluster, para cada zona del gradiente marítimo-estuarino de la laguna Mar Chiquita. Abreviaciones de temporadas: Prim, Primavera; Vtem, Verano temprano; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano. gl: grados de libertad. \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ .

Zona	Fuente	gl	Media de Cuadrados	PseudoF	$\rho(\text{perm})$
Rompiente	Prim-Vtem vs. Vtar-Otem	1	1,204	5,508	5E-04 ***
Estuario	Prim vs. Vtem	1	1,971	10,802	9,99E-05 ***
	Prim vs Vtar-Otem	1	2,888	14,186	9,99E-05 ***
	Vtem vs.Vtar-Otem	1	2,538	15,142	9,99E-05 ***
Arroyo Vivoratá	Prim vs. Vtem	1	0,610	5,478	0,0018 **
	Prim vs Vtar-Otem	1	1,038	5,962	9,99E-04 ***
	Vtem vs.Vtar-Otem	1	1,263	11,111	2E-04 ***

Cuatro ensambles de peces (D a G) fueron definidos con un nivel de similitud del 15% para la zona del Estuario (Fig. 3.10). La mayor abundancia del ensamble D fue colectada esencialmente en el grupo de estaciones correspondientes a Verano tardío-Otoño temprano, mientras que la abundancia del ensamble E fue mayor en el grupo de estaciones correspondientes al Verano temprano. Los ensambles F y G estuvieron cada uno de ellos compuestos por una única especie (*A. marinii* y *Oncopterus darwinii*, respectivamente). La primera especie estuvo presente sólo en las temporadas del Verano temprano y en la del Verano tardío-Otoño temprano y su abundancia fue similar en

ambas temporadas, mientras que la abundancia de la última especie fue similar en las tres temporadas. El ensamble E fue el principal responsable de las diferencias

**Tabla 3.9.** Especies discriminantes (% de contribución) de la disimilitud entre los grupos de estaciones de muestreos definidos por el Análisis de Cluster y entre los cuales se verificaron diferencias a través del PERMANOVA de una vía, para cada zona del gradiente marítimo-estuarino de la laguna Mar Chiquita. Abreviaciones de temporadas: Prim, Primavera; Vtem, Verano temprano; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano.

	Rompiente	Estuario			Arroyo Vivoratá		
	Prim-Vtem vs. Vtar-Otem	Prim vs. Vtem	Prim vs. Vtar-Otem	Vtem vs. Vtar-Otem	Prim vs. Vtem	Prim vs. Vtar-Otem	Vtem vs. Vtar-Otem
Disimilitud (%)	74,42	75,03	82,52	71,05	64,96	81,26	64,74
Contribución por especie (%)							
<i>Anchoa marinii</i>	-	0,14	0,92	0,56	-	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	23,88	11,63	29,43	15,86	23,20	18,89	11,76
<i>Diplodus argenteus</i>	-	-	1,93	1,24	-	0,35	0,25
<i>Jenynsia multidentata</i>	-	0,29	2,65	1,64	-	4,35	2,70
<i>Lycengraulis grossidens</i>	-	1,61	1,37	1,45	-	0,90	0,66
<i>Menticirrhus americanus</i>	-	0,73	1,50	1,18	-	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	6,31	0,64	9,23	5,20	0,36	11,70	7,27
<i>Mugil liza</i>	2,33	0,55	3,99	1,89	2,73	7,81	5,26
<i>Odontesthes argentinensis</i>	18,45	18,56	15,92	10,20	12,41	9,30	9,43
<i>Oncopterus darwinii</i>	-	1,21	0,04	0,41	-	1,35	-
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	-	0,32	2,69	1,16	1,51	8,48	5,01
<i>Platanichthys platana</i>	18,86	29,39	9,12	22,73	17,34	9,37	16,22
<i>Pogonias cromis</i>	-	-	-	-	-	-	0,88
<i>Ramnogaster arcuata</i>	4,59	9,98	2,47	7,52	7,40	8,76	5,28

encontradas entre los grupos de estaciones (Tabla 3.9). *Platanichthys platana* fue la especie que más contribuyó a las diferencias significativas observadas entre los grupos de estaciones de Primavera y Verano temprano (29,39%) y entre el grupo de estaciones de Verano temprano y de Verano tardío-Otoño temprano (22,73%). Esta especie fue

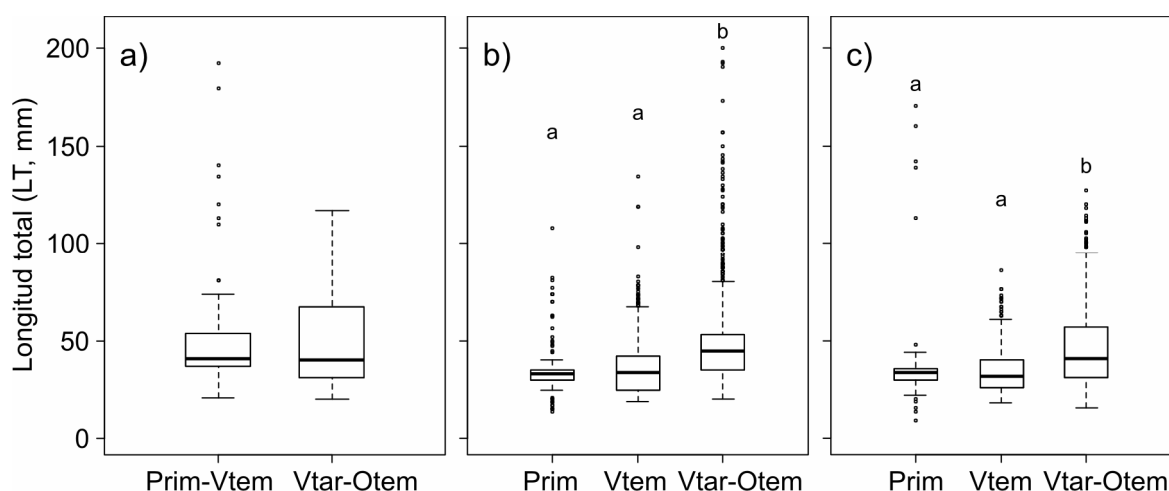
más abundante durante la temporada de Verano temprano. *Brevoortia aurea*, por otro lado, fue la que más contribuyó a las diferencias observadas entre los grupos de estaciones de Verano temprano y Verano tardío-Otoño temprano (29,49%), siendo más abundante durante la última temporada.

Dos ensambles de peces (H e I) fueron definidos con un nivel de similitud del 15% en la zona del arroyo Vivoratá (Fig. 3.11). La abundancia del ensamble H fue mayor durante el grupo de estaciones de muestreo de Verano temprano. La abundancia del ensamble de peces I fue mayor en las estaciones de muestreo correspondientes a las temporadas de Verano temprano y de Verano tardío-otoño temprano. El ensamble de peces I fue el principal responsable de las diferencias encontradas entre los grupos de estaciones (Tabla 3.9). *Brevoortia aurea* fue la especie que más contribuyó a las diferencias entre los grupos de Primavera y Verano temprano (23,2%), y a las diferencias encontradas entre Primavera y Verano tardío-otoño temprano (18,89%). *Platanichthys platana*, por otro lado, fue la especie que más contribuyó a las diferencias entre los grupos de Verano temprano y Verano tardío-Otoño temprano (16,22%). *Brevoortia aurea* no se encontró durante la temporada de Primavera, mientras que *P. platana* fue más abundante durante la temporada de Verano temprano.

### 3.3.3.3. Variación en las clases de tallas

Las tallas de los peces juveniles colectados en la zona de Rompiente no fueron diferentes entre las temporadas definidas por el AC (Tabla 3.10; Fig. 3.12a). Se observó una moda en la distribución de frecuencias de tallas entre los 30 y 49 mm TL durante el periodo de Primavera-Verano temprano y para la clase de 20 – 39 mm TL durante el periodo de Verano tardío-Otoño temprano (Anexo, Fig. 1.2a).

En la zona del Estuario y en la del Vivoratá se evidenciaron las mismas tendencias temporales en la frecuencia de tallas de peces colectados. En ambos ambientes las tallas de los peces colectados fueron mayores durante el Verano tardío-Otoño temprano en relación a las de aquellos colectados en Primavera y en Verano temprano (Tabla 3.10; Fig. 3.12b, c). Así mismo, tanto en el Estuario como en el



**Fig. 3.12.** Variación temporal en la longitud total (LT) de juveniles de peces colectados en a) la zona de Rompiente, b) la zona del Estuario y c) la zona del arroyo Vivoratá. Letras diferentes denotan diferencias significativas.

**Tabla 3.10.** Resultados del test de comparación de medianas de Mann-Whitney para evaluar diferencias en las tallas (TL) de juveniles de peces colectados entre zonas de muestreo durante el periodo de estudio. Prim: Primavera, Vtem: Verano temprano, Vtar: Verano tardío. \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Zona	Fuente	<i>W</i>	<i>p</i>	
Rompiente	Prim-Vtem vs. Vtar-Otem	32360,5	0,8558	ns
Estuario	Prim vs. Vtem	114429,5	0,5566	ns
	Prim vs. Vtar-Otem	52329,5	2,2E-16	***
	Vtem vs. Vtar-Otem	569030	2,2E-16	***
Vivoratá	Prim vs. Vtem	74836	0,3901	ns
	Prim vs. Vtar-Otem	49429	2,2E-16	***
	Vtem vs. Vtar-Otem	236748	2,2E-16	***

Vivoratá, se observó una moda en la distribución de frecuencias de tallas para la clase de 30 – 39 mm TL durante la Primavera (Anexo, Fig. 1.2b, c). Durante el Verano temprano, la distribución de frecuencias de tallas presentó una moda para la clase de 20

– 29 mm LT en el Estuario (Anexo, Fig. 1.2b) y para la clase de 20 – 39 mm LT en el Vivotatá (Anexo, Fig. 9.1.2c). Por el contrario, en el periodo de Verano tardío-Otoño temprano la moda en la distribución de frecuencia de tallas se observó en un rango mayor (40 – 49 mm LT) en el Estuario en comparación a la del Vivotatá (30 – 39 mm LT) (Anexo, Fig. 1.2b, c).

#### **3.3.3.4. Composición en relación con las variables ambientales**

Los resultados del ACC mostraron una relación entre las variables ambientales y los ensambles de peces definidos para cada zona. La Tabla 3.11 resume los resultados de ACC para cada zona, las correlaciones entre las variables ambientales con los ejes del ACC y la significancia de los ejes del ACC y las variables ambientales según el test de permutaciones.

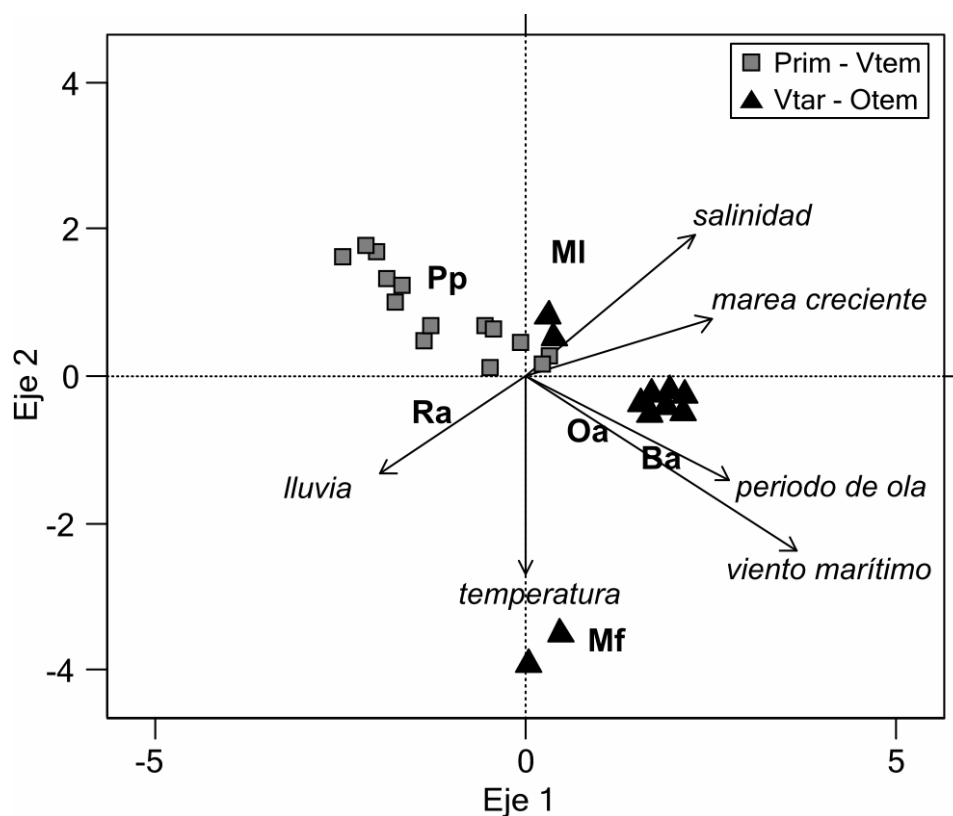
Para la zona de Rompiente, el ACC explicó el 61,75% de la variabilidad total encontrada en la relación entre las variables ambientales y la composición de las especies (Fig. 3.13). La transparencia del agua y la velocidad del viento no fueron incluidos en el análisis ya que su contribución no fue significativa (test de permutaciones:  $F = 1,81$ ;  $p = 0,274$ ; y  $F = 1,49$ ;  $p = 0,2695$ ; respectivamente). La dirección del viento, el periodo de la ola, el estado de marea, la salinidad y las precipitaciones estuvieron correlacionados con el eje 1, y distinguieron el grupo de estaciones de muestreo de Verano tardío-Otoño temprano con vientos marítimos, mayor periodo de olas, marea creciente, mayor salinidad y bajas precipitaciones sobre la derecha del diagrama (triplot), y al grupo de Primavera-Verano temprano con las condiciones opuestas a la izquierda (Fig. 3.13). Sin embargo, de acuerdo a la longitud de los vectores (Tabla 3.11), la dirección del viento y el periodo de las olas

**Tabla 3.11.** Resultados del Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) sobre la abundancia de juveniles [transformada como  $\log(x + 1)$ ] colectados con red playera en las tres zonas de muestreo y correlaciones entre las variables ambientales con los ejes del ACC. sd: sin datos; ns: no significativo.

	Rompiente					Estuario					Arroyo Vivoratá				
<i>Resultados del ACC</i>															
Ejes	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Autovalores	0,48	0,36	0,13	0,04	0,02	0,39	0,07	0,04	0,02	0,01	0,35	0,11	0,04	0,03	0,02
% de variabilidad explicada acumulada	28,6	49,8	57,8	60,3	61,7	22,4	26,7	29,2	30,2	30,5	30,3	39,1	42,6	44,9	46,1
Correlación especies-variables ambientales	0,93	0,75	0,76	0,52	0,46	0,92	0,67	0,48	0,36	0,27	0,89	0,73	0,56	0,52	0,37
Variabilidad total	1,688					1,739					1,138				
Variabilidad explicada	1,043					0,53					0,525				
<i>Correlaciones entre variables ambientales y ejes del ACC</i>															
Variables	Eje 1		Eje 2		Eje 1		Eje 2		Eje 1		Eje 2				
Viento marítimo	0,749		-0,403		0,822		0,042		0,835		0,122				
Marea creciente	0,514		0,128		-0,331		0,336		ns		ns				
Periodo de ola	0,564		-0,246		sd		sd		sd		sd				
Temperatura	-0,005		-0,455		0,798		-0,249		0,665		0,345				
Salinidad	0,467		0,324		ns		ns		-0,344		0,458				
Transparencia	ns		ns		0,209		0,065		0,744		0,026				
Lluvia	-0,408		-0,224		-0,735		-0,208		-0,499		-0,185				

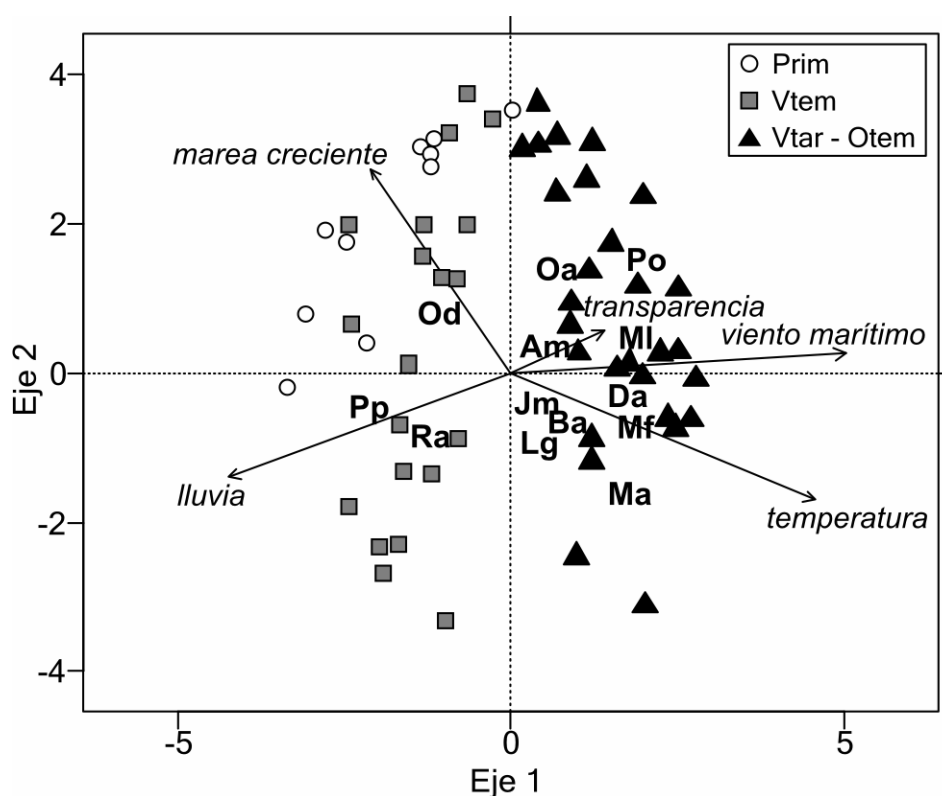
fueron las variables que más contribuyeron a la variabilidad explicada de la ACC. La temperatura se correlacionó mejor con el eje 2 y se distinguieron las estaciones de muestreo asociados a condiciones con mayores temperaturas en la parte inferior del diagrama. También se observaron asociaciones entre los parámetros ambientales y la abundancia de las especies más abundantes (Fig. 3.13). La mayoría de las especies (*M. liza*, *B. aurea*, *M. furnieri* y *O. argentinensis*) se asociaron con vientos marítimos, mayor periodo de olas, marea creciente, mayor salinidad y bajas precipitaciones. La primera especie también se asoció a condiciones de menores temperaturas, junto con *P. platana*.

Para la zona del Estuario, el ACC explicó el 30,46% de la variabilidad total encontrada en la relación entre las variables ambientales y la composición de las especies (Fig. 3.14). La salinidad del agua y la velocidad del viento fueron retirados del análisis ya que su contribución no fue significativa (test de permutaciones:  $F = 1,59$ ;  $p = 0,211$ ; y  $F = 0,47$ ;  $p = 0,933$ ; respectivamente). La dirección del viento, la temperatura, la transparencia y la lluvia fueron las variables que mejor se correlacionaron con el eje 1, y distinguieron por un lado, a las estaciones de muestreo correspondientes a la temporada de Verano tardío-Otoño temprano con vientos marítimos, mayor temperatura, mayor transparencia y bajas precipitaciones sobre el lado derecho del diagrama (triplot),



**Fig. 3.13.** Diagrama de ordenación (triplot) de los resultados del ACC para la zona de Rompiente. Las flechas representan a las variables ambientales seleccionadas. Abreviaciones de temporadas: Prim-Vtem, Primavera-Verano temprano; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano. Abreviaciones de las especies: Ba, *Brevoortia aurea*; Mf, *Micropogonias furnieri*; MI, *Mugil liza*; Oa, *Odontesthes argentinensis*; Pp, *Platanichthys platana*; Ra, *Ramnogaster arcuata*.

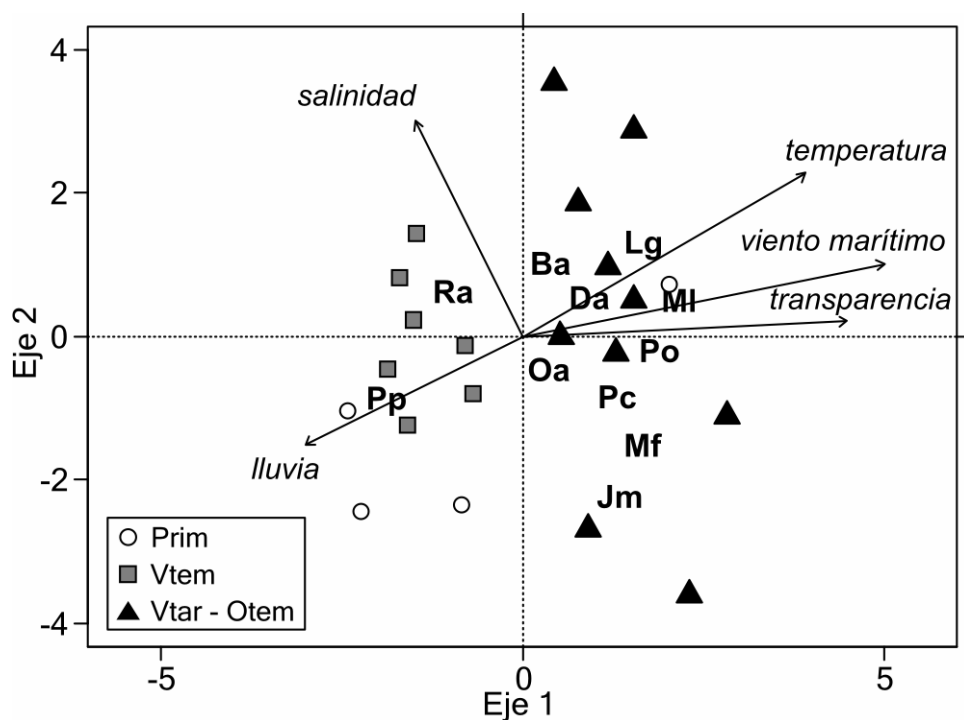
y por el otro lado a las correspondientes a Primavera y Verano temprano con las condiciones opuestas sobre la izquierda (Fig. 3.14). Sin embargo, de acuerdo a la longitud de los vectores (Tabla 3.11), la dirección del viento y la temperatura fueron las variables que más contribuyeron a la variabilidad explicada del ACC. El estado de marea se correlacionó mejor con el eje 2 y distinguió a las estaciones de muestreo asociados a marea creciente sobre la parte superior del diagrama. También se observaron asociaciones entre los parámetros ambientales y las especies más abundantes (Fig. 3.14). La mayoría de las especies (*A. marinii*, *M. liza*, *O. argentinensis*, *P. orbignyanus*, *B. aurea*, *M. furnieri*, *J. multidentata*, *Diplodus argenteus*, *L. grossidens* y



**Fig. 3.14.** Diagrama de ordenación (tripplot) de los resultados del ACC para la zona del Estuario. Las flechas representan a las variables ambientales seleccionadas. Abreviaciones de temporadas: Prim, Primavera; Vtem, Verano temprano; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano. Abreviaciones de las especies: Am, *Anchoa marinii*; Ba, *Brevoortia aurea*; Da, *Diplodus argenteus*; Jm, *Jenynsia multidentata*; Lg, *Lycengraulis grossidens*; Ma, *Menticirrhus americanus*; Mf, *Micropogonias furnieri*; Mi, *Mugil liza*; Oa, *Odontesthes argentinensis*; Od, *Oncopterus darwinii*; Po, *Paralichthys orbignyanus*; Pp, *Platanichthys platana*; Ra, *Ramnogaster arcuata*.

*Menticirrhus americanus*) estuvieron asociadas a vientos marítimos, mayor temperatura, mayor transparencia y bajas precipitaciones. Las primeras cuatro especies también estuvieron asociadas a condiciones de marea creciente junto con *O. darwinii*.

Para la zona del arroyo Vivoratá, el ACC explicó el 46,12%, de la variabilidad total encontrada en la relación entre las variables ambientales y la composición de las especies (Fig. 3.15). El estado de marea y velocidad del viento fueron retirados del análisis ya que no presentaron una contribución significativa (test de permutaciones:  $F = ,45$ ;  $p = 0,856$ ; y  $F = 1,29$ ;  $p = 0,239$ ; respectivamente). La dirección del viento, la temperatura, la transparencia y la lluvia fueron las variables que mejor se correlacionaron con el eje 1, y distinguieron por un lado, a las estaciones de muestreo correspondientes a la temporada de Verano tardío-Otoño temprano con vientos marítimos, mayor temperatura, mayor transparencia y bajas precipitaciones sobre el lado derecho del diagrama (triplot) y por el otro lado, a las estaciones de muestreo correspondientes a las temporadas de Primavera y Verano temprano con las condiciones opuestas sobre la izquierda (Fig. 3.15). Sin embargo, de acuerdo a la longitud de los vectores (Tabla 3.11), la dirección del viento y la transparencia fueron las variables que más contribuyeron a la variabilidad explicada de la ACC. La salinidad se correlacionó mejor con el eje 2 y distinguió las estaciones de muestreo asociadas con condiciones de mayor salinidad sobre la parte superior del diagrama. También se observaron asociaciones entre los parámetros ambientales y las especies más abundantes (Fig. 3.15). La mayoría de las especies (*B. aurea*, *D. argenteus*, *L. grossidens*, *M. liza*, *O. argentinensis*, *P. orbignyanus*, *M. furnieri*, *J. multidentata*, y *Pogonias cromis* se asociaron con vientos marítimos, mayor temperatura, mayor transparencia y bajas precipitaciones. Las primeras cuatro especies también estuvieron asociadas a valores altos de salinidad, junto con *R. arcuata*.



**Fig. 3.15.** Diagrama de ordenación (triplot) de los resultados del ACC para la zona del arroyo Vivoratá. Las flechas representan a las variables ambientales seleccionadas. Abreviaciones de temporadas: Prim, Primavera; Vtem, Verano temprano; Vtar-Otem, Verano tardío-Otoño temprano. Abreviaciones de las especies: Ba, *Brevoortia aurea*; Da, *Diplodus argenteus*; Jm, *Jenynsia multidentata*; Lg, *Lycengraulis grossidens*; Mf, *Micropogonias furnieri*; MI, *Mugil liza*; Oa, *Odontesthes argentinensis*; Po, *Paralichthys orbignyanus*; Pp, *Platanichthys platana*; Po, *Pogonias cromis*; Ra, *Ramnogaster arcuata*.

### 3.4. Discusión

#### 3.4.1. El sistema de la laguna Mar Chiquita como área de cría para etapas tempranas de vida de peces costeros

Según los resultados obtenidos durante el presente estudio, es posible afirmar que todo el gradiente marítimo-estuarino funciona como una extensa área de cría para etapas tempranas de peces, no rechazando la hipótesis planteada; cumpliendo la zona de rompiente entre medio de la zona marítima y de la zona estuarina un papel menos importante como área de cría y actuando sólo como un corredor transitorio. Estos

resultados permiten ampliar la incumbencia como área de cría de la laguna Mar Chiquita en las etapas larvales de peces, al menos hasta donde es percibida la acción de las mareas, siendo que antes era considerada como tal sólo para estadios juveniles (e.g., Cousseau *et al.*, 2001; González-Castro *et al.*, 2009). No fue posible establecer un patrón definido de uso del área por una especie o un conjunto de ellas, tal como propusieron Weinstein *et al.* (1980) en el estuario del río Cape Fear (EE. UU.) o Weiss (1981) en el canal de acceso de la laguna de Los Patos (Brasil). Sin embargo, es posible plantear un patrón generalizado de uso de todo el sistema. Rememorando las dos fases principales de movimiento necesarias para el reclutamiento hacia los estuarios planteadas por Boehlert & Mundy (1988), acumulación de organismos en la zona costera y congregación de los mismos hacia la desembocadura de estuarios y posterior paso a través de ellas, es posible pensar que la zona marítima cercana a la desembocadura de Mar Chiquita esté actuando como un lugar de acumulación. Sin embargo, esta zona puede que no tenga como único fin la acumulación de organismos para el siguiente paso: congregación y entrada a Mar Chiquita. Por ejemplo, ha sido establecido que la zona marítima cercana a la desembocadura del estuario Swartvlei (Whitfield 1989a) así como a la del estuario Kleinemonde (Cowley *et al.* 2001), ambos ubicados en Sudáfrica, funcionan sólo como sitios de reproducción, y que a través de transporte pasivo mediado por corrientes, larvas tempranas (< 9 mm) son arrastradas hasta la zona de rompiente adyacente a la desembocadura de ambos estuarios. Si bien este sitio es sólo transitorio, en él alcanzan tallas de hasta 12 mm para luego entrar en forma activa a los estuarios como postlarvas (10 - 15 mm). De esta forma, ambos estuarios cumplirían un rol como área de cría sólo de etapas juveniles y las zonas marítimas cumplirían un rol de acumulación de etapas más tempranas.

La presencia de huevos planctónicos de *B. aurea* y de larvas vitelinas y en preflexión, como por ejemplo de *B. aurea*, *H. fissicornis*, *G. parri*, en toda el área de estudio sugieren que los eventos reproductivos, al menos de estas especies, podrían tener lugar tanto dentro de la laguna como en la zona marítima cercana a Mar Chiquita. Sin embargo, debido a que se ha reportado una ausencia de peces adultos, correspondientes a la categoría de pelagófilos, en estadio de reproducción (hembras con oocitos hidratados y machos fluyentes) en el interior de la laguna (Cousseau *et al.*, 2011), debemos suponer que la mayor parte de los huevos y larvas colectadas en este estudio provienen de puestas en la zona marítima. Existe evidencia de que la zona marítima adyacente a estuarios funciona sólo como un área de acumulación, y que a partir de determinada talla, larvas de peces incursionan en los estuarios (Whitfield 1989a; Cowley *et al.* 2001). Contrariamente a lo observado por estos autores, la presencia de estadios larvales (en preflexión y postflexión) y de juveniles, tanto dentro como fuera de la laguna, da la pauta de que no existe un recorrido obligatorio desde el mar y hacia Mar Chiquita en las historias de vida de los peces que hacen uso de este sistema. Es decir, no necesariamente los peces deban esperar hasta una cierta talla en el área de acumulación (la zona marítima) para ingresar a la laguna Mar Chiquita, sino que ambos ambientes pueden funcionar como área de cría. Sin embargo, dada la mayor tasa de producción en el interior de la laguna (Marcovecchio *et al.*, 2006) y la escasa profundidad que limita el ingreso de predadores de mayor tamaño (e.g., condrictios; Lucifora, 2001), confiere a la zona interna de la laguna la particularidad de ser una oferta más atractiva para los peces y, si algún factor facilita el ingreso de los estadios más tempranos, tendrán mayor probabilidad de supervivencia.

Existe evidencia que ilustra como las conductas adaptativas pueden otorgar a los individuos de una misma especie la capacidad de responder con eficacia a las diferentes

condiciones ambientales locales. Por ejemplo, la puesta en el mar y el subsiguiente ingreso de huevos y larvas tempranas dentro de la laguna es también el ciclo de vida más común para los peces que habitan en la Laguna de los Patos (sur de Brasil) (Muelbert & Weiss, 1991). A pesar del mayor tamaño en superficie de la Laguna de los Patos (10.360 km<sup>2</sup>) en comparación con la laguna costera Mar Chiquita (46 km<sup>2</sup>), ambos sistemas tienen una forma muy similar, comparten mucha de la ictiofauna que hospedan (e.g., Cousseau *et al.*, 2001; García *et al.*, 2003; González-Castro *et al.*, 2009) y la estrategia reproductiva dominante para los peces (es decir, "reproductores marinos" *sensu* Whitfield, 1999) es la misma. Sin embargo, entre ambas lagunas está ubicado el estuario del Río de la Plata (35° S) que se caracteriza porque las puestas por parte de peces que liberan huevos planctónicos dentro del estuario es un evento bastante común (e.g., Acha *et al.*, 2008). Es decir, varias especies de peces, tanto en la Laguna de los Patos como en la laguna Mar Chiquita que se reproducen en el mar, lo hacen en el interior del estuario del Río de la Plata, donde se ha propuesto la existencia de mecanismos de retención para el plancton (Acha *et al.*, 1999; Braverman *et al.*, 2009; Simionato *et al.*, 2008).

#### **3.4.2. Gradientes ambientales y patrones de diversidad y abundancia**

El gradiente ambiental más notorio fue la disminución de la salinidad desde la zona Marítima hacia la zona del arroyo, aguas arriba. La transparencia fue menor en la zona de Rompiente y a lo largo del gradiente estuarino disminuyó desde la boca de la laguna hacia aguas arriba. Estos patrones de variación son típicos de sistemas estuarinos, que se caracterizan por gradientes abióticos resultantes de la convergencia de los

ambientes de agua dulce y los ambientes marinos adyacentes (e.g., Weinstein *et al.*, 1980; Martino & Able, 2003).

Para comprender la variabilidad en los patrones de reclutamiento hacia los estuarios es necesario conocer cómo es la conexión entre las aguas costeras y los mismos (Harris *et al.*, 2001). Este conocimiento también puede ayudar en la comprensión de la dependencia de los estuarios como zonas de cría (Harris *et al.*, 2001). Una mayor diversidad de especies seguida de una gradual disminución a lo largo del gradiente marítimo-estuarino es de esperar en aquellos estuarios donde la comunidad de peces está dominada por especies de origen marino (e.g., Muelbert & Weiss, 1991; Harris *et al.*, 2001). Aunque durante el presente estudio, todas las especies de peces colectadas con red de plancton fueron de origen marino, no se observó un claro gradiente en la diversidad y en la densidad de larvas de peces, como fue observado por Harris *et al.* (2001) en el gradiente marítimo-estuarino del estuario Santa Lucía (Sudáfrica). Sin embargo, se observó que el promedio de número de especies colectadas por estaciones de muestreo fue mayor en la zona Marítima, disminuyó notablemente en la zona de Rompiente y volvió a aumentar en la zona del Estuario. De un total de 19 especies colectadas en el presente estudio, sólo cinco: *E. anchoita*, *P. paru*, *P. porosissimus*, *S. brasiliensis* y *U. canosai*, estuvieron restringidas a la zona Marítima, lo que da cuenta de que un gran número de especies de peces de origen marino utilizan al sistema estuarino de la laguna Mar Chiquita como zona de cría de larvas.

Los patrones espaciales en la abundancia, riqueza de especies y la diversidad promedios de los peces juveniles colectados con red playera por estaciones de muestreo relacionados con los gradientes ambientales observados fueron evidentes, observándose un aumento progresivo desde la zona de Rompiente hacia zonas más internas del Estuario. La salinidad se ha catalogado como un factor importante en el proceso de

reclutamiento de peces juveniles hacia los estuarios (Blaber & Blaber, 1980; Whitfield, 1994; Martino & Able, 2003). Sin embargo, a pesar de que Whitfield (1994) observó que el gradiente de salinidad fue el factor más importante para la inmigración de los peces juveniles en los estuarios, el autor sugirió que las señales olfativas asociadas con aportes fluviales y por lo tanto con la descarga de aguas estuarinas hacia el mar, son los principales factores que estimulan la inmigración de las especies eurihalinas de peces hacia los estuarios y no la salinidad *per se*. Por otra parte, la importancia de la turbidez en el reclutamiento de los peces juveniles hacia estuarios ha sido también señalada (Harris *et al.*, 2001), y se basa principalmente en la protección contra la depredación por parte de predadores visuales, tanto interespecífica como intraespecífica (Cyrus & Blaber, 1987). Los gradientes de temperatura también han sido reconocidos como importantes en el reclutamiento de peces hacia sistemas estuarinos (Weinstein *et al.*, 1980; Martino & Able, 2003), pero en nuestro caso de estudio no fueron evidentes. La falta de un gradiente de temperatura en el sistema estuarino de la laguna Mar Chiquita puede deberse a la respuesta rápida de la columna de agua a los cambios térmicos del medio ambiente debido a la muy poca profundidad del sistema (Reta *et al.*, 2001).

La zona de Rompiente presentó los valores más bajos de abundancia, riqueza y diversidad de peces, tanto en estadio larval como juvenil. La naturaleza dinámica de las zonas de Rompiente crea un hábitat muy heterogéneo (Watt-Pringle & Strydom, 2003), con aumento de los niveles de estrés ambiental (perturbación), que generalmente se han considerado que disminuyen la diversidad (Harris & Cyrus, 2000). Por otra parte, el hecho de que todas las especies colectadas en la zona de Rompiente también estuvieron presentes en la zona del Estuario y/o en la zona Marítima (en el caso de larvas) y/o en el arroyo Vivoratá (en el caso de juveniles), da cuenta de que la zona de Rompiente es un área que no se utiliza como una zona de cría complementaria, sino más bien como un

corredor transitorio para etapas tempranas de vida de peces entre la zona donde fueron producidos mar adentro y la zona de cría dentro del sistema de Mar Chiquita. Aunque existe evidencia de la utilización de las zonas de Rompientes adyacentes a las desembocaduras de estuarios como zonas de cría de larvas y de juveniles de peces (e.g., Whitfield, 1989b; Harris *et al.* 2001; Watt-Pringle & Strydom, 2003), Kjerfve & Magill (1989) indicaron que lagunas semi-obturadas (como Mar Chiquita) se encuentran ubicadas generalmente sobre costas con alta energía de olas y con una deriva litoral significativa. Por lo tanto, la condiciones inhóspitas de este sistema en particular puede no ser adecuado para la retención de las larvas de peces, como fue observado por Neira & Potter (1992) en la entrada del estuario Wilson (Australia) y por Cowley *et al.* (2001) en el estuario Kleinemonde Este (Sudáfrica).

Durante el presente estudio no fue posible realizar un muestreo de juveniles de peces en la zona Marítima tal como el realizado para larvas. Sin embargo, Díaz de Astarloa *et al.* (2011) estudiaron la diversidad de peces en el área Marítima de influencia de la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, encontrando un total de 32 especies (10 cartilagosos y 22 óseos), de las cuales 10 estuvieron presentes también dentro la laguna durante el presente estudio (Tabla 3.12). Comparando los resultados de Díaz de Astarloa *et al.* (2011) con los obtenidos en este estudio, se concluye que, a pesar de que la diversidad aumentó desde la zona de rompiente hacia el interior de la laguna Mar Chiquita como era de esperarse, existe sin embargo, una mayor diversidad en la zona marítima de influencia de la laguna, tal como fue observado por Harris *et al.* (2001) en el estuario de Santa Lucia (Sudáfrica) y por Martino & Able (2003) en el estuario del río Mullica-Bahía Grande (EE.UU.). Más aún, de las 32 especies presentes en la zona Marítima, se sabe que al menos 11 de ellas incluyen peces óseos como ítem presa (Cousseau & Perrota, 2004; Cousseau *et al.*, 2004), mientras que de las 28

especies citadas por González-Castro *et al.* (2009) en estadio adulto dentro de la laguna, sólo 2 (*P. orbignyana*; Rivera-Prisco *et al.*, 2001; y *Cynoscion guatucupa*; Blasina, 2013) se alimentan de peces. Por lo tanto, el ingreso de juveniles desde el mar hacia la laguna, además de proveerles de mayor abundancia de alimento y condiciones de mayor temperatura favorables para su desarrollo, también les provee un entorno donde hay menos peces ictiófagos en comparación a las aguas externas; aunque si deban enfrentarse con un mayor número de aves ictiófagas como por ejemplo: el rayador *Rynchops niger* (Mariano-Jelicich *et al.*, 2003), el macá grande *Podiceps major* (Josens *et al.*, 2010) y diversas especies de gaviotas (Favero & Silva-Rodríguez, 2004).

Dentro de la laguna Mar Chiquita, las larvas de la especie *B. aurea* fueron dominantes, seguidas en orden de importancia por larvas de *M. furnieri* y de la Familia Engraulidae. Las comunidades de ictioplancton de los estuarios ubicados sobre el Atlántico Sudoccidental parecen estar fuertemente estructuradas en torno a especies de las Familias Clupeidae, Engraulidae y Sciaenidae (Muelbert & Weiss, 1991; Berasategui *et al.*, 2004; Hoffmeyer *et al.*, 2009), en concordancia con nuestros resultados. Aunque la Familia Clupeidae es también un grupo dominante en estuarios similares de Australia (Gaughan *et al.*, 1990) y Sudáfrica (Harris & Cyrus, 1995; Harris *et al.*, 1999), especies de la Familia Gobiidae son el componente principal de las larvas de peces, y en nuestro caso de estudio, fue un grupo dominante fuera de la laguna Mar Chiquita. Todos estos ejemplos corroboran el hecho de que estas Familias utilizan los sistemas estuarinos costeros durante su ciclo de vida, sin importar su escala espacial ni los mecanismos de intercambio de agua que existan con el mar (Macedo-Soares *et al.*, 2009).

Finalmente, la presencia de *D. argenteus*, *Prionotus punctatus* e *H. fissicornis* durante el presente estudio constituyó el primer registro de estas especies

**Tabla 3.12.** Presencia (+), ausencia (-) y rango de largo total (LT, mm) de especies colectadas durante el presente estudio en comparación con los resultados obtenidos por Díaz de Astarloa *et al.* (2011) en la zona Marítima de influencia sobre la boca de la laguna Mar Chiquita entre octubre de 2010 y marzo de 2011 (sombreado). \* Especies que se conoce que incluyen peces óseos como ítem presa.

Taxón	Marítima		Rompiente		Estuario		Arroyo Vivoratá	
	+/-	LT (mm)	+/-	LT (mm)	+/-	LT (mm)	+/-	LT (mm)
<b>Chondrichthyes</b>								
<i>Callorhynchus callorynchus</i>	+	607-755	-	-	-	-	-	-
<i>Dasyatis hypostigma</i> *	+	595-722	-	-	-	-	-	-
<i>Myliobatis goodei</i> *	+	654-1.245	-	-	-	-	-	-
<i>Myliobatis ridens</i> *	+	428-598	-	-	-	-	-	-
<i>Discopyge tschudii</i>	+	418	-	-	-	-	-	-
<i>Sympterygia acuta</i> *	+	188-571	-	-	-	-	-	-
<i>Sympterygia bonapartii</i> *	+	172-538	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinobatis horkelii</i> *	+	387	-	-	-	-	-	-
<i>Squatima guggenheim</i> *	+	236-755	-	-	-	-	-	-
<i>Mustelus schimitii</i> *	+	210-333	-	-	-	-	-	-
<b>Actinopterygii</b>								
<i>Porichthys porosissimus</i>	+	234-320	-	-	-	-	-	-
<i>Engraulis anchoita</i>	+	57-109	-	-	-	-	-	-
<i>Paralichthys patagonicus</i> *	+	195-327	-	-	-	-	-	-
<i>Percophis brasiliensis</i>	+	222-368	-	-	-	-	-	-
<i>Urophycis brasiliensis</i>	+	108-335	-	-	-	-	-	-
<i>Pomatomus saltatrix</i> *	+	86-154	-	-	-	-	-	-
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	+	26-195	-	-	-	-	-	-
<i>Macrodon ancylodon</i> *	+	114-388	-	-	-	-	-	-
<i>Peprilus paru</i>	+	52-86	-	-	-	-	-	-
<i>Stromateus brasiliensis</i>	+	25-270	-	-	-	-	-	-
<i>Prionotus nudigula</i>	+	225	-	-	-	-	-	-
<i>Cynoscion guatucupa</i> *	+	44-419	-	-	-	-	-	-
<i>Anchoa marinii</i>	+	60-115	-	-	+	35-48	-	-
<i>Brevoortia aurea</i>	+	45	+	20-90	+	14-119	+	21-90
<i>Diplectrum radiale</i>	-	-	-	-	+	59	-	-
<i>Diplodus argenteus</i>	-	-	-	-	+	17-71	+	24-44
<i>Hyleurochilus fissicornis</i>	-	-	-	-	-	-	+	33
<i>Jenynsia multidentata</i>	-	-	-	-	+	23-58	+	19-61
<i>Lycengraulis grossidens</i>	+	66-148	+	46	+	34-192	+	26-50
<i>Menticirrhus americanus</i>	+	94	+	33-37	+	22-102	+	65
<i>Micropogonias furnieri</i>	+	41-457	+	41-69	+	25-101	+	16-120
<i>Mugil liza</i>	-	-	+	25-104	+	24-38	+	25-80
<i>Odontesthes argentinensis</i>	-	-	+	32-192	+	22-190	+	9-170
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	-	-	-	-	+	46-68	-	-
<i>Oncopterus darwinii</i>	-	-	+	113	+	30-70	+	34-36

**Tabla 3.12.** *Continuación.*

Taxón	Marítima		Rompiente		Estuario		Arroyo	
	+/-	LT (mm)	+/-	LT (mm)	+/-	LT (mm)	+/-	LT (mm)
<i>Paralichthys orbignyanus</i> *	+	300-592	-	-	+	37-217	+	21-88
<i>Parona signata</i>	+	95-335	-	-	+	173	-	-
<i>Pimelodella laticeps</i>	-	-	-	-	+	99	-	-
<i>Platanichthys platana</i>	-	-	+	21-55	+	19-68	+	18-60
<i>Pogonias cromis</i>	-	-	-	-	+	56	+	27-87
<i>Prionotus punctatus</i>	+	292	-	-	+	157	-	-
<i>Ramnogaster arcuata</i>	+	51-114	+	22-46	+	19-62	+	19-58
<i>Rhamdia quelen</i>	-	-	-	-	+	71-110	-	-
<i>Trachurus lathami</i>	+	27-89	-	-	+	36	-	-

de origen marino en el interior de la laguna costera de Mar Chiquita.

### 3.4.3. Variaciones temporales

#### 3.4.3.1. Larvas colectadas con red cónica

Es posible identificar a los ensambles de larvas de peces costeros pero éstos son muy dinámicos y cambian continuamente, tanto en sus límites de distribución como en su composición (Cowen *et al.*, 1993). Tendencias temporales fueron evidentes en la composición de las larvas de peces en el gradiente marítimo-estuarino del sistema de Mar Chiquita, aún cuando el período analizado abarcó solamente cuatro meses. Durante los dos primeros meses de muestreo (es decir, Verano temprano) fueron colectadas densidades de larvas y número de especies más bajos en la zona Marítima y en la zona de Rompiente, en comparación con los dos meses siguientes (es decir, Verano tardío). Durante el primer período, mayor densidad de larvas de peces fueron colectadas en la zona del Estuario, principalmente de las especies *B. aurea* y *H. fissicornis*, en comparación con la zona Marítima, donde ambas especies estuvieron ausente y menos abundante, respectivamente. Los valores más altos en la densidad de larvas de peces

colectadas durante los meses de Verano tardío también ha sido informado en estudios realizados a nivel mundial, sobre estuarios similares a Mar Chiquita (Muelbert & Weiss, 1999; Neira & Potter, 1994; Cowley *et al.*, 2001) y se ha argumentado de que es consecuencia del reclutamiento más común de las especies de peces que se reproducen en aguas costeras durante finales de primavera/principios de verano (Maes *et al.*, 1998). Más aún, la presencia de estadios de desarrollo muy recientes (larvas vitelinas y en preflexión) dentro de sistemas estuarinos de aquellas especies que se reproducen en el mar, indica que la reproducción ocurre en aguas marinas muy próximas al estuario (Jones, 2002). También se ha indicado que estos picos temporales tienden a coincidir con mayores fuentes de alimentos planctónicos y mayores temperaturas del agua, propicias para el desarrollo larval (Dickey-Collas *et al.*, 1996).

También fue observada una variación temporal en las tallas de las larvas. Las vitelinas y en etapa de preflexión fueron dominantes durante los meses de Verano temprano, mientras que durante los meses de Verano tardío, dominaron aquellas larvas de peces en etapa de postflexión. Durante el primer periodo, *H. fissicornis* (< 2 mm) y ambas especies *H. fissicornis* (< 3 mm) y *B. aurea* (< 7 mm) fueron dominantes en la zona de Rompiente y en la zona del Estuario, respectivamente. Esto proporciona una fuerte evidencia de que el pico de puesta para estas especies debería de ocurrir durante un período similar, como ha sido observado en el estuario Swan (Australia) para las larvas de las especies dominantes de ese sistema estuarino (Gaughan *et al.*, 1990).

#### **3.4.3.2. Juveniles colectados con red playera**

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una clara variación temporal en la dominancia de las especies juveniles a lo largo del período estudiado. El

patrón temporal de las especies dominantes se mantiene a lo largo del gradiente marítimo-estuarino del sistema de Mar Chiquita, con la excepción de la zona de Rompiente, donde se observó que la composición de peces que se encontraron durante la temporada de Primavera fue similar a la encontrada durante la temporada de Verano temprano. Probablemente debido a los bajos valores de abundancia y diversidad de peces registrados en esta zona no se pueden evidenciar diferencias temporales significativas en la composición de peces entre los meses de primavera y de principios del verano.

A pesar de las diferencias significativas en la riqueza de especies y diversidad de peces juveniles entre estaciones de muestreo, no se identificaron ensambles de peces que sean característicos de cada una de las zonas. Por el contrario, Martino & Able (2006) encontraron tres ensambles típicos de peces a lo largo del gradiente marítimo-dulceacuícola del estuario del río Mullica-Bahía Grande (EE.UU.), que representaron a cada una de las zonas de muestreo. Estos últimos autores sugirieron que las diferencias en los ensambles de peces entre zonas podrían estar relacionados con las respuestas específicas de las especies a: la diversidad relativamente alta de hábitats en la zona intermedia (la bahía) en comparación con las otras dos zonas de muestreo (cerca de la costa y el río), y también por el gradiente de salinidad completo (0,1-35,0) que el sistema presenta, porque se ha detectado una zona mínima de especies de peces con valores de salinidad de entre 7 y 14. Resultados similares fueron obtenidos por Harris *et al.* (2001) en el gradiente marítimo-estuarino de la Costa Norte de KwaZulu-Natal (Sudáfrica). En este sentido, aunque el sistema marítimo-estuarino de Mar Chiquita presenta tipos de hábitats diferentes como la composición del fondo (de arenoso a fangoso) o como la turbulencia de la columna de agua (de más a menos turbulento), la extensión del sistema (~ 5 km) puede que no sea suficiente como para permitir

ensambles de peces típicos para cada zona y diferentes entre sí, como los encontrados en el estuario del río Mullica-Bahía Grande (~ 40 km) o en la Costa norte de KwaZulu-Natal (~ 12 km).

No obstante, variaciones temporales en los ensambles de peces juveniles fueron observadas en las tres zonas (Rompiente, Estuario, Vivoratá), con mayor abundancia y diversidad registradas entre las temporadas de Verano temprano y de Verano tardío-Otoño temprano. El ensamble más importante de peces encontrado para las tres zonas, y el que más contribuyó a las diferencias temporales (Tabla 3.9), estuvo constituido por cuatro especies: *P. platana*, *R. arcuata*, *O. argentinensis* y *B. aurea* y también fueron determinados períodos distintos de colonización estuarina para cada una de ellas. *Platanichthys platana* y *R. arcuata* fueron los primeros en llegar al sistema marítimo-estuarino de Mar Chiquita durante los meses de Primavera. Esta incursión temprana probablemente refleja un periodo de puesta durante los meses de invierno, el cual ha sido previamente reportado para *R. arcuata* (Rodríguez *et al.*, 2008), pero es una novedad para *P. platana*. Sin embargo, esto debe ser confirmado por estudios de reproducción. *Odonthesthes argentinensis* también fue una de las primeras especies en llegar al sistema de Mar Chiquita, y al igual que las dos especies mencionadas anteriormente, la abundancia fue mayor en los meses subsiguientes. La temporada de reproducción de esta especie se extiende desde octubre a noviembre (Llompart *et al.*, 2013) en la costa argentina (40° - 41°S) y a su vez, González-Castro *et al.* (2009) encontraron hembras maduras y en puesta en zonas internas de la laguna Mar Chiquita durante los meses de invierno y de primavera, lo que sugiere posibles eventos reproductivos dentro de esta laguna costera. Aunque nuestro método de muestreo no nos permite asegurar la dirección del movimiento de los peces, la falta de hembras en puesta sobre Mar Chiquita (Cousseau *et al.*, 2011; González-Castro *et al.*, 2011) evidencia que

la mayoría de los juveniles que ocurren en la laguna deben haber sido producidos en el mar. Sin embargo, por lo indicado anteriormente cabe mencionar que para *O. argentinensis*, los juveniles presentes en la zona de estudio pudieron tener origen tanto en el mar como en el interior de la laguna. Los juveniles de *B. aurea*, por el contrario, fueron más abundantes durante la temporada de Verano tardío-Otoño temprano, en concordancia con estudios previos realizados en la zona (Cousseau *et al.* 2001; Bruno, 2008; Bruno *et al.*, 2013) y en sistemas estuarinos similares de Argentina (Acha, 1999), Brasil (Muelbert & Weiss, 1991) y Uruguay (Plavan *et al.*, 2010). La llegada tardía de *B. aurea* al sistema de Mar Chiquita en comparación con las especies mencionadas anteriormente, se basa en un inicio más tardío de la temporada reproductiva (finales de primavera/principios de verano en la costa argentina; Acha & Macchi, 2000). La Familia Clupeidae es también un grupo dominante en estuarios similares de Australia (Gaughan *et al.*, 1990.) y Sudáfrica (Harris & Cyrus, 1995; Harris *et al.*, 1999).

Como fue establecido anteriormente para larvas, la mayor abundancia de los juveniles en estuarios de clima templado durante los últimos meses de verano es también consecuencia del reclutamiento de especies que se reproducen en aguas costeras durante finales de primavera/principios de verano (Maes *et al.*, 1998) y debido a los mismos factores (mayor disponibilidad de alimento y temperaturas del agua más altas propicias para un mejor desarrollo; Dickey-Collas *et al.*, 1996). En este caso, la presencia de sólo estadios juveniles de una especie indicaría una zona de reproducción más lejana (Jones, 2002) al sistema estuarino de Mar Chiquita, mientras que la presencia de estadios larval y juvenil de una misma especie podría indicar que dentro de la zona de reproducción existe cierta retención de estadios larvales y permite el desarrollo de aquellos individuos que no han ingresado al estuario como larvas pero pueden hacerlo ya como juveniles. Ejemplos de este último caso podrían ser *B. aurea*,

*M. furnieri* y *P. orbignyana* que han sido colectadas tanto como larvas como juveniles en los meses de verano tardío. Ejemplos del primer caso podrían ser *L. grossidens*, *M. liza*, *D. argenteus*, *M. americanus*, y *P. cromis* que sólo fueron colectados como juveniles y que, junto con *M. furnieri* y *P. orbignyana*, conformaron los otros ensambles de peces relacionados con esta temporada en las tres zonas del gradiente marítimo-estuarino de Mar Chiquita.

#### **3.4.4. Migración hacia la laguna**

Las congregaciones de larvas y juveniles de peces estuario-oportunistas sobre las zonas costeras han sido relacionadas a una serie de factores físicos y ambientales. Por ejemplo, el viento, el estado de marea, las descargas de ríos y las corrientes litorales han sido catalogados como los principales forzantes involucrados en las migraciones de las etapas tempranas de vida de los peces (Boehlert & Mundy, 1988; Raynie & Shaw, 1994; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2000). Durante el período de estudio se observó una relación entre la dirección del viento y la composición de las especies de peces sobre el sistema marítimo-estuarino de la laguna Mar Chiquita, no rechazando la hipótesis planteada. Los resultados del ACC reflejaron que la casi totalidad de las especies incluidas en el análisis estuvieron asociadas a la marea bajante, mostrando el predominio del efecto del viento sobre el de la marea en esta laguna semi-obturada de carácter micromareal. La mayoría de los estudios realizados a nivel mundial sobre el reclutamiento y distribución de larvas y juveniles de peces en estuarios poco profundos (Tabla 3.13) han subestimado el efecto del viento. Muchos han sólo tratado los efectos del estado de las mareas (Neira *et al.*, 1992; Neira & Potter, 1994; Trsnki, 2001), o los efectos de las propiedades del agua, tales como la temperatura (Muelbert & Weiss, 1991; Harris *et al.*,

**Tabla 3.13.** Principales factores ambientales relacionados con el reclutamiento de huevos y larvas de peces en diversos estuarios seleccionados a nivel mundial.

Estuario	Lat.	Región	Sup. (km <sup>2</sup> )	Tipo de estuario	Variable ambiental	Referencias
Galveston Bay (USA)	30°N	Templada	1.550	Laguna somera	Marea, salinidad	Fore & Baxter, 1972; Glass <i>et al.</i> , 2008
Sistema lagunar del río Indio (USA)	26°N	Subtropical	830	3 cuencas estuarinas semi-aisladas	Temperatura	Reyier & Shenker, 2007
Laguna Araruama (Brazil)	22°S	Tropical	210	Laguna semi-obturada	Sin variación espacial o temporal	De-Castro <i>et al.</i> , 1999
Santa Lucia (South Africa)	28°S	Subtropical	325	Lago estuarino abierto estacionalmente	Temperatura, salinidad, turbidez	Harris <i>et al.</i> , 1999; Harris <i>et al.</i> , 2001
Estuario Swan (Australia)	32°S	Templada	53	Laguna semi-obturada cerrada estacionalmente	Corrientes de marea	Neira <i>et al.</i> , 1992
Laguna Los Patos (Brazil)	32°S	Templada	10.360	Laguna semi-obturada	Temperatura, dirección e intensidad del viento	Muelbert & Weiss, 1991; Martins <i>et al.</i> , 2007
Kleinemondi Este (South Africa)	33°S	Templada	17.5	Laguna costera	Eventos de inundación	Cowley & Whitfield, 2001; Cowley <i>et al.</i> , 2001
Lago Macquarie (Australia)	33°S	Templada	120	Laguna hipersalina costera	Corrientes de marea	Trnski, 2001
Estuario Wilson (Australia)	35°S	Templada	48	Laguna costera abierta intermitentemente	Corrientes de marea	Neira & Potter, 1992; Neira & Potter, 1994
Nornalup-Walpole (Australia)	35°S	Templada	13	Laguna costera abierta permanentemente	Corrientes de marea	Neira & Potter, 1994
Mar Chiquita (Argentina)	37°S	Templada	46	Laguna semi-obturada	Vientos marítimos (SO, S, SE, E)	Este estudio

1999; Reyier & Shenker, 2007), la salinidad (Harris *et al.*, 1999; Harris *et al.*, 2001; Glass *et al.*, 2008), y/o la turbidez (Harris *et al.*, 1999; Harris *et al.*, 2001). El efecto del viento sólo ha sido incorporado en modelos numéricos que acoplan la información biológica con la física para estudiar el transporte de larvas de invertebrados y/o peces a través de la plataforma continental (e.g., Blanton *et al.*, 1999; Epifanio & Garvine, 2001; Santos *et al.*, 2004), estuarios extensos (e.g., Simionato *et al.*, 2008) o para el estudio de la dispersión de huevos de peces en el estuario de la Laguna Los Patos (Martins *et al.*, 2007). En todos los casos, los autores llegaron a la conclusión de que el transporte de

partículas es controlado por la acción del viento. A su vez, también se estableció que la proliferación de los peces en el interior de sistemas estuarinos depende en gran medida de el paso de frentes meteorológicos durante el período de tiempo (principalmente meses de primavera y verano) cuando los huevos de peces son más abundantes en el océano (Martins *et al.*, 2007).

De acuerdo con resultados obtenidos por Reta *et al.* (2001), la componente zonal del viento (E-O) es el forzante principal responsable de las oscilaciones del nivel del agua en la laguna Mar Chiquita. Los fuertes vientos marítimos (SO, S, SE, E) ayudan a que las aguas marinas entren en la laguna hasta varios kilómetros aguas arriba de la desembocadura (Reta *et al.*, 2001). Los resultados del ACC demostraron que los vientos marítimos fueron el parámetro que mejor contribuyó a explicar la variabilidad de los datos y que la mayoría de las especies (tanto en estadio larval como juvenil) estuvieron asociadas al mismo. Esto refleja cómo los vientos, además de empujar agua de mar hacia la laguna, contribuyen en la congregación de las especies hacia la zona de entrada de la laguna Mar Chiquita con el fin de cumplimentar la segunda fase de reclutamiento (Bohelert & Mundy, 1988). Contrariamente, fuertes vientos del sector continental (NE, N, NO, O) ayudan en la descarga de agua desde la laguna hacia el mar restringiendo, tanto el ingreso de agua marina como el de los pequeños peces. Más aún, sería de esperar que durante estos episodios de vientos continentales, también se produzca exportación de aquellos pequeños estadios de peces que han ingresado al sistema, así como ha sido observado durante la marea bajante en otros sistemas estuarinos donde el nivel del agua (y también el ingreso de larvas y juveniles de peces) está regido por el ciclo de mareas (e.g., Melville-Smith *et al.*, 1981; Beckley, 1985; Strydom & Wooldridge, 2005). Sin embargo, estos autores han manifestado que los estadios más desarrollados (larvas en postflexión, juveniles) pueden alcanzar activamente el fondo

(en estuarios profundos; Melville-Smith *et al.*, 1981) o bancos de arena y márgenes (en estuarios someros; Beckley, 1985; Strydom & Wooldridge, 2005) de los canales de acceso a los estuarios donde las velocidades de las corrientes son menores y así evitar ser exportados fuera del estuario. En este respecto, en el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita existe una dinámica formación de bancos de arena en la parte central (Isla, 1997) y sobre la margen norte (Obs. pers.) que podrían minimizar la exportación de aquellos estadios (larvas en postflexión, juveniles) que con capacidades de natación más activa puedan alcanzarlos. A su vez, la construcción de varias (8) pequeñas escolleras a lo largo de la margen sur del canal podría generar algún tipo de recirculación del agua, disminuyendo también la exportación de estos estadios. Sin embargo, la exportación de aquellos estadios menos desarrollados (larvas vitelinas o en preflexión) y que están a merced de los movimientos de las corrientes, debe ocurrir durante episodios prolongados de vientos continentales.

El viento también influye en el periodo y la altura de las olas (Knauss, 1997). Por lo tanto, como las costas circundantes de la laguna Mar Chiquita se caracterizan por una moderada a alta energía de olas (Martos *et al.*, 2004; Merlotto & Bértola, 2009), es comprensible que las larvas de peces (y también los juveniles) se muevan hacia el interior de la laguna Mar Chiquita, una vez que alcanzan la costa circundante, en lugar de permanecer en un ambiente excesivamente turbulento como es la zona de Rompiente.

Por lo tanto, la mayor tasa de producción orgánica de la laguna Mar Chiquita en comparación con el ambiente costero marino adyacente (Marcovecchio *et al.*, 2006) junto con la variable entrada/descarga de agua del sistema en función de la dirección del viento (Reta *et al.*, 2001) sería una combinación propicia para la orientación de las etapas tempranas de vida de los peces con el fin de llevar a cabo la primera fase de acumulación.

### 3.5. Conclusiones

Los resultados del presente Capítulo permiten afirmar que la laguna costera Mar Chiquita y el área marítima de influencia son utilizadas como área de cría para etapas tempranas de vida de peces (larvas y juveniles).

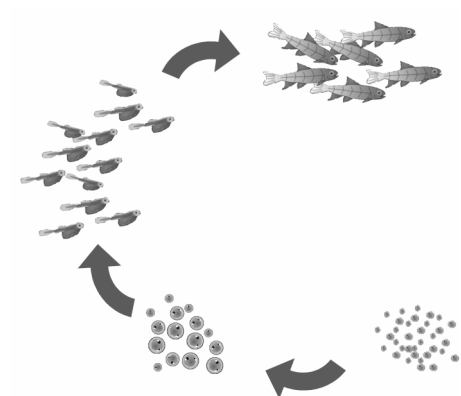
También es posible afirmar que existe una variación temporal en la composición de especies de peces (más evidente en estadios juveniles) que ingresan al sistema marítimo-estuarino de la laguna Mar Chiquita. No se encontraron ensambles de peces juveniles que caractericen a cada uno de los ambientes analizados (Rompiente, Estuario, Vivoratá), si no que la mayoría de las especies se encuentran presente en todo el sistema. La disminución en diversidad y abundancia de especies sobre la zona de Rompiente en relación con las que se observaron tanto en zonas internas como externas a la laguna, da cuenta de un ambiente que sólo es utilizado como un corredor transitorio y no como un área de cría complementaria. Por lo tanto, si existe algún parámetro que posibilite el traspaso de este corredor “inhóspito”, permitirá a aquellas especies “estuarino-oportunistas” poder ampliar sus límites y acceder a un ambiente con mayores posibilidades de supervivencia.

A pesar de haberse planteado modelos de reclutamiento de larvas y juveniles de peces a estuarios basados en los ciclos de marea, en lagunas costeras muy poco profundas, donde el canal de entrada filtra la acción de las mareas y las corrientes, la acción del viento es la que define las variaciones en el nivel de agua dentro de las mismas y por ende, brinda a los estadios de vida más tempranos de peces la oportunidad de poder acceder a estos sistemas estuarinos costeros y utilizarlos también como área de cría.



## *Capítulo 4*

*Dinámica de la composición de larvas y juveniles de peces en relación a las mareas de cuadraturas y sicigias*





#### 4.1. Introducción

El ascenso y descenso rítmico del nivel del mar, que se verifica con un período próximo a las 12 o 24 horas, junto con una corriente de análoga alternancia, constituye el fenómeno de “marea” (Panzarini, 1970). Las atracciones que sobre las aguas del mar ejercen la luna y el sol son la causa de este hecho, que se manifiesta como un efecto complicado debido a las influencias modificadoras de la geografía, la topografía del fondo del mar, la fricción y la rotación de la Tierra, a las que se suman eventualmente la del viento y la de las corrientes de otro carácter (Panzarini, 1970). La combinación de la marea producida por la luna con la que origina el sol da lugar a la marea luni-solar, que pone de manifiesto, a través de sus variaciones mensuales y anuales, la influencia conjunta de las variaciones en los elementos que definen el movimiento de estos dos astros respecto de la Tierra (Panzarini, 1970; Mann & Lazier, 2006). Es así como, cuando se está en novilunio, con el sol y la luna en conjunción, las mareas de uno y otra se refuerzan, como se refuerzan en el plenilunio con ambos astros en oposición, dando lugar a mareas de sicigias (Panzarini, 1970). Cuando se está en cuarto creciente o cuarto menguante, las mareas solar y lunar se restan para producir las mareas de cuadratura (Panzarini, 1970).

Ha sido reconocida la influencia de los ritmos lunares y semilunares en la reproducción (Bentley *et al.*, 2001) y en el comportamiento (Naylor, 2001) de organismos marinos. Si estos ritmos son controlados directamente por las variables ambientales y/o tienen un componente endógeno es generalmente un tema de discusión (Morgan, 2001; Naylor, 2001). Los efectos de la luna sobre la tierra son diversos, y aunque algunos son sutiles, como la presión barométrica y la radiación electromagnética, los más evidentes son la iluminación nocturna y las mareas oceánicas (Morgan, 2001).

Las diferencias que se producen en el nivel de marea durante las distintas fases lunares influyen el nivel al que los peces de origen marino se mueven hasta las costas, aunque también el efecto directo de la luz de la luna puede jugar un papel importante en el comportamiento de los peces (Morgan, 2001; Vinagre *et al.*, 2006).

En organismos estuarinos también se han reconocido adaptaciones a los ciclos ambientales previsible y que muestran una actividad rítmica sincronizada con los ciclos de marea (Naylor & Williams, 1984; Saigusa & Kawagoye, 1997; Hampel *et al.*, 2003; Vinagre *et al.*, 2006). Principalmente, el ciclo luni-solar determina la disponibilidad temporal y espacial de sistemas estuarinos, como marismas y lagunas costeras, porque el nivel de agua varía con los ciclos de marea (Kjerfve & Magill, 1989; Kneib, 1997). Durante las mareas de cuadratura, el nivel y las corrientes del agua en el interior de estos sistemas serán menores, mientras que durante las mareas de sicigia, el tiempo total de inundación será más largo y las corrientes serán mayores, particularmente en la marea creciente (Hampel *et al.*, 2003). Por lo tanto, los ciclos luni-solares influyen en la composición y abundancia de las comunidades de organismos que habitan estos sistemas (Hampel *et al.*, 2003).

En las costas de la Republica Argentina las mareas poseen diferentes grados de duración y amplitud. En la Provincia de Buenos Aires, donde la laguna Mar Chiquita está ubicada, las mareas son semidiurnas, es decir, dos pleamares y dos bajamares por día, las dos pleamares sucesivas tienen diferente amplitud. La amplitud media de marea es del orden de 0,80 m, lo que determina para el área un carácter micromareal (Reta *et al.*, 2001; Martos *et al.*, 2004). Sin embargo, la amplitud suele alcanzar valores de hasta 1,60 m durante las mareas de sicigia, y a su vez, los valores pueden ser modificados sustancialmente por los efectos meteorológicos, alcanzando durante los fenómenos episódicos de tormenta hasta 2,50 m (Martos *et al.*, 2004).

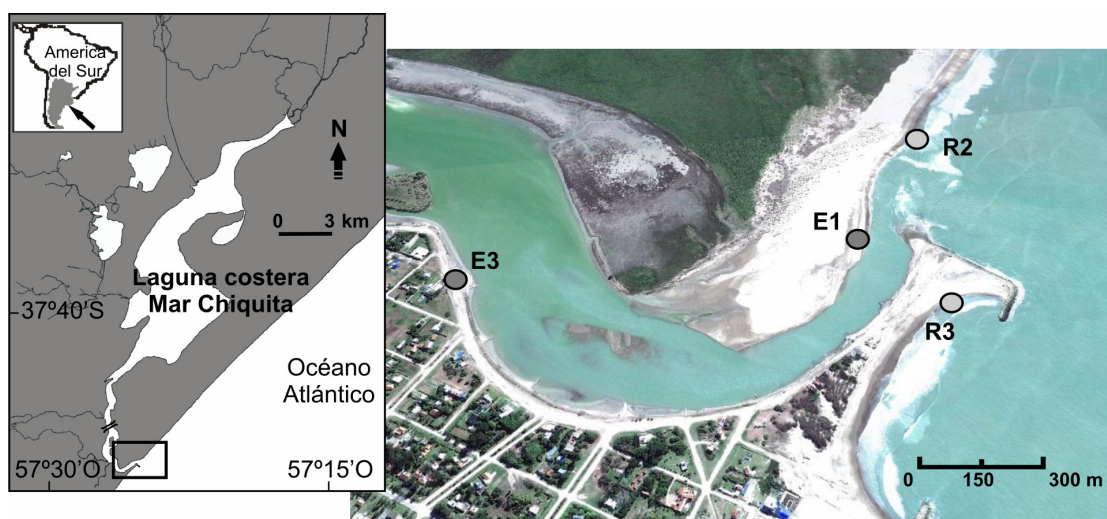
Resultados previos demostraron que no existe un patrón definido entre la variación espacio-temporal de larvas y juveniles de peces y el estado de marea diario (creciente, bajante) en el canal de acceso a la laguna Mar Chiquita y área costera adyacente, dado que se observó que el efecto del viento fue predominante sobre el estado de marea (Capítulo 3). Es por eso que para profundizar más en este proceso, se decidió evaluar el efecto de las mareas de cuadratura y de sicigia, es decir las mareas que presentan la menor y mayor amplitud, respectivamente, sobre los procesos de reclutamiento a la laguna Mar Chiquita en relación con los vientos dominantes.

Como hipótesis se plantea que: “La densidad y abundancia de larvas y juveniles de peces en el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita y zona de rompiente adyacente, así como el número de especies, varía en función de las diferentes fases de marea (cuadratura y sicigia) en combinación con la acción del viento”. Para evaluar sólo diferencias en la composición de larvas y juveniles de peces entre mareas de sicigia y cuadratura, los muestreos fueron realizados durante la misma fase de marea diaria. Se decidió realizar los muestreos durante la marea creciente, ya que el volumen de agua de mar que ingresa a la laguna es mayor. Por lo tanto, se esperan mayores abundancias y número de especies durante las mareas de sicigia y con vientos del sector marítimo (SO, S, SE, E), ya que esta combinación de factores permite que un mayor volumen de agua de mar ingrese a la laguna durante la marea creciente.

## **4.2. Materiales y Métodos**

### **4.2.1. Área de estudio**

El área de estudio para cumplimentar el objetivo planteado tuvo lugar en el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita y la zona de rompiente adyacente a su desembocadura. Se planificaron 4 sitios de muestreo que abarcaron 2 ambientes diferentes: la zona de rompiente (de ahora en adelante “Rompiente”) y la zona estuarina (de ahora en adelante “Estuario”) en el interior del canal de acceso de la laguna (Fig. 4.1). De esta manera estuvo representado el gradiente marítimo-estuarino. Los sitios de muestreo de la Rompiente correspondieron a las estaciones R2 y R3, y los del Estuario a las estaciones E1 y E3 (ver Capítulo 2: Área de estudio, para descripción del lugar).



**Fig. 4.1.** Ubicación del área de estudio en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, indicando los sitios de muestreo que representan la zona de Rompiente (R2 y R3) y el Estuario (E1 y E3).

#### 4.2.2. Procedimiento de muestreo

Para la captura de larvas y de juveniles de peces se utilizaron la red cónica de 44 cm de diámetro y la red playera, ambas ya descritas en el Capítulo 3 y con el mismo procedimiento de arrastre (distancia a la costa, profundidad, distancia de arrastre). Los arrastres de ambas redes se realizaron en los cuatro sitios descritos, desde diciembre de

2010 hasta marzo de 2011 y con una frecuencia semanal, cubriendo las cuatro fases lunares por mes (ver Anexo, Tabla 2.6). Como se mencionó anteriormente, cada arrastre fue realizado durante la marea creciente.

Luego de cada arrastre, se registró la temperatura, salinidad y transparencia del agua con la misma metodología que fue descrita en el Capítulo 3. A su vez, se utilizó el mismo procedimiento para el procesamiento de las muestras luego de los arrastres, así como el realizado en el laboratorio para la identificación de las especies.

La moda en la dirección del viento y la velocidad máxima promedio durante el día de muestreo, más los 5 días anteriores, fueron calculados para los análisis estadísticos (ver Anexo, Tabla 2.6). Estos datos de viento fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina), correspondientes a la estación meteorológica 876920 (SAZM) ubicada en el aeródromo de Mar del Plata.

#### ***4.3. Análisis estadísticos de las variables ambientales y biológicas***

Para evaluar diferencias en la temperatura, salinidad y transparencia del agua durante los arrastres realizados entre meses, zonas y entre mareas de cuadratura y de sicigia por mes (diciembre – marzo) y por zona (Rompiente y Estuario) se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney de comparación de medianas, debido a que no se cumplió con el supuesto de homocedasticidad de varianzas (test de Cochran; Underwood, 1997) ni el supuesto de normalidad (test de Shapiro; Underwood, 1997) para realizar comparaciones de media a través del estadístico de *t*-Student.

A modo de testear diferencias temporales en la composición de larvas y juveniles de peces en relación a la marea luni-solar, se siguió el criterio empleado en el Capítulo 3, y se agruparon los arrastres realizados durante los meses de diciembre y

enero, denominándolos como temporada de “Verano temprano”, y a los realizados durante los meses de febrero y marzo como temporada de “Verano tardío”. De esta forma, se evaluaron diferencias en el número de especies y la densidad (ind. 100 m<sup>-3</sup>) de larvas de peces colectados con red cónica, y el número de especies y la abundancia de juveniles de peces colectados con red playera entre estación del año (Verano temprano vs. Verano tardío), zonas (Rompiente vs. Estuario), mareas (cuadratura vs. sicigia), y sus interacciones a través de un ANOVA de 3 vías (Underwood, 1997). Para cumplir con los supuestos de homocedasticidad (test de Cochran) y normalidad (test de Shapiro) (Underwood, 1997), el número de especies de larvas de peces fue transformado a  $\sqrt{x}$  y la densidad de larvas fue transformada a  $\sqrt[4]{x}$ . En el caso de los juveniles de peces, sólo fue necesario transformar la abundancia como  $\log(x + 1)$ .

Finalmente, para evaluar diferencia en el número de especies y la densidad de larvas de peces, y el número de especies y la abundancia de juveniles de peces entre la marea de cuadratura y de sicigia durante episodios de vientos marítimos (SO, S, SE, E) y durante episodios de vientos continentales (NE, N, NO, O), se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney de comparación de medianas.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software R (R Development Core Team, 2012).

### **4.3. Resultados**

#### **4.3.1. *Variación espacio-temporal de las variables ambientales***

Los valores de temperatura registrados durante el periodo de estudio fueron similares para ambas zonas, no habiéndose observado diferencias entre estados de marea para una misma zona por mes de muestreo (Tabla 4.1).

Al realizar las comparaciones en la salinidad del agua entre mareas de cuadratura y sicigia para una misma zona y por mes de muestreo, no se observaron diferencias (Tabla 4.2). Pero se registró un descenso en los valores de este parámetro durante las cuadraturas correspondientes a febrero, con salinidades tan bajas como 20 en el Estuario (Tabla 4.2).

**Tabla 4.1.** Valores promedio y rango (entre paréntesis) de temperatura del agua registrada durante los arrastres de cuadratura y de sicigia en cada zona de muestreo y resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de medianas entre cuadratura y sicigia. ns: no significativo.

<i>Diciembre</i>	Fase		Mann-Whitney		
	Cuadratura	Sicigia	<i>W</i>	<i>p</i>	
Rompiente	21 (19 – 24)	20,75 (16 – 26)	8,5	1	ns
Estuario	22 (19 – 26)	19,74 (17 – 21)	10,5	0,559	ns
<i>Enero</i>					
Rompiente	21,5 (20 – 22)	23,25 (22 – 26)	11	0,429	ns
Estuario	21,75 (21 – 23)	21 (20 – 22)	11,5	0,353	ns
<i>Febrero</i>					
Rompiente	23,25 (22 – 26)	22,75 (22 – 24)	8,5	1	ns
Estuario	24,25 (24 – 25)	23,5 (23 – 25)	12,5	0,222	ns
<i>Marzo</i>					
Rompiente	17,5 (17 – 18)	18,5 (17 – 19)	3	0,169	ns
Estuario	17,75 (17 – 19)	18,75 (18 – 20)	4,5	0,369	ns

**Tabla 4.2.** Valores promedio y rango (entre paréntesis) de salinidad del agua registrada durante los arrastres de cuadratura y de sicigia en cada zona de muestreo y resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de medianas entre cuadratura y sicigia. ns: no significativo.

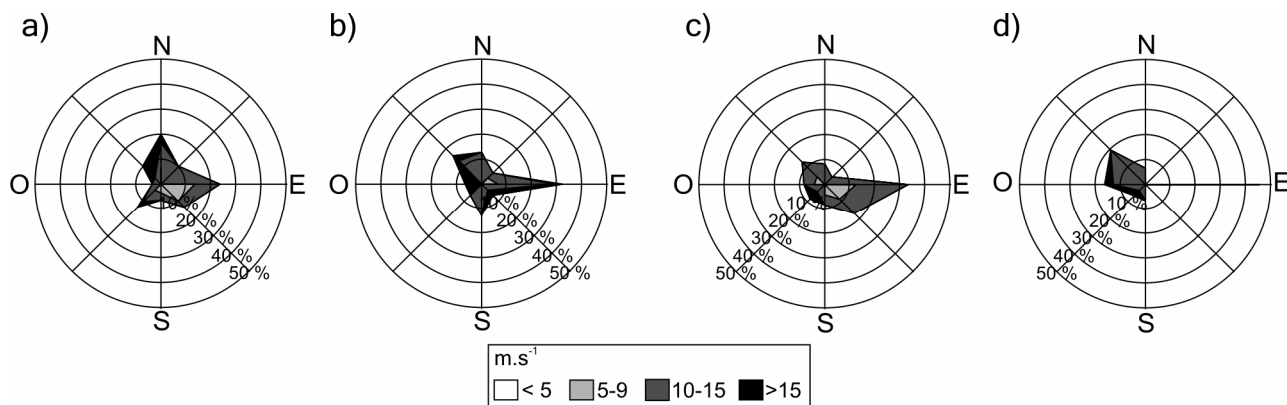
<i>Diciembre</i>	Fase		Mann-Whitney		
	Cuadratura	Sicigia	<i>W</i>	<i>p</i>	
Rompiente	33,75 (33 – 35)	30,75 (26 – 33)	14	0,091	ns
Estuario	34,25 (34 – 35)	33,25 (32 – 35)	12,5	0,231	ns
<i>Enero</i>					
Rompiente	33,25 (33 – 34)	33,25 (32 – 34)	7,5	1	ns
Estuario	32,5 (31 – 34)	33,25 (32 – 34)	5	0,454	ns
<i>Febrero</i>					
Rompiente	29,25 (28 – 30)	31,5 (30 – 34)	2	0,091	ns
Estuario	26,25 (20 – 29)	29,75 (28 – 31)	1	0,058	ns
<i>Marzo</i>					
Rompiente	33 (33)	31,5 (29 – 33)	14	0,067	ns
Estuario	31,75 (30 – 33)	29 (26 – 31)	13	0,181	ns

Los valores de transparencia registrados no manifestaron una variación espacial, obteniéndose valores similares de esta variable en ambas zonas. Comparando entre mareas de cuadratura y de sicigia para una misma zona y por mes de muestreo, no se observaron diferencias (Tabla 4.3).

**Tabla 4.3.** Valores promedio y rango (entre paréntesis) de transparencia del agua registrada durante los arrastres de cuadratura y de sicigia en cada zona de muestreo y resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de medianas entre cuadratura y sicigia. ns: no significativo.

	Fase		Mann-Whitney		
	Cuadratura	Sicigia	<i>W</i>	<i>p</i>	
<i>Diciembre</i>					
Rompiente	25,5 (20 – 35)	33,25 (13 – 65)	8	1	ns
Estuario	25 (20 – 30)	31,25 (15 – 65)	8,5	1	ns
<i>Enero</i>					
Rompiente	14,5 (11 – 20)	17,5 (15 – 20)	4	0,288	ns
Estuario	20,25 (10 – 31)	21,25 (15 – 30)	7	0,882	ns
<i>Febrero</i>					
Rompiente	33,75 (15 – 55)	37,5 (25 – 45)	6,5	0,770	ns
Estuario	35 (25 – 50)	36,25 (30 – 45)	7,5	1	ns
<i>Marzo</i>					
Rompiente	24 (12 – 29)	27,25 (20 – 35)	6	0,663	ns
Estuario	39,75 (32 – 53)	40,75 (35 – 45)	5	0,486	ns

Durante el periodo de estudio, los vientos de dirección Norte fueron dominantes en diciembre (Frecuencia = 19,35%) y con velocidades máximas promedio de 12,73 m s<sup>-1</sup> (Fig. 4.2a). Los vientos de dirección Este fueron dominantes en los meses de enero (Frecuencia = 32,26%), febrero (Frecuencia = 25,81%) y marzo (Frecuencia = 45,16%), con velocidades máximas promedio de 12,22 m s<sup>-1</sup>, 10,66 m s<sup>-1</sup> y 10,54 m s<sup>-1</sup>, respectivamente (Fig. 4.2b-d).



**Fig. 4.2.** Variación temporal en la frecuencia en la dirección y velocidad del viento para los meses de a) diciembre 2010, b) enero 2011, c) febrero 2011 y d) marzo 2011.

#### 4.3.2. Composición de larvas de peces colectadas con red cónica en relación a cuadraturas y sicigias

Se colectaron un total de 136 individuos correspondientes a 11 taxones de peces en estadio larval. Uno de ellos no fue posible identificarlo a nivel de especie y fue catalogado como “Larva Tipo B” (Tabla 4.4).

*Brevoortia aurea* fue la especie más abundante en la zona de Rompiente durante todo el periodo de estudio, habiéndose colectado una densidad promedio de 19,33 ind. 100m<sup>3</sup> ( $\pm 81,19$ ) por arrastre, seguida en orden de importancia por *G. parri* (3,29 ind. 100m<sup>-3</sup>  $\pm 8,84$ ), *M. liza* (2,06 ind. 100m<sup>-3</sup>  $\pm 9,52$ ) y *O. argentinensis* (2,06 ind. 100m<sup>-3</sup>  $\pm 7,56$ ). En el Estuario, la especie más abundante durante todo el periodo de estudio fue *G. parri*, con una densidad total promedio de 7,81 ind. 100m<sup>-3</sup> ( $\pm 20,84$ ) por arrastre, seguida en orden de importancia por *B. aurea* (7,40 ind. 100m<sup>-3</sup>  $\pm 18,19$ ), la Familia Engraulidae (3,29 ind. 100m<sup>-3</sup>  $\pm 14,57$ ) y *M. liza* (2,06 ind. 100m<sup>-3</sup>  $\pm 9,52$ ). Asimismo, también se observó una variación temporal en la composición de larvas de peces.

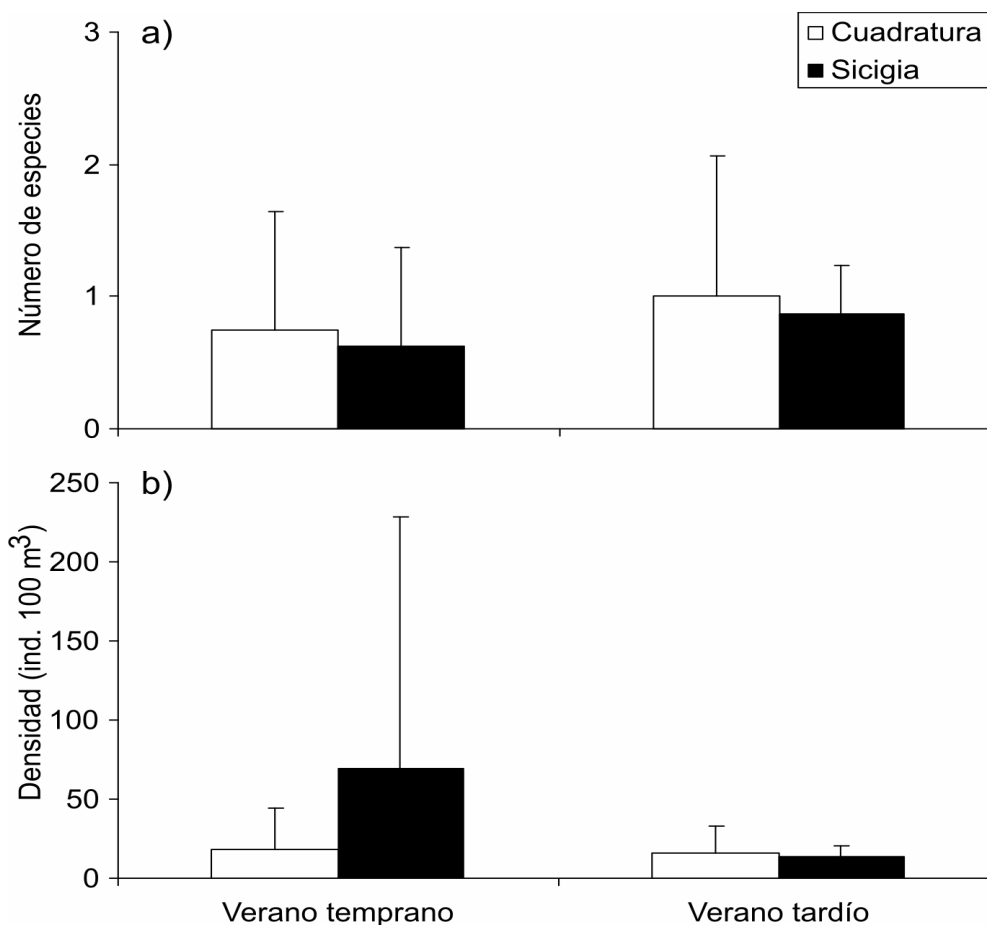
*Brevoortia aurea*, la Familia Engraulidae, *M. liza*, *O. argentinensis*, *P. orbignyana* y *U. canosai* fueron más abundantes durante el Verano temprano, mientras que *C. guatucupa*, *G. parri*, *H. fissicornis* y *M. furnieri* fueron más abundantes durante los meses de Verano tardío.

Comparando la composición de larvas de peces por estado de marea, se observó un mayor número de especies durante la marea de cuadratura en ambas zonas, siendo más abundante *G. parri* durante la marea de cuadratura y *B. aurea* durante la marea de sicigia (Tabla 4.4). Sin embargo, los resultados del ANOVA de 3 vías reflejaron que no hubo diferencias en el número de especies (Tabla 4.5; Fig. 4.3a; Fig. 4.4a) ni en la densidad de larvas (Tabla 4.6; Fig. 4.3b; Fig. 4.4b) entre temporadas, zonas, estado de marea o en sus interacciones.

El número de especies y la densidad de larvas no fueron diferentes entre mareas de sicigia y cuadratura durante episodios de vientos marítimos y episodios de vientos continentales (Tabla 4.7). Sin embargo, fueron evidentes diferencias en ambos

**Tabla 4.4.** Densidad promedio (ind. 100m<sup>-3</sup>) de las especies de larvas de peces colectadas con red cónica, durante los arrastres de cuadratura y de sicigia en el área de estudio. Los desvíos Standard se muestran entre paréntesis.

Especies	Rompiente		Estuario	
	Cuadratura	Sicigia	Cuadratura	Sicigia
<i>Brevoortia aurea</i>	2,47 (5,30)	36,19 (113,97)	4,93 (8,15)	9,87 (24,74)
<i>Cynoscion guatucupa</i>	0,82 (3,29)	-	-	-
Engraulidae	0,82 (3,29)	-	6,58 (20,39)	-
<i>Gobiosoma parri</i>	4,93 (10,61)	1,64 (6,58)	12,34 (27,38)	3,29 (10,19)
<i>Hypoleurochilus fissicornis</i>	0,82 (3,29)	1,64 (4,49)	0,82 (3,29)	2,47 (7,16)
<i>Micropogonias furnieri</i>	-	-	-	2,47 (9,87)
<i>Mugil liza</i>	3,29 (13,16)	0,82 (3,29)	4,11 (13,35)	-
<i>Odontesthes argentinensis</i>	3,29 (10,19)	0,82 (3,29)	3,29 (5,89)	-
<i>Paralichthys orbignyana</i>	0,82 (3,29)	-	1,64 (6,58)	-
<i>Umbrina canosai</i>	-	-	0,82 (3,29)	-
Larva Tipo B	-	-	0,82 (3,29)	-



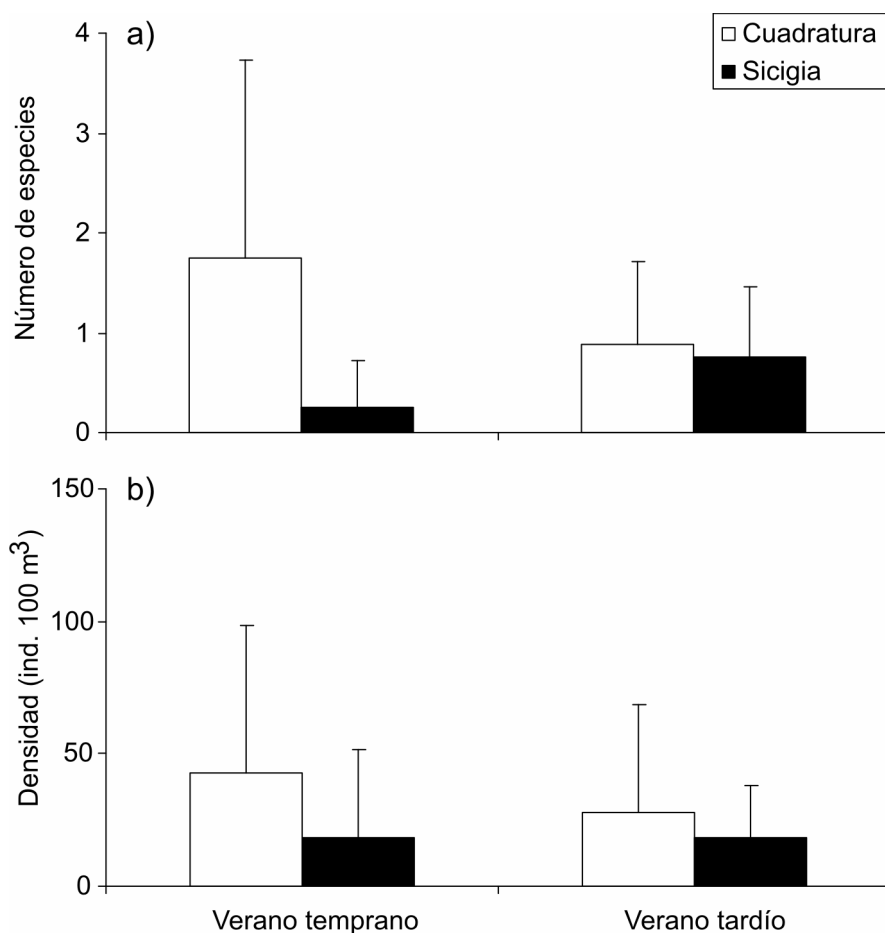
**Fig. 4.3.** Variación temporal en a) número de especies y b) densidad de larvas de peces colectadas con red cónica en la Rompiente, entre mareas de cuadratura y de sicigia.

**Tabla 4.5.** Resultados del ANOVA de tres vías comparando el número de especies de larvas de peces colectadas con red cónica, entre temporadas (Verano temprano vs. Verano tardío), entre zonas (Rompiente vs. Estuario), entre el estado de marea luni-solar (cuadratura vs. sicigia) y sus interacciones. gl: grados de libertad, Sum. Cuad.: suma de cuadrados mínimos, Cuad. Med.: cuadrados medios, ns: no significativo.

	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	<i>p</i>	
Temporada (A)	1	0,419	0,419	1,045	0,311	ns
Zona (B)	1	0,022	0,022	0,054	0,817	ns
Marea (C)	1	0,552	0,552	1,376	0,246	ns
A x B	1	0,108	0,108	0,269	0,606	ns
A x C	1	0,727	0,727	1,813	0,184	ns
B x C	1	0,727	0,727	1,813	0,184	ns
A x B x C	1	0,287	0,287	0,716	0,401	ns
Residuales	56	22,456	0,401			

**Tabla 4.6.** Resultados del ANOVA de tres vías comparando la densidad (ind. 100m<sup>-3</sup>) de larvas de peces colectadas con red cónica, entre temporadas (Verano temprano vs. Verano tardío), entre zonas (Rompiente vs. Estuario), entre el estado de marea luni-solar (cuadratura vs. sicigia) y sus interacciones. gl: grados de libertad, Sum. Cuad.: suma de cuadrados mínimos, Cuad. Med.: cuadrados medios, ns: no significativo.

	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	<i>p</i>	
Temporada (A)	1	0,340	0,3411	0,510	0,478	ns
Zona (B)	1	0,030	0,032	0,048	0,828	ns
Marea (C)	1	0,10	0,104	0,156	0,695	ns
A x B	1	0	0,001	0,001	0,970	ns
A x C	1	0,350	0,352	0,526	0,471	ns
B x C	1	0,910	0,905	1,353	0,250	ns
A x B x C	1	0,280	0,278	0,415	0,522	ns
Residuales	56	37,470	0,669			



**Fig. 4.4.** Variación temporal en a) número de especies y b) densidad de larvas de peces colectadas con red cónica en el Estuario, entre mareas de cuadratura y de sicigia.

parámetros considerando la dirección del viento durante todo el periodo de estudio y sin tener en cuenta el estado de marea. (Tabla 4.8). Durante episodios de vientos marítimos se colectó una mayor densidad de larvas (media = 35,86 ind. 100m<sup>-3</sup>; mediana = 77,14 ind. 100 m<sup>-3</sup>;  $n = 40$ ) y un mayor número de especies (media = 1; mediana = 1;  $n = 40$ ) en comparación a los colectados durante episodios de vientos continentales (media = 14,80 ind. 100 m<sup>-3</sup>; mediana = 6,58 ind. 100 m<sup>-3</sup>;  $n = 24$ ) (media = 0,62; mediana = 0,5;  $n = 24$ , respectivamente).

**Tabla 4.7.** Resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de medianas de la densidad y número de especies de larvas de peces colectadas con red cónica, entre mareas de cuadratura y de sicigia durante episodios de vientos marítimos (SO, S, SE, E) y vientos continentales (NE, N, NO, O).

	Vientos marítimos			Vientos continentales		
	<i>W</i>	<i>p</i>		<i>W</i>	<i>p</i>	
Densidad	211	0,596	ns	57	0,668	ns
Número de especies	248	0,101	ns	53,5	0,499	ns

**Tabla 4.8.** Densidad (ind. 100 m<sup>-3</sup>) y número de especies promedio de larvas de peces colectados durante episodios de vientos marítimos (SO, S, SE, E) y de episodios de vientos continentales (NE, N, NO, O), y resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de las medianas de ambos parámetros. Los desvíos Standard se muestran entre paréntesis. \*\*\*  $p < 0,001$ .

	Vientos marítimos	Vientos continentales	<i>W</i>	<i>p</i>
Densidad	35,86 (77,14)	14,80 (21,36)	127	0,0004 ***
Número de especies	1 (1,17)	0,62 (0,71)	126	0,0003 ***

#### 4.3.3. Composición de juveniles de peces colectados con red playera en relación a cuadraturas y sicigias

Con la red playera se colectó un total de 12.040 individuos, correspondientes a 13 especies de peces en estadio juvenil. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, dado el pequeño tamaño que alcanzan los adultos de *P. platana* y *R. arcuata* (máx. = 67

mm LSt. y 90 mm LSt., respectivamente; Whitehead, 1985), estas dos especies podrían estar representadas tanto por estadios juveniles como adultos (Tabla 4.9).

**Tabla 4.9.** Abundancia promedio de las especies de juveniles de peces colectados con red playera, durante los arrastres de cuadratura y de sicigia en el área de estudio. Los desvíos Standard se muestran entre paréntesis.

Especies	Rompiente		Estuario	
	Cuadratura	Sicigia	Cuadratura	Sicigia
<i>Brevoortia aurea</i>	7,31 (17,13)	92,31 (79,94)	172,06 (448,02)	249,69 (623,31)
<i>Lycengraulis grossidens</i>	1,56(3,10)	0,69 (1,08)	2,88 (6,98)	2,56 (4,77)
<i>Macrodon ancylodon</i>	-	-	0,06 (0,25)	-
<i>Menticirrhus americanus</i>	-	-	0,13 (0,34)	0,38 (1,02)
<i>Micropogonias furnieri</i>	2,00 (5,99)	0,06 (0,25)	4,31 (9,92)	8,00 (22,02)
<i>Mugil liza</i>	1,63 (3,36)	1,06 (2,77)	8,56 (17,15)	16,75 (44,46)
<i>Odontesthes argentinensis</i>	25,63 (39,22)	59,31 (96,73)	57,00 (183,49)	32,50 (50,39)
<i>Oncopterus darwinii</i>	0,31 (1,25)	0,06 (0,25)	0,06 (0,25)	0,19 (0,54)
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	0,19 (0,75)	0,06 (0,25)	0,19 (0,54)	0,56 (1,41)
<i>Platanichthys platana</i>	0,69 (2,50)	-	2,50 (10,0)	-
<i>Pogonias cromis</i>	-	0,06 (0,25)	-	-
<i>Pomatomus saltatrix</i>	-	-	0,06 (0,25)	-
<i>Ramnogaster arcuata</i>	-	-	0,19 (0,54)	0,94 (3,75)

*Brevoortia aurea* fue la especie más abundante durante todo el periodo de estudio, habiéndose colectado una abundancia promedio de 49,82 individuos ( $\pm 119,89$ ) en la Rompiente y de 210,87 individuos ( $\pm 535,41$ ) en el Estuario. La segunda especie más abundante fue *O. argentinensis*, con abundancias promedio similares en ambas zonas: 42,47 individuos ( $\pm 74,60$ ) en la Rompiente y 44,75 individuos ( $\pm 132,95$ ) en el Estuario, respectivamente. La composición de juveniles no presentó una variación temporal tan notoria como la que presentaron las larvas, ni como la que presentaron los juveniles en la temporada anterior (Capítulo 3). Si bien *B. aurea* y *O. argentinensis* fueron las especies más abundantes durante todo el periodo de estudio, las abundancias promedio de ambas especies fueron mayores en Verano temprano. Asimismo, la

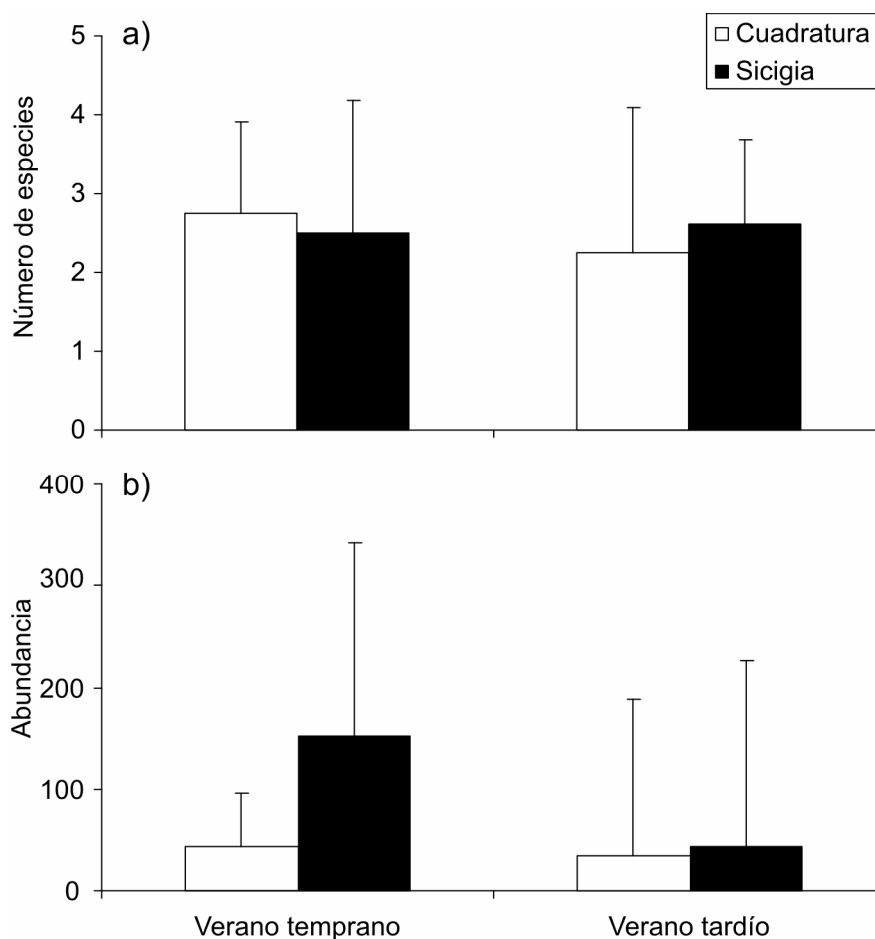
abundancia promedio del resto de las especies también fue mayor durante este periodo, a excepción de *M. americanus*, *M. furnieri*, *M. liza* y *P. orbignyanus* que fueron mayores durante los meses del Verano tardío.

Comparando la composición de juveniles de peces por estado de marea, se observó que el número de especies fue similar entre las mareas de cuadratura y sicigia en ambas zonas. Sin embargo, de forma similar a lo observado para las larvas, la especie *B. aurea* presentó mayores abundancias promedio durante la marea de sicigia en ambas zonas (Tabla 4.9). Por otro lado, *O. argentinensis* presentó mayores abundancias promedio durante la marea de sicigia en la Rompiente y durante la marea de cuadratura en el Estuario. El resto de las especies presentaron abundancias promedio similares entre ambos estados de marea (Tabla 4.9). Similarmente a lo observado para larvas de peces, los resultados del ANOVA de 3 vías reflejaron que no hubo diferencias en el número de especies (Tabla 4.10; Fig. 4.5a; Fig. 4.6a) ni en la abundancia de juveniles (Tabla 4.11; Fig. 4.5a; Fig. 4.6a) entre temporadas, zonas, estado de marea o en sus interacciones.

El número de especies y la abundancia de juveniles no fueron diferentes entre mareas de sicigia y cuadratura durante episodios de vientos marítimos y episodios de vientos continentales (Tabla 4.12). Sin embargo, diferencias fueron evidentes en ambos parámetros considerando el mismo criterio que se planteó para larvas, es decir, sólo tomando en cuenta el efecto de la dirección del viento indistintamente del estado de marea. (Tabla 4.13). En este caso, durante episodios de vientos marítimos se colectó una mayor abundancia de juveniles (media = 239,78 individuos; mediana = 39,5 individuos;  $n = 40$ ) y un mayor número de especies (media = 3,13; mediana = 3;  $n = 40$ ) en comparación a los colectados durante episodios de vientos continentales (media =

**Tabla 4.10.** Resultados del ANOVA de tres vías comparando el número de especies de juveniles de peces colectados con red playera, entre temporadas (Verano temprano vs. Verano tardío), entre zonas (Rompiente vs. Estuario), entre el estado de marea luni-solar (cuadratura vs. sicigia) y sus interacciones. gl: grados de libertad, Sum. Cuad.: suma de cuadrados mínimos, Cuad. Med.: cuadrados medios, ns: no significativo.

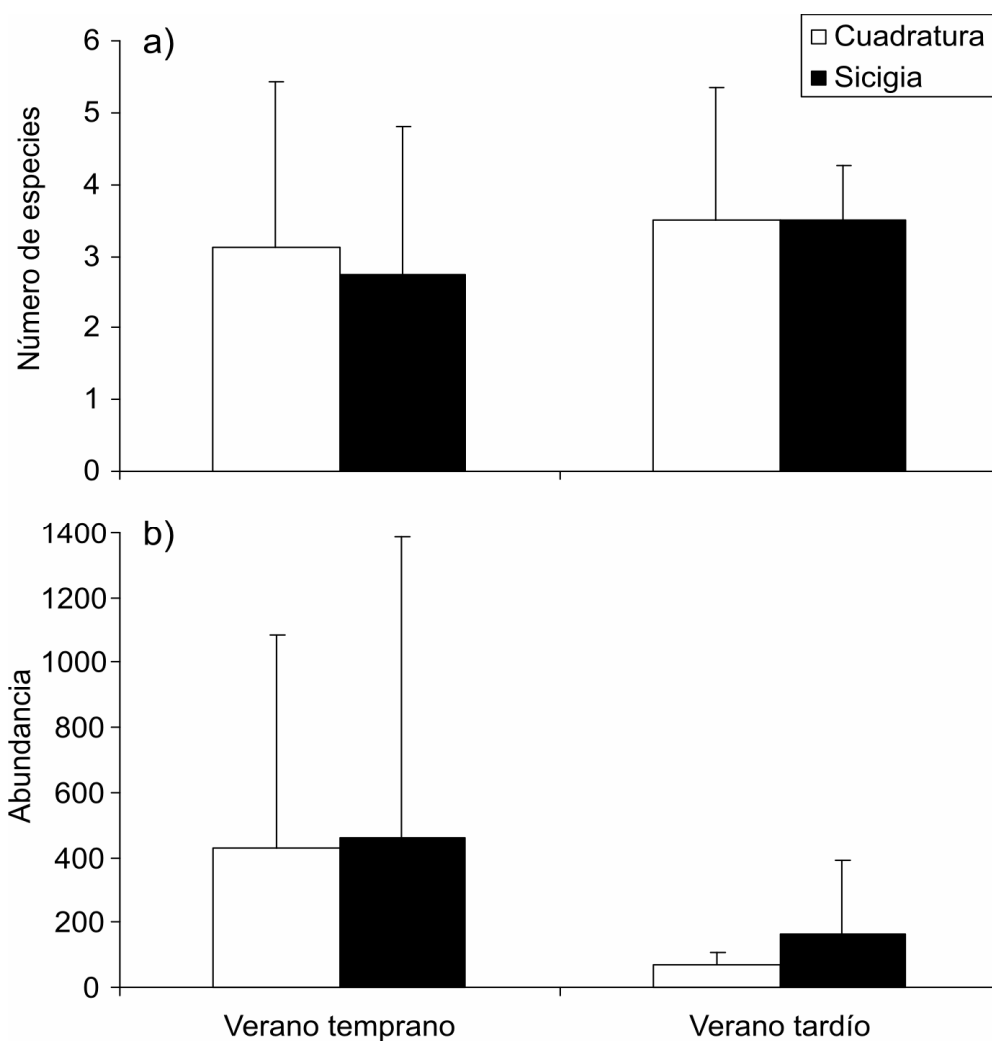
	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	$p$	
Temporada (A)	1	0,560	0,563	0,203	0,654	ns
Zona (B)	1	7,560	7,562	2,728	0,104	ns
Marea (C)	1	0,060	0,063	0,023	0,881	ns
A x B	1	2,250	2,250	0,812	0,372	ns
A x C	1	1	1	0,361	0,551	ns
B x C	1	0,250	0,250	0,090	0,765	ns
A x B x C	1	0,060	0,062	0,023	0,881	ns
Residuales	56	155,250	2,772			



**Fig. 4.5.** Variación temporal en a) número de especies y b) abundancia de juveniles de peces colectados con red playera en la Rompiente, entre mareas de cuadratura y de sicigia.

**Tabla 4.11.** Resultados del ANOVA de tres vías comparando la abundancia de juveniles de peces colectados con red playera, entre la temporadas (Verano temprano vs. Verano tardío), entre zonas (Rompiente vs. Estuario), entre el estado de marea luni-solar (cuadratura vs. sicigia) y sus interacciones. gl: grados de libertad, Sum. Cuad.: suma de cuadrados mínimos, Cuad. Med.: cuadrados medios. ns: no significativo.

	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	$p$	
Temporada (A)	1	0,060	0,064	0,096	0,758	ns
Zona (B)	1	1,160	1,157	1,733	0,193	ns
Marea (C)	1	0,130	0,129	0,193	0,662	ns
A x B	1	0	0,001	0,002	0,969	ns
A x C	1	0,80	0,799	1,197	0,279	ns
B x C	1	1,80	1,797	2,69	0,107	ns
A x B x C	1	0,10	0,102	0,152	0,698	ns
Residuales	56	37,40	0,668			



**Fig. 4.6.** Variación temporal en a) número de especies y b) abundancia de juveniles de peces colectados con red playera en el Estuario, entre mareas de cuadratura y de sicigia.

102,04 individuos; mediana = 30,5 individuos;  $n = 24$ ) (media = 2,42; mediana = 2;  $n = 24$ , respectivamente).

**Tabla 4.12.** Resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de medianas de la abundancia y número de especies de juveniles de peces colectados con red playera, entre mareas de cuadratura y de sicigia durante episodios de vientos marítimos (SO, S, SE, E) y vientos continentales (NE, N, NO, O). ns: no significativo.

	Vientos marítimos			Vientos continentales		
	<i>W</i>	<i>p</i>		<i>W</i>	<i>p</i>	
Abundancia	181	0,772	ns	54	0,560	ns
Número de especies	204	0,746	ns	41	0,155	ns

**Tabla 4.13.** Abundancia y número de especies promedio de juveniles de peces colectados durante episodios de vientos marítimos (SO, S, SE, E) y de episodios de vientos continentales (NE, N, NO, O), y resultados del test de Mann-Whitney en la comparación de las medianas de ambos parámetros. Los desvíos Standard se muestran entre paréntesis. \*  $p < 0,05$ .

	Vientos marítimos	Vientos continentales	<i>W</i>	<i>p</i>
	Abundancia	239,78 (520,18)		
Número de especies	3,13 (1,76)	2,42 (1,32)	254	0,0133 *

#### 4.4. Discusión

##### 4.4.1. Variación de las variables ambientales en función de las mareas de cuadratura y sicigia

Los resultados del presente estudio demostraron que, tanto en la Rompiente como en el Estuario, las condiciones del agua (temperatura, salinidad y transparencia) fueron similares durante ambas mareas (cuadratura y sicigia). Sería de esperar que la salinidad y la transparencia del agua variaran durante las fases de mareas, debido a un mayor y menor volumen de agua de mar que ingresa en la laguna durante las mareas

crecientes de sicigias y cuadraturas, respectivamente (Kjerfve & Magill, 1989). Por ejemplo, en el Estuario Mondego (Portugal), Primo *et al.* (2012) encontraron una variación en la salinidad del agua en relación a las mareas luni-solares, observando mayores valores de esta variable en el fondo que en superficie, durante mareas de cuadratura en verano y de cuadratura y sicigia en invierno. Sin embargo, la profundidad del estuario Mondego y el importante caudal que el río Mondego descarga sobre el estuario, promueven la estratificación de la columna de agua, y las diferencias en la salinidad del agua podrían estar relacionadas con la variación estacional del caudal del río por diferencias estacionales en el régimen de lluvias (Primo *et al.*, 2012). En este sentido, dada la poca profundidad del sistema de Mar Chiquita y al hecho de que el único arroyo (Vivoratá) que descarga en el canal se alimenta principalmente de lluvias (Reta *et al.*, 2001), dan cuenta de un sistema que a pesar de que manifiesta una mezcla de agua, durante periodos de escasas precipitaciones estará mayormente influenciado por agua de mar; tanto en mareas de mayor como de menor amplitud (sicigias y cuadraturas, respectivamente). Tanto es así que Kjerfve & Magill (1989) en su clasificación de lagunas costeras, apartan a aquellas con poco a escaso aporte de agua dulce (como Mar Chiquita), caracterizándolas como lagunas de permanente agua de mezcla debido al estado de mareas y de la acción del viento.

#### ***4.4.2. Variación en la composición de larvas y juveniles de peces en función de las mareas de cuadratura y sicigia***

Los resultados del presente estudio demostraron que no existe una variación en la composición de larvas y juveniles de peces sobre el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita y área de rompiente adyacente entre mareas de cuadraturas y sicigias.

Tampoco fue evidente una variación en los parámetros antes mencionados, en relación a las cuadraturas y sicigias en combinación con episodios de vientos marítimos y/o continentales, rechazando la hipótesis planteada.

La variación en la composición de larvas de peces en relación a las mareas de cuadratura y sicigia ha sido demostrada sobre estuarios cuya profundidad permite una estratificación de la columna de agua (e.g., Schultz *et al.* 2003; Primo *et al.*, 2012). Así mismo, se ha observado que algunas especies presentan un ritmo endógeno asociado con el ciclo de mareas luni-solares con el fin de sincronizar sus movimientos a una amplitud de marea específica (e.g., Hough & Naylor, 1991; Queiroga *et al.*, 1994).

También han sido manifestadas variaciones en la distribución de juveniles de peces en zonas intermareales y de marismas situadas en las zonas de estuarios, lagunas costeras y otras zonas costeras poco profundas en relación a las cuadraturas y sicigias (Kneib & Wagner, 1994; Rozas, 1995, Morrison *et al.*, 2002; Greenwood & Hill, 2003). Se ha atribuido principalmente al movimiento de los peces hacia zonas intermareales productivas, que sólo se encuentran disponibles durante determinados periodos de inundación en función de las mareas, permitiendo a los peces acceder a mayores zonas de alimentación durante su incursión en estuarios (Rozas & Odum, 1988; Cattrijsse *et al.*, 1994; Edgar & Shaw, 1995). Las fuertes corrientes y los grandes volúmenes de agua en movimiento durante la marea de sicigia podrían transportar pasivamente a los peces (principalmente estadios larvales) en las zonas intermareales (Hampel *et al.*, 2003). Sin embargo, el hecho de no encontrar, en el presente estudio, un patrón definido en la composición de larvas y juveniles de peces entre las diferentes fases de mareas, contradice la teoría de migración pasiva hacia el interior de estuarios debido sólo a la variación del agua en función de las mareas como propusieron Hampel *et al.* (2003).

#### 4.4.3. *Viento Vs. marea*

Las mayores densidades de larvas y las mayores abundancias de juveniles de peces durante episodios de vientos marítimos observadas durante el presente estudio ponen de manifiesto que el viento tiene mayor influencia que el ciclo de mareas en la penetración del agua hacia zonas internas de la laguna Mar Chiquita, tal como observaron Reta *et al.* (1997) y, por ende, en el ingreso de estos estadios de peces al sistema. Esto da la pauta de que en sistemas estuarinos tan someros (como Mar Chiquita) los movimientos de agua hacia adentro y fuera están netamente regulados por factores locales como los vientos dominantes, y no por factores de gran escala como las mareas, que son generados por los movimientos de los astros (luna y sol) (Panzarini, 1970). No obstante, durante periodos prolongados de vientos débiles o calmas, los ciclos de mareas son los que regulan la oscilación del nivel del agua en el sector estuarial de Mar Chiquita.

Existe, sin embargo, una cierta regularidad en el régimen de vientos en función de las estaciones del año. Como se mencionó previamente en el Capítulo 2, los vientos del sector Norte, Sur y Este son dominantes durante los meses de verano en la zona de Mar Chiquita, siendo beneficiosos para el reclutamiento de estadios de vida temprana de peces los del Sur y los del Este que corresponden a la categoría de vientos marítimos. Durante este estudio, los vientos del sector Este fueron dominantes desde diciembre hasta febrero, siendo más frecuentes e intensos en enero y febrero (Fig. 4.3), en coincidencia con los resultados obtenidos durante la temporada de muestreo de primavera-verano del año anterior (Capítulo 3; Fig. 3.3). Esta regularidad estacional parece ser beneficiosa para aquellas especies de peces que se reproducen cerca de la desembocadura de la laguna, dado que los vientos marítimos que arrastran agua de mar

hacia la costa, y aumentan el nivel de agua de la laguna Mar Chiquita, son dominantes en el periodo de verano donde son observados los picos de abundancias de larvas y juveniles de peces.

A pesar de su regularidad estacional, el viento es un factor mucho más impredecible que el ciclo de mareas. En aquellos sistemas estuarinos donde el movimiento de las aguas, y el reclutamiento de peces, está gobernado por los ciclos de mareas se han desarrollado modelos mediante los cuales se observó como los peces aprovechan las diferentes fases de estos ciclos para el ingreso y/o permanencia en los estuarios (Weinstein *et al.*, 1980; Boehlert & Mundy, 1988; Forward *et al.*, 1999; Primo *et al.*, 2012) e incluso como este aprovechamiento va cambiando conforme avanza el desarrollo de los peces y por eso hasta es posible predecir hasta que tallas se encuentran fuera del estuario y a partir de que tallas ingresan (e.g., Cowley *et al.*, 2001). Por lo tanto, es notable destacar la implicancia que tiene para los peces el reclutamiento hacia un sistema estuarino a partir de un forzante impredecible (como el viento) frente a otros casos en que el reclutamiento depende de procesos regulares y predecibles como las mareas. A partir de los resultados obtenidos en este Capítulo y en el anterior, es posible decir que la zona del canal de acceso de la laguna Mar Chiquita puede funcionar como área de cría tanto de etapas larvales como juveniles. Sin embargo, ante la ausencia de un factor regular y predecible que gobierne la entrada y salida de agua y por ende asista a aquellos estadios que ingresan pasivamente, la zona marítima, además de funcionar como área de puesta y acumulación, también funciona como área de cría de ambas etapas (larval y juvenil) aunque con características no tan propicias en comparación a la zona del canal de la laguna, en relación a la oferta de nutrientes (Marcovecchio *et al.*, 2006) y refugio contra predadores (e.g., Lucifora, 2001). De esta manera, el ingreso de etapas larvales es una cuestión del azar, en que se presenten las condiciones de viento

que arrastren agua hacia la costa y hacia dentro de la laguna junto con estos estadios, y aquellos que puedan aprovecharlo tendrán más éxito de supervivencia. De todos modos, aquellos que no puedan aprovecharlo, pueden igualmente permanecer en la zona marítima y esperar (o no) a que vuelvan a presentarse las condiciones de viento para ingresar a la laguna.

El papel desempeñado por los estuarios en los ciclos de vida de muchas especies de peces (y también de crustáceos) ha sido considerado por algunos autores de tanta importancia que a estas especies se las ha catalogado como estuario-dependientes (Wallace *et al.*, 1984; Claridge *et al.*, 1986; Day *et al.*, 1989). Se ha sugerido, sin embargo, que en el caso de las especies marinas, el término estuarino-oportunista sería más apropiado (Lenanton & Potter, 1987; Blaber *et al.*, 1989) si se compara la historia de los peces y la de los estuarios en una escala de tiempo geológica. Según los resultados obtenidos durante este estudio, parecería que los peces que utilizan el sistema estuarino de la laguna Mar Chiquita como área de cría, encuadrarían mejor como estuarino-oportunistas según lo propuesto por Lenanton & Potter (1987) y Blaber *et al.* (1989) ya que, en el caso de darse las condiciones de viento necesarias para el ingreso a la laguna, estas especies pueden igualmente permanecer en la zona marítima y crecer, sin estar estrictamente condenadas a la muerte según lo propuesto por Wallace *et al.* (1984), Claridge *et al.* (1986) y Day *et al.* (1989) en su clasificación de peces estuario-dependientes.

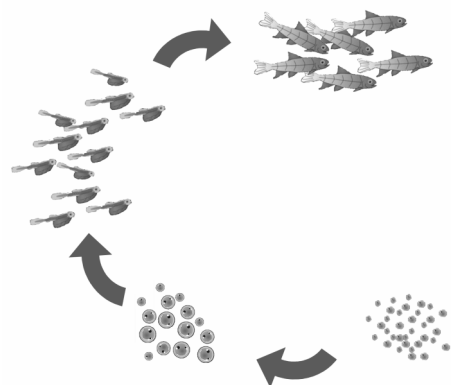
#### **4.5. Conclusiones**

Con los resultados obtenidos en el presente Capítulo puede concluirse que el ingreso de larvas y juveniles de peces no está relacionado con las diferentes amplitudes

de marea que se manifiestan durante las cuadraturas y sicigias. Más aún, ha quedado demostrado como el viento, además de favorecer o restringir el ingreso de agua de mar en la laguna Mar Chiquita, está vinculado al éxito en el ingreso de los primeros estadios de vida de los peces a este sistema. Vientos marítimos, que provienen desde el mar con direcciones del SO, S, SE y E, empujan agua de mar hacia la costa, permitiendo a los jóvenes peces alcanzar profundidades menores, y favorecer el ingreso al acercarse a la boca de la laguna Mar Chiquita. La regularidad estacional observada en el régimen de vientos parece ser beneficiosa dado que los vientos marítimos son dominantes en el periodo de verano donde son observados los picos de abundancias de larvas y juveniles de peces. Si bien fue de esperar que las diferentes amplitudes de marea estuvieran vinculadas con mayor o menor ingreso de peces, ha quedado evidenciado cómo en este sistema muy somero la acción de un factor de mayor escala (como mareas de cuadratura y sicigia) es débil en relación al reclutamiento de peces a la laguna, y queda enmascarada por el efecto de un factor local (como el viento).

## *Capítulo 5*

*Variación día/noche en la composición de los primeros estadios de vida de peces sobre la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita*





## 5.1. Introducción

Todo ecosistema manifiesta una periodicidad múltiple y compleja a la que comúnmente se denomina *ritmos internos*, o simplemente ritmos (Margalef, 1980). Los ritmos diarios o nictemerales pueden estar basados en ritmos endógenos circadianos. La sucesión de días y noches significa la oscilación en la mayoría de los factores externos de interés ecológico (luz, temperatura, humedad). La duración del día y de la noche es función de la latitud y del momento del año. El gobierno de la actividad por ritmos diarios tiene, frecuentemente, como resultado la concentración de los individuos en estratos diferentes según las horas del día (Margalef, 1980).

Las distribuciones de los animales están determinadas por una compleja serie de respuestas a las características tanto físicas como biológicas de su entorno. Estas respuestas permiten a los individuos seleccionar aquellos hábitats que ofrecen la mejor combinación de un alto potencial de crecimiento y de rendimiento reproductivo con el menor riesgo de mortalidad. Los requerimientos individuales varían, sin embargo, y un hábitat que es adecuado durante un estado de ayuno, momento del día o etapa en la historia de vida puede no ser adecuado en otro. En consecuencia, muchas especies se mueven de un hábitat a otro en una variedad de escalas espaciales y temporales. Por otra parte, los hábitats por sí mismos no son constantes, sino que varían periódicamente sobre una base diaria y estacional (Gibson *et al.*, 1996).

Existen variables ambientales que presentan una variación nictemeral. La temperatura ambiente puede ser el ejemplo más obvio, o el ascenso y descenso rítmico en el nivel del mar que se verifica con un periodo próximo a las 12 o 24 horas, debido a las atracciones que sobre las aguas del mar ejercen la luna y el sol, constituyendo el fenómeno de “marea” (Panzarini, 1970). Sin embargo, la intensidad y dirección del

viento también la presentan y es una característica típica de las regiones costeras donde se generan procesos de brisa marina (Pattiaratchi *et al.*, 1997; Hendrickson & MacMahan, 2009). La brisa marina es causada por el gradiente de temperatura entre el mar y el continente. Debido a una diferencia en la capacidad térmica, la tierra se calienta y se enfría más rápidamente que el mar, generando una intensa brisa marina hacia el continente durante la tarde y una brisa de tierra hacia el mar, más débil, durante la noche (Hendrickson & MacMahan, 2009). Estas afectan sólo la parte más baja de la atmósfera (100 - 400 m) pero la brisa marina puede tener una penetración en el continente de decenas de kilómetros (Pattiaratchi *et al.*, 1997). La velocidad de la brisa marina depende de la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra y de las características del viento sinóptico. Puede alcanzar velocidades significativas de 40 - 50 km h<sup>-1</sup> a 10 m sobre el nivel del mar. Sin embargo un fuerte viento sinóptico, debido al pasaje de un sistema frontal, suprimirá el desarrollo de una brisa marina así como la cobertura nubosa también puede afectarla (Reta, 1998).

En los peces se ha visto, que tanto su comportamiento como su actividad presentan ciclos rítmicos que siguen patrones característicos que trascienden los límites geográficos y taxonómicos (Strydom & Wooldridge, 2005). Como se ha dejado asentado previamente, los sistemas costeros como estuarios, bahías y lagunas costeras son hábitats esenciales para muchas especies de peces tanto como áreas de reproducción como áreas de cría (Aceves-Medina *et al.*, 2008). Esto provoca un interés especial en comprender las estrategias que las etapas tempranas de vida de los peces utilizan tanto para el reclutamiento hacia las desembocaduras de estuarios como para permanecer en ellas, a pesar de los procesos de advección resultantes de los ciclos de marea y de las corrientes litorales (Boehlert & Mundy, 1988). En este sentido, los efectos que tienen los ciclos de marea y los ciclos nictemerales sobre los ciclos de vida de los peces (e.g.,

Gray *et al.*, 1998; Methven *et al.*, 2001; Pessanha *et al.*, 2003; Castillo-Rivera *et al.*, 2010) y sus estadios larvales (e.g., Neira & Potter, 1992; Trnski, 2001; Strydom & Wooldridge, 2005; Bonecker *et al.*, 2009) han recibido mucha atención.

Muchas larvas son planctónicas en sus primeras etapas y depende de los procesos hidrodinámicos, entre otros factores, para su dispersión hacia zonas de cría adecuadas (Dege & Brown, 2004). Algunos estudios de campo han sugerido que los mecanismos de reclutamiento hacia los sistemas estuarinos son completamente pasivos (Rijnsdorp *et al.*, 1985). Aunque los primeros estadios de larvas de peces tienen nula o baja capacidad de natación, los movimientos verticales, acoplados con los ritmos circadianos y de las mareas parecen tener un papel muy importante que permite que las larvas alcancen o permanezcan en determinadas áreas favorables y puedan controlar así ser arrastrados por la deriva (Weinstein *et al.*, 1980; Boehlert & Mundy, 1988; Joyeux, 1999).

En la mayoría de los estudios relacionados con las variaciones nictemerales de peces se han realizado diseños de muestreo que solamente abarcan pocas horas de cada período de 24 hs, centrándose a menudo en las mareas altas y/o bajas durante los períodos de día y de noche (Methven *et al.*, 2001; Morrison *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2006). Son pocos los estudios que han adoptado un enfoque más continuo (e.g., Pessanha *et al.*, 2003; Castillo-Rivera *et al.*, 2005; 2010), adoptando diseños de muestreo con mayor regularidad (e.g., con intervalos de 2 ó 3 hs), lo que permite una evaluación más precisa de la temporización de los cambios en la distribución y en la abundancia de los peces en todo el ciclo de 24 hs y de la influencia de los factores ambientales sobre estos cambios durante períodos de tiempo cortos (Castillo-Rivera *et al.*, 2010).

Ha quedado asentado, según los resultados obtenidos en los Capítulos anteriores, que ni las variaciones en los ciclos de mareas diarios (creciente y bajante) ni los ciclos de mareas luni-solares (sicigias y cuadraturas) tienen efecto sobre el reclutamiento de las etapas tempranas de vida de los peces, dado que se demostró que el viento, además de favorecer o restringir el ingreso de agua de mar en la laguna Mar Chiquita (Reta *et al.*, 1997), está vinculado al éxito en el ingreso de los primeros estadios de vida de los peces a este sistema. Sin embargo, estas afirmaciones están basadas sobre resultados obtenidos a través de diseños de muestreo realizados en horas diurnas. En vista de que no existe información sobre la variación nictemeral en la composición de peces en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, es posible que el reclutamiento esté asociado a los diferentes estados de marea durante el ciclo circadiano, como ha sido observado en otros sistemas estuarinos (e.g., Castillo-Rivera *et al.*, 2005; 2010).

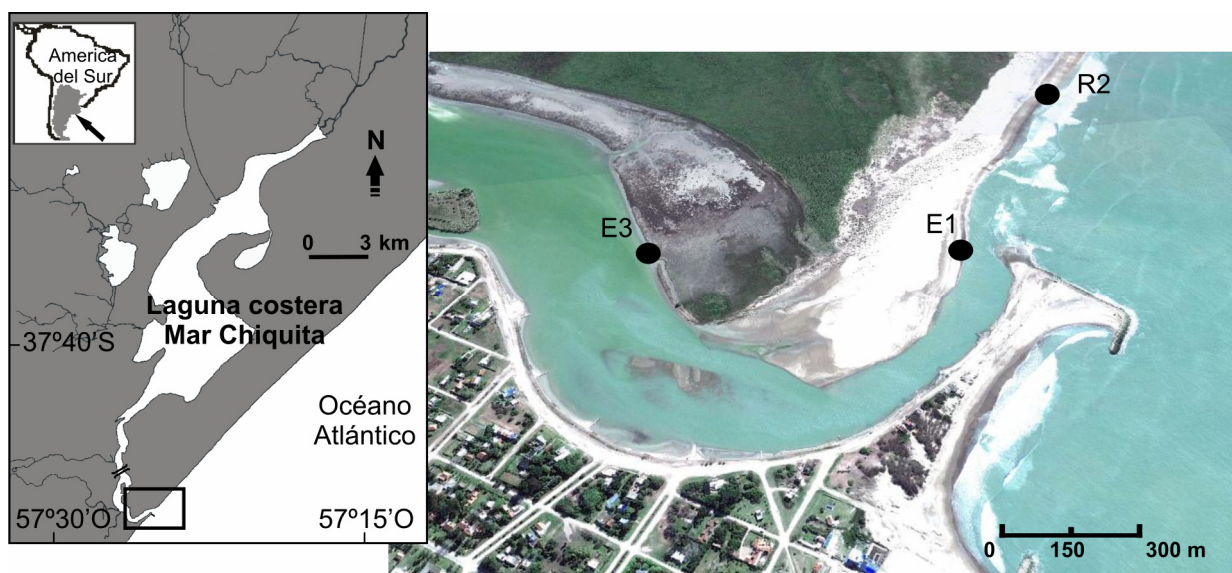
Por tal motivo, el objetivo de este Capítulo es evaluar variaciones en la composición y abundancia de larvas y juveniles tempranos de peces en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna costera Mar Chiquita, durante periodos de luz y de oscuridad en relación a las distintas fases del ciclo de marea diario y a la variación en la amplitud de marea encontradas entre cuadraturas y sicigias.

Como hipótesis se plantea que: “la diversidad y abundancia de larvas y juveniles tempranos de peces es mayor en horas nocturnas en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna costera Mar Chiquita, debido a cambios en la distribución de estos organismos en relación con los ciclos nictemerales, como ha sido observado en otros sistemas estuarinos (e.g., Castillo-Rivera *et al.*, 2005; 2010)”.

## 5.2. Materiales y Métodos

### 5.2.1. Área de estudio

El área de estudio para cumplimentar el objetivo planteado, abarcó la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita. Se plantearon 3 sitios de muestreo: uno en la Rompiente (estación R2), uno en la boca de la laguna (estación E1) y uno en el canal de la laguna (estación E3) (Fig. 5.1). Los tres sitios fueron considerados como replicas de cada día.



**Fig. 5.1.** Ubicación del área de estudio en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, indicando los tres sitios de muestreo ubicados sobre la zona de Rompiente, sobre la boca de la laguna y sobre el canal estuarino.

### 5.2.2. Procedimiento de muestreo

Para cumplimentar con el objetivo planteado en este Capítulo, se empleó un diseño de muestreo que abarcó un ciclo lunar completo. Por lo tanto, cuatro muestreos a

intervalos de tres horas durante un ciclo de 21 hs se realizaron a lo largo de un mes. Cada uno correspondió a una fase lunar diferente, y fueron realizados entre las 8:00 hs y las 5:00 hs del día siguiente de los días 7 (luna nueva), 14 (cuarto creciente), 21 (luna llena) y 28 (cuarto menguante) de enero de 2011. De esta forma pudieron realizarse dos muestreos durante las mareas de sicigias y dos durante las mareas de cuadratura. Las larvas y juveniles tempranos de peces fueron colectados por duplicado durante cada intervalo en los tres sitios de muestreo (Fig. 5.1). Para la colecta de especímenes se utilizó la red cónica de 44 cm de diámetro, con el mismo procedimiento al empleado y descrito en los Capítulos 3 y 4. Dado que en la zona de estudio las mareas son semidiurnas, en cada ciclo de 21 hs fue posible realizar arrastres con la red durante una marea creciente y una bajante durante el día y lo mismo durante la noche. Cabe mencionar que fue utilizado sólo un arte de pesca (la red cónica), para poder cumplimentar con los intervalos de 3 horas propuestos en la metodología.

Luego de cada arrastre, se registró la temperatura, salinidad y transparencia (sólo en horas de luz) del agua con la misma metodología que fue descrita en el Capítulo 3. A su vez, se utilizó el mismo procedimiento para el procesamiento de las muestras luego de los arrastres, así como el realizado en el laboratorio para la identificación de las especies. El periodo de olas (como segundos entre olas consecutivas) fue registrado en la zona de Rompiente.

Datos de dirección y velocidad del viento, así como temperatura ambiente, sensación térmica y humedad, cada una hora desde el inicio hasta la finalización del muestreo de cada día, fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina), correspondientes a la estación meteorológica 876920 (SAZM) ubicada en el aeródromo de Mar del Plata.

**5.2.3. Análisis estadísticos de las variables ambientales y biológicas**

Con el fin de probar la hipótesis nula de no existencia de diferencias en la temperatura, la salinidad y el periodo de olas entre mareas (cuadraturas y sicigias) y arrastres diurnos y nocturnos se utilizó el test no paramétrico de suma de rangos de Kruskal-Wallis. En caso de encontrarse diferencias, se utilizó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney. Para evaluar diferencias en la transparencia del agua entre cuadraturas y sicigias, se utilizó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney. Un análisis previo reveló que no existieron diferencias en la composición de larvas y juveniles tempranos de peces ni entre las muestras diurnas ni entre las muestras nocturnas para cuadraturas y para sicigias (Tabla 5.1). Por lo tanto, para los análisis estadísticos los arrastres se agruparon como diurnos (08:00-17:00 hs) y nocturnos (20:00 - 05:00 hs) por marea de cuadratura y de sicigia. De esta forma, se evaluaron diferencias en el número de especies y la densidad de peces (ind. 100m<sup>-3</sup>) colectados

**Tabla 5.1.** Resultados del test de Kruskal-Wallis comparando la composición de peces colectados entre los arrastres correspondientes a horas de luz (8:00 - 17:00 hs) y entre los correspondientes a los de horas de oscuridad (20:00 - 05:00 hs), entre fases lunares. ns: no significativo.

	Día				Noche			
	$\chi^2$	gl	<i>p</i>		$\chi^2$	gl	<i>p</i>	
<i>Luna nueva</i>								
Número de especies	3,951	3	0,2668	ns	7,400	3	0,0602	ns
Densidad	5,676	3	0,1285	ns	7,513	3	0,0573	ns
<i>Cuarto creciente</i>								
Número de especies	3,653	3	0,3014	ns	7,687	3	0,0537	ns
Densidad	4,007	3	0,2607	ns	7,111	3	0,0685	ns
<i>Luna llena</i>								
Número de especies	2,847	3	0,4158	ns	6,858	3	0,0766	ns
Densidad	3,136	3	0,3710	ns	5,285	3	0,1521	ns
<i>Cuarto menguante</i>								
Número de especies	0,981	3	0,8060	ns	3,841	3	0,2792	ns
Densidad	4,493	3	0,2129	ns	2,019	3	0,5683	ns

entre marea luni-solar (“Luna”, cuadratura vs. sicigia), periodo del día (“hora”, día vs. noche), marea diaria (“Marea”, creciente vs. bajante) y sus interacciones a través de un ANOVA de 3 vías. Para cumplir con los supuestos de homocedasticidad de varianzas (test de Cochran; Underwood, 1997), el número de especies fue transformado como  $\sqrt{x}$  y la densidad de peces como el  $\log(x + 1)$ . El test de Shapiro reveló la no normalidad en la distribución de los datos, sin embargo, no se consideró que esto afectara en las conclusiones del análisis de la varianza (Underwood, 1997).

Con el fin de evaluar las diferencias en las tallas de larvas y juveniles tempranos de peces entre las muestras diurnas y nocturnas para cuadraturas y sicigias, se utilizó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney U-test.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software R (R Development Core Team, 2012).

### 5.3. Resultados

#### 5.3.1. Variables ambientales en relación a los ciclos día/noche y de mareas

La temperatura del agua no mostró diferencias entre mareas de cuadratura y de sicigia (Tabla 5.2), aunque si fueron evidentes diferencias nictemerales en la temperatura, tanto en cuadraturas ( $W = 505,5; p < 0,0001$ ) como en sicigias ( $W = 458,5; p = 0,0003$ ). Los mayores valores se registraron durante los arrastres diurnos ( $22,5 \text{ °C} \pm 1,53$ ) y menores durante los nocturnos ( $20,8 \text{ °C} \pm 1,22$ ) en correlación con las tendencias atmosféricas (Fig. 5.2a, b).

La salinidad del agua mostró diferencias entre los ciclos día/noche y de mareas según los resultados del test de Kruskal-Wallis (Tabla 5.2). El posterior test de Mann-

Whitney reveló que la salinidad registrada durante los arrastres nocturnos de sicigia (mediana = 32,5; rango = 16 - 34;  $n = 24$ ) fueron menores a los registrados durante los arrastres diurnos de sicigia (mediana = 33; rango = 30 - 34;  $n = 24$ ) ( $W = 375,5$ ;  $p = 0,048$ ) y a los registrados durante los arrastres nocturnos de cuadratura (mediana = 34; rango = 31 - 34;  $n = 24$ ) ( $W = 388,5$ ;  $p = 0,0284$ ) (Fig. 5.2c, d).

**Tabla 5.2.** Resultados del test de Kruskal-Wallis y posterior test de Mann-Whitney para evaluar diferencias en la temperatura, salinidad y transparencia del agua y en el periodo de olas entre ciclos día/noche y ciclos de mareas. Abreviaturas de Luna: S, sicigia y D, cuadratura; Hora: D, día y N, noche. \*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Parámetro	Fuente	Kruskal-Wallis				Mann-Whitney
		$\chi^2$	gl	$p$		
Temperatura	Luna x Hora	35,486	3	9,62E-08	***	CD = SD > CN = SN
Salinidad	Luna x Hora	7,876	3	0,0490	*	CD = SD = CN > SN
Transparencia	Luna	-	-	-	-	C < S
Periodo de olas	Luna x Hora	6,109	3	0,1064	ns	-

La transparencia del agua varió entre las fases de marea (Tabla 5.2) y tanto durante las mareas de cuadratura como durante las sicigias se observó una tendencia a mayores valores durante las horas de la tarde (Fig. 5.2e, f). El test de Mann-Whitney ( $W = 143$ ;  $p = 0,0025$ ) reveló que la transparencia del agua registrada durante las cuadraturas fue menor (mediana = 15 cm; rango = 10 – 31 cm;  $n = 24$ ) en comparación a la registrada durante las sicigias (mediana = 20; rango = 12 – 37 cm;  $n = 24$ ).

No se observaron diferencias en el periodo de olas entre los ciclos día/noche y de mareas según los resultados del test de Kruskal-Wallis (Tabla 5.2). Sin embargo se observó una tendencia a periodos más reducidos de olas durante las horas de luz y más prolongados durante las horas nocturnas, comenzando este aumento en segundos entre

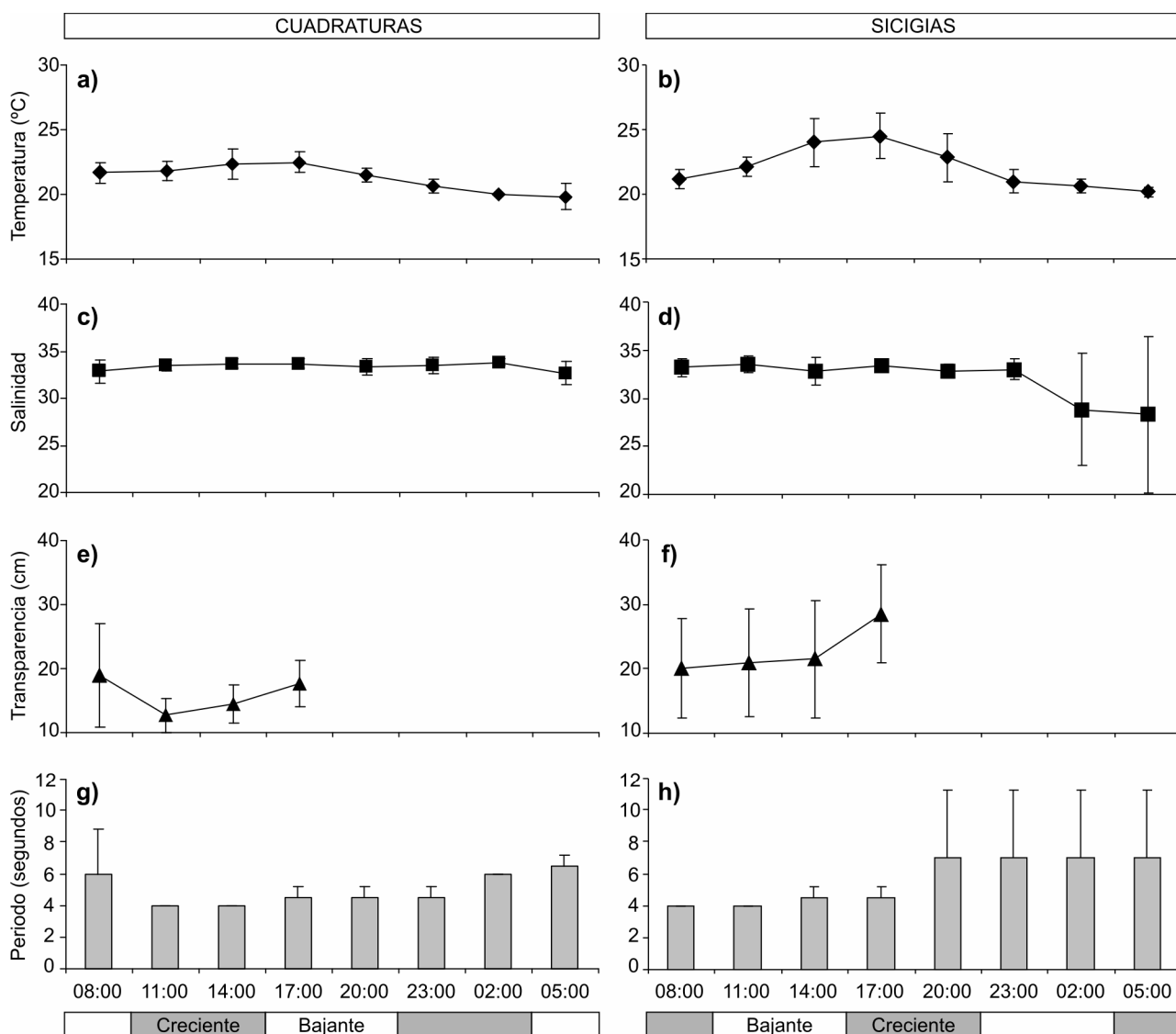
olas consecutivas durante ambas mareas a partir de las primeras horas luego del anochecer (20:00 - 21:00 hs) (Fig. 5.2g, h).

Según los datos provistos por el SMN, durante la jornada de muestreo del 7 de enero, vientos de dirección Oeste fueron dominantes durante las horas de luz, con velocidades de entre  $9,72 \text{ m s}^{-1}$  (12:00 hs) y  $7,22 \text{ m s}^{-1}$  (18:00 hs). A partir de las 19:00 hs, la dirección del viento fue variable con predominancia de los sectores Norte y Noroeste y con velocidades de entre  $1,67 \text{ m s}^{-1}$  y  $3,61 \text{ m s}^{-1}$ , y con algunas situaciones de calma (Fig. 5.3a). Durante el 14 de enero, el viento fue predominante de los sectores Sur y Sudeste durante las horas de luz con velocidades que variaron desde  $3,06 \text{ m s}^{-1}$  al inicio del muestreo y llegando a ser máximas ( $8,33 \text{ m s}^{-1}$ ) a las 16:00 hs, para luego disminuir a partir de las 21 hs con valores de entre  $1,11 \text{ m s}^{-1}$  y  $2,5 \text{ m s}^{-1}$ . Si bien vientos del sector Este fueron dominantes en horas nocturnas, hubo presencia de algunas situaciones de calmas (Fig. 5.3b). Vientos del sector Noroeste fueron dominantes desde el inicio del muestreo del día 21 de enero y hasta las 15:00 hs, momento cuando rotaron del sector Norte y se mantuvo constante hasta finalizar el muestreo. La velocidad varió desde  $3,61 \text{ m s}^{-1}$  (9:00 hs) a  $10,28 \text{ m s}^{-1}$  (12:00 hs). Si bien hubo un descenso en la velocidad del viento, similar al observado en los días previos, a partir de las 19:00 - 20:00 hs, esta disminución no fue tan acentuada (Fig. 5.3c). Durante la jornada del 28 de enero, vientos del sector Sur se mantuvieron constantes a lo largo de casi todo el día con velocidades entre  $2,5 \text{ m s}^{-1}$  (22:00 hs) y  $7,78 \text{ m s}^{-1}$  (11:00 hs). A partir de las 22:00 hs, el viento rotó del sector Oeste con velocidades más reducidas ( $1,1 - 2,5 \text{ m s}^{-1}$ ) manteniéndose así hasta la culminación del muestreo (Fig. 5.3d).

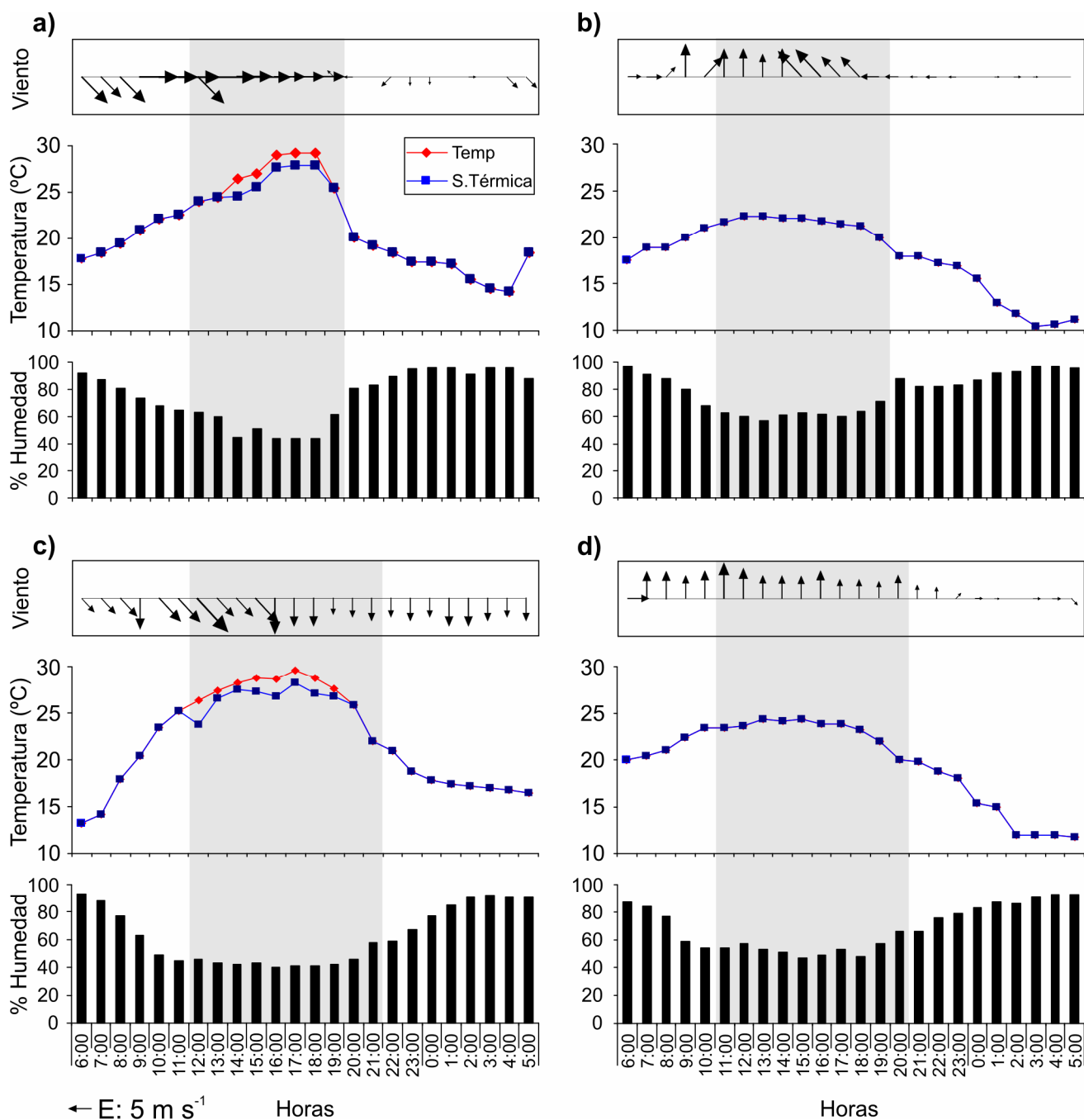
La temperatura ambiente registró valores típicos para la temporada de verano (Fig. 5.3), con valores máximos en horas posteriores al mediodía y disminuyendo hacia

la noche. Sólo fue evidente un descenso en la sensación térmica entre las 12:00 y las 19:00 hs de los días 7 (Fig. 5.3a) y 21 (Fig. 5.3.c) de enero.

La humedad ambiente también registró una variación cíclica a lo largo de cada día de muestreo y siendo similar en los 4 días, con una disminución desde horas tempranas de la mañana hasta alcanzar un mínimo entre las 17:00 y las 18:00 horas para luego aumentar paulatinamente hasta horas de la madrugada (Fig. 5.3a-d).



**Fig. 5.2.** Variación temporal promedio en la temperatura, salinidad y transparencia del agua, así como en el periodo de olas, durante las dos fases del ciclo de mareas luni-solares. El estado de marea creciente y bajante durante las horas de muestreo se indica en el recuadro inferior.



**Fig. 5.3.** Variación horaria en la dirección y velocidad del viento, temperatura (°C) y sensación térmica (°C), y porcentaje de humedad ambiente para las fechas del 7 a), 14 b), 21 c) y 28 d) de enero de 2010 cuando tuvieron lugar los muestreos. El recuadro sombreado representa las horas en las que se manifestó el fenómeno de brisa marina. Datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

### **5.3.2. Cambios en la riqueza y densidad de peces en relación a los ciclos día/noche y de mareas**

Se colectaron un total de 3.561 individuos, que representaron al menos 12 taxones en estadio de larvas y/o juveniles tempranos durante el período de estudio (Tabla 5.3). *Brevoortia aurea* fue la especie dominante tanto en las muestras diurnas como nocturnas de sicigias, así como también en las muestras diurnas de cuadraturas. Esta especie estuvo representada tanto por estadios larvales como por juveniles. Le siguieron en orden de importancia *M. liza*, representada sólo por estadios juveniles, en arrastres diurnos de cuadraturas y sicigias, y por *O. argentinensis*, representada tanto por estadios larvales como juveniles, en arrastres nocturnos de sicigias. Durante los arrastres nocturnos de cuadraturas, *H. fissicornis* fue dominante, representada únicamente por estadios larvales en preflexión, seguida en orden de importancia por *G. parri*, representada por los mismos estadios. Todas las especies colectadas durante el periodo de estudio estuvieron presentes tanto en arrastres diurnos como nocturnos en ambos estados de mareas (cuadraturas y sicigias), no encontrándose una o unas especies que estuvieran presentes sólo en periodos de luz o sólo en periodos de oscuridad, con la excepción de un individuo de *Symphurus jenynsii* colectado en arrastres nocturnos de sicigia y de un individuo, que no pudo ser identificado y fue catalogado como Larva Tipo A, colectado en arrastres diurnos de sicigias. (Tabla 5.3).

Si bien no hubo diferencias significativas entre arrastres diurnos y entre arrastres nocturnos (Tabla 5.1), algunas tendencias fueron evidentes. Durante las cuadraturas, el número de especies promedio fue similar durante las horas diurnas, pero aumentó hacia las primeras horas de la noche, disminuyendo nuevamente hacia las últimas horas de la madrugada (Fig. 5.4a). La densidad promedio de peces presentó los menores valores a

**Tabla 5.3.** Densidad promedio (DM, ind. 100m<sup>-3</sup>) y rango de tallas (LC, mm) de las especies de peces colectadas en los arrastres de día y de noche, durante las mareas de cuadratura y de sicigia. Los desvíos Standard se muestran entre paréntesis

Especies	Cuadraturas				Sicigias			
	Día		Noche		Día		Noche	
	DM	LC (mm)	DM	LC (mm)	DM	LC (mm)	DM	LC (mm)
<i>Brevoortia aurea</i>	26,32 (68,25)	14,7-37	20,29 (54,70)	17-39	47,98 (126,53)	11,86-32,5	674,17 (1.332,61)	8,85-39
<i>Cynoscion guatucupa</i>	-	-	-	-	0,27 (1,90)	4,17	0,55 (2,66)	7,51
Engraulidae	2,47 (8,86)	19,2-35	-	-	0,82 (3,22)	8,18-10,52	0,27 (1,90)	9,85
<i>Gobiosoma parri</i>	3,02 (8,69)	1,65-2,31	21,93 (67,12)	1,77-2,49	0,82 (4,21)	2,01-2,26	2,47 (12,04)	2,22-2,82
<i>Hypleurochilus fissicornis</i>	6,85 (17,59)	1,65-2,16	47,16 (106,35)	1,53-2,41	0,27 (1,90)	1,68	0,27 (1,90)	1,62
<i>Micropogonias furnieri</i>	0,27 (1,90)	9,52	1,92 (8,14)	8,85-13,03	-	-	6,85 (14,87)	4,68-37
<i>Mugil liza</i>	16,99 (39,34)	23-28	0,27 (1,90)	28	3,29 (10,34)	23,38-29	16,99 (35,08)	24-27,5
<i>Odontesthes argentinensis</i>	3,56 (7,55)	21,71-39	7,68 (14,06)	5,52-39	2,47 (7,99)	5,34-37	55,38 (87,59)	15-39
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	1,64 (8,42)	6,68-7,51	0,55 (2,66)	7,35-7,58	-	-	0,27 (1,90)	6,01
<i>Symphurus jenynsii</i>	-	-	-	-	-	-	0,27 (1,90)	10,52
<i>Umbrina canosai</i>	0,27 (1,90)	16,20	0,27 (1,90)	13,19	-	-	1,10 (4,57)	8,35-19,54
Larva Tipo A	-	-	-	-	0,27 (1,90)	2,10	-	-

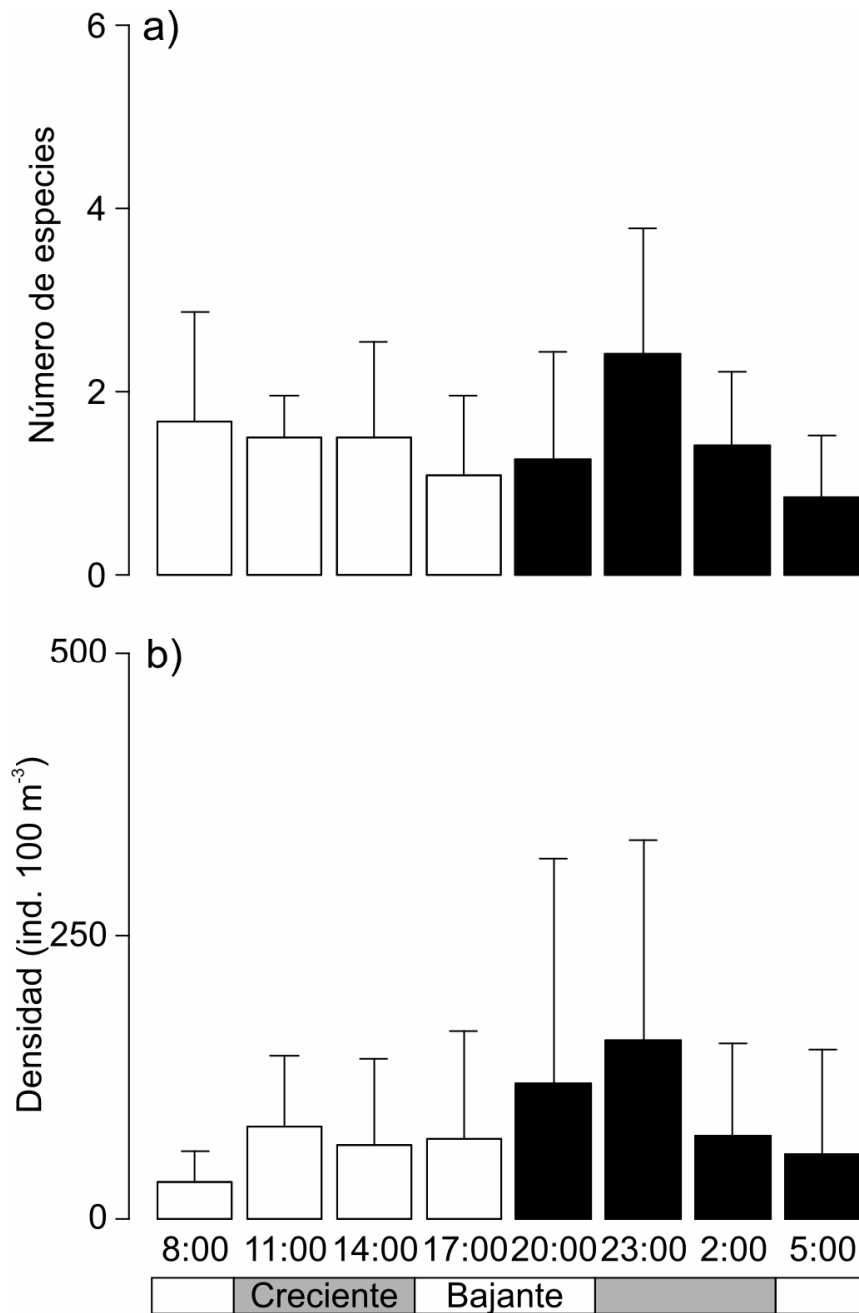
primeras horas de la mañana, aumentando hacia horas más avanzadas de la tarde y manifestando la misma tendencia observada en el número de especies en horas de la noche (Fig. 5.4.b). Durante las sicigias, las tendencias en el número de especies (Fig. 5.5a) y en la densidad de peces (Fig. 5.5b) fueron similares a las observadas durante las cuadraturas, aunque mayores valores promedio de número de especies y de densidad de peces fueron registradas en comparación a las registradas en cuadraturas.

Los resultados del ANOVA de 3 vías demostraron que la interacción doble para el número de especies fue significativa en el caso de Luna x Hora (Tabla 5.4). El cuadrado medio de esta interacción fue ligeramente menor que el del efecto del factor individual Hora, pero fue mayor que el de los efectos de los factores individuales restantes (Tabla 5.4).

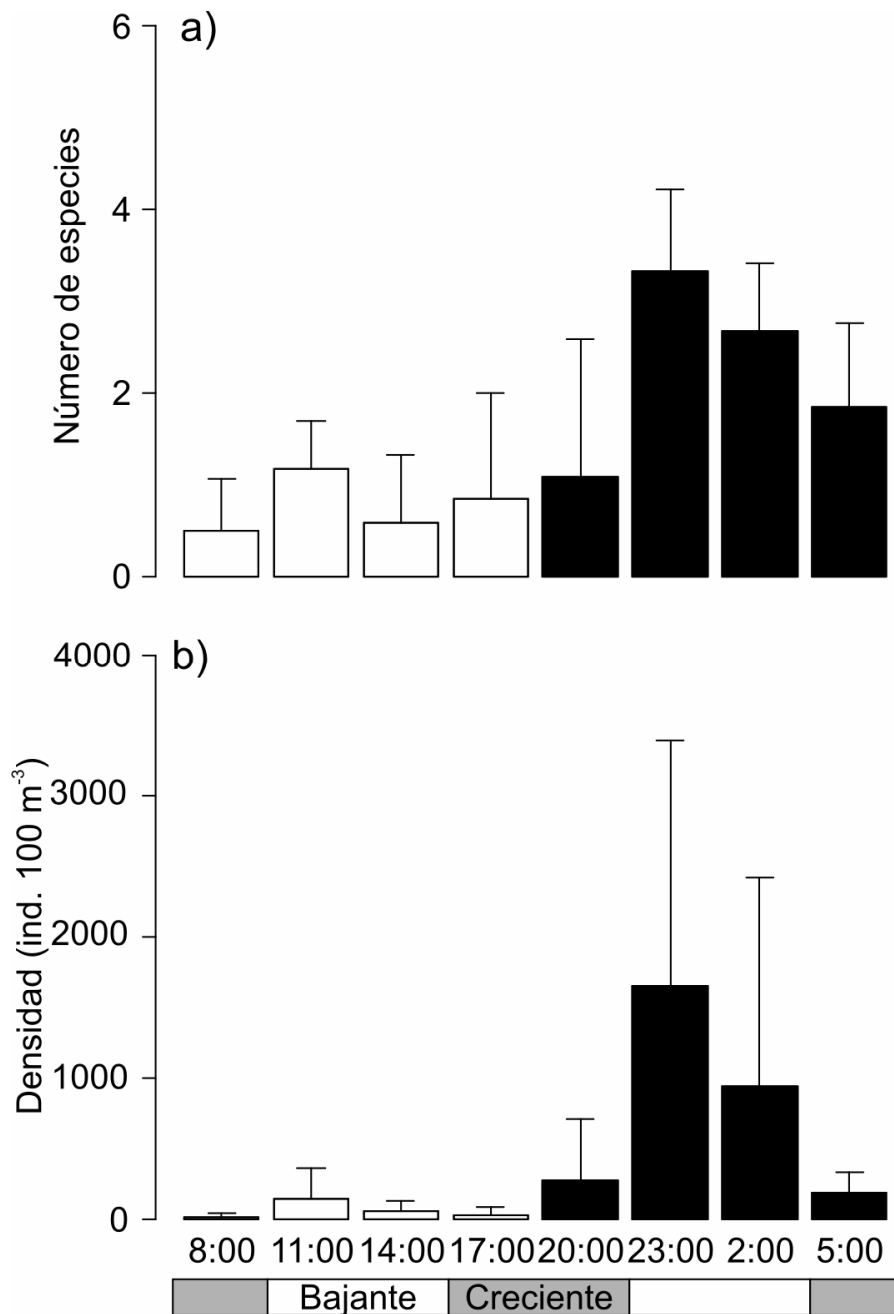
Durante los arrastres diurnos, el número promedio de especies fue mayor en las cuadraturas ( $1,44 \pm 0,90$ ) que en las sicigias ( $0,77 \pm 0,78$ ), mientras que durante los arrastres nocturnos el mayor número promedio de especies fue colectado en las sicigias ( $2,23 \pm 1,31$ ) en comparación a las cuadraturas ( $1,48 \pm 1,44$ ). El mayor número de especies fue colectado durante los arrastres nocturnos de las sicigias (Tabla 5.3).

En el caso de la densidad de peces colectada, los resultados del ANOVA de 3 vías demostraron que la interacción doble Luna x Hora también fue significativa en este caso (Tabla 5.5). El cuadrado medio de esta interacción fue mayor que el de los efectos individuales de los factores Luna y Hora, demostrando su mayor relevancia (Tabla 5.5).

Durante las cuadraturas, la densidad promedio de peces fue mayor en los arrastres nocturnos ( $100,07 \text{ ind. } 100 \text{ m}^{-3} \pm 143,05$ ) en comparación a los arrastres diurnos ( $61,41 \text{ ind. } 100 \text{ m}^{-3} \pm 68,45$ ). Durante las sicigias, la densidad de peces también



**Fig. 5.4.** Variación temporal promedio en a) número de especies y b) densidad de larvas y juveniles de peces durante las mareas de cuadraturas. El estado de marea creciente y bajante durante las horas de muestreo se indica en el recuadro inferior.



**Fig. 5.5.** Variación temporal promedio en a) número de especies y b) densidad de larvas y juveniles de peces durante las mareas de sicigias. El estado de marea creciente y bajante durante las horas de muestreo se indica en el recuadro inferior.

fue mayor durante los arrastres nocturnos ( $758,62 \text{ ind. } 100 \text{ m}^{-3} \pm 1.243,37$ ) en comparación a los diurnos ( $56,21 \text{ ind. } 100 \text{ m}^{-3} \pm 119,48$ ), y fue mucho mayor a la densidad colectada durante los arrastres nocturnos de cuadratura.

**Tabla 5.4.** Resultados del ANOVA de 3 vías comparando el número de especies de larvas y juveniles tempranos de peces colectados con red cónica, entre estados de marea luni-solar (Luna; cuadratura vs. sicigia), fases del día (Hora; día vs. noche), estados de la marea diaria (Marea; creciente vs. bajante) y sus interacciones. gl: grados de libertad, Sum. Cuad.: suma de cuadrados mínimos, Cuad. Med.: cuadrados medios, \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	$p$	
Luna(A)	1	995	995,1	9,578	0,0026	**
Hora (B)	1	1.535	1.532,2	14,777	0,0002	***
Marea (C)	1	615	614,8	5,918	0,0170	*
A x B	1	1.132	1.132,2	10,898	0,0014	**
A x C	1	416	415,6	4	0,0586	ns
B x C	1	268	268,4	2,584	0,1115	ns
A x B x C	1	299	299,2	2,879	0,0932	ns
Residuales	88	9.143	103,9			

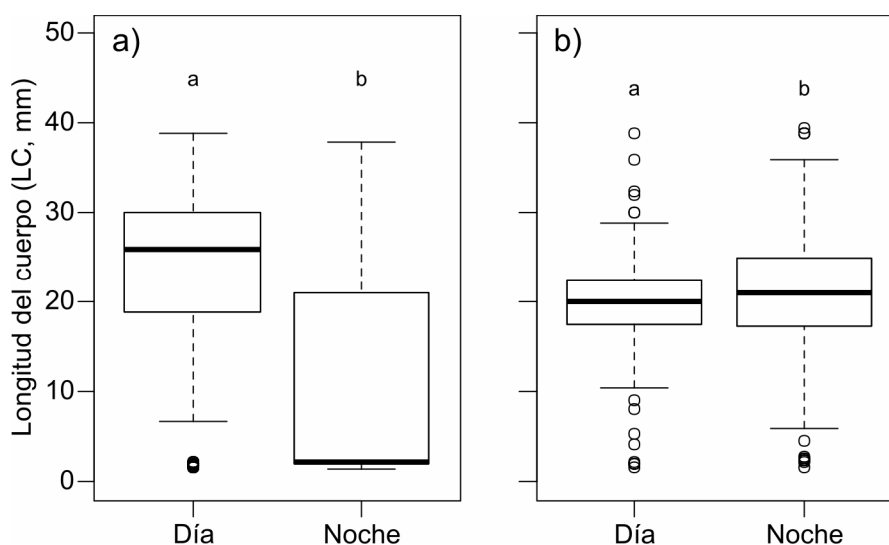
**Tabla 5.5.** Resultados del ANOVA de 3 vías comparando la densidad de larvas y juveniles tempranos de peces colectados con red cónica, entre estados de marea luni-solar (Luna; cuadratura vs. sicigia), fases del día (Hora; día vs. noche), estados de la marea diaria (Marea; creciente vs. bajante) y sus interacciones. gl: grados de libertad, Sum. Cuad.: suma de cuadrados mínimos, Cuad. Med.: cuadrados medios, \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	F	$p$	
Luna(A)	1	6,18	6,183	8,433	0,0047	**
Hora (B)	1	7,09	7,094	9,675	0,0025	**
Marea (C)	1	0,75	0,748	1,021	0,3152	ns
A x B	1	9,27	9,271	12,645	0,0006	***
A x C	1	0,05	0,054	0,074	0,7858	ns
B x C	1	0,39	0,394	0,538	0,4653	ns
A x B x C	1	0,54	0,541	0,738	0,3926	ns
Residuales	88	64,52	0,733			

**5.3.3. Variaciones en las clases de tallas en relación a los ciclos día/noche y de mareas**

Durante las mareas de cuadratura, las tallas [longitud del cuerpo (LC), mm] de los peces colectados en la zona de entrada de la laguna costera Mar Chiquita fueron diferentes entre arrastres diurnos y nocturno ( $W = 49.859$ ;  $p < 0,0001$ ). Durante las horas del día, mayores tallas fueron registradas (Mediana = 26 mm; rango = 1,65 - 39 mm;  $n = 211$ ) en comparación a las registradas durante las horas de noche (Mediana = 2,22 mm; rango = 1,53 - 38 mm;  $n = 314$ ) (Fig. 5.6a), siendo más frecuentes las tallas de entre 26 y 28 mm durante el día y las menores a 4 mm durante la noche (Anexo, Fig. 1.3a).

Durante las sicigias, las tallas de los peces colectados también fueron diferentes entre arrastres diurnos y nocturnos ( $W = 49.300$ ;  $p = 0,0216$ ). Durante las horas del día fueron registradas menores tallas (Mediana = 20 mm; rango = 1,68 - 39 mm;  $n = 156$ ) (Fig. 5.6b), siendo las más frecuentes las de 18 - 22 mm (Anexo, Fig. 1.3b), en



**Fig. 5.6.** Variación día/noche en la longitud del cuerpo (LC) de larvas de peces colectados durante a) mareas de cuadratura y b) mareas de sicigia. Letras diferentes denotan diferencias significativas.

comparación a las registradas durante las horas de noche (Mediana = 21 mm; rango = 1,62 – 39,5 mm;  $n = 716$ ) (Fig. 5.6b), cuando las más frecuentes fueron las tallas de entre 16 y 28 mm (Anexo, Fig. 1.3b).

A pesar de las diferencias encontradas, los rangos de tallas registrados en cuadraturas y sicigias, tanto durante arrastres diurnos como nocturnos, fueron similares.

## **5.4. Discusión**

### **5.4.1. Variables ambientales en relación a los ciclos día/noche y de mareas**

Con excepción de la salinidad, todos los parámetros ambientales registrados durante el presente estudio manifestaron una variación en relación al ciclo día/noche. La temperatura del agua, al igual que la temperatura ambiente registraron una clara tendencia en relación a la radiación solar, con mayores valores durante el día, siendo máximos entre las 13:00 y las 18:00 hs para la temperatura ambiente, y entre las 14:00 y las 17:00 hs para la temperatura del agua. La transparencia del agua, a pesar de haberse registrado solamente durante las horas de luz, también manifestó una tendencia a mayores valores en últimas horas de la tarde. El periodo de olas también evidenció una variación entre horas de luz y de oscuridad, y esta estuvo relacionada con la variación observada en la intensidad del viento. Durante los cuatro días de muestreo se observó que en horas diurnas, el periodo de olas era más reducido en comparación al registrado durante horas nocturnas, y contrariamente, la intensidad del viento durante los cuatro días fue mayor en horas de luz, reduciendo notoriamente a partir del anochecer o primeras horas de la noche (Fig. 5.3).

En la zona costera donde se ubica la laguna Mar Chiquita, ha sido demostrado que la brisa marina sopla como viento de dirección NE y durante los meses de primavera-verano (octubre a marzo) comienza al mediodía (Gassmann *et al.*, 2002), aunque se ha registrado que puede comenzar a horas más tempranas de la mañana (Reta *et al.*, 2001), con un aumento progresivo de la velocidad, que luego disminuye gradualmente hacia la noche (Reta *et al.*, 2001; Gassmann *et al.*, 2002). A pesar de que no se distinguieron vientos de dirección NE durante las horas de luz, si fue evidente la disminución en la velocidad. También se observó una disminución en la humedad ambiente desde la mañana y aumentando progresivamente a partir de las 17:00 - 18:00 hs, condición característica del efecto de la brisa marina (Reta, 1998). Más aún, la disminución en la sensación térmica en horas del mediodía y tarde fue observada en dos de las fechas (Fig. 5.3a y c) lo cual es producto de la brisa marina cargada con aire más frío del mar.

Dado que la brisa marina es de carácter muy local, ya que afecta la parte más baja de la atmósfera y las primeras decenas de kilómetros del continente (Pattiaratchi *et al.*, 1997), es posible que la componente del viento de la brisa no sea detectada por la estación meteorológica del SMN, ubicada a 26 km de la costa de Mar Chiquita, tal como observó previamente Reta (1998). Sin embargo, las condiciones de la notoria disminución en la velocidad del viento a primeras horas de la noche, disminución en la sensación térmica durante horas del mediodía y tarde, y aumento de la humedad también en horas de la tarde, permite afirmar que durante el periodo de estudio se estuvo en presencia de este fenómeno.

Las diferencias halladas en la salinidad del agua entre sicigias y cuadraturas, probablemente se deban a la acción del viento más que a las diferencias en amplitud mareal. Los bajos valores registrados durante los arrastres nocturnos de sicigias (16-33)

coinciden con intensos vientos que soplaron del sector Norte durante todo el día de muestreo del 21 de enero de 2010. Si bien los vientos continentales (NE, N, NO, O) restringen la entrada de agua de mar a la laguna (Reta *et al.*, 2001), también pueden empujar agua de la laguna (menos salobre) hacia el mar si se mantienen con una fuerte intensidad durante un periodo de tiempo considerable (Reta *et al.*, 2001). Descontando este caso aislado, la salinidad fue similar entre el resto de los días con un rango de valores de entre 31 y 34 unidades.

#### ***5.4.2. Composición de larvas y juveniles tempranos de peces en relación a los ciclos día/noche y de mareas***

Las variaciones nictemerales parecen jugar un papel importante en la abundancia y en la composición de larvas y juveniles tempranos de peces (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2000). La tendencia general, es observar picos de larvas y juveniles de peces durante muestreos nocturnos en oposición a densidades más bajas que se encuentran en muestreos diurnos (Ramos *et al.*, 2006; Bonecker *et al.*, 2009). Los resultados obtenidos en el presente Capítulo demuestran que el número de especies y la densidad de larvas y juveniles tempranos de peces en el área de entrada de la laguna Mar Chiquita fueron consistentemente mayores a la noche que durante el día, apoyando la hipótesis planteada. Las mayores densidades colectadas en las muestras nocturnas se debieron a mayores capturas de *B. aurea*, *H. fissicornis*, *O. argentinensis* y *G. parri*. También se colectaron especies de la Familia Sciaenidae (*C. guatucupa*, *M. furnieri*, *U. canosai*) a la noche, pero en cantidades inferiores en comparación con las primeras especies mencionadas. Como se dejó asentado previamente en el Capítulo 3, las comunidades de ictioplancton de los estuarios del Atlántico Sudoccidental parecen estar fuertemente

estructurados en torno a las Familias Clupeidae, Engraulidae y Sciaenidae (Muelbert & Weiss, 1991; Barletta-Bergan *et al.*, 2002; Berasategui *et al.*, 2004; Joyeux *et al.*, 2004; Hoffmeyer *et al.*, 2009; Macedo-Soares *et al.*, 2009; Machado *et al.*, 2011), así como por larvas de la Familia Atherinopsidae (Busoli & Muelbert, 1999), de acuerdo con nuestros resultados. Todos estos ejemplos corroboran el hecho de que estas Familias utilizan los sistemas estuarinos costeros durante parte de su ciclo de vida, a pesar de su escala espacial y los mecanismos de intercambio de agua con el mar (Macedo-Soares *et al.*, 2009).

El aumento en la densidad de las larvas de peces en la noche puede deberse a variaciones en la distribución de las mismas en relación a los ciclos nictemerales y así, servir como un mecanismo para evitar depredadores tanto dentro como fuera de los sistemas estuarinos (Power, 1997). También se ha dicho que este comportamiento nocturno puede ser impulsado por la migración vertical de zooplancton hacia las capas superficiales durante la noche (Stich & Lampert, 1981) cuando los copépodos y otras especies de zooplancton sirven como una fuente principal de alimento para las larvas y juveniles tempranos de peces (Whitfield, 1985). Sin embargo, dada la reducida profundidad (1,5 - 3 m) del canal de acceso de la laguna Mar Chiquita, este parece no ser el caso. Otra explicación a la presencia de mayores abundancias nocturnas en el estuario Swartvlei (Sudáfrica) que propuso Whitfield (1989a) en su estudio, se debe a observaciones de cardúmenes de peces que mantenían su posición en aguas superficiales tanto en aguas someras del estuario como en aguas más profundas de la zona de rompiente adyacente a la boca del estuario durante el día. El autor propone que por la noche estas larvas perderían contacto visual con puntos de referencia fijos bentónicos y tenderían a ser transportadas por las corrientes de agua predominantes, especialmente durante las mareas crecientes. Según Whitfield (1989a), esta pérdida de

rheotaxis puede explicar el aumento de la migración desde el mar hacia el estuario durante la noche en lugar de ser durante las oleadas diurnas. Fore & Baxter (1972) por su parte, manifiestan que las menores abundancias de larvas en horas de luz colectadas en el estuario de la Bahía Galveston (Estados Unidos), se debieron principalmente a una evitación al arte de pesca. No obstante, si bien mayores tallas promedio fueron colectadas a la noche durante las mareas de sicigias (Fig. 5.6b; Tabla 5.3), la capacidad de las larvas < 4 mm LT (sin aletas desarrolladas) para escapar de la red de plancton es poco probable que sea un factor importante que influya en las tasas de captura, en concordancia a lo propuesto por Whitfield (1989a).

#### ***5.4.3. Variación nictemeral de la velocidad del viento: la brisa marina como posible agente de dispersión***

Durante el presente estudio, se siguió la metodología propuesta por Castillo-Rivera (2010) y el diseño de muestreo fue a intervalos de 3 hs con el fin de evaluar cambios nictemerales en la composición de los peces a menor escala (horas). Aunque no hubo diferencias entre los arrastres diurnos ni entre los nocturnos, se observaron algunas tendencias. La mayoría de las especies (*B. aurea*, *G. parri*, *M. furnieri*, *U. canosai*, *H. fissicornis* y *O. argentinensis*) colectadas en la zona inmediata a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita presentaron un aumento en la densidad entre la puesta del sol (20:00 hs) y las primeras horas de la noche (23:00 hs). Este patrón de marcados aumentos en la densidad de peces inmediatamente después al inicio de la oscuridad ha sido descrito tanto para larvas (Iguchi & Mizuno, 1990; Strydom & Wooldridge, 2005) como para juveniles en diferentes sistemas costeros como playas (Lasiak, 1984; Gibson

*et al.*, 1996; Godefroid *et al.*, 1998; Pessanha & Arujo, 2003; Pessanha *et al.*, 2003) y estuarios (Castillo-Rivera *et al.*, 2010).

Aunque no hay una clara explicación en la literatura sobre este patrón tan particular y a la vez tan general, es posible que el efecto del viento sea, por lo menos en el caso de estudio de Mar Chiquita, el factor responsable a este patrón observado. Si bien no se detectaron vientos de dirección NE durante las horas de luz, que es desde cuando sopla la brisa marina en la zona costera donde se ubica la laguna Mar Chiquita (Reta *et al.*, 2001; Gassmann *et al.*, 2002), las variaciones observadas en la temperatura ambiente, sensación térmica y humedad (Reta, 1998) permiten establecer que se estuvo en presencia de este fenómeno, a pesar de que la estación meteorológica del SMN puede que no detecte la componente de dirección de la brisa marina debido a su distancia con respecto a la costa. La brisa marina, entonces, puede actuar negativamente en el reclutamiento de larvas y juveniles tempranos de peces al canal de la laguna Mar Chiquita de dos formas. Por un lado, sopla como viento del NE, y como se comentó previamente, los vientos de esta dirección restringen el ingreso de agua de mar a la laguna (Reta *et al.*, 1997), aunque sería necesario testear si a la escala temporal a la que actúa (horas) es suficiente para generar esta restricción. Por otro lado, la elevada velocidad que puede alcanzar la brisa marina ( $40 - 50 \text{ km h}^{-1}$ ) aumentaría la turbulencia ya característica de la zona de Rompiente. De hecho se observó como el periodo de las olas tendió a ser más prolongado a partir de las primeras horas de la noche, momento en donde la velocidad de los vientos comenzó a disminuir. La transparencia del agua también tendió a aumentar hacia las últimas horas de la tarde, cuando la intensidad del viento comenzó a disminuir.

Por lo tanto es posible pensar que el efecto combinado de los cambios en la distribución de los estadios tempranos de los peces en relación al ciclo de luz/oscuridad

y la variación en la velocidad del viento en respuesta al mismo ciclo (brisa marina/de tierra) sería el mecanismo responsable del éxito en el reclutamiento de larvas y juveniles de peces al sistema estuarino de la laguna Mar Chiquita. Durante el día, la brisa marina que sopla desde el NE, restringe la entrada de agua de mar a la laguna o actúa sobre la zona de Rompiente incrementando la energía del oleaje, y por ende, dificulta el ingreso de larvas de peces poco desarrolladas (preflexión y flexión; ver Anexo, Fig. 1.3) que dependen del transporte pasivo para poder cumplimentar con su migración (Rijnsdorp *et al.*, 1985). Los peces de mayor tamaño (postflexión y juvenil temprano; ver Anexo, Fig. 1.3), con natación más activa, pueden evitar ser dispersados fuera de la entrada de Mar Chiquita. Por la noche, a partir del ocaso, la brisa marina se disipa y la brisa de tierra resultante es de menor intensidad, por lo que la energía de las olas de la zona de rompiente disminuye y da lugar a un ambiente más calmo en relación al de las horas de luz. En este escenario, el transporte pasivo de larvas (tanto de menor como de mayor porte y desarrollo) por movimientos del agua se ve facilitado, y este es mayor durante las mareas de mayor amplitud. En caso de evidenciarse algún fenómeno que anule la brisa marina, el efecto que rige sobre los movimientos del agua y peces en el canal de acceso de Mar Chiquita, es el del viento.

## 5.5. Conclusiones

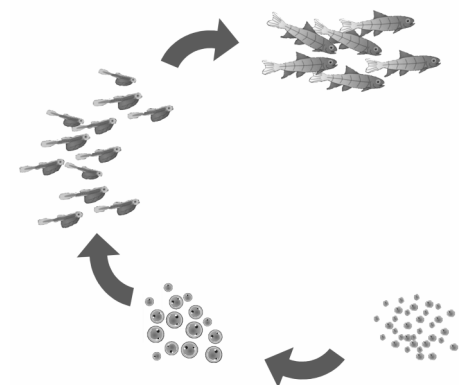
Los resultados del presente Capítulo permiten afirmar que existe una variación nictemeral en la distribución de larvas y juveniles de peces que incursionan en el canal de acceso de la laguna Mar Chiquita. La tendencia de esta variación es, a pesar de no encontrar diferencias significativas, gradual en la escala de horas. Los picos de abundancia y riqueza se obtuvieron en la mayoría de los casos en cercanías al anochecer

y en las primeras horas de la noche. Y estos picos fueron más abundantes durante fases de gran amplitud mareal (mareas de sicigias) en comparación con las de menor amplitud (mareas de cuadratura). La variación nictemeral en la velocidad del viento, conocida como brisa marina, podría explicar este patrón de variación en la abundancia en el área de estudio en cuestión. Dado que en las costas de Mar Chiquita la brisa marina sopla de dirección NE desde el mediodía y hasta el anochecer, el ingreso de agua de mar al canal de la laguna no se ve favorecido y también elevaría la energía del oleaje de la zona de rompiente, restringiendo el ingreso de larvas de menor porte que dependen del transporte pasivo. A partir del anochecer, la brisa marina disminuye, las condiciones sobre la zona de rompiente adyacente a la desembocadura de la laguna son más calmas, y el transporte pasivo por movimientos de agua se ve favorecido y aún más durante fases del ciclo de mareas con mayor amplitud mareal.



## Capítulo 6

*Análisis del origen del Carbono orgánico en la alimentación de larvas y juveniles de peces en el área costera adyacente a la boca de la laguna Mar Chiquita*





## 6.1. Introducción

Un tema importante en estudios de ecología de estuarios es identificar la importancia relativa de los diferentes productores primarios que sostienen las tramas tróficas (Botto *et al.*, 2005). Al ser zonas transicionales, los estuarios están sujetos a un importante suministro de nutrientes, detrito y organismos desde los ambientes terrestre, fluvial y marino (Polis *et al.*, 1997; Kneib, 2002). Así, los organismos en los estuarios pueden obtener su alimento tanto de la materia orgánica (MO) producida *in situ* (autóctona) como de la MO transportada desde otros sitios (alóctona). En algunas marismas, las especies de *Spartina* juegan un rol fundamental (Currin *et al.*, 1995), mientras que en otras son más importantes las microalgas bentónicas (Sullivan & Moncreiff, 1990) o las macroalgas y el fitoplancton (Deegan & Garrit, 1997).

Factores intrínsecos de cada estuario como la batimetría y la amplitud de mareas (Kwak & Zedler, 1997; Deegan & Garrit, 1997), así como el tamaño y las características de los cuerpos de agua aledaños (Valiela *et al.*, 1997; McClelland & Valiela, 1998), también pueden afectar la importancia relativa que tiene cada fuente de MO. Más allá de esta alta productividad, los estuarios son ambientes estresantes debido al alto grado de variación en sus características físico-químicas (Cowan *et al.*, 2013). Sin embargo, las especies que se adaptan a estas variaciones pueden hacer uso de la alta disponibilidad de recursos y se desarrollan con gran éxito (Blaber, 1985; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985; Able, 2005; Cowan *et al.*, 2013).

A pesar de la importancia del estudio de tramas tróficas para describir la estructura de un ecosistema, existen problemas metodológicos y teóricos para su análisis en ambientes acuáticos. Por un lado, la dificultad de realizar análisis de contenido estomacal en organismos pequeños (larvas de peces, zooplancton) o muy frágiles

(organismos gelatinosos) hace que muchos grupos sean poco estudiado o directamente no incluidos en la descripción de las tramas tróficas (Link *et al.*, 2005). Por otra parte, no todo el material ingerido por un organismo es asimilado, por lo cual las estimaciones sobre flujo de energía a partir del análisis de contenido estomacal pueden ser sobrevaloradas. Además, la coexistencia de dos caminos para la transferencia de energía (herbívoro o detritívoro), la alta frecuencia de omnivoría en los sistemas marinos y el hecho que la mayoría de los conceptos de la teoría de tramas tróficas han sido derivados de estudios en ambientes terrestres o de agua dulce (Link, 2002) pueden generar dificultades en la interpretación de las tramas tróficas marinas.

Dentro de las posibles soluciones a estos problemas metodológicos y conceptuales el análisis de isótopos estables (AIE) es una de las mejores herramientas para evaluar hipótesis de la ecología trófica, tanto los referidos a la posición o rol trófico de un organismo como aquellos relacionados con la estructura de tramas tróficas (Eggers & Jones, 2000; Post, 2002; Carreon-Martinez & Heath, 2010; Pasquaud *et al.*, 2010). El AIE esta basado en las diferencias de la abundancia natural en los isótopos estables de un elemento, principalmente Carbono, Nitrógeno y Azufre (Lajtha & Michener, 1994). Por ejemplo, la relación entre isótopos  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$ ) entre plantas de marismas con metabolismo  $\text{C}_4$  ( $\delta^{13}\text{C} \sim -13\text{‰}$ ), plantas terrestres  $\text{C}_3$  ( $\delta^{13}\text{C} \sim -27\text{‰}$ ), micro-fitobentos ( $\delta^{13}\text{C} \sim -16\text{‰}$ ) y fitoplancton marino ( $\delta^{13}\text{C} \sim -21\text{‰}$ ) difiere claramente debido a la distinta señal isotópica de sus fuentes de carbono (Lajtha & Michener, 1994; Valiela, 1995). Así, también existen diferencias en la señal de  $\delta^{13}\text{C}$  relacionadas con el ambiente planctónico versus bentónico o entre ambientes fluviales versus marinos. De esta manera el uso de isótopos estables permite identificar la fuente de MO y seguir el flujo de la misma, ya que la señal de Carbono del alimento ( $\delta^{13}\text{C}$ ) se refleja en los tejidos de los consumidores con sólo un pequeño cambio entre niveles tróficos

sucesivos (fraccionamiento isotópico) menor al 1,5‰. La estructura de la cadena trófica y el nivel trófico de los organismos dentro de ella puede ser deducida a partir de la relación de isótopos de nitrógeno  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ), ya que existe un incremento en los tejidos de los consumidores con respecto a su presa del 3-4‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  a medida que aumenta el nivel trófico (Peterson & Fry, 1987; Vander-Zanden *et al.*, 1997; Post, 2002). Por lo tanto, el uso simultáneo de isótopos de C y N provee información tanto de las fuentes de MO como del nivel de un organismo en la trama trófica (Michener & Schell, 1994; Botto *et al.*, 2011).

En la laguna costera Mar Chiquita se han realizado estudios sobre el origen de la MO, principalmente relacionados con la influencia relativa del cangrejo excavador *N. granulata* en las tramas tróficas (Botto *et al.*, 2005). Las marcas isotópicas de C de los consumidores (zooplancton, navajas, poliquetos, cangrejos y peces juveniles) demostraron que las tramas tróficas dentro de la laguna están sostenidas principalmente por *S. densiflora*, micro-algas bentónicas y fitoplancton, similarmente a lo encontrado en otros estudios de tramas tróficas de sistemas estuarinos (Sullivan & Moncreiff, 1990; Currin *et al.*, 1995; Kwak & Zedler, 1997; Riera *et al.*, 1999). Por lo tanto sería de esperar que larvas y juveniles tempranos de peces que ingresen a este sistema obtuvieran su alimento de las mismas fuentes. Sin embargo, en vista de que resultados previos (Capítulos 3) demostraron que la zona marítima cercana a la desembocadura de Mar Chiquita actúa como un lugar de acumulación de larvas y juveniles de peces, surge el interrogante de si las fuentes de MO que sostienen a las tramas tróficas dentro de la laguna, son las mismas que sostienen a estos estadios de peces que esperan poder ingresar por un factor favorable (e impredecible) como el viento.

Por lo tanto, el objetivo de este Capítulo fue analizar el origen de la MO acumulada y retenida en las zonas de rompiente y marítima, aledañas a la boca de la

laguna Mar Chiquita, con el fin de comparar la importancia de la MO del ecosistema terrestre y del marino como fuentes de alimento de las etapas de vida temprana de los peces que se encuentran en la zona de acumulación, previo a ingresar a la laguna.

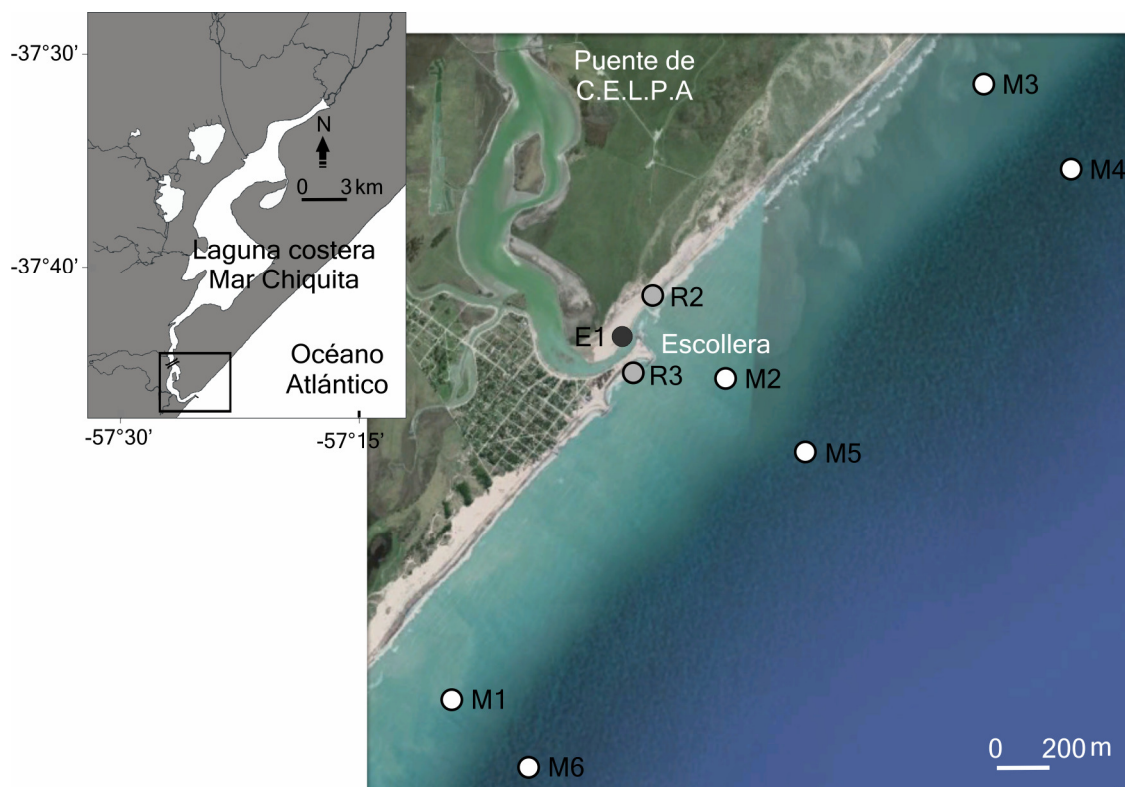
La Hipótesis planteada es que: “la fuente potencial de la MO utilizada como principal fuente de alimento por las primeras etapas de vida de los peces que allí habitan es el detrito de *S. densiflora* y plantas terrestres propias de la laguna Mar Chiquita que son exportadas hacia la zona costera adedaña a su desembocadura”.

La Hipótesis alternativa es que: “la fuente potencial de MO es el fitoplancton de origen marino y que se concentra en la zona marítima cerca de la desembocadura de la laguna Mar Chiquita”.

## **6.2. Materiales y Métodos**

### **6.2.1. Área de estudio**

El área de estudio para cumplimentar el objetivo planteado abarcó la región marítima de influencia sobre la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, la boca de la laguna y la zona de rompiente adyacente a la misma (Fig. 6.1). Los sitios de muestreo de la zona Marítima correspondieron a las estaciones M1, M2, M3, M4, M5 y M6; el de la boca a la estación E1 y los de la zona de Rompiente a las estaciones R2 y R3. Estas 3 últimas serán referidas en adelante como zona de Rompiente (ver Capítulo 2: Área de estudio, para descripción del lugar).



**Fig. 6.1.** Mapa del área de estudio, indicando la ubicación de las estaciones de muestreo correspondiente a la zona de Rompiente (R2, R3, E1) y a la zona Marítima (M1 - M6).

### 6.2.2. Procedimiento de muestreo

El muestreo se concentró en los meses de verano tardío de 2012 (febrero y marzo) dado que resultados previos demostraron mayores abundancias de larvas y juveniles de peces durante esos meses. En la zona de Rompiente el muestreo tuvo una frecuencia mensual mientras que en la zona Marítima sólo pudo realizarse en marzo debido a problemas logísticos.

En cada estación de muestreo se colectó un volumen de 500 ml de agua para análisis de clorofila *a* y un volumen de 5 litros de agua para análisis de Materia Orgánica Particulada (MOP) por duplicado (solo en la zona de Rompiente). Para la colecta de zooplankton y larvas de peces se utilizó la red cónica de 44 cm de diámetro y para la colecta de juveniles de peces (sólo en la zona de Rompiente) se utilizó la red

playera. El procedimiento empleado para cada arte de pesca y en cada zona fue idéntico al descrito en el Capítulo 3.

Una vez en el laboratorio, para la detección de clorofila *a* se procedió a filtrar el agua recogida para tal fin, utilizando filtros Microclar FFG de fibra de vidrio hasta saturación, lo cual requirió un volumen promedio de 302,5 ml ( $\pm$  96,1) por colecta. Una vez obtenidos los filtros, estos se almacenaron en freezer y luego se realizó la detección por fluorescencia mediante excitación a 440 y emisión a 650 nm con un fluorómetro de espectro FR-10AXL, en el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) a cargo del Técnico Químico Daniel A. Cucchi-Colleoni.

El agua colectada con el fin de obtener el MOP fue filtrada primeramente con una malla de 200  $\mu$ m, a fin de obtener una porción de material menor a ese tamaño compuesta principalmente por fitoplancton, y luego con filtros Microclar FFG de fibra de vidrio (previamente calcinados en mufla a 500°C por 48 hs). Estos filtros con el MOP fueron almacenados en freezer hasta su preparación para el análisis de isótopos estables.

Las muestras de plancton fueron observadas bajo lupa estereoscópica y de ellas se separaron las larvas de peces, descartando las vitelinas debido a que por su alimentación endógena la marca isotópica resultante sería la de su progenitora (Leite *et al.*, 2002 ). Las larvas de peces no vitelinas, fueron identificadas y medidas siguiendo los procedimientos detallados en Capítulos anteriores y se les retiró el tracto digestivo. Para cada especie colectada en cada estación de muestreo, se guardaron 3 individuos (cuando fue posible) para obtener una marca más representativa. Cada individuo o grupo de individuos por especie fue guardado en freezer. Una vez retiradas las larvas de peces, se extrajo el zooplancton y se lo filtró con una malla de 200  $\mu$ m, a fin de obtener la porción de material mayor a ese tamaño. Dado que la abundancia no permitió hacer

una discriminación por taxones, estos fueron agrupados y guardados en freezer como zooplancton > 200 µm. Finalmente, el macro-detrito en suspensión presente en las muestras de plancton fue filtrado con una malla de 200 µm y guardado en freezer.

Los juveniles de peces colectados con red playera fueron identificados y medidos siguiendo los procedimientos detallados en Capítulos anteriores y se les extrajo una porción de musculatura dorsal. Al igual que para las larvas, se guardaron porciones de 3 individuos por especie por estación de muestreo (cuando fue posible) para obtener una marca isotópica más representativa que posteriormente fueron almacenadas en freezer.

A fin de preparar las muestras para el análisis de isótopos estables, todas fueron retiradas del freezer y secadas en estufa a 60°C por 72 hs. Los filtros con MOP fueron guardados enteros en tubos Ependorfs previamente lavados con HCl 1N para eliminar carbonatos. El resto del material fue molido en mortero (previamente lavado con HCl 1N) hasta obtener un polvo fino y homogéneo. Cada muestra se pesó y se colocó en micro-capsulas de estaño para su posterior análisis. El peso de las muestras fue de ~ 1,5 mg para el caso del macro-detrito en suspensión y de ~ 1 mg para el resto de las muestras. La determinación de la relación isotópica en cada muestra se realizó en la Universidad de California-Davis, utilizando un analizador elemental PDZ Europa ANCA-GSL I acoplado a un espectrómetro de masa PDZ Europa 20-20.

La relación de isótopos estables fue expresada como δ valores por ‰:

$$\delta X = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3$$

donde X es <sup>13</sup>C o <sup>15</sup>N y R es la correspondiente relación <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C o <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N. Los standards usados fueron Viena Peedee Belemnita para C y N<sub>2</sub> atmosférico para N.

### **6.2.3. Análisis estadísticos de las variables biológicas y de las marcas isotópicas**

Para evaluar la hipótesis nula de no diferencias en las concentraciones de clorofila *a* entre zonas (Boca, Rompiente, Marítima) se utilizó un ANOVA de 1 vía (Underwood, 1997). En caso de hallarse diferencias significativas, se realizó el test de Tukey para comparaciones múltiples.

El test de comparación de medias de *t*-Student fue utilizado para evaluar la hipótesis nula de no diferencias en la composición isotópica media de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre zonas (Rompiente y Marítima) para el MOP, macro-detrito en suspensión, zooplancton y larvas de peces. En caso de ser necesario se utilizó la corrección de Welch para varianzas desiguales (e.g.,  $\delta^{15}\text{N}$  del MOP).

Para evaluar diferencias en la composición isotópica media de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre especies de juveniles de peces se utilizó el test no paramétrico de suma de rangos de Kruskal-Wallis, debido a que no se cumplió el supuesto de homocedasticidad de varianzas (test de Cochran; Underwood, 1997). En el caso de observarse diferencias significativas, se utilizó el test de comparación de medianas de Mann-Whitney.

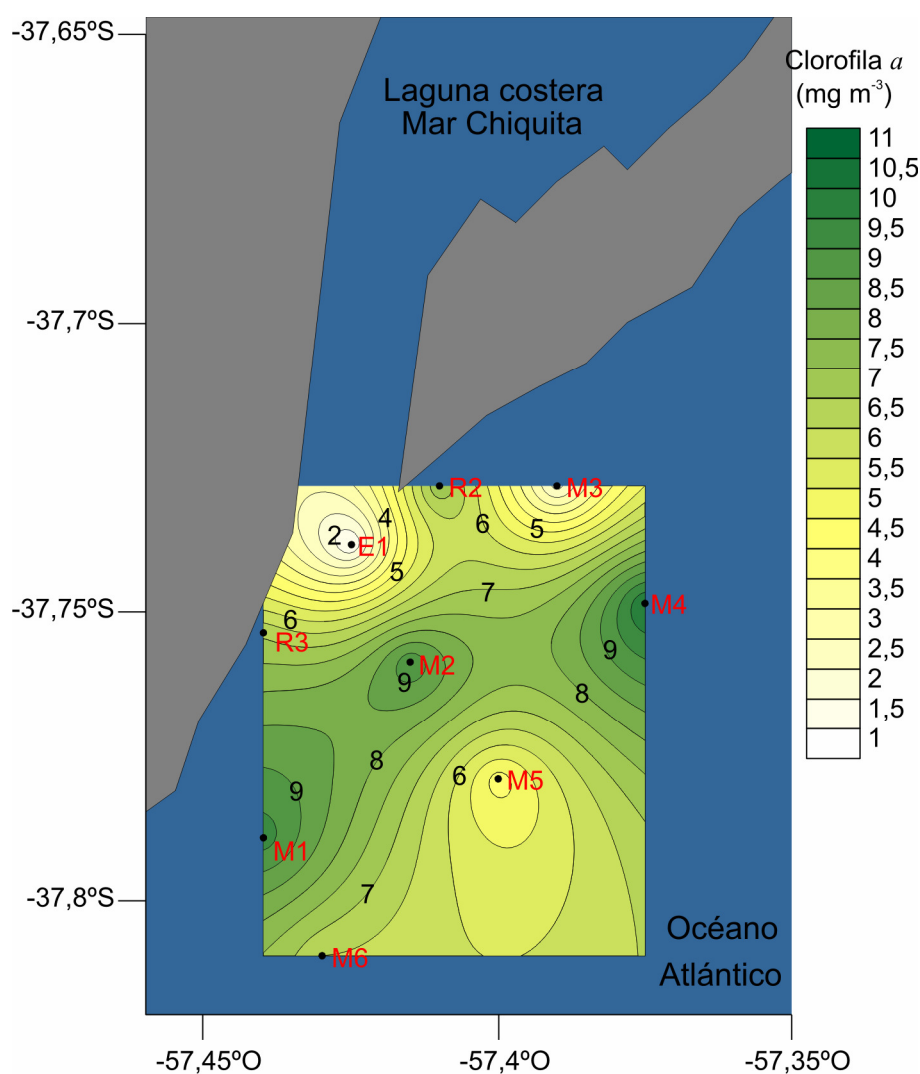
Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software R (R Development Core Team, 2012).

## **6.3. Resultados**

### **6.3.1. Clorofila *a***

Las concentraciones de clorofila *a* variaron entre 1,38 y 13.51 mg. m<sup>-3</sup> en la zona de Rompiente (Fig. 6.2) y dado que las concentraciones fueron notablemente menores

en la boca de la laguna (estación E1; Fig. 6.1) con valores entre 1,04 y 1,85 mg. m<sup>-3</sup> (Fig. 6.2), se optó por tratarla separadamente de las dos estaciones de la zona de Rompiente para las comparaciones estadísticas. Por otro lado, las concentraciones de clorofila *a* en la zona Marítima fueron mayores y variaron entre 2,23 (M3) y 10,57 mg. m<sup>-3</sup> (M4) (Fig. 6.2). El ANOVA de una vía demostró diferencias en las concentraciones de clorofila *a* entre zonas ( $F = 7,003$ ;  $gl = 2$ ;  $p = 0,0047$ ), con valores menores en la boca de la laguna con respecto a la zona de Rompiente y a la zona Marítima (test de Tukey;  $p < 0,05$ ).



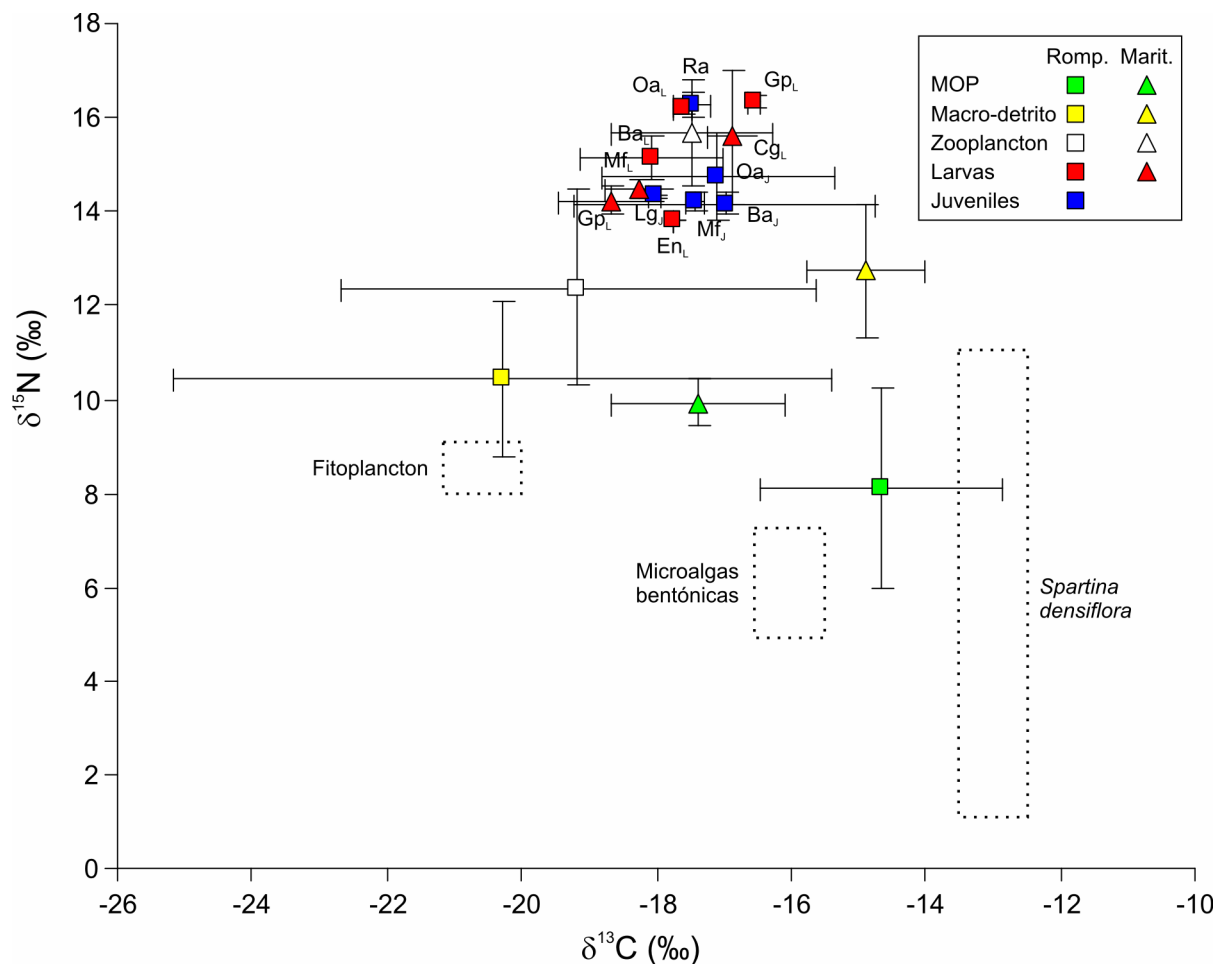
**Fig. 6.2.** Distribución espacial de la concentración de clorofila *a* (mg m<sup>-3</sup>) medida durante el periodo de estudio.

### 6.3.2. Isótopos estables

La marca isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  del MOP de la zona de Rompiente presentó valores entre -11,87 y -16,71 ‰ y fue menor a la del MOP de la zona Marítima que presentó valores entre -15,71 y -19,18 ‰ ( $t = 3,034$ ;  $gl = 10$ ;  $p = 0,0126$ ) (Fig. 6.3). Contrariamente, no se encontraron diferencias en la marca isotópica de  $\delta^{15}\text{N}$  del MOP entre zonas ( $t = -2,010$ ;  $gl = 5,54$ ;  $p = 0,0951$ ) (Fig. 6.3; Tabla 6.1). El valor promedio de C:N fue menor en la zona Marítima ( $7,42 \pm 0,68$ ) en comparación al de la zona de Rompiente ( $9,31 \pm 1,43$ ).

El macro-detrito en suspensión de la zona de Rompiente presentó valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -15,20 y -24,93 ‰ y de  $\delta^{15}\text{N}$  entre 8,78 y 12,11 ‰ (Fig. 6.3), con un promedio de C:N de  $9,29 (\pm 3,37)$ . Por otro lado, el macro-detrito de la zona Marítima presentó valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -13,89 y -15,57 ‰ y de  $\delta^{15}\text{N}$  entre 11,39 y 14,22 ‰ (Fig. 6.3), con un promedio de C:N de  $7,61 (\pm 1,41)$ . No se encontraron diferencias para ambas marcas isotópicas entre zonas ( $t = -1,887$ ;  $gl = 4$ ;  $p = 0,1322$  y  $t = -1,821$ ;  $gl = 4$ ;  $p = 0,1428$ ; respectivamente).

El zooplancton colectado en la zona de Rompiente estuvo dominado por anfípodos del suborden Gammaridea (~60 %) y zoeas (~30 %) presumiblemente de *N. granulata* y/o *Cyrtograpsus angulatus*, observándose la presencia de megalopas (de *N. granulata* y/o *C. angulatus*) y copépodos aunque en menores proporciones. Los valores de las marcas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para este grupo oscilaron entre -15,15 y -23,58 ‰ y entre 10,89 y 15,46 ‰, respectivamente (Fig. 6.3). Por otro lado, quetognatos (~50 %) y copépodos (30 %) dominaron en las muestras de zooplancton de la zona Marítima, siendo las zoeas y los anfípodos menos abundantes. Los valores de las marcas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para esta zona oscilaron entre -15,70 y -18,31 ‰ y entre 15,06 y 17,34



**Fig. 6.3.** Valores medios de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\pm\text{SD}$ ) para las potenciales fuentes de MO y para los consumidores colectados en las zonas de Rompiente (Romp.) y Marítima (Marít.) adyacentes a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita. Abreviaturas de especies: Ba, *Brevoortia aurea*; Cg, *Cynoscion guatucupa*; Gp, *Gobiosoma parri*; En, Engraulidae; Lg, *Lycengraulis grossidens*; Mf, *Micropogonias furnieri*; Oa, *Odontesthes argentinensis*; Ra, *Ramnogaster arcuata*. J: juvenil; L: larva. Se muestran en recuadros punteados los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de las fuentes de MO dentro de la laguna Mar Chiquita encontrados por Botto *et al.* (2005).

‰, respectivamente. No se observaron diferencias en las medias de  $\delta^{13}\text{C}$  (Tabla 6.1) entre zonas ( $t = -0,916$ ;  $gl = 6$ ;  $p = 0,3952$ ), pero sí se observaron en las medias de  $\delta^{15}\text{N}$  (Tabla 6.1) entre zonas ( $t = -2,797$ ;  $gl = 6$ ;  $p = 0,0313$ ).

Larvas de 4 taxones de peces fueron colectadas en la zona de Rompiente (Tabla 6.1). *Gobiosoma parri* presentó los menores valores en la marca isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$ , que oscilaron entre  $-16,47$  y  $-16,67$  ‰, pero los mayores en la de  $\delta^{15}\text{N}$  (entre  $16,18$  y  $16,53$

‰) (Fig. 6.3). Contrariamente, *B. aurea* presentó los mayores valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (entre -16,19 y -18,74 ‰), mientras que la larva perteneciente a la Familia Engraulidae presentó los menores valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (13,79). En la zona Marítima fueron colectadas larvas de 3 especies, y sólo una (*G. parri*) fue común a ambas zonas. En este caso, *G. parri* fue la especie que presentó los mayores valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (entre -18,13 y -19,23 ‰) y los menores de  $\delta^{15}\text{N}$  (entre -14,02 y -14,45 ‰), mientras que *C. guatucupa* presentó los menores valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (entre -16,60 y -17,13 ‰) y los mayores de  $\delta^{15}\text{N}$  (entre -14,58 y -16,59 ‰) (Fig. 6.3). Dado el poco material colectado, se decidió agrupar a las especies por zonas para hacer comparaciones en las marcas isotópicas entre ellas. El test de *t*-Student reveló que no existen diferencias en las medias de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $t = 0,832$ ;  $gl = 16$ ;  $p = 0,4177$ ) ni en las medias de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $t = 1,894$ ;  $gl = 16$ ;  $p = 0,765$ ) entre zonas.

Juveniles de 5 especies de peces fueron colectados sólo en la zona de Rompiente (Tabla 6.1), siendo cuatro de ellas las más frecuentes y abundantes según resultados previos. *Brevoortia aurea* presentó el menor valor promedio de la marca isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  (Tabla 6.1) con un rango de valores de entre -14,17 y -20,28 ‰ (Fig. 6.3). También presentó el menor valor promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  con un rango de valores de entre 13,81 y 14,40 ‰ (Fig. 6.3). Por otro lado, *L. grossidens* presentó el mayor valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  (Tabla 6.1) con un rango de valores de entre -17,95 y -18,10 ‰ (Fig. 6.3), mientras que *R. arcuata* presentó el mayor valor promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  con un rango de valores de entre 15,86 y 16,71 ‰ (Fig. 6.3). Aunque dada la pequeña talla que alcanza *R. arcuata* (Whitehead, 1985) es posible que esta especie haya estado representada tanto por estadios juveniles como adultos. No se encontraron diferencias en la marca de  $\delta^{13}\text{C}$  entre especies ( $\chi^2 = 3,032$ ;  $gl = 4$ ;  $p = 0,5524$ ), pero se encontraron diferencias en la marca de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\chi^2 = 17,111$ ;  $gl = 4$ ;  $p = 0,0018$ ). El posterior test de comparación de medianas de Mann-Whitney reveló que los valores en

la marca de  $\delta^{15}\text{N}$  de *R. arcuata* fueron mayores a los de *B. aurea* ( $W = 0$ ;  $p = 0,0007$ ), *M. furnieri* ( $W = 0$ ;  $p = 0,0007$ ), *L. grossidens* ( $W = 0$ ;  $p = 0,0444$ ) y *O. argentinensis* ( $W = 0$ ;  $p = 0,0016$ ).

**Tabla 6.1.** Valores medios de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para las potenciales fuentes de MO y para los consumidores colectados en las zonas de Rompiente y Marítima adyacentes a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita. El número de individuos (N) y el rango en la longitud del cuerpo (LC, mm) por especie colectada en cada zona también están indicados. Los desvíos standard se muestran entre paréntesis.

	Rompiente				Marítima			
	N	LC(mm)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	N	LC (mm)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
MOP	-	-	-14,66 (1,79)	8,12 (2,14)	-	-	-17,38 (1,27)	9,92 (0,49)
Detrito	-	-	-20,29 (4,88)	10,44 (1,67)	-	-	-14,89 (0,88)	12,74 (1,42)
Zooplancton	-	-	-19,16 (3,53)	12,39 (2,07)	-	-	-17,46 (1,19)	15,68 (1,11)
<b>Peces larvas</b>								
<i>Brevoortia aurea</i>	11	7,99-20,70	-18,07 (1,07)	15,14 (0,46)	-	-	-	-
<i>Cynoscion guatucupa</i>	-	-	-	-	6	10,06-23,44	-16,87 (0,38)	15,59 (1,42)
<i>Gobiosoma parri</i>	6	2,73-2,86	-16,55 (0,11)	16,37 (0,14)	9	2,6-10,92	-18,68 (0,78)	14,23 (0,30)
Engraulidae	1	10,92	-17,76 (0)	13,79 (0)	-	-	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	-	-	-	-	6	6,86-17,32	-18,26 (0,53)	14,48 (0,20)
<i>Odontesthes argentinensis</i>	4	24-25	-17,61 (0,14)	16,18 (0,13)	-	-	-	-
<b>Peces juveniles</b>								
<i>Brevoortia aurea</i>	12	25-53	-16,97 (2,24)	14,18 (0,26)	-	-	-	-
<i>Lycengraulis grossidens</i>	1	63	-18,03 (0,11)	14,32 (0,01)	-	-	-	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	18	27-65	-17,41 (0,14)	14,19 (0,20)	-	-	-	-
<i>Odontesthes argentinensis</i>	7	50-124	-17,09 (1,74)	14,75 (0,96)	-	-	-	-
<i>Ramnogaster arcuata</i>	16	29-53	-17,46 (0,29)	16,27 (0,27)	-	-	-	-

## 6.4. Discusión

### 6.4.1. *Concentración de clorofila en la zona marítima adyacente a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita*

Durante el periodo de estudio fue observado un gradiente en la concentración de clorofila *a* con menores valores en la boca de la laguna, aumentando hacia la zona de Rompiente adyacente a la misma, alcanzando valores máximos en la zona Marítima. Sobre esta última zona, las concentraciones de clorofila *a* no estuvieron homogéneamente distribuidas, sino que los mayores valores se registraron al sur de la desembocadura de la laguna (M1 y M2) y con menor profundidad (~ 6m), con la excepción de la estación M4 ubicada al norte de la desembocadura y con mayor profundidad (~ 10m) que presentó valores similares a las estaciones M1 y M2.

Estudios previos sobre concentración de Clorofila *a* y fitoplancton en el interior de la laguna costera Mar Chiquita sugieren, sin embargo, que este sistema presenta una alta productividad (De-Marco *et al.*, 2005) y que las concentraciones mínimas de clorofila *a* son mayores que los máximos informado sobre áreas marinas adyacentes (e.g., Carreto *et al.*, 1995). De-Marco *et al.* (2005) también manifestaron que la alta productividad se mantiene a lo largo de todo el año y que la distribución temporal de la clorofila *a* cerca de la cabecera de la laguna es más heterogénea y fluctuante debido al mayor aporte de agua continental, a través de arroyos de agua dulce que atraviesan suelos ricos en nutrientes de N y P de la “pampa argentina”, necesarios para el desarrollo de fitoplancton, y que desembocan allí.

Las concentraciones de Clorofila *a* registradas en la zona marítima adyacente a Mar Chiquita durante el presente estudio coinciden con los reportados por otros autores

en el interior de la laguna (De-Marco *et al.*, 2005), así como en otros sistemas estuarinos de la Provincia de Buenos Aires (Gayoso, 1998). Sin embargo, De-Marco *et al.* (2005) propusieron que estos altos valores de clorofila *a* no pueden explicarse sólo por las concentraciones de fitoplancton, dada las bajas concentraciones de este grupo colectadas por ellos, similarmente a lo informado por Olivier *et al.* (1972b) en el mismo área, pero contrario a lo observado por Gayoso (1998) en el estuario de Bahía Blanca. Por lo tanto, De-Marco *et al.* (2005) concluyeron que debido a las altas concentraciones de clorofila *a* pero bajas concentraciones de fitoplancton dentro de la laguna Mar Chiquita es posible que otros grupos de productores primarios, como ultra, pico, nano y/o bacterioplancton, constituyan el primer nivel de las redes tróficas.

#### **6.4.2. Fuentes de MO en la zona marítima adyacente a la desembocadura de la laguna Mar Chiquita**

Las marcas isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  del MOP registradas durante el presente estudio (Fig. 6.3; Tabla 6.1) no reflejaron las típicas marcas que presenta el fitoplancton ( $\delta^{13}\text{C} \sim -21\text{‰}$ ; Michener & Schell, 1994), como ha sido previamente registrado en el interior de la laguna (Botto *et al.*, 2005) o en sistemas estuarinos similares (Gaitan, 2012). Los valores menores en la marca de  $\delta^{13}\text{C}$  del MOP pueden deberse a dos factores, por un lado a una mayor contribución del espartillar  $\text{C}_4$  (aprox.  $\delta^{13}\text{C} = -13 \text{‰}$ ), ya que las marismas de espartillares ocupan una importante franja del área costera de la Provincia de Buenos Aires (Isacch *et al.*, 2006) y que en muchos estuarios se las ha considerado como una de las principales fuentes de energía (Levin *et al.*, 2006; Quan *et al.*, 2007; Winemiller *et al.*, 2007) en vez del fitoplancton, como se ha observado en otros sistemas estuarinos (e.g., Botto *et al.*, 2011; Gaitan, 2012). Por otro lado, puede deberse

a mayores concentraciones de bacterioplancton en el MOP, el cual presenta una marca similar a la fuente de C de la MO disuelta en el ambiente en que se encuentra (Coffin *et al.*, 1989), que en nuestro caso de estudio, fue similar a los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  reportados para *Spartina* (Coffin *et al.*, 1989; Michener & Schell, 1994; Botto *et al.*, 2005). Teniendo en cuenta la relación C:N, es más plausible la segunda opción para la zona costera de la laguna Mar Chiquita, ya que se ha reportado que la relación C:N para el bacterioplancton oscila entre 2,8 y 8,9 (Coffin *et al.*, 1989), valores similares a los obtenidos durante el presente estudio, mientras que para el MOP dominado por aportes de plantas terrestres es mayor a 15 (Kendall *et al.*, 2001). Dado las altas concentraciones de clorofila *a* registradas durante el presente estudio, era de esperar que el MOP estuviera dominado por fitoplancton. Aunque los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  del MOP de la zona Marítima fueron significativamente mayores a los de la zona de Rompiente, fueron igualmente menores a las marcas típicas registradas para fitoplancton. Por lo tanto, estos resultados apoyan la hipótesis propuesta por De-Marco *et al.* (2005) de que el bacterioplancton es dominante sobre el fitoplancton en la laguna Mar Chiquita. Las diferencias en las marcas de MOP en relación a las registradas por Botto *et al.* (2005) pueden deberse a la energía propia del ambiente. Si bien las marismas experimentan un movimiento ascendente y descendente del agua debido a la acción de las mareas, este movimiento es mucho más leve en comparación al movimiento del agua en la zona de Rompiente producto del oleaje. Por lo tanto, este sistema tan energético se encuentra continuamente resuspendiendo material que, en ambientes más calmos, solo se encuentran en el fondo. De hecho, las marcas de  $\delta^{13}\text{C}$  del MOP registrado durante el presente estudio fueron similares a las marcas de  $\delta^{13}\text{C}$  de las microalgas bentónicas colectadas por Botto *et al.* (2005) en el interior de la laguna y por Gaitan (2012) en el estuario del arroyo San Clemente.

A pesar de haberse determinado que el responsable de las altas concentraciones de clorofila *a* durante el periodo de estudio fue el bacterioplancton presente en el MOP, este no parece ser una importante fuente de C para organismos superiores (Fig. 6.3) como propusieron De-Marco *et al.* (2005). Por el contrario, el macro-detrito en suspensión de la zona costera parece ser la fuente de C que sustenta al zooplancton y a larvas y juveniles de peces presentes tanto en la zona de Rompiente como en la zona Marítima. Este macro-detrito estaba caracterizado por presentar restos vegetales, que según las marcas de  $\delta^{13}\text{C}$ , parecen ser tanto de plantas con metabolismo  $\text{C}_4$  (e.g., *Spartina*, propia de marismas) como de plantas  $\text{C}_3$  (terrestres) (Kendal *et al.*, 2001). En el interior de la laguna Mar Chiquita se ha establecido que las tres fuentes principales de MO que sostienen las tramas tróficas estuarinas son el fitoplancton (según las marcas de  $\delta^{13}\text{C}$  del MOP), las microalgas bentónicas y las plantas vasculares de las marismas (Botto *et al.*, 2005) al igual que en otros sistemas estuarinos similares (Sullivan & Moncreiff, 1990; Currin *et al.*, 1995; Kwak & Zedler, 1997; Riera *et al.*, 1999).

La importancia relativa del detrito de *Spartina* y la MO de algas como fuente de alimento es el resultado del equilibrio entre disponibilidad y digestibilidad. Las plantas de *Spartina* son conocidas por ser de menor calidad como fuente de alimento para los organismos ya que tienen altas cantidades de material indigerible, pero una alta productividad del ambiente proporciona una gran cantidad de este recurso (Mann, 1988). Además, una alta proporción de la producción de *Spartina* es transportada y acumulada en el sedimento, que es enriquecido con su biota bacteriana durante la descomposición, y puede ser utilizada como una fuente de alimento para los organismos detritívoros (Mann 1988, Créach *et al.* 1997). El número de especies que utiliza una fuente determinada de energía es, a veces, considerado como una medida de su importancia para el ecosistema (Sullivan & Moncreiff, 1990). Sin embargo, una fuente de energía

puede ser particularmente importante para sostener especies con una alta biomasa y efectos importantes sobre el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, según Botto *et al.* (2005), las plantas de *Spartina* sustentan a la especie dominante sobre los estuarios del Atlántico Sudoccidental, el cangrejo excavador *N. granulata*. Estos cangrejos afectan a la dinámica de los sedimentos (Botto & Iribarne, 2000), la estructura de las comunidades bentónicas (Botto & Iribarne, 1999), la actividad de alimentación de las aves playeras durante las mareas bajas (Botto *et al.*, 1998; 2000; Palomo *et al.*, 2003) y la distribución y la actividad de alimentación de los peces juveniles durante la marea alta (Martinetto *et al.*, 2005; 2007). Más aún, se ha establecido que los extensos lechos con alta densidad de cuevas de *N. granulata* sobre las marismas de la laguna Mar Chiquita, son grandes zonas de retención de macro-detrito que funcionan como sumideros de MO que de otra manera sería exportada al sistema costero adyacente (Iribarne *et al.*, 1997, Botto & Iribarne, 2000; Botto *et al.* 2006). Sin embargo, a pesar de la efectividad en la retención de la MO de las cuevas de *N. granulata*, los resultados obtenidos durante el presente estudio sugieren que parte de esta MO es igualmente exportada hacia la zona costera adyacente y que, si la proporción que se exporta es sustancialmente baja en comparación a la que se retiene, esta es suficiente para sostener al zooplancton y larvas y juveniles de peces en la zona de Rompiente y Marítima adyacentes a la boca de la laguna Mar Chiquita.

Las marcas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  registradas para el zooplancton en la zona de Rompiente fueron similares a los obtenidos por Botto *et al.* (2005) en el interior de la laguna Mar Chiquita y similar a varias especies de copépodos (*Acartia tonsa* y *Labidocera fluviatilis*) colectadas por Gaitan (2012) en el estuario del Río de la Plata y del arroyo San Clemente. Las diferencias significativas halladas en las marcas de  $\delta^{15}\text{N}$  entre el zooplancton de la zona de Rompiente y la zona Marítima pueden deberse a la

diferencia en las especies dominantes en cada zona. En la zona de Rompiente dominaron los anfípodos del suborden Gammaridea, que han sido catalogados de ejercer un impacto significativo en la transferencia de C en las tramas tróficas de estuarios, lagunas costeras y otros sistemas estuarinos costeros (Mancinelli, 2012) debido a su doble función: por un lado, son trituradores detritívoros y meso-herbívoros (Duffy & Hay, 2000) y por el otro, constituyen una fuente de alimento importante para una variedad de consumidores de más alto nivel, como gusanos, cangrejos, peces y aves (Mancinelli, 2012). Sin embargo, las marcas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  registradas durante el presente estudio fueron muy superiores a las registradas previamente para estos anfípodos en otros sistemas estuarinos (rangos de  $\delta^{13}\text{C} = -14,0$  a  $-16,8$  ‰ y de  $\delta^{15}\text{N} = 9,7$  a  $11,1$  ‰; Baeta *et al.* 2009a; b). Por lo tanto, sería recomendable profundizar en el estudio de la composición zooplanctónica de este ambiente y analizar las marcas isotópicas por especies. Por otro lado, en la zona Marítima dominaron los quetognatos con hábitos más predadores en comparación a los anfípodos (Canino & Grant, 1985; Sato *et al.*, 2011). Sato *et al.* (2011) encontraron que el componente principal de la dieta de *Sagitta friderici*, un quetognato dominante en las aguas costeras argentinas, son los copépodos en sus distintos estadios de desarrollo. Este, es también el componente principal de la dieta de larvas de *E. anchoita* (Viñas & Ramírez, 1996) y Sato *et al.* (2011) propusieron que ambas especies podrían estar compitiendo por el alimento. Este comportamiento predador se ve reflejado en el significativo mayor valor en la marca de  $\delta^{15}\text{N}$  del zooplancton colectado en la zona Marítima, ubicándose en la misma posición que larvas y juveniles de peces (Fig. 6.3). Sin embargo, al no encontrarse bibliografía referente a las marcas isotópicas de este grupo en particular, no es posible corroborar fehacientemente esta suposición.

Finalmente, las marcas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  registradas para juveniles de peces, tanto en la zona de Rompiente como en la Marítima, fueron similares a las observadas para las mismas especies por Botto *et al.* (2005) en el interior de la laguna y por Gaitan (2012) en los estuarios del Río de la Plata y del arroyo San Clemente. Los estadios larvales de peces colectados durante el presente estudio en ambas zonas, presentaron marcas isotópicas de  $\delta^{15}\text{N}$  similares a los juveniles, indicando que se encuentran al mismo nivel que ellos en la trama trófica de este ambiente estuarino. Esto sugiere que tanto larvas como juveniles de los peces que habitan este sistema comparten el mismo recurso, y que durante estos periodos de vida las especies son más bien “oportunistas” alimentándose de aquello que el sistema les ofrezca con mayor abundancia, tal como observaron Houde & Lovdal (1984) en la Bahía Biscayne (EE. UU.) y Whitfield (1985) en diversos estuarios de Sudáfrica.

Marccovechio *et al.* (2006) establecieron que las condiciones particulares de disponibilidad de nutrientes y escasa profundidad que presenta la laguna costera Mar Chiquita durante la mayor parte del año impulsa la producción biológica a un ritmo mayor que en el medio marino costero adyacente, la cual representa una importante fuente de alimento para el zooplankton, larvas de peces y otros animales filtradores. Por lo tanto, aquellos estadios larvales de peces acumulados en la zona Marítima que pudieran entrar a la laguna, serían beneficiados no sólo con protección contra depredadores y una mayor disponibilidad de alimento como se mencionó en Capítulos anteriores, sino que esta mayor disponibilidad de alimento ejercería una menor presión de competencia entre organismos en similar estadio, y entre estos con juveniles más desarrollados.

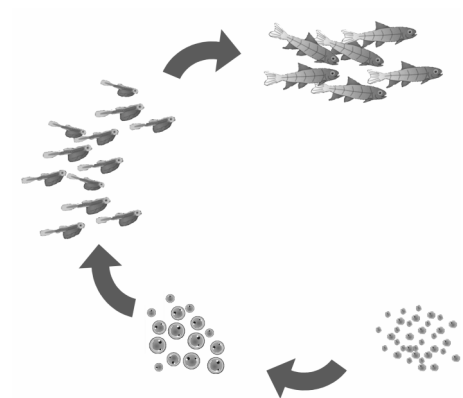
### 6.5. Conclusiones

A través de los resultados obtenidos en el presente Capítulo, se concluye que el macro-detrito derivado de plantas terrestres y de marismas, presentes en la laguna Mar Chiquita y exportado hacia la zona marítima adyacente a la desembocadura de la misma, es la principal fuente de alimento de larvas y juveniles de peces que habitan en esa zona y esperan allí condiciones favorables para entrar a la laguna. El fitoplancton de origen marino no es de importancia como origen de MO en las tramas tróficas de esta zona, a pesar de haberse detectado altas concentraciones de clorofila *a*. Las marcas isotópicas similares de  $\delta^{15}\text{N}$  entre larvas y juveniles de peces sugieren que ambos estadios comparten el mismo recurso.



# *Capítulo 7*

## *Discusión general y conclusiones*





### 7.1. El viento como motor principal del reclutamiento

Según los resultados obtenidos durante el presente estudio, es posible afirmar que todo el gradiente marítimo-estuarino de la laguna Mar Chiquita funciona como una extensa área de cría para etapas tempranas de peces y que el viento regula el reclutamiento de dichas etapas hacia la laguna, tal como fue planteado en la hipótesis principal. Esta afirmación amplía la incumbencia como área de cría de la laguna hasta etapas larvales de peces, al menos hasta donde es percibida la acción de las mareas, siendo que antes era considerada como tal sólo para estadios juveniles (e.g., Cousseau *et al.*, 2001; González-Castro *et al.*, 2009).

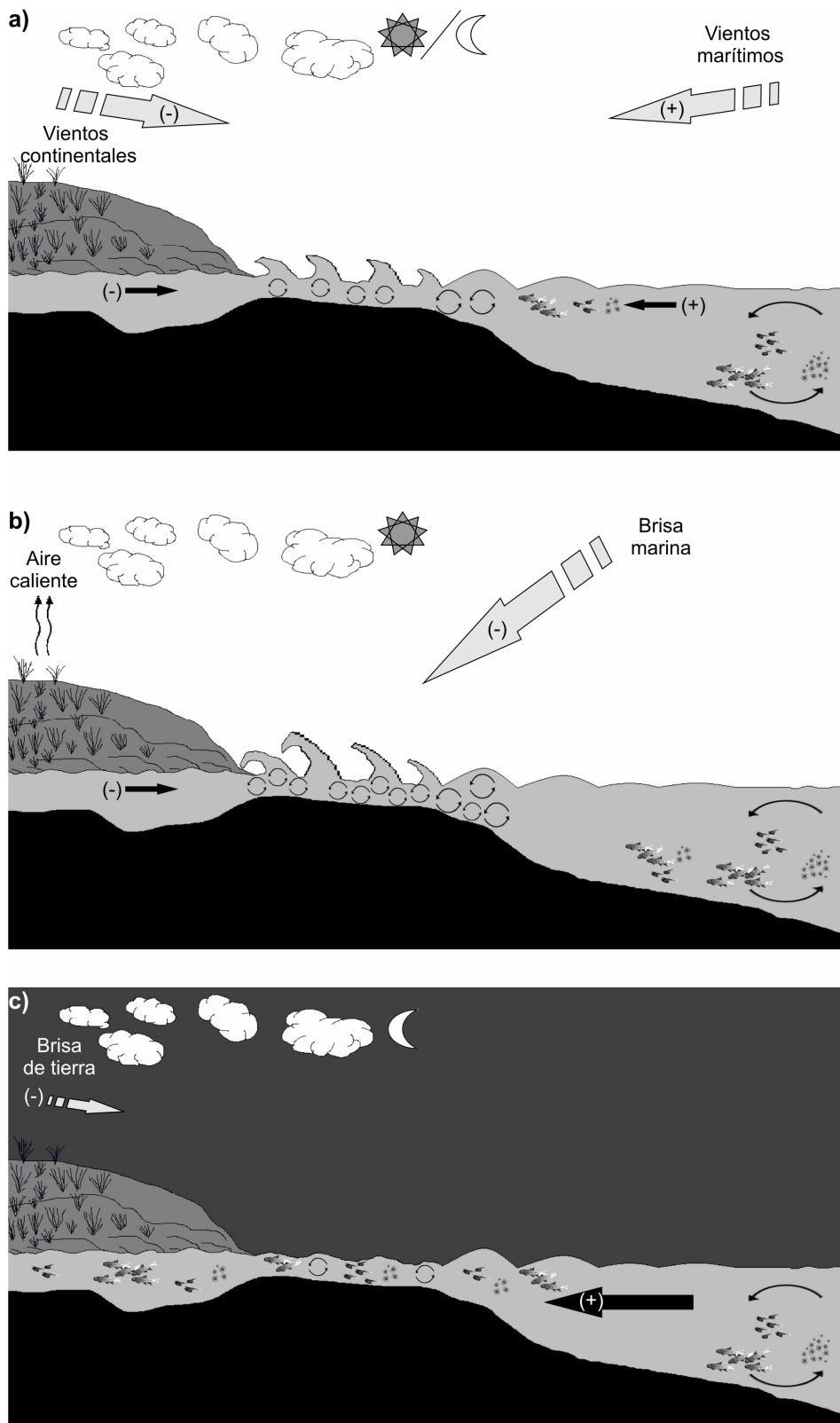
En el caso de los peces, las zonas de puesta y cría de larvas deben contar con procesos que garanticen la estabilidad de la columna de agua, el enriquecimiento de nutrientes y la retención de estadios larvales dentro de un hábitat favorable (Bakun & Parrish, 1991), así como también la capacidad de proveer refugio contra predadores potenciales (Werner, 2002). Las características de la desembocadura de la laguna Mar Chiquita impiden el ingreso de grandes depredadores (Lucifora, 2001) y el enriquecimiento de nutrientes en el interior de la misma ha sido demostrado en estudios previos (e.g., Marcovecchio *et al.*, 2006; Bruschetti *et al.*, 2008). Si bien no es posible afirmar fehacientemente que exista estabilidad en la columna de agua sobre el sistema marítimo-estuarino de Mar Chiquita, estudios previos han demostrado que en el interior de la laguna la circulación del agua es restringida y la columna de agua es homogénea (Marcovecchio *et al.*, 2006). También han sido reportados patrones complejos de coexistencia de masas de agua en sentido horizontal, con diferencias en las características hidrológicas y de dirección de las corrientes (Anger *et al.*, 1994). Esta combinación de factores, sumado a la presencia de bancos de arena (Isla, 1997) y de

pequeñas escolleras contruidas sobre la margen sur del canal de la laguna, podrían disminuir la exportación de los estadios menos desarrollados de los peces y así inferir que existe un cierto grado de retención dentro de la laguna. Por otro lado, sobre la margen externa del sistema, es decir la zona marítima, las altas concentraciones de clorofila *a* encontradas durante este estudio sugiere que existe una alta concentración de nutrientes que bien podrían ser exportados desde la laguna, ya que la misma recibe una gran cantidad de nutrientes inorgánicos de ecosistemas terrestres vecinos (Marcovecchio *et al.*, 2006) o bien podrían provenir de otro lugar transportados por la deriva litoral. Ha sido evidenciado que la dispersión costera de larvas de peces está sujeta a los efectos de una capa límite costera que es, en efecto, una zona de retención a lo largo de la línea de costa debido a un balance entre procesos de advección y difusión relacionados con las corrientes longitudinales y transversales a la costa (Largier, 2003). Muy posiblemente estos procesos también actúen en la retención de nutrientes inorgánicos.

La oceanografía de la región inmediatamente adyacente a la costa es un mosaico de procesos generados por la interacción de las corrientes costeras con la topografía de la orilla (Shanks *et al.*, 2003). Bas *et al.* (2009) realizaron estudios sobre la dispersión de larvas del cangrejo *N. granulata* utilizando como parte del área de estudio la zona marítima adyacente a la laguna Mar Chiquita. Los autores encontraron que la zona en cuestión es más bien una zona de mezcla poco profunda, con un fondo caracterizado por presentar bancos de arena y una pendiente abrupta (45°) en los primeros 250 m desde la costa (5 - 6 m de profundidad) que luego se hace más suave a partir de los 500 m (~10 m de profundidad). También expresaron que a pesar de algunas variaciones en la salinidad o la temperatura registrada entre las estaciones de muestreo, dicha zona no presenta características topográficas en la costa o en la parte inferior que pudieran

favorecer la formación de un frente más o menos permanente. Sin embargo, dada la presencia de diferentes etapas de desarrollo de *N. granulata* colectados por Bas *et al.* (2009) en la misma muestra, los autores proponen que el desarrollo larvario completo del cangrejo tiene lugar en aguas superficiales dentro de la misma zona. Como las aguas con bajas salinidades de la laguna se mezclan rápidamente con las del mar y por lo tanto las señales de baja salinidad no persisten como para orientar a las larvas hacia la laguna, es el viento el responsable de generar algún tipo de retención en la zona costera y facilitar el transporte de estos organismos hacia la zona estuarina. Este transporte impulsado por el viento ha sido propuesto también como el mecanismo responsable de la distribución del cangrejo violinista *Uca uruguayensis* en toda la zona costera de la Provincia de Buenos Aires (Bogazzi *et al.*, 2001).

En base a los resultados obtenidos durante el presente estudio en relación al efecto del viento en el reclutamiento de larvas y juveniles de peces desde la zona marítima de puesta y acumulación hacia el interior de la laguna, y sobre la base de las propuestas planteadas por Bogazzi *et al.* (2001) y Bas *et al.* (2009) en relación a la retención de larvas de cangrejos en zonas costeras, se propone el siguiente modelo conceptual. Tanto durante horas diurnas como nocturnas en las que se manifiesten episodios de vientos marítimos (SO, S, SE, E) sostenidos en el tiempo, se vería facilitada la migración de larvas y juveniles de peces desde la zona de puesta y acumulación en el mar hacia la zona estuarina dentro de la laguna, atravesando la zona de rompiente de alta energía turbulenta (Fig. 7.1a). Contrariamente, episodios de vientos continentales (NE, N, NO, O) sostenidos en el tiempo, restringirían el ingreso de agua de mar a la laguna y también el de las etapas larvales de peces que presentan una natación menos activa debido a su incipiente desarrollo. Los juveniles, que con un desarrollo más avanzado de las aletas tienen una natación más activa, podrían atravesar



**Fig. 7.1.** Modelo conceptual del mecanismo de ingreso de larvas y juveniles de peces a la laguna Mar Chiquita mediado por el viento en escala de días a) y en escala de horas a través de los fenómenos de brisa marina b) y brisa de tierra c). El grosor de las flechas indica la importancia de cada factor. Flechas grises indican la acción del viento y flechas negras indican circulación del agua.

esta zona de rompiente turbulenta durante su desplazamiento desde el mar hacia la laguna. Pero en el caso de las larvas, estas quedarían demoradas en la zona de rompiente, la cual con su alta turbulencia generaría una importante dispersión de las mismas (Fig. 7.1a). Bas *et al.* (2009) demostraron que los vientos favorables (N a S en sentido horario) para la retención de larvas de cangrejos en la zona marítima actuarían sobre las capas superficiales de agua, manteniendo a las zoeas cerca de las poblaciones de adultos. De ser así, la presencia de larvas del lenguado *P. orbignyanus* (Tablas 3.2; 4.4 y 5.3) y la lengüita *S. jenynsii* (Tabla 5.3) a tallas a las que ya poseen ambos ojos sobre el mismo flanco y que ha sido establecido que marca el cambio de la fase pelágica a la fase bentónica dentro de los ciclos de vida de los Pleuronectiformes (Werner, 2002), sugiere que larvas y juveniles de peces podrían manifestar movimientos verticales en esta zona y aprovechar corrientes que los conduzcan dentro de la laguna.

Por otro lado, cuando los vientos no son sostenidos en intensidad y dirección y el fenómeno de brisa marina se hace evidente, podría estar ocurriendo lo siguiente. Durante horas diurnas (Fig. 7.1b), el calentamiento de la zona continental por la irradiación solar (debido a diferencias en la capacidad térmica entre continente y mar; Hendrickson & MacMahan, 2009) genera la brisa marina como viento del NE (Reta, 1998) que puede estar actuando de dos formas. Por un lado, vientos de esta dirección podrían restringir la entrada de agua de mar a la laguna, aunque sería necesario comprobar si la escala de tiempo a la que opera la brisa marina (horas) es suficiente como para vencer la inercia del sistema y actuar similarmente a vientos que soplan del NE sostenidos en el tiempo (días). Por otro lado, aunque la escala temporal de la brisa marina es corta, su intensidad es bastante alta ( $\sim 40$  a  $50 \text{ km h}^{-1}$ ; Reta, 1998) y podría aumentar la turbulencia sobre la zona de rompiente, impidiendo de este modo el movimiento desde el mar hacia dentro de la laguna de, por lo menos, los estadios más

pequeños de los peces (larvas). Los juveniles con natación más activa podrían atravesar igualmente esta zona de mayor turbulencia, aunque con un costo de energía más elevado. Por el contrario, durante las horas nocturnas, el fenómeno de brisa de tierra es más leve en intensidad, la turbulencia de la zona de rompiente disminuye y por lo tanto lo que rige es el movimiento de las aguas por acción de las mareas. En este escenario, larvas y juveniles de peces pueden ingresar a la laguna con mayor facilidad (Fig. 7.1c), sobretodo durante las mareas de sicigia, de mayor amplitud mareal.

Finalmente, cabe mencionar que la desembocadura de la laguna Mar Chiquita históricamente tenía una tasa rápida de migración hacia el norte y una tendencia a la obstrucción física, que ha sido manifestada en varias oportunidades, hasta que se ha corregido parcialmente con la construcción de una escollera en 1971 (Isla, 1997). Por lo tanto, podría hipotetizarse que con anterioridad a esta modificación, Mar Chiquita habría actuado de manera similar a otros estuarios de escala pequeña, como el Santa Lucia (Harris *et al.*, 1999; 2001) y el Swartvlei (Whitfield, 1989c) en Sudáfrica, o el Swan (Neira *et al.*, 1992) y el Wilson (Neira & Potter, 1992; 1994) en Australia, todos ellos con la característica de cerrarse estacionalmente, quedando aislados del mar. Ha sido registrado que las etapas larval y juvenil de peces permanecen en la costa cercana de la desembocadura de estos estuarios hasta que vuelven a abrirse o aprovechan periodos cuando el agua de mar rebalsa la obstrucción debido a tormentas (Cowley *et al.*, 2001). Estos son indicios de que las especies de peces que utilizan estuarios durante una parte de su ciclo de vida no requieren estrictamente de ellos para poder sobrevivir, como ha sido planteado por Wallace *et al.* (1984), Claridge *et al.* (1986) y Day *et al.* (1989), sino más bien que son oportunistas, como plantean Lenanton & Potter (1987) y Blaber *et al.* (1989), si se dan las condiciones para poder ingresar a estos sistemas las especies simplemente las aprovechan.

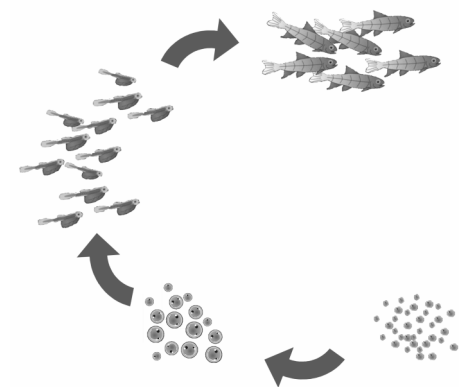
## 7.2. ¿Por qué reclutar a la laguna costera Mar Chiquita?

Mar Chiquita está ubicada entre dos importantes zonas de cría de peces costeros: el estuario del Río de la Plata, al norte y Bahía Blanca hacia el sur, por lo tanto ¿por qué reclutar a esta pequeña laguna costera? Tres hipótesis se pueden proponer para responder a esa pregunta. En primer lugar, podemos considerar un comportamiento oportunista por parte de los peces. Las especies costeras pueden reproducirse a lo largo del sistema costero y si las larvas o juveniles encuentran algunos ambientes estuarinos simplemente toman ventaja de ellos. Debido a sus características, las lagunas costeras están generalmente entre los hábitats marinos con mayor productividad biológica (Agostini *et al.*, 2003; Pérez-Ruzafa *et al.*, 2007), que funcionan como zonas de cría y de alimentación para los peces marinos estuarino-oportunistas (Pérez -Ruzafa *et al.*, 2007). En segundo lugar, podemos pensar que la selección de hábitat es denso-dependiente (e.g., MacCall, 1990): si la aptitud del hábitat disminuye debido a un aumento en la densidad numérica de los individuos (es decir, la competencia entre especies se intensifica en una población muy numerosa), otros hábitats, aunque sean pequeños y presenten condiciones de mayor estrés fisiológico (como la laguna de Mar Chiquita, en nuestro caso), se vuelven más atractivos. Sin embargo, la alta presión pesquera sobre las poblaciones costeras de nuestra región ha disminuido las poblaciones de peces (e.g., Jaureguizar & Milessi, 2008), y probablemente, la densidad de los individuos en las principales zonas de cría. En tercer lugar, debemos tener en cuenta que los estuarios actuales son características costeras geológicamente efímeras. Los eventos de aumento y disminución en el nivel del mar se han producido regularmente durante los últimos millones de años, provocando cambios en la posición de las costas de todo el mundo, y en los lugares geográficos de los estuarios. Por otra parte, una vez formados,

los estuarios se rellenan rápidamente (en una escala geológica) con los sedimentos y esencialmente desaparecen (Snedden *et al.*, 2013). Las especies y tipos de comunidades biológicas que existen actualmente en los estuarios ciertamente han existido por mucho más tiempo que los propios estuarios. A pesar de que algunos estuarios particulares son relativamente contemporáneos, los organismos estuarinos y los ecosistemas estuarinos son muy antiguos (Day *et al.*, 2013). Así que, de alguna manera, las especies son capaces de hacer frente a la naturaleza efímera de los estuarios. Las puestas en el interior o en el entorno cercano de estuarios, dentro del área de distribución de las especies, puede ser vista como una estrategia de riesgo repartido, asegurando que en algún momento al menos un grupo de individuos encuentre una zona de reproducción y/o cría apropiada. Esto podría ser el significado (en escalas de tiempo evolutivo) de aquellas zonas de cría situadas en sistemas tan pequeños como las lagunas costeras en una región donde existen grandes estuarios. Por último, la variabilidad natural de los estuarios puede aumentar por procesos relacionados con el cambio climático. Debido a este, cambios en cualquiera de los océanos o cuencas hidrológicas tienen el potencial de afectar a los estuarios. En la actualidad, el cambio climático está afectando a los océanos (es decir, el aumento del nivel del mar) y las cuencas hidrográficas (es decir, cambios en la escorrentía de agua dulce) (Rybczyk *et al.*, 2013). En este contexto, una estrategia de riesgo repartido puede contribuir a mejorar la resistencia de las especies para hacer frente a la variabilidad natural y a la inducida por las actividades humanas.

# *Capítulo 8*

## *Bibliografía general*





- Able K.W.** (2005). A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 5-17.
- Aceves-Medina G., Saldierna-Martínez R., Hinojosa-Medina A., Jiménez-Rosenberg S.P.A., Hernández-Rivas M.E., Morales-Avila R.** (2008). Vertical structure of larval fish assemblages during diel cycles in summer and winter in the southern part of Bahía de La Paz, México. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76: 889-901.
- Acha E.M., Macchi G.J.** (2000). Spawning of Brazilian menhaden, *Brevoortia aurea*, in the Río de la Plata estuary off Argentina and Uruguay. *Fishery Bulletin* 98: 227-235.
- Acha E.M., Mianzan H., Lasta C.A., Guerrero R.A.** (1999). Estuarine spawning of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae), in the Río de la Plata, Argentina. *Marine and Freshwater Research* 50: 57-65.
- Acha E.M., Mianzan H., Guerrero R.A., Favero M., Bava J.** (2004). Marine fronts at the continental shelves of austral South America. Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems* 44: 83-105.
- Acha E.M., Mianzan H., Guerrero R., Carreto J., Giberto D., Montoya N., Carignan M.** (2008). An overview of physical and ecological processes in the Río de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research* 28: 1579-1588.
- Agostini S., Marchand B., Pergent G.** (2003). Temporal and spatial changes of seagrass meadows in a Mediterranean coastal lagoon. *Oceanológica Acta* 25: 297-302.
- Anderson M.J.** (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- Baeta A., Pinto R., Valiela I., Richard P., Niquil N., Marques J.C.** (2009a).  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  in the Mondego estuary food web: Seasonal variation in producers and consumers. *Marine Environmental Research* 67: 109-116.
- Baeta A., Valiela I., Rossi F., Pinto R., Richard P., Niquil N., Marques J.C.** (2009b). Eutrophication and trophic structure in response to the presence of the eelgrass *Zostera noltii*. *Marine Biology* 156: 2107-2120.
- Bailey K.M., Abookire A.A., Duffy-Anderson J.T.** (2008). Ocean transport paths for the early life history stages of offshore-spawning flatfishes: a case study in the Gulf of Alaska. *Fish and Fisheries* 9: 44-66.

- Bakun A., Parrish R.H.** (1991). Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the anchovy (*Engraulis anchoita*) of the southwestern Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 48: 343-361.
- Balon E.K.** (1975). Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 32: 821-864.
- Barletta-Bergan A., Barletta M., Saint-Paul U.** (2002). Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. *Journal of Fish Biology* 61: 33-51.
- Bas C., Luppi T., Spivak E., Schejter L.** (2009). Larval dispersion of the estuarine crab *Neohelice granulata* in coastal marine waters of the Southwest Atlantic. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 83: 569-576.
- Beck M.W., Heck Jr. K.L., Able K.W., Childers D.L., Eggleston D.B., Gillanders B.M., Halpern B., Hays C.G., Hoshino K., Minello T.J., Orth R.J., Sheridan P.F., Weinstein M.P.** (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience* 51: 633-641.
- Beckley L.E.** (1985). Tidal exchange of ichthyoplankton in the Swartkops estuary mouth, South Africa. *South African Journal of Zoology* 20: 15-20.
- Beltrame M.O.** (2008). Dinámica biogeoquímica de nutrientes y metales pesados en ambientes intermareales de la laguna costera Mar Chiquita: potenciales efectos ecotoxicológicos sobre especies claves del ecosistema. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional del Sur, 259 p.
- Bentley M.G., Olive P.J.W., Last K.** (2001). Sexual satellites, moonlight and the nuptial dances of worms: the influence of the moon on the reproduction of marine animals. *Earth, Moon and Planets* 85-86: 67-84.
- Berasategui A.D., Acha E.M., Fernández-Araoz N.C.** (2004). Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Río de la Plata estuary (Argentina-Uruguay). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 60: 599-610.
- Bértola G.** (2006). Morfodinámica de playas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (1983-2004). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 13: 31-57.
- Beyst B., Hostens K., Mees J.** (2001). Factors influencing fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium: temporal variation. *Journal of Sea Research* 46: 281-294.

- Blaber S.J.M.** (1985). The ecology of fishes of estuaries and lagoons of the Indo-Pacific with particular reference to Southeast Africa. *En* "Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards an ecosystem integration" (Ed. A. Yáñez-Arancibia.). UNAM Press, México, pp. 247-266.
- Blaber S.J.M., Blaber T.G.** (1980). Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of Fish Biology* 17: 143-162.
- Blaber S.J.M., Brewer D.T., Salini J.P.** (1989). Species composition and biomasses of fishes in different habitats of a tropical northern Australian estuary: their occurrence in the adjoining sea and estuarine dependence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 29: 509-531.
- Blanton J.O., Werner F.E., Kalpolnai A., Blanton B.O., Knott D., Wenner E.L.** (1999). Wind-generated transport of fictitious passive larvae into shallow tidal estuaries. *Fisheries Oceanography* 8: 210-223.
- Blasina G.E.** (2013). Interrelaciones tróficas en peces esciénidos de la laguna costera Mar Chiquita: cambios ontogenéticos y estacionales. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar del Plata, 177 p.
- Boehlert G.W., Mundy B.C.** (1988). Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *American Fisheries Society Symposium* 3: 51-67.
- Bogazzi E., Iribarne O., Guerrero R., Spivak E.** (2001). Wind pattern may explain the southern limit of distribution of a southwestern Atlantic fiddler crab. *Journal of Shellfish Research* 20: 353-360.
- Bonecker F.T., Castro M.S., Bonecker A.C.T.** (2009). Larval fish assemblage in a tropical estuary in relation to tidal cycles, day/night and seasonal variations. *Pan-American Journal of Aquatic Science* 4: 239-246.
- Botto F., Iribarne O.** (1999). Effect of the burrowing crab *Chasmagnathus granulata* (Dana) on the benthic community of a SW Atlantic coastal lagoon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 241: 263-284.
- Botto F., Iribarne O.** (2000). Contrasting effects of two burrowing crabs (*Chasmagnathus granulata* and *Uca uruguayensis*) on sediment composition and transport in estuarine environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51: 141-151.

- Botto F., Palomo G., Iribarne O., Martinez M.M.** (2000). The effect of southwestern Atlantic burrowing crabs (*Chasmagnathus granulata*) on habitat use and foraging activity of migratory shorebirds. *Estuaries* 23: 208-215.
- Botto F., Iribarne O., Martinez M., Delhey K., Carrete M.** (1998). The effect of migratory shorebirds on the benthic species of three southwestern Atlantic Argentinean estuaries. *Estuaries* 21:700-709.
- Botto F., Valiela I., Iribarne O., Martinetto P., Alberti J.** (2005). Impact of burrowing crabs on C and N sources, control, and transformations in sediments and food webs of SW Atlantic estuaries. *Marine Ecology Progress Series* 293: 155-164.
- Botto F., Iribarne O., Gutierrez J., Bava J., Gagliardini A., Valiela I.** (2006). Ecological importance of passive deposition of organic matter into burrows of the SW Atlantic crab *Chasmagnathus granulatus*. *Marine Ecology Progress Series* 312: 201-210.
- Botto F., Gaitán E., Mianzan H., Acha M., Giberto D., Schiariti A., Iribarne O.** (2011). Origin of resources and trophic pathways in a large SW Atlantic estuary: an evaluation using stable isotopes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 70-77.
- Braverman M.S., Acha E.M., Gagliardini D.A., Rivarossa M.** (2009). Distribution of whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*, Desmarest 1823) larvae in the Río de la Plata estuarine front. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82: 557-565.
- Bruno D.O.** (2008). Estructura y dinámica de los ensambles de peces en la laguna costera Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina). Tesis de Grado. Universidad Nacional de Mar del Plata, 61 pp.
- Bruno D.O., Barbini S.A., Díaz de Astarloa J.M., Martos P.** (2013). Fish abundance and distribution patterns related to environmental factors in a choked temperate coastal lagoon (Argentina). *Brazilian Journal of Oceanography* 61: 43-53.
- Bruschetti M., Luppi T., Fanjul E., Rosenthal A., Iribarne O.** (2008). Grazing effect of the invasive reef-forming polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) on phytoplankton biomass in a SW Atlantic coastal lagoon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 354: 212-219.
- Bruschetti M., Bazterrica C., Fanjul E., Luppi T., Iribarne O.** (2011). Effect of biodeposition of an invasive polychaete on organic matter content and

productivity of the sediment in a coastal lagoon. *Journal of Sea Research* 66: 20-28.

- Busoli R.O., Muelbert J.H.** (1999). Composição taxonômica e distribuição do ictioplâncton na zona de arrebentação da praia do Cassino (32°10'S, 52°20'W). *Atlântica, Rio Grande* 21: 19-35.
- Canino M.F., Grant G.C.** (1985). The feeding and diet of *Sagitta tenuis* (Chaetognatha) in the lower Chesapeake Bay. *Journal of Plankton Research* 7: 175-188.
- Carreon-Martinez L., Heath D.D.** (2010). Revolution in food web analysis and trophic ecology: diet analysis by DNA and stable isotope analysis. *Molecular Ecology*, 19: 25-27.
- Carreto J.I., Lutz V.A., Carignan M.O., Cucchi-Colleoni A.D., De-Marco S.G.** (1995). Hydrography and chlorophyll *a* in a transect from the coast to the shelf-break in the Argentinian Sea. *Continental Shelf Research* 15: 315-336.
- Castillo-Rivera M., Zárate R., Ortiz S.** (2005). Variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Hidrobiológica*. 15: 227-238.
- Castillo-Rivera M., Zárate-Hernández R., Ortiz-Burgos S., Zavala-Hurtado J.** (2010). Diel and seasonal variability in the fish community structure of a mud-bottom estuarine habitat in the Gulf of Mexico. *Marine Ecology* 31: 633-642.
- Cattrijsse A., Makwaia E.S., Dankwa H.R., Hamerlynck O., Hemminga M.A.** (1994). Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. *Marine Ecology Progress Series* 109: 195-208.
- Claridge P.N., Potter I.C., Hardisty M.W.** (1986). Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn estuary. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 66: 229-258.
- Clark B.M., Bennett B.A., Lamberth S.J.** (1996). Temporal variations in surf zone fish assemblages from False Bay, South Africa. *Marine Ecology Progress Series* 131: 35-47.
- Coffin R.B., Fry B., Peterson B.J., Wright R.T.** (1989). Carbon isotopic compositions of estuarine bacteria. *Limnology and Oceanography* 34: 1305-1310.
- Cousseau M.B., Díaz de Astarloa J.M., Figueroa D.E.** (2001). La Ictiofauna de la Laguna Mar Chiquita. En "Reserva de Biósfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas" (Ed. O. Iribarne). Editorial Martín, Mar del Plata. pp. 187-203.

- Cousseau M.B., Perrotta R.G.** (2004). Peces marinos de Argentina. Biología, distribución, pesca. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata, 167 p.
- Cousseau M.B., Figueroa D.E., Diaz de Astarloa J.M., Mabragaña E., Lucifora L.O.** (2004). Rayas, chuchos y otros batoideos del Atlántico sudoccidental (34° S-55° S). Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata, 102 p.
- Cousseau M.B., Marchesi M.C., Figueroa D.E., Díaz de Astarloa J.M., González-Castro M.** (2011). Relación íctica entre la laguna costera Mar Chiquita y el mar adyacente. *Historia Natural* 1: 85-100.
- Cowan Jr. J.H., Yáñez-Arancibia A., Sanchez-Gil P., Deegan L.A.** (2013). Estuarine nekton. En 'Estuarine Ecology'. (Eds J.W. Day Jr., B.C. Crump, W.M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia). Wiley-Blackwell, New Jersey, pp. 327-355.
- Cowen R.K., Hare J.A., Fahay M.P.** (1993). Beyond hydrography: can physical processes explain larval fish assemblages within the middle Atlantic bight? *Bulletine of Marine Science* 53: 567-587.
- Cowley P.D., Whitfield A.K.** (2001). Fish population size estimates from a small intermittently open estuary in South Africa, based on mark-recapture techniques. *Marine and Freshwater Research* 52: 283-290.
- Cowley P.D., Whitfield A.K., Bell K.N.I.** (2001). The surf zone ichthyoplankton adjacent to an intermittently open stuary, with evidence of recruitment during marine overwash events. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52: 339-348.
- Créach V., Schricke M.T., Bertru G., Mariotti A.** (1997). Stable isotopes and gut analyses to determine feeding relationships in saltmarsh macroconsumers. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 44:599-611
- Currin C.A., Newell S.Y., Paerl H.W.** (1995). The role of standing dead *Spartina alterniflora* and benthic microalgae in salt marsh food webs: considerations based on multiple stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series* 121: 99-116.
- Cyrus D.P., Blaber S.J.M.** (1987). The influence of turbidity on juvenile marine fish in the estuaries of Natal, South Africa. *Continental Shelf Science* 7: 1411-1416.
- Day Jr. J.W., Hall C.A.S., Kemp W.M., Yáñez-Arancibia A.** (1989). Estuarine ecology. John Wiley, New York, 558p.
- Day Jr. J.W., Yáñez-Arancibia A., Kemp W.M., Crump B.C.** (2013). Introduction to Estuarine Ecology. En "Estuarine Ecology" (Eds. J.W. Day Jr., B.C. Crump, W.M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia). Wiley-Blackwell, New Jersey, pp. 1-18.

- De-Marco S.G., Beltrame M.O., Freije R.H., Marcovecchio J.E.** (2005). Phytoplankton dynamic in Mar Chiquita coastal lagoon (Argentina), and its relationship with potential nutrient sources. *Journal of Coastal Research* 21: 818-825.
- De-Castro M.S., Bonecker A.C.T., Valentin J.L.** (1999). Ichthyoplankton of a permanently hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Tropical Ecology* 40: 221-227.
- Deegan L.A., Garritt R.H.** (1997). Evidence for spatial variability in estuarine food webs. *Marine Ecology Progress Series* 147: 31-47.
- Dege M., Brown L.R.** (2004). Effect of outflow on spring and summertime distribution and abundance of larval and juvenile fishes in the upper San Francisco estuary. *American Fisheries Society Symposium* 39: 49-65.
- Díaz de Astarloa J.M., Mabragaña E., Deli Antoni M.Y., Blasina G.E., Delpiani S.M., Bruno D.O., González Castro M.** (2011) Diversidad de la ictiofauna bentónico-demersal en el submareal frente a la laguna costera Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina). XIV Congreso Latino-americano de Ciências do Mar (Colacmar). Balneario Camboriú, Brasil.
- Dickey-Collas M., Gowen R.J., Fox C.J.** (1996). Distribution of larval and juvenile fish in the western Irish Sea: relationship to phytoplankton, zooplankton biomass and recurrent physical features. *Marine and Freshwater Research* 47: 169-181.
- Duffy J.E., Hay M.E.** (2000). Strong impacts of grazing amphipods on the organization of a benthic community. *Ecological Monographs* 70: 237-263.
- Edgar G.J., Shaw C.** (1995). The production and trophic ecology of shallow water fish assemblages in Southern Australia. II. Diets of fishes and trophic relationships between fishes and benthos at Western Port, Victoria. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 194: 83-106.
- Eggers T., Jones T.H.** (2000). You are what you eat... or are you?. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 265-266.
- Elliot M., Whitfield A.K., Potter I.C., Blaber S.J.M., Cyrus D.P., Nordlie F.G., Harrison T.D.** (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries* 8: 241-268.
- Epifanio C.E., Garvine R.W.** (2001). Larval transport on the Atlantic continental shelf of North America: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52, 51-77.

- Ehrlich M.D.** (2010). Huevos y larvas de Actinopterigios. *En* “Ictiología: aspectos fundamentales. La vida de los peces sudamericanos” (Ed. M.B. Cousseau). Eudem, Argentina, pp. 465- 504.
- Fahay M.P.** (1983). Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the Sothern Scotian Shelf. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 4: 1-423.
- 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, pp. 59-71.
- Fasano J.L., Hernández M.A., Isla F.I., Schnack E.J.** (1982). Aspectos evolutivos y ambientales de la laguna Mar chiquita (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Oceanológica Acta SP*: 285-292.
- Favero M., Silva-Rodríguez M.P.** (2004). Aves típicas de ambientes costeros en el sudeste bonaerense. *En* “La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina” (Eds. E.E. Boschi, M.B. Cousseau.). Publicaciones especiales INIDEP, Mar del Plata, pp. 297-308.
- Fore P.L., Baxter K.N.** (1972). Diel fluctuations in the catch of larval gulf menhaden, *Brevoortia patronus*, at Galveston entrance, Texas. *Transactions of the American Fisheries Society* 101: 729-732.
- Forward Jr. R.B., Reinsel K.A., Tankersley R.A., Churchill J.H., Crowder L.B., Hettler W.F., Warlen S.M., Green M.D.** (1999). Transport of fish larvae through a tidal inlet. *Fisheries Oceanography* 8: 153-172.
- Fuiman L.A.** (2002). Chapter 1: Special considerations of fish eggs and larvae. *En* “Fishery Science: The Unique Contributions of Early Life Stages” (Eds. L.A. Fuiman, R.G. Werner). Blackwell Science, Oxford, 1-32 pp.
- Gaitan E.N.** (2012). Tramas tróficas en sistemas frontales del mar argentino: estructura, dinámica y complejidad analizada mediante isótopos estables. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Mar del Plata, 176 p.
- Garcia A.M., Vieira J.P., Winemiller K.O.** (2003). Effects of 1997-1998 El Niño on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57: 489-500.
- Gassmann M.I., Pérez C.F., Gardiol J.M.** (2002). Sea-land breeze in a coastal city and its effect on pollen transport. *International Journal of Biometeorology* 46: 118-125.

- Gaughan D.J., Neira F.J., Beckley L.E., Potter I.C.** (1990). Composition, seasonality and distribution of the ichthyoplankton in the lower Swan Estuary, South-western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41: 529-543.
- Gayoso A.M.** (1998). Long-term phytoplankton studies in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *ICES Journal of Marine Science* 55: 655-660.
- Gibson R.N.** (1994). Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research* 32: 191-206.
- Gibson R.N., Robb L., Burrows, M.T., Ansell A.D.** (1996). Tidal, diel and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Marine Ecology Progress Series* 130: 1-17.
- Glass L.A., Rooker J.R., Kraus R.T., Holt G.J.** (2008). Distribution, condition, and growth of newly settled southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) in the Galveston Bay Estuary, TX. *Journal of Sea Research* 59: 259-268.
- Godefroid R.S., Hofstaetter M., Spach H.L.** (1998). Moon, tidal and diel influences on catch composition of fishes in the surf zone of Pontal do Sul beach, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia* 15: 697-701.
- González-Castro M., Díaz de Astarloa J.M., Cousseau M.B., Figueroa D.E., Delpiani S.M., Bruno D.O., Guzonni J.M., Blasina G.E., Deli-Antoni M.Y.** (2009). Fish composition in a south-western Atlantic temperate coastal lagoon: Spatial-temporal variation and relationships with environmental variables. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89: 593-604.
- González-Castro M., Macchi G.J., Cousseau M.B.** (2011). Studies on reproduction of the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 (Actinopterygii, Mugilidae) from the Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina: similarities and differences with related species. *Italian Journal of Zoology* 78: 343-353.
- Gray C.A., Chick R.C., McElligott D.J.** (1998). Diel changes in assemblages of fishes associated with shallow seagrass and bare sand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46: 849-859.
- Greenwood M.F.D., Hill A.S.** (2003). Temporal, spatial and tidal influences on benthic and demersal fish abundance in the Forth estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58: 211-225.
- Hampel H., Cattrijsse A., Vincx M.** (2003). Tidal, diel and semi-lunar changes in the faunal assemblage of an intertidal salt marsh creek. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 795-805.

- Harris S.A., Cyrus D.P.** (1995). Occurrence of fish larvae in the St Lucia estuary, KwaZulu-Natal, South Africa. *South African Journal of Marine Science* 16: 333-350.
- Harris S.A., Cyrus D.P.** (2000). Comparison of larval fish assemblages in three large estuarine systems, KwaZulu-Natal, South Africa. *Marine Biology* 137: 527-541.
- Harris S.A., Cyrus D.P., Beckley L.E.** (1999). The larval fish assemblage in nearshore coastal waters off the St Lucia estuary, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49: 789-811.
- Harris S.A., Cyrus D.P., Beckley L.E.** (2001). Horizontal trends in larval fish diversity and abundance along an ocean-estuarine gradient on the northern KwaZulu-Natal coast, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 221-235.
- Hendrickson J., MacMahon J.** (2009). Diurnal sea breeze effects on inner-shelf cross-shore exchange. *Continental Shelf Research* 29: 2195-2206.
- Hoffmeyer M.S., Menéndez M.C., Biancalana F., Nizovoy A.M., Torres E.R.** (2009). Ichthyoplankton spatial pattern in the inner shelf off Bahía Blanca Estuary, SW Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 383-392.
- Houde E.D.** (1989). Comparative growth, mortality, and energetics of marine fish larvae: temperature and implied latitudinal effects. *Fishery Bulletin* 87 (3):471-495.
- Houde E.D.** (2002). Chapter 3: Mortality. En “Fishery Science: The Unique Contributions of Early Life Stages” (Eds. L.A. Fuiman, R.G. Werner). Blackwell Science, Oxford, 64-87 pp.
- Houde E.D., Lovdal J.A.** (1984). Seasonality of occurrence, foods and food preferences of ichthyoplankton in Biscayne bay, Florida. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 18: 403-419.
- Hough A.R., Naylor E.** (1991). Field studies on retention of the planktonic copepod *Eurytemora affinis* in a mixed estuary. *Marine Ecology Progress Series* 76: 115-122.
- Hozbor N.M., Garcia de la Rosa S.B.** (2000). Alimentación de juveniles de corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) en la laguna costera Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina). *Frente Marítimo* 18: 59-70.
- Iguchi K., Mizuno N.** (1990). Diel changes of larval drift among amphidromous gobies in Japan, especially *Rhinogobius brunneus*. *Journal of Fish Biology* 37: 255-264.

- Iribarne O.** (2001). Introducción. *En* “Reserva de Biosfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas” (Ed. O. Iribarne). Editorial Martín, Mar del Plata, pp.9.
- Iribarne O., Bortolus A., Botto F.** (1997). Between-habitat differences in burrow characteristics and trophic modes in the southwestern Atlantic burrowing crab *Chasmagnathus granulata*. *Marine Ecology Progress Series* 155: 137-145.
- Isacch J.P., Costa C.S.B., Rodríguez-Gallego L., Conde D., Escapa M., Gagliardini D. A., Iribarne O.O.** (2006). Distribution of saltmarsh plant communities associated with environmental factors along a latitudinal gradient on the south-west Atlantic coast. *Journal of Biogeography* 33: 888-900.
- Isla F.I.** (1997). Seasonal behaviour of Mar Chiquita tidal inlet in relation to adjacent beaches, Argentina. *Journal of Coastal Research* 13: 1221-1232.
- Islam M.S., Hibino M., Tanaka M.** (2007). Tidal and diurnal variations in larval fish abundance in an estuarine inlet in Ariake Bay, Japan: implication for selective tidal stream transport. *Ecological Research* 22: 165-171.
- Jaureguizar A., Milessi A.C.** (2008). Assessing the sources of the fishing down marine food web process in the Argentinean-Uruguayan Common Fishing Zone. *Scientia Marina* 72: 25-36.
- Jones C.M.** (2002). Chapter 2: Age and growth. *En* “Fishery Science: The Unique Contributions of Early Life Stages” (Eds. L.A. Fuiman, R.G. Werner). Blackwell Science, Oxford, 33-63 pp.
- Josens M.L., Bó M.S., Favero M.** (2010). Foraging ecology of the great grebe *Podiceps major* in Mar Chiquita lagoon (Buenos Aires, Argentina). *Ardeola* 57: 133-141.
- Joyeux J.C.** (1999). The abundance of fish larvae in estuaries: within-tide variability at inlet and immigration. *Estuaries*. 22: 889-904.
- Joyeux J.C., Pereira B.B., Almeida H.G.** (2004). The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. *Journal of Plankton Research* 26: 1277-1287.
- Kendall C.C., Silva S.R., Kelly V.J.** (2001). Carbon and nitrogen isotopic composition of particulate organic matter in four large river systems across the United States. *Hydrological processes* 15: 1301-1346.
- Kjerfve B.** (1994). Coastal lagoons. *En* “Coastal lagoon processes” (Ed. B. Kjerfve). Elsevier Oceanography Series 60, Amsterdam, pp. 1-8.

- Kjerfve B., Magill K.E.** (1989). Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology* 88: 187-199.
- Koutsikopoulos C., Lacroix N.** (1992). Distribution and abundance of sole (*Solea solea* (L.)) eggs and larvae in the Bay of Biscay between 1986 and 1989. *Netherlands Journal of Sea Research* 29: 81-91.
- Knauss J.A.** (1997). Introduction to Physical Oceanography. Waveland Press, Long Grove, 309 p.
- Kneib R.T.** (1997). Early life stages of resident nekton in intertidal marshes. *Estuaries* 20: 214-230.
- Kneib R.T.** (2002). Salt marsh ecoscapes and production transfers by estuarine nekton in the southeastern United States. *En "Concepts and controversies in tidal marsh ecology"* (Eds. M.P. Weinstein, D.A. Kreeger). Kluwer Academic Publisher, New York, pp. 267-291.
- Kneib R.T., Wagner S.L.** (1994). Nekton use of vegetated marsh habitats at different stages of tidal inundation. *Marine Ecology Progress Series* 106: 227-238.
- Krebs C.J.** (1989). Ecological methodology. Addison & Wesley Longman, California, 620 pp.
- Kwak T.J., Zedler J.B.** (1997). Food web analysis of southern California coastal wetlands using multiple stable isotopes. *Oecologia* 110: 262-277.
- Lajtha K., Michener R.** (1994) Introduction. *En "Stable isotopes in ecology and environmental science"* (Eds. K. Lajtha, R. Michener). Blackwell Scientific Publishers, Oxford, pp. XI-XIX.
- Lanfredi N.W., Balestrini C.F., Mazio C.A., Schmidt S.A.** (1987). Tidal sandbanks in Mar Chiquita coastal lagoon, Argentina. *Journal of Coastal Research* 3: 515-520.
- Largier J.L.** (2003). Considerations in estimating larval dispersal distances from oceanographic data. *Ecological Applications* 13: 71-89.
- Lasiak T.** (1984). Structural aspects of the surf zone fish assemblages at King's beach, Algoa Bay, South Africa: short-term fluctuations. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 18: 347-360.
- Lawler J.P., Weinstein M.P., Chen W.Y., Englert T.L.** (1988). Modelling of physical and behavioral mechanisms influencing recruitment of spot and Atlantic croaker to the Cape Fear estuary. *American Fisheries Society Symposium* 3: 115-131.
- Leis J.M.** (2010). Ontogeny of behaviour in larvae of marine demersal fishes. *Ichthyological Research* 57: 325-342.

- Leite R.G., Araújo-Lima C.A.R.M., Victoria R.L., Martinelli L.A.** (2002). Stable isotope analysis of energy sources for larvae of eight fish species from the Amazon floodplain. *Ecology of Freshwater Fish* 11: 56-63.
- Lenanton R.C.J., Potter I.C.** (1987). Contribution of estuaries to commercial fisheries in temperate Western Australia and the concept of estuarine dependence. *Estuaries*, 10: 28-35.
- Levin L.A., Neira C., Grosholz E.D.** (2006). Invasive cordgrass modifies wetland trophic function. *Ecology* 87: 419-432.
- Link J.** (2002). Does food web theory work for marine ecosystems?. *Marine Ecology Progress Series* 230: 1-9.
- Link J., Stockhausen W., Methratta E.** (2005). Food-web theory in marine ecosystems. En "Aquatic food webs: an ecosystem approach" (Ed A. Belgrano, Scharler U., Dunne J., Ulanowics R.). Oxford University Press, Oxford, pp. 98-114.
- Lucas A.J., Guerrero R.A., Mianzan H.W., Acha E.M., Lasta C.A.** (2005). Coastal oceanographic regimes of the Northern Argentine Continental Shelf (34-43°S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65: 405-420.
- Lucifora L.O.** (2001). Tiburones y pesca de tiburones en Mar Chiquita. En "Reserva de Biósfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas" (Ed. O. Iribarne). Editorial Martín, Mar del Plata, pp. 205-206.
- Llompарт F.M., Colautti D.C., Maiztegui T., Cruz-Jiménez A.M., Baigún, C.R.M.** (2013). Biological traits and growth patterns of pejerrey *Odontesthes argentinensis*. *Journal of Fish Biology* 82: 458-474.
- MacCall A.D.** (1990). Dynamic geography of marine fish populations. University of Washington Press, Seattle, 153 p.
- Macedo-Soares L.C.P., Birolo A.B., Freire A.S.** (2009). Spatial and temporal distribution of fish eggs and larvae in a subtropical coastal lagoon, Santa Catarina State, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 7: 231-240.
- Machado I., Conde D., Rodríguez Graña L.** (2011). Composition and spatial distribution of ichthyoplankton in intermittently-open coastal lagoons of Uruguay. *Pan-American Journal of Aquatic Science* 6: 237-243.

- Maes J., Taillieu A., Van-Damme P.A., Cottenie K., Ollevier F.** (1998). Seasonal patterns in the fish and crustacean community of a turbid temperate estuary (Zeeschelde estuary, Belgium). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 47: 143-151.
- Magurran A.E.** (1988). Ecological diversity and its measurements. Princeton University Press, New Jersey, 192 p.
- Mancinelli, G.** (2012). On the trophic ecology of Gammaridea (Crustacea: Amphipoda) in coastal waters: A European-scale analysis of stable isotopes data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 114: 130-139.
- Mann K.H.** (1988). Production and use of detritus in various freshwater, estuarine, and coastal marine ecosystem. *Limnology and Oceanography* 33:910-930.
- Mann K.H., Lazier J.R.N.** (2006). Dynamics of marine systems: Biological-physical interactions in the oceans. Blackwell Publishing Ltd., USA, 496 p.
- Marcovecchio J., Freije H., De Marco S., Gavio A., Ferrer, Andrade S., Beltrame O., Asteasuain R.** (2006). Seasonality of hydrographic variables in a coastal lagoon: Mar Chiquita, Argentina. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 335-347.
- Margalef R.** (1980). Ecología. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 951 p.
- Mariano-Jelicich R., Favero M., Silva M.P.** (2003). Fish prey of the black skimmer *Rynchops niger* at Mar Chiquita, Buenos Aires province, Argentina. *Marine Ornithology* 31: 199-202.
- Martinetto P., Iribarne O., Palomo G.** (2005). Effect of fish predation on intertidal benthic fauna is modified by crab bioturbation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 318: 71-84.
- Martinetto P., Ribeiro P., Iribarne O.** (2007). Changes in distribution and abundance of juvenile fishes in intertidal soft sediment areas dominated by the burrowing crab *Chasmagnathus granulatus*. *Marine and Freshwater Research* 58: 194-203.
- Martinho F., Dolbeth M., Viegas I., Teixeira C.M., Cabral H.N., Pardal M.A.** (2009). Environmental effects on the recruitment variability of nursery species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 83: 460-468.
- Martino E.J., Able K.W.** (2003). Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 969-987.

- Martins I.M., Dias J.M., Fernandes E.H., Muelbert J.H.** (2007). Numerical modelling of fish eggs dispersion at the Patos lagoon estuary, Brazil. *Journal of Marine Systems* 68: 537-555.
- Martos P., Reta R., Guerrero R.A.** (2004). El ambiente físico de las costas marplatenses: su clima y sus aguas. *En* “La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina” (Eds. E.E. Boschi, M.B. Cousseau.). Publicaciones especiales INIDEP, Mar del Plata, pp. 29-42.
- McClelland J.W., Valiela I.** (1998) Linking nitrogen in estuarine producers to land-derived sources. *Limnology and Oceanography* 43: 577-585.
- McLusky D.S., Elliott M.** (2004). The estuarine ecosystem: ecology, threats, and management. Oxford University Press, Oxford, 214 p.
- Melville-Smith R., Baird D., Wooldridge T.** (1981). The utilization of tidal currents by the larvae of an estuarine fish. *South African Journal of Zoology* 16: 10-13.
- Merlotto A., Bértola G.** (2009). Coastline evolution at Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Ciencias Marinas* 35: 271-286.
- Methven D.A., Haedrich R.L., Rose G.A.** (2001). The fish assemblage of a Newfoundland Estuary: diel, monthly and annual variation. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 52: 669-687.
- Michener R.H., Schell D.M.** (1994). Stable isotopes ratios as tracers in marine aquatic food webs. *En* “Stable isotopes in ecology and environmental science” (Eds. K. Lajtha, R.M. Michener). Blackwell Scientific Publishers, Oxford, pp. 138-157.
- Morgan E.** (2001). The moon and life on earth. *Earth, Moon and Planets* 85-86: 279-290.
- Morrison M.A., Francis M.P., Hartill B.W., Parkinson D.M.** (2002). Diurnal and tidal variation in the abundance of fish fauna of a temperate tidal mudflat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54: 793-807.
- Moyle P.B., Cech Jr. J.J.** (2004). Fishes: an introduction to ichthyology. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 726 p.
- Muelbert J.H., Weiss G.** (1991). Abundance and distribution of fish larvae in the channel area of the Patos Lagoon Estuary, Brazil. *En* “Larval fish recruitment in the Americas. Proceedings of the thirteenth annual fish conference, 21-26 May 1989” (Ed. R.D. Hoyt). NOAA Technical Report NMFS 95, Merida, pp. 43-54.
- Nagelkerken I., van der Velde G., Gorissen M.W., Meijer G.J., van't Hof T., den Hartog C.** (2000). Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral

- reef as a nursery for Important coral reef fishes, using a visual census technique. *Estuarine, coastal and shelf science* 51: 31-44.
- Naylor E.** (2001). Marine animal behaviour in relation to lunar phase. *Earth, Moon and Planets* 85-86: 291-302.
- Naylor E., Williams B.G.** (1984). Environmental entrainment of tidally rhythmic behaviour in marine animals. *Zoology Journal of the Linnean Society* 80: 201-208.
- Neira F.J., Potter, I.C.** (1992). Movement of larval fishes through the entrance channel of a seasonally open estuary in Western Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 35: 213-224.
- Neira F.J., Potter I.C.** (1994). The larval fish assemblage of the Nornalup-Walpole estuary, a permanently open estuary on the southern coast of Western Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 45: 1193-1207.
- Neira F.J. Potter I.C., Bradley J.S.** (1992). Seasonal and spatial changes in the larval fish fauna within a large temperate Australian estuary. *Marine Biology* 112: 1-16.
- Nelson P.A.** (2001) Behavioral ecology of young-of-the-year kelp rock fish, *Sebastes atrovirens* Jordan and Gilbert (Pisces: Scorpaenidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 256: 33-50.
- Norcross B.L., Shaw R.F.** (1984). Oceanic and estuarine transport fish eggs and larvae: A review. *Transactions of the American Fisheries Society* 113: 153-165.
- Olivier S.R., Escofet A.M., Penchaszadeh P., Orensanz J.M.** (1972a). Estudios ecológicos de la región estuarial de Mar Chiquita (Buenos Aires). I Comunidades bentónicas. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 193: 237-262.
- Olivier S.R., Escofet A.M., Penchaszadeh P., Orensanz J.M.** (1972b). Estudios ecológicos de la región estuarial de Mar Chiquita (Buenos Aires). II Relaciones tróficas interespecíficas. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 194: 89-104.
- Palomo G., Botto F., Navarro D., Escapa M., Iribarne O.** (2003). Does the presence of the SW Atlantic burrowing crab *Chasmagnathus granulatus* Dana affect predator-prey interactions between shorebirds and polychaetes? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 290:211-228.
- Panzarini R.N.** (1970). Introducción a la oceanografía general. EUDEBA, Buenos Aires, 195 p.
- Pasquaud S., Pillet M., David V., Sautour B., Elie P.** (2010). Determination of fish trophic levels in an estuarine system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86: 237-246.

- Pattiaratchi C., Hegge B., Gould J., Eliot I.** (1997). Impact of sea-breeze activity on nearshore and foreshore processes in southwestern Australia. *Continental Shelf Research* 17: 1539-1560.
- Pérez-Ruzafa A., Mompeán M.C., Marcos C.** (2007). Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons. *Hydrobiologia* 577: 107-125.
- Perillo G.M.E.** (1995). Definition and geomorphologic classifications of estuaries. En "Geomorphology and sedimentology of estuaries" (Ed. G.M.E. Perillo).. ELSEVIER, Amsterdam, pp. 17-49.
- Pessanha A.L.M., Araújo F.G.** (2003). Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 57: 817-828.
- Pessanha A.L.M., Araújo F.G., Costa de Azevedo M.C., Gomes I.D.** (2003). Diel and seasonal changes in the distribution of fish on a southeast Brazil sandy beach. *Marine Biology* 143: 1047-1055.
- Peterson B.J., Fry B.** (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 293-320.
- Piccolo M.C., Perillo G.M.E.** (1999). The Argentina estuaries: a review. En "Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics" (Eds. G.M.E. Perillo, M.C. Piccolo, M. Pino-Quivira). Springer-Verlag, Berlín, pp. 101-132.
- Plavan A.A., Passadore C., Gimenez C.** (2010). Fish assemblage in a temperate estuary on the uruguayan coast: seasonal variation and environmental influence. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 299-314.
- Polis G.A., Anderson W.B., Holt R.D.** (1997). Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 289-316.
- Post D.M.** (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83: 703-718.
- Potter I.C., Beckley L.E., Whitfield A.K., Lenanton R.C.J.** (1990). Comparisons between the roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate Western Australia and Southern Africa. *Environmental Biology of Fishes* 28: 143-178.
- Power J.H.** (1997). Time and tide wait for no animal: seasonal and regional opportunities for tidal stream transport or retention. *Estuaries* 20: 312-318.

- Primo A.L., Azeiteiro U.M., Marques S.C., Ré P., Pardal M.A.** (2012). Vertical patterns of ichthyoplankton at the interface between a temperate estuary and adjacent coastal waters: Seasonal relation to diel and tidal cycles. *Journal of Marine Systems* 95: 16-23.
- Quan W., Fu C., Jin B., Luo Y., Li B., Chen J., Wu J.** (2007). Tidal marshes as energy sources for commercially important nektonic organisms: stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series* 352: 89-99.
- Queiroga H., Costlow J.D., Moreira M.H.** (1994). Larval abundance patterns of *Carcinus maenas* (Decapoda, Brachyura) in Canal de Mira (Ria de Aveiro, Portugal). *Marine Ecology Progress Series* 111: 63-72.
- R Development Core Team** (2012). 'R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing (Version 2.14.2)'. Available at <http://www.R-project.org/>.
- Ramos S., Cowen R.K., Ré P., Bordalo A.A.** (2006). Temporal and spatial distributions of larval fish assemblages in the Lima estuary (Portugal). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 66: 303-314.
- Raynie R.C., Shaw R.F.** (1994). Ichthyoplankton abundance along a recruitment corridor from offshore spawning to estuarine nursery grounds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 39: 421-450.
- Reta R.** (1998). Sistemas meteorológicos de mesoescala en la costa marplatense: la brisa de mar durante el verano 1997-1998. 5° Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. Mar del Plata. Vol 2, pp. 65-72.
- Reta R., Martos P., Piccolo M.C., Perrillo G., Ferrante A.** (1997). Características de la marea de la Laguna Costera Mar Chiquita, Argentina. VII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Instituto Oceanográfico de la Universidad de San Pablo. Brasil.
- Reta R., Martos P., Perillo G.M.E., Piccolo M.C., Ferrante A.** (2001). Características hidrográficas del estuario de la laguna Mar Chiquita. En "Reserva de Biósfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas" (ED. O. Iribarne). Editorial Martín, Mar del Plata, pp. 31-52.
- Reyier E.A., Shenker J.M.** (2007). Ichthyoplankton community structure in a Shallow subtropical estuary of the Florida atlantic coast. *Bulletine of Marine Science* 80: 267-293.

- Ribeiro J., Bentes L., Coelho R., Gonçalves J.M.S., Lino P.G., Monteiro P., Erzini K.** (2006). Seasonal, tidal and diurnal changes in fish assemblages in the Ría Formosa lagoon (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 461-474.
- Richards W.J.** (Ed.) (2006). Early stages of Atlantic fishes: An identification guide for the Western Central North Atlantic. CRC Press, Boca Raton, 904 p.
- Riera P., Stal L.J., Nieuwenhuize J., Richard P., Blanchard G., Gentil F.** (1999). Determination of food sources for benthic invertebrates in a salt marsh (Aiguillon Bay, France) by carbon and nitrogen stable isotopes: importance of locally produced sources. *Marine ecology. Progress series* 187: 301-307.
- Rijnsdorp A.D., Van Stralen M., van der Veer H.W.** (1985). Selective tidal transport of North Sea plaice larvae *Pleuronectes platessa* in coastal nursery areas. *Transactions of the American Fisheries Society* 114: 461-470.
- Rivera-Prisco A., Garcia de la Rosa S.B., Díaz de Astarloa J.M.** (2001). Feeding ecology of flatfish juveniles (Pleuronectiformes) in Mar Chiquita coastal lagoon (Buenos Aires, Argentina). *Estuaries* 24: 917-925.
- Rodríguez K.A., Macchi G.J., Acha E.M., Militelli M.I.** (2008). Spawning and fecundity of Jenyns's sprat, *Ramnogaster arcuata*, a winter spawner in the temperate waters of the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88: 423-429.
- Roper D.S.** (1986). Occurrence and recruitment of fish larvae in a Northern New Zealand estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 22: 705-717.
- Rosso J.J.** (2006). Peces Pampeanos: Guía y Ecología. Editorial L.O.L.A, Buenos Aires, 224 p.
- Rozas L.P.** (1995). Hydroperiod and its influence on nekton use of the salt marsh: a pulsing ecosystem. *Estuaries* 18: 579-590.
- Rozas L.P., Odum W.E.** (1988). Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes: testing the roles of food and refuge. *Oecologia* 77, 101-106.
- Rybczyk J.M., Day Jr. J.W., Yáñez-Arancibia A., Cowan Jr. J.H.** (2013). Global climate change and estuarine systems. En "Estuarine Ecology" (Eds. J.W. Day Jr., B.C. Crump, W.M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia.). Wiley-Blackwell, New Jersey, pp. 497-518.
- Saigusa M., Kawagoye O.** (1997). Circa-tidal rhythm of an intertidal crab *Hemigrapsus sanguineus*: synchrony with unequal tidal height and involvement of a light-response mechanism. *Marine Biology* 129: 87-96.

- Santos A.M.P., Peliz A., Dubert J., Oliveira P.B., Angélico M.M., Ré P.** (2004). Impact of a winter upwelling event on the distribution and transport of sardine (*Sardina pilchardus*) eggs and larvae off western Iberia: a retention mechanism. *Continental Shelf Research* 24: 149-165.
- Sanvicente-Añorve L., Flores-Coto C., Chiappa-Carrara X.** (2000). Temporal and spatial scales of ichthyoplankton distribution in the southern Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51: 463-475.
- Sato N.E., Hernández D., Viñas M.D.** (2011). Hábitos alimentarios de *Sagitta friderici* Ritter-Zahony en las aguas costeras de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR* 40: 59-74.
- Schultz E.T., Lwiza K.M.M., Fencil M.C., Martin J.M.** (2003). Mechanisms promoting upriver transport of larvae of two fish species in the Hudson River estuary. *Marine Ecology Progress Series* 251: 263-277.
- Shanks A.L., McCulloch A., Miller J.** (2003). Topographically generated fronts, very nearshore oceanography and the distribution of larval invertebrates and holoplankters. *Journal of Plankton Research* 25: 1251-1277.
- Simionato C.G., Berasategui A., Meccia V.L., Acha E.M., Mianzan H.** (2008). Short time-scale wind forced variability in the Río de la Plata Estuary and its role on ichthyoplankton retention. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76: 211-226.
- Snedden G.A., Cable J.E., Kjerfve B.** (2013). Estuarine Geomorphology and Coastal Hydrology. En "Estuarine Ecology" (Eds. J.W. Day Jr., B.C. Crump, W.M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia). Wiley-Blackwell, New Jersey, pp. 19-37.
- Stich H.B., Lampert W.** (1981). Predation evasion as an explanation of diurnal vertical migration by zooplankton. *Nature* 281: 396-398.
- Strydom N.A.** (2003). Occurrence of larval and early juvenile fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries, South Africa. *Environmental Biology of Fishes* 66: 349-359.
- Strydom N.A., Wooldridge T.H.** (2005). Diel and tidal variations in larval fish exchange in the mouth region of the Gamtoos Estuary, South Africa. *African Journal of Aquatic Science* 30: 131-140.
- Sullivan M.J., Moncreiff C.A.** (1990). Edaphic algae are an important component of salt marsh food-webs: evidence from multiple stable isotope analyses. *Marine Ecology Progress Series* 62: 149-159.

- ter Braak C.J.F., Verdonschot P.F.M.** (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57: 255-289.
- ter Braak C.J.F., Schaffers A.P.** (2004). Co-correspondance analysis: a new ordination method to relate two community compositions. *Ecology* 85: 834-846.
- Trnski T.** (2001). Diel and tidal abundance of fish larvae in a barrier-estuary channel in New South Wales. *Marine and Freshwater Research* 52: 995-1006.
- Underwood A.J.** (1997). Ecological Experiments: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, 503 p.
- UNESCO** (1996). Nine new biosphere reserves designated by the MAB bureau. *Biosphere Reserves: Bulletin of the World Network* 4: 6-10.
- Valiela I.** (1995). Marine ecological procesess. Springer-Verlag, New York, 686 p.
- Valiela I., McClelland J., Hauxwell J., Behr P.J., Hersh D., Foreman K.** (1997). Macroalgal blooms in shallow estuaries: control and ecophysiological and ecosystem consequences. *Limnology and Oceanography* 42:1105-1118.
- Valiñas M., Acha E.M., Iribarne O.** (2010). Habitat use and feeding habits of juvenile fishes in a infrequently flooded Atlantic saltmarsh. *Marine and Freshwater Research* 61: 1154-1163.
- van der Veer H.W., Berghahn R., Miller J.M., Rijnsdorp A.D.** (2000). Recruitment in flatfish, with special emphasis on North Atlantic species: progress made by the Flatfish Symposia. *ICES Journal of Marine Science* 57: 202-215.
- Vander-Zanden M.J., Cabana G., Rasmussen J.B.** (1997). Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and literature dietary data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 1142-1158.
- Viaroli P., Laserre P., Campostrini P.** (2007). Lagoons and coastal wetlands: Preface. *Hidrobiología* 577: 1-3.
- Vinagre C., França S., Cabral H.N.** (2006). Diel and semi-lunar patterns in the use of an intertidal mudflat by juveniles of Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69: 246-254.
- Viñas M.D., Ramírez F.C.** (1996). Gut analysis of first-feeding anchovy larvae from Patagonian spawning area in relation to food availability. *Archive of Fishery and Marine Research* 43: 231-256.

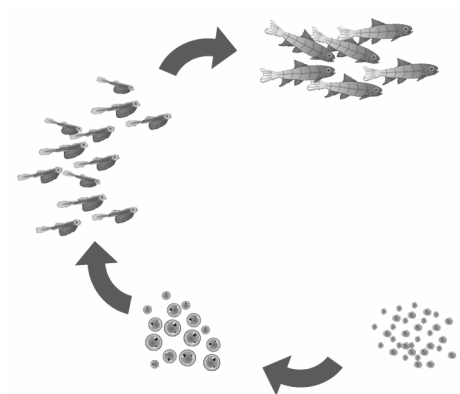
- Wallace J.H., Kok H.M., Becley L.E., Bennett E., Blaber S.J.M., Whitfield A.K.** (1984). South African estuaries and their importance to fishes. *South African Journal of Marine Science* 80: 203-207.
- Watt-Pringle P., Strydom N.A.** (2003). Habitat use by larval fishes in a temperate South African surf zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58: 765-774.
- Weinstein M.P., Weiss S.L., Hodson R.G., Gerry L.R.** (1980). Retention of three taxa of postlarval fishes in an intensively flushed tidal estuary, Cape Fear River, North Carolina. *Fishery Bulletin* 78: 419-436.
- Weiss G.** (1981). Ictioplancton del estuario de Lagoa Dos Patos, Brasil. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de La Plata, 164.
- Werner R.G.** (2002). Chapter 7: Habitat requirements. *En* "Fishery Science: The Unique Contributions of Early Life Stages" (Eds. L.A. Fuiman, R.G. Werner). Blackwell Science, Oxford, 161-182 pp.
- Winemiller K.O., Akin S., Zeug S.C.** (2007). Production sources and food web structure of a temperate tidal estuary: integration of dietary and stable isotope data. *Marine Ecology Progress Series* 343: 63-76.
- Whitehead P.Y.P.** (1985). FAO Species catalogue. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FIR/S125 Vol. 7, pp. 1-303.
- Whitfield A.K.** (1985). The role of zooplankton in the feeding ecology of fish fry from southern African estuaries. *South African Journal of Zoology* 20: 166-171.
- Whitfield A.K.** (1989a). Ichthyoplankton interchange in the mouth region of a southern African estuary. *Marine Ecology Progress Series* 54: 25-33.
- Whitfield A.K.** (1989b). Ichthyoplankton in a southern African surf zone: Nursery area for the postlarvae of estuarine associated fish species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 29: 533-547.
- Whitfield A.K.** (1989c). Fish larval composition, abundance and seasonality in a southern African estuarine lake. *South African Journal of Zoology* 24: 217-224.
- Whitfield A.K.** (1994). Abundance of larval and 0+ juvenile marine fishes in the lower reaches of three southern African estuaries with differing freshwater inputs. *Marine Ecology Progress Series* 105: 257-267.
- Whitfield A.K.** (1999). Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9: 151-186.

**Wilson J.R., Broitman B.R., Caselle J.E., Wendt D.E.** (2008). Recruitment of coastal fishes and oceanographic variability in central California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79: 483-490.

**Yáñez-Arancibia A., Lara-Domínguez A.L., Aguirre-León A., Díaz-Ruiz S., Amezcua-Linares F., Flores-Hernández D., Chavance P.** (1985). Ecology of dominant fish populations in tropical estuaries environmental factors regulating biological strategies and production. En "Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration" (Ed. A. Yáñez-Arancibia.). National Autonomous University of México, México, pp. 311-365.

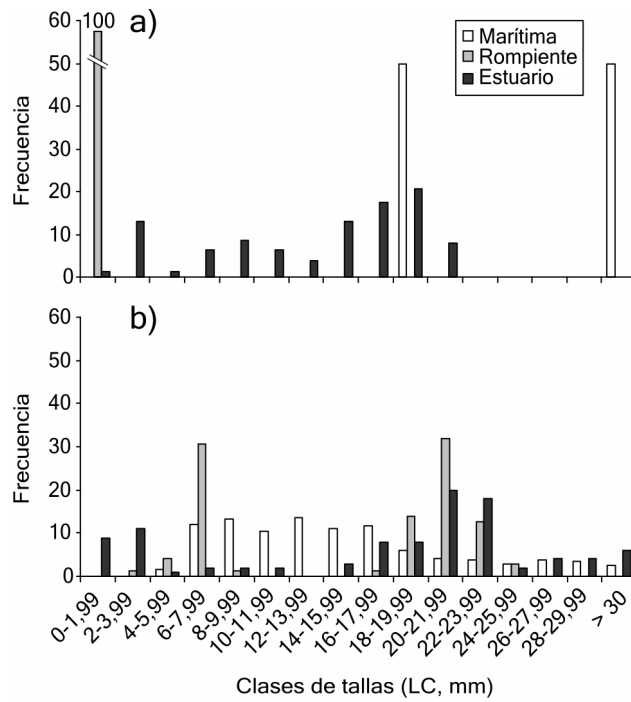


*Anexo*

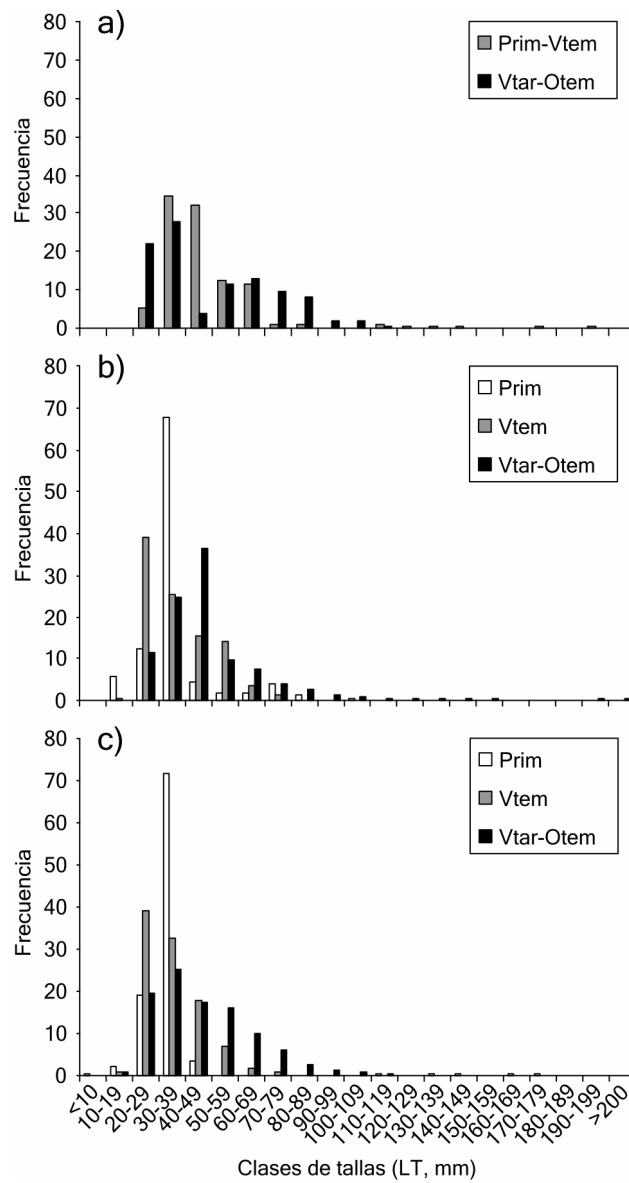




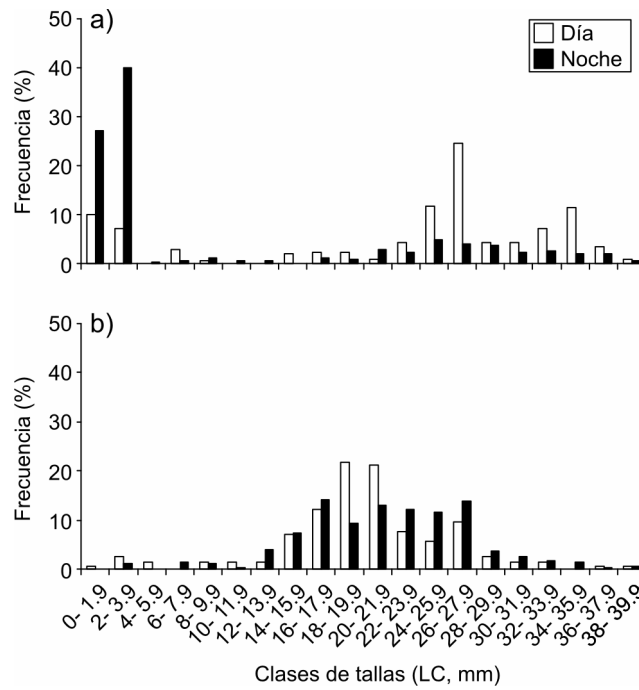
1. Figuras



**Fig. 1.1.** Variación temporal en la frecuencia de clases de tallas (LC) de larvas de peces colectados durante a) Verano temprano y b) Verano tardío, a lo largo del gradiente marítimo-estuarino de la laguna costera Mar Chiquita.



**Fig. 1.2.** Variación temporal en la frecuencia de clases de tallas (LT) de juveniles de peces colectados en a) la zona de Rompiente, b) la zona del Estuario y c) la zona del arroyo Vivoratá.



**Fig. 1.3.** Variación día/noche en la frecuencia de clases de tallas (LC) de larvas y juveniles de peces colectados en a) mareas de cuadraturas y b) mareas de sicigias.

## 2. Tablas

**Tabla 2.1.** Condiciones de marea, periodo de olas (Per., segundos, sólo para la zona de Rompiente) y estimaciones de los parámetros meteorológicos (Dir.: dirección del viento, Vel.: velocidad del viento) correspondientes al periodo de estudio comprendido entre septiembre de 2009 y abril de 2010, indicando el arte de pesca utilizado y las estaciones de muestreo correspondientes a cada fecha.

Fecha	Estaciones de muestreo	Arte de pesca	Marea	Lluvia (mm)	Dir.	Viento Vel. (m s <sup>-1</sup> )	Per. (seg)
15/09/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	bajante	1	N	9,81	9
16/09/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	bajante	1	N	10,93	-
30/09/2009	R1, R2, R3, R4, E1, E2, E3, E4, E5, E6, V1, V2	cónica y playera	creciente	0,1	N	13,75	6
13/10/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	bajante	26	NE	12,59	4
14/10/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	creciente	26,1	S	12,68	-
22/10/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	creciente	4	N	10,97	4
27/10/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	bajante	0,4	N	14,03	-
04/11/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	bajante	17	N	12,68	4
10/11/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	creciente	0,1	O	12,59	-
18/11/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	bajante	29	E	13,15	-
24/11/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	creciente	15,5	E	11,94	6
09/12/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	creciente	0,1	E	10,37	9
10/12/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	bajante	14,1	E	10,83	-
15/12/2009	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	bajante	14,1	S	11,29	10
21/12/2009	M1, M2, M3, M4, M5	cónica	bajante	76	E	11,44	-
23/12/2009	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	creciente	81,7	E	10,93	-
05/01/2010	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	bajante	22	N	12,55	8
14/01/2010	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	bajante	38	O	13,06	-
18/01/2010	R1, R2, R3, R4, V1	cónica y playera	creciente	20	O	11,11	8
27/01/2010	E1, E2, E3, E4, E5, V2	cónica y playera	creciente	0	E	10,23	-
01/02/2010	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	bajante	24,9	E	11,71	8
10/02/2010	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	bajante	55	N	11,48	-

Tabla 2.1. Continuación.

Fecha	Estaciones de muestreo	Arte de pesca	Marea	Lluvia (mm)	Dir.	Viento Vel. (m s <sup>-1</sup> )	Per. (seg)
18/02/2010	R3, R4, V1, V2	cónica y playera	creciente	17,1	S	11,99	5
23/02/2010	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	creciente	54,1	E	13,61	-
27/02/2010	M1, M2, M3, M4, M5	cónica	bajante	24,2	SE	11,91	-
02/03/2010	R1, R2, R3, R4, V1, V2	cónica y playera	creciente	0,1	E	8,75	3
04/03/2010	E1, E2, E3, E4, E5	cónica y playera	creciente	96,1	E	10,69	-
15/03/2010	R3, R4, E1, E2, E3, E5, V1, V2	cónica y playera	bajante	2,4	N	14,54	10
18/03/2010	E4	cónica y playera	bajante	23,9	O	14,03	-
25/03/2010	R1, R2	cónica y playera	bajante	7,4	O	10,42	9
24/04/2010	R1, R2, R3, R4, E1, E2, E3, E4, E5, E6, V1, V2	cónica y playera	bajante	4	O	10	9
27/04/2010	R3, R4, E3, E5, V1, V2	cónica y playera	creciente	2	O	7,41	4
28/04/2010	R1, R2, E1, E2, E4	cónica y playera	creciente	0	O	7,5	4

**Tabla 2.2.** Resultado del test de comparación de medianas de Mann-Whitney en la salinidad del agua registrada entre estaciones de muestreo durante el periodo comprendido entre septiembre de 2009 y abril de 2010. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Fuente	<i>W</i>	<i>p</i>		Fuente	<i>W</i>	<i>p</i>	
M1 vs. M2	0	0,1939	ns	M4 vs. M5	0	0,1939	ns
M1 vs. M3	0	0,1939	ns	M4 vs. R1	16	0,9332	ns
M1 vs. M4	0	0,1939	ns	M4 vs. R2	17	0,8072	ns
M1 vs. M5	0	0,1939	ns	M4 vs. R3	16	1	ns
M1 vs. R1	3	0,0663	ns	M4 vs. R4	15	0,9425	ns
M1 vs. R2	4	0,0966	ns	M4 vs. E1	22	0,4148	ns
M1 vs. R3	1	0,0361	ns	M4 vs. E2	23	0,3253	ns
M1 vs. R4	2	0,0522	ns	M4 vs. E3	19	0,7213	ns
M1 vs. E1	6	0,1647	ns	M4 vs. E4	25	0,2251	ns
M1 vs. E2	5	0,1223	ns	M4 vs. E5	29	0,0741	ns
M1 vs. E3	8	0,2862	ns	M4 vs. V1	28	0,1033	ns
M1 vs. E4	19	0,7166	ns	M4 vs. V2	32	0,0281	*
M1 vs. E5	20	0,6153	ns	M5 vs. R1	29	0,0325	*
M1 vs. V1	21	0,5223	ns	M5 vs. R2	28	0,0484	*
M1 vs. V2	30	0,0448	*	M5 vs. R3	31	0,0361	*
M2 vs. M3	0	0,1939	ns	M5 vs. R4	29	0,0731	ns
M2 vs. M4	16	1	ns	M5 vs. E1	32	0,0253	*
M2 vs. M5	0	0,1939	ns	M5 vs. E2	32	0,0237	*
M2 vs. R1	16	0,9332	ns	M5 vs. E3	30	0,0449	*
M2 vs. R2	17	0,8072	ns	M5 vs. E4	31	0,0385	*
M2 vs. R3	16	1	ns	M5 vs. E5	32	0,028	*
M2 vs. R4	15	0,9425	ns	M5 vs. V1	31	0,0405	*
M2 vs. E1	22	0,4148	ns	M5 vs. V2	32	0,0281	*
M2 vs. E2	23	0,3253	ns	R1 vs. R2	117,5	0,8406	ns
M2 vs. E3	19	0,7213	ns	R1 vs. R3	109,5	0,6805	ns
M2 vs. E4	25	0,2251	ns	R1 vs. R4	104,5	0,54	ns
M2 vs. E5	29	0,0741	ns	R1 vs. E1	149,5	0,2251	ns
M2 vs. V1	28	0,1033	ns	R1 vs. E2	152,5	0,1763	ns
M2 vs. V2	32	0,0281	*	R1 vs. E3	134,5	0,5691	ns
M3 vs. M4	4	0,1939	ns	R1 vs. E4	184	0,0102	*
M3 vs. M5	0	0,1939	ns	R1 vs. E5	206,5	0,0005	***
M3 vs. R1	26	0,0952	ns	R1 vs. V1	201,5	0,0011	**
M3 vs. R2	25	0,1383	ns	R1 vs. V2	237	< 0,0001	***
M3 vs. R3	25	0,211	ns	R2 vs. R3	105	0,5537	ns
M3 vs. R4	23	0,3428	ns	R2 vs. R4	101	0,4526	ns
M3 vs. E1	30	0,0503	ns	R2 vs. E1	142,5	0,3611	ns
M3 vs. E2	31	0,034	*	R2 vs. E2	144	0,3255	ns
M3 vs. E3	25	0,2251	ns	R2 vs. E3	131,5	0,6561	ns
M3 vs. E4	28	0,0998	ns	R2 vs. E4	182,5	0,0122	*

Tabla 2.2. Continuación.

Fuente	W	$p$		Fuente	W	$p$	
M3 vs. E5	32	0,028	*	R2 vs. E5	202	0,0009	***
M3 vs. V1	30	0,0469	*	R2 vs. V1	198,5	0,0017	**
M3 vs. V2	32	0,0281	*	R2 vs. V2	36	< 0,0001	***
R3 vs. R4	123	0,8609	ns	E1 vs. E5	196,5	0,0089	**
R3 vs. E1	170,5	0,1026	ns	E1 vs. V1	195,5	0,0104	*
R3 vs. E2	172	0,089	ns	E1 vs. V2	240,5	< 0,0001	***
R3 vs. E3	152	0,3654	ns	E2 vs. E3	117	0,6853	ns
R3 vs. E4	205	0,0035	**	E2 vs. E4	178	0,0576	ns
R3 vs. E5	226,5	0,0002	***	E2 vs. E5	197,5	0,0078	**
R3 vs. V1	219,5	0,0005	***	E2 vs. V1	196,5	0,0092	**
R3 vs. V2	255	< 0,0001	***	E2 vs. V2	241,5	< 0,0001	***
R4 vs. E1	172	0,0927	ns	E3 vs. E4	185,5	0,0302	*
R4 vs. E2	173	0,0844	ns	E3 vs. E5	201,5	0,0055	**
R4 vs. E3	156	0,2915	ns	E3 vs. V1	197	0,0094	**
R4 vs. E4	206	0,0031	**	E3 vs. V2	246,5	< 0,0001	***
R4 vs. E5	225,5	0,0002	***	E4 vs. E5	135,5	0,7889	ns
R4 vs. V1	219,5	0,0005	***	E4 vs. V1	146	0,5057	ns
R4 vs. V2	254	< 0,0001	***	E4 vs. V2	216	0,0009	***
E1 vs. E2	128,5	1	ns	E5 vs. V1	141	0,6349	ns
E1 vs. E3	117,5	0,7007	ns	E5 vs. V2	220	0,0005	***
E1 vs. E4	177	0,0627	ns	V1 vs. V2	187	0,0266	*

**Tabla 2.3.** Resultado del test de comparación de medianas de Mann-Whitney en la transparencia del agua registrada entre estaciones de muestreo durante el periodo comprendido entre septiembre de 2009 y abril de 2010. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Fuente	W	p		Fuente	W	p	
R1 vs. R2	106,5	0,8172	ns	R4 vs. E2	69	0,0263	ns
R1 vs. R3	111,5	0,749	ns	R4 vs. E3	81,5	0,0784	ns
R1 vs. R4	127	0,7938	ns	R4 vs. E4	77,5	0,0555	*
R1 vs. E1	54,5	0,0096	**	R4 vs. E5	61,5	0,0119	ns
R1 vs. E2	67,5	0,0387	*	R4 vs. V1	86	0,1138	ns
R1 vs. E3	81	0,1237	ns	R4 vs. V2	105,5	0,4003	**
R1 vs. E4	75	0,0746	ns	E1 vs. E2	146,5	0,4951	ns
R1 vs. E5	63,5	0,0255	*	E1 vs. E3	156,5	0,2866	ns
R1 vs. V1	82,5	0,1401	ns	E1 vs. E4	167	0,1422	ns
R1 vs. V2	103,5	0,5221	ns	E1 vs. E5	144,5	0,5426	ns
R2 vs. R3	114	0,8255	ns	E1 vs. V1	169	0,1222	ns
R2 vs. R4	132	0,6436	ns	E1 vs. V2	189,5	0,0205	ns
R2 vs. E1	52,5	0,0075	**	E2 vs. E3	144	0,5572	ns
R2 vs. E2	69	0,0445	*	E2 vs. E4	148	0,4594	*
R2 vs. E3	85	0,1674	ns	E2 vs. E5	130,5	0,9396	ns
R2 vs. E4	79,5	0,1087	ns	E2 vs. V1	145	0,5308	ns
R2 vs. E5	65	0,0298	*	E2 vs. V2	171	0,1067	ns
R2 vs. V1	84	0,1561	ns	E3 vs. E4	128,5	1	ns
R2 vs. V2	109	0,6746	ns	E3 vs. E5	112,5	0,5687	ns
R3 vs. R4	142,5	0,591	ns	E3 vs. V1	131,5	0,9092	ns
R3 vs. E1	64	0,0152	*	E3 vs. V2	154,5	0,3223	ns
R3 vs. E2	83	0,0913	ns	E4 vs. E5	129	0,9848	ns
R3 vs. E3	95,5	0,2226	ns	E4 vs. V1	109	0,4808	ns
R3 vs. E4	94,5	0,2076	ns	E4 vs. V2	158	0,2601	ns
R3 vs. E5	76	0,0504	ns	E5 vs. V1	146	0,5058	ns
R3 vs. V1	101,5	0,3211	ns	E5 vs. V2	171	0,1054	ns
R3 vs. V2	124,5	0,9091	ns	V1 vs. V2	156	0,2948	ns
R4 vs. E1	55,5	0,0059	**				

**Tabla 2.4.** Resultados del test de comparación de medianas de Mann-Whitney para evaluar diferencias en la densidad, riqueza, diversidad y tallas (LC) de larvas de peces colectadas entre zonas de muestreo (Mt: Maritima, Rp: Rompiente y Est: Estuario) en la laguna Mar Chiquita y área costera adyacente, durante el periodo comprendido entre septiembre de 2009 y abril de 2010. Vtem: Verano temprano, Vtar: Verano tardío. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Parámetro	Fuente	<i>W</i>	<i>p</i>	
Densidad	Mt vs. Rp	234	0,0027	**
	Mt vs. Est	306	0,1616	ns
	Rp vs. Est	498,5	0,0115	*
Número de especies	Mt vs. Rp	251	0,0003	***
	Mt vs. Est	350	0,0174	*
	Rp vs. Est	469	0,0037	**
Diversidad ( <i>H</i> )	Mt vs. Rp	222,5	0,0003	***
	Mt vs. Est	310,5	0,0673	ns
	Rp vs. Est	575,5	0,0185	*
Tallas (Vtem)	Mt vs. Rp	4	0,3333	ns
	Mt vs. Est	293	0,0291	*
	Rp vs. Est	2,5	0,0173	*
Tallas (Vtar)	Mt vs. Rp	28.613,5	0,4296	ns
	Mt vs. Est	3.2274	0,0001	***
	Rp vs. Est	3.128,5	0,143	ns

**Tabla 2.5.** Resultados del PERMANOVA de una vía, evaluando diferencias entre zonas de muestreo (Mt: Maritima, Rp: Rompiente y Est: Estuario) en la composición de larvas de peces para cada una de las temporadas (Vtem: Verano temprano y Vtar: Verano tardío) analizadas durante el periodo comprendido entre diciembre de 2009 y marzo de 2010. gl: grados de libertad. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

Temporada	Fuente	gl	Media de Cuadrados	PseudoF	<i>p</i> (perm)	
Vtem	Mt vs. Rp	1	0,094	0,763	0,2502	ns
	Mt vs. Est	1	0,566	0,233	0,0144	*
	Rp vs. Est	1	0,231	0,1118	0,337	ns
Vtar	Mt vs. Rp	1	1,559	0,502	0,0075	**
	Mt vs. Est	1	2,275	0,416	9,99E-05	***
	Rp vs. Est	1	0,889	0,173	0,0163	*

**Tabla 2.6.** Condiciones de fase lunar y estimaciones de los parámetros meteorológicos (Dir.: dirección del viento, Vel.: velocidad del viento) correspondientes al periodo de estudio comprendido entre diciembre de 2010 y marzo de 2011, indicando el arte de pesca utilizado y las estaciones de muestreo correspondientes a cada fecha.

Fecha	Estaciones de muestreo	Arte de pesca	Fase lunar	Viento	
				Dir.	Vel. (m s <sup>-1</sup> )
03/12/2010	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Nueva	SE	13,24
10/12/2010	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Creciente	N	14,03
21/12/2010	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Llena	NE	9,91
27/12/2010	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Menguante	SO	9,58
07/01/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Nueva	E	13,33
14/01/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Creciente	SE	13,33
21/01/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Llena	NO	12,96
28/01/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Menguante	S	10,69
04/02/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Nueva	E	12,5
12/02/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Creciente	E	9,77
20/02/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Llena	S	12,41
27/02/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Menguante	S	9,26
04/03/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Nueva	NO	11,02
11/03/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Creciente	O	11,29
18/03/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Llena	NO	11,57
29/03/2011	R2, R3, E1, E3	cónica y playera	Menguante	E	11,29