

UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**VARIACIÓN DE LA DIETA DURANTE EL DESARROLLO LARVAL DE LA
DONCELLITA, *Myxodes viridis* (VALENCIENNES, 1836) EN UN ESTUARIO
DEL SUR DE CHILE**

TESIS

MARÍA JOSÉ OCHOA MUÑOZ

2013

MARÍA JOSÉ OCHOA MUÑOZ

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
título profesional de Biólogo Marino

Profesor Mauricio Fabián Landaeta Díaz

Director

Universidad de Valparaíso

Profesora Claudia Bustos Donoso

Miembro de la comisión

Universidad de Valparaíso

Profesor Fernando Balbontín Cavada

Miembro de la comisión

Universidad de Valparaíso

2013

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Alimentación en larvas de peces.....	1
Sistemas estuarinos y crianza larval.....	3
Sistema estuarino de bahía Corral.....	5
Peces costeros y uso de sistemas estuarinos.....	6
OBJETIVOS.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
HIPÓTESIS.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Diseño de muestreo.....	13
Análisis de laboratorio y obtención de datos.....	15
Análisis de los datos.....	17
RESULTADOS.....	21
Abundancias.....	21
Análisis morfométricos.....	25
Descripción de la dieta.....	28
Relaciones morfométricas entre larvas y éxito alimentario.....	34
Variación vertical del éxito alimentario.....	35

Variables hidrográficas.....	38
DISCUSIÓN.....	41
Abundancias.....	41
Incidencia alimentaria.....	44
Éxito alimentario y desarrollo larval.....	46
CONCLUSIONES.....	50
LITERATURA CITADA.....	51
ANEXO.....	63

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mis padres, María Eugenia y Javier, a mi hermano Francisco y a mi madrina y tía Aliced por el apoyo incondicional durante el desempeño de mi carrera de pedagogo. También por ser parte del desarrollo personal, ya que han sido mis maestros de vida y siempre me han motivado a lograr mis metas. Además, hay una amiga y hermana, Fernanda, a quién no puedo dejar de agradecerle sus consejos, retos, alegrías y risas que hemos compartido desde el colegio. A pesar de la distancia nunca dejaron de preocuparse y demostrar cuánto me aman, estar lejos de ellos no fue fácil, pero el cariño que nos demostramos mutuamente fue suficiente para saber que cuento con ellos donde quiera que me lleve esta hermosa carrera.

Quienes me han enseñado lo que es amar el mar y como disfrutarlo, buceando y navegando, son el Lucho y Negrito, a ellos les debo experiencias únicas que espero no dejar nunca de vivirlas a su lado. Gracias por la amistad, definitivamente han potenciado constantemente mi motivación en el estudio de las ciencias del mar.

Mis amigas hermosas, Dani, Cele, Pupa, Negrita, Barbarita y Beita, ellas estuvieron presente en distintas etapas de la carrera y fueron mi segunda familia. Les agradezco su paciencia, ñoño, apoyo incondicional y cariño, fueron mi pilar en muchas circunstancias, la mejor compañía y fuente de energía. También al Coke, Seba, Beca, Bubu, Clau, Washita, Pancha y Javi con quienes he compartido secretos, carretes, copuchas y mucha buena onda. A todos ellos gracias por estar

ahí cuando lo he necesitado y gracias por formar tremendo grupo de amistad relacionado con lo que más nos gusta, el mar.

A mi maestro Mauricio, sin su dedicada forma de enseñar no hubiese cambiado mi gusto de área, de mamíferos marinos a larvas de peces. Su motivación es infinita y su amor por la biología marina es envidiable, espero seguir sus pasos y no defraudarlo. El fundó un nuevo equipo con Claudia del cual me siento orgullosa de ser parte, el LABITI, donde conocí a dos grandes personas, amigos y colegas, Pame y Coke. A ellos les debo mucho, han estado en las buenas y en las malas incondicionalmente, me abrazaron, se rieron conmigo y por sobretodo me enseñaron a que en un laboratorio se puede hacer familia de verdad.

Imposible dejar de agradecer a mucha gente de Montemar, como al Pato, Pame, Jaqui, Jeanette, Paty, Maggi, Roberto (viejito), Viviana y Antonieta (las amorosas) que estuvieron presentes a lo largo de la carrera y siempre me ayudaron en lo que les pedí.

Finalmente, gracias proyecto FONDECYT 11090020 de la Universidad de Valparaíso adjudicado por el Dr. Mauricio Landaeta y proyecto DID – 2008 – 58 de la Universidad Austral adjudicado por el Dr. Julio Lamilla que permitieron el financiamiento para desarrollar este estudio.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Abundancias larvales de <i>Myxodes viridis</i> en las dos estaciones (Mancera y San Carlos) según estado del ciclo mareal (individuos por 1000 m ³).....	24
Tabla 2. Abundancias larvales de <i>Myxodes viridis</i> en cada estrato (superficie, medio y fondo) según estado de desarrollo larval (individuos por 1000 m ³).....	24
Tabla 3. Modelos de regresión lineal entre datos morfométricas de <i>Myxodes viridis</i> : longitud de la mandíbula superior (LMS, μm), ancho de la mandíbula inferior (AMI, μm), longitud larval (LC, mm), intercepto (α), error estándar (E.E.) y pendiente (β).....	26
Tabla 4. Comparación de la incidencia alimentaria (IA) según estación, estrato, marea y estado de desarrollo larval, a partir de tablas de contingencia (S: significativo, NS: no significativo).....	29
Tabla 5. Composición de la dieta de larvas de <i>Myxodes viridis</i> capturadas en Bahía Corral durante noviembre y diciembre de 2009.....	31
Tabla 6. Composición de la dieta de larvas de <i>Myxodes viridis</i> según el estado de desarrollo.....	32

Tabla 7. Resumen de condiciones físicas (temperatura y salinidad) durante los cuatro muestreos en las dos estaciones (Mancera y San Carlos) en el estuario de bahía Corral.....39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ejemplar hembra de doncellita, *Myxodes viridis* (73,4 mm), encontrado en la Ventana, Chile (dibujado por JR Schroeder, Stephen & Springer 1973).....10
- Figura 2. Mapa con la ubicación de las estaciones de muestreo en la bahía Corral (sur de Chile), San Carlos (SC, cruz negra) y Mancera (triángulo blanco).....14
- Figura 3. Mediciones morfométricas realizadas a larvas de peces de *Myxodes viridis*, para cada estado de desarrollo. A) Preflexión, B) Flexión, C) Postflexión y D) Larva en posición ventral. Línea roja: largo de mandíbula superior (LMS, μm), línea azul: longitud corporal (LC, mm) y línea verde: ancho de la mandíbula inferior (AMI, μm).....16
- Figura 4. Distribución de tamaños larvales para: A) el total de las larvas analizadas, $n = 291$ y B) el muestreo realizado el 11-12-2009 a las 23:00 h en San Carlos, $n = 281$23
- Figura 5. Regresiones lineales entre variables morfométricas de *Myxodes viridis*. A) Longitud de la mandíbula superior (LMS, μm) y longitud corporal (LC, mm), B) Ancho de la mandíbula inferior (AMI, μm) y longitud corporal (LC, mm), C) Ancho de la mandíbula inferior (AMI, μm) y longitud de la mandíbula superior (LMS, μm).
.....27

Figura 6. Índice de importancia relativa porcentual (IIR%) de las presas ingeridas por <i>Myxodes viridis</i> de bahía Corral según el estado de desarrollo larval.....	34
Figura 7. Regresiones lineales entre variables morfométricas de <i>Myxodes viridis</i> y de las presas encontradas. A) Número total de presas por estómago (InA, número) y longitud corporal (LC, mm), B) volumen total de presas por estómago (VTPE, mm ³) y longitud corporal (LC, mm), C) ancho máximo de la presa (AMP, μm) y longitud de la mandíbula superior (LMS, μm) (la línea entrecortada indica el 95% de intervalo de confianza).....	36
Figura 8. A) a I): Éxito alimentario de la larva de <i>Myxodes viridis</i> por estrato (S = superficie, P = picnoclina y F = fondo) en diferentes estados de desarrollo, medido como número total de presas por estómago (InA, número), volumen total de presas por estómago (VTPE, mm ³) y ancho promedio de presas por estómago (APPE, μm). Larvas recolectadas en el último muestreo, realizado el 11 de diciembre de 2009 a las 23:00 h en San Carlos, n = 281.....	37
Figura 9. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) de los ítems presas ingeridos por larvas de <i>Myxodes viridis</i> según ubicación en la columna de agua (superficie, haloclina y fondo).....	38

Figura 10. Perfiles de temperatura (°C) y salinidad durante marea vaciante y llenante en Mancera (mayor influencia de ríos) y San Carlos (mayor influencia de aguas costeras) durante 11-12 de diciembre del 2009.....40

RESUMEN

En Chile el conocimiento sobre estadios larvales tempranos de peces litorales es escaso y es necesaria la comprensión de los distintos comportamientos y hábitos alimentarios por la alta susceptibilidad a la disponibilidad de alimento presente en el ambiente durante esta etapa, provocando problemas en el reclutamiento. El objetivo de este estudio es analizar la dieta de larvas de doncellita en relación a la morfología larval y las variables fisicoquímicas del ambiente. Se recolectaron larvas de *Myxodes viridis* (Pisces: Clinidae) en dos estaciones de la bahía Corral, Chile, durante primavera austral del 2009. Para esto se realizaron muestreos planctónicos durante ambas fases de marea a tres profundidades y se registró la temperatura y salinidad de la columna de agua. Se registraron las mediciones de la longitud corporal (LC), longitud de la mandíbula superior (LMS) y ancho de la mandíbula inferior (AMI), y se relacionaron con los análisis de los contenidos estomacales. Se analizaron 291 larvas, que presentaron un rango de 3 – 14 mm de LC, LMS varió entre 258 – 1523 μm y el AMI presentó un rango entre 137 – 1631 μm . Las relaciones morfométricas presentaron una relación lineal significativa sólo entre la LMS y LC. Casi la mitad de las larvas presentaron al menos una presa (incidencia alimentaria de 48,5%) con un total de 387 presas; y sólo se encontraron diferencias entre mareas y estados de desarrollo larval, siendo mayor en fase vaciante y estado de flexión, respectivamente. La dieta varía a lo largo del desarrollo larval, de

omnivoría en larvas de preflexión y flexión cambió a carnivoría en larvas de postflexión, siendo las principales presas, según el %IIR *Coscinodiscus* sp., nauplii y copepoditos. El número de presas ingeridas no aumenta a medida que la larva crece, pero sí el ancho y volumen. Las larvas presentaron diferencia en la composición de presas según estado de flexión y ubicación en la columna de agua. Por lo tanto, a medida que las larvas de *Myxodes viridis* crecen, se alimentan de presas con mayor tamaño, pero en menor cantidad, utilizando el estuario de bahía Corral como área de crianza larval.

INTRODUCCIÓN

Alimentación en larvas de peces

La comprensión del comportamiento y hábitos alimentarios en larvas de peces permite conocer cómo se desarrolla el organismo en el medio que habita y cómo se relacionan las distintas especies que comparten una misma área (especies simpátricas). De esta manera, se puede establecer la importancia que presentan en el nicho trófico, aportando al conocimiento sobre la estrategia alimentaria de las distintas especies presentes en determinadas comunidades (Hunter 1980, Herrera & Balbontín 1983, Elliot *et al.* 2007).

Los estados tempranos de vida en peces presentan un período crítico, donde la disponibilidad de alimento presente en el ambiente es importante, debido a que se genera una alta mortalidad cuando el vitelo es absorbido por el organismo y la oferta de recursos alimentarios es baja, provocando problemas en el reclutamiento del stock (Hunter 1980, Miller *et al.* 1988, Houde 1989, Bochsansky *et al.* 2008). Este concepto es explicado por la hipótesis de ajuste/desajuste, la cual se basa en que las variaciones de clases anuales se justifican por la sincronización de las floraciones algales y/o abundancias de copépodos en conjunto con larvas de peces preparadas para la alimentación exógena; de lo contrario, se generará una deficiencia en el forrajeo y baja tasa de crecimiento, afectando la integración de juveniles al grupo de reproductores (Fortier *et al.* 1995). En el caso del arenque, *Clupea harengus*, al igual que en otras especies, como *Engraulis ringens* y

Sardinops sagax, las épocas de desove coinciden con las floraciones algales planctónicas; si estos periodos no concuerdan se genera una alta mortalidad y bajo reclutamiento (May 1973). Este periodo crítico fue analizado por Blaxter & Hempel (1963) en cultivos de larvas de *Clupea harengus* provenientes de distintos grupos de desove, con el fin de determinar cuántos días después de la reabsorción del vitelo las larvas pueden continuar alimentándose. Establecieron el punto de no retorno y el punto de inanición irreversible. El primero consiste en el momento donde el 50% de las larvas privadas de alimento no pueden recuperarse y el 50% de ellas muere por inanición aunque se les suministre alimento. El segundo concepto es similar, pero se refiere al tiempo en que el 100% de las larvas muere por inanición.

Además, existen otras variables que pueden afectar la sobrevivencia o el desarrollo larval y tienen relación con el alimento, tales como: valor nutricional, distribución temporal y espacial y tamaño de las presas (Scura & Jerde 1977). La selectividad del alimento disponible está condicionada según el tamaño del hocico del depredador y palatabilidad de las presas, lo cual influye en el desarrollo del organismo ampliando su espectro trófico o bien variando los taxa de presas ingeridas a lo largo del desarrollo larval. Por lo tanto, se deben relacionar las distintas variables fisiológicas y de comportamiento intrínseco de cada especie para establecer la selección del alimento ejercida por las larvas (Hunter 1980, Young & Davis 1990, Valenzuela *et al.* 1995, Llanos *et al.* 1996, Llanos-Rivera *et al.* 2004). Igualmente, las variables fisicoquímicas presentes en el ambiente (temperatura, salinidad, luz y turbulencia, Bochdansky *et al.* 2008) afectan la

distribución espacio-temporal del alimento y a su vez a la de los organismos que depredan sobre ellos, influyendo en la tasa de encuentro entre el depredador y la presa, formando agregaciones de alimento en estratos de la columna de agua determinados por dichas variables (Hillgruber *et al.* 1995).

El análisis del contenido estomacal en larvas de peces, permite calcular incidencia alimentaria, número y volumen total de presas ingeridas por cada larva, tamaño promedio de las presas y crecimiento larval, de esta manera se puede obtener información importante sobre el éxito alimentario en las larvas de peces (Reiss *et al.* 2002, Dickmann *et al.* 2007, Sassa *et al.* 2008, Dower *et al.* 2009, Young *et al.* 2010). Además, con la información de la oferta alimentaria disponible en el medio se puede determinar la selectividad del organismo en escenarios con distintas variables (Herrera & Balbontín 1983, Young & Davis 1990, Rodríguez-Graña *et al.* 2005).

Sistemas estuarinos y crianza larval

Según Pritchard (1967), un estuario corresponde a “un cuerpo de agua costero semicerrado, el cual tiene una conexión libre con el océano y dentro del cual el agua salada es considerablemente diluida con agua dulce proveniente del drenaje terrestre”. Esta interacción entre aguas oceánicas y continentales genera gradientes horizontales y verticales de salinidad, temperatura y densidad, presentando características particulares según la estación del año y los ciclos mareales (Stuardo & Valdovinos 1989, Arcos *et al.* 2002).

La reproducción de peces en áreas estuarinas se encuentra favorecida por la circulación del agua permitiendo la retención o transporte de huevos y larvas, compartiendo la productividad presente entre organismos provenientes tanto del intermareal y submareal, como también de especies demersales y epipelágicas (Boehlert & Mundy 1988, Balbontín 2003, Vargas *et al.* 2003, Balbontín & Bernal 2005, Landaeta & Castro 2006). Una de las características que permiten que un estuario actúe como zona de crianza larval es que la temperatura, sobre todo en estuarios someros, al aumentar en primavera favorece el crecimiento de las larvas de peces (Houde 1989). También son áreas que presentan alta productividad primaria, permitiendo un mejor desarrollo de los organismos (Able 2005). Asimismo, los estuarios presentan macrófitas y turbidez (por el constante intercambio de masas de agua) lo que permite una disminución en la abundancia de depredadores visuales (Potter & Hyndes 1999).

Debido a las cualidades presentes en un estuario, éste cumple un rol natural importante a nivel biológico ya que al ser un área de alta productividad, los organismos, tanto animales como vegetales, logran reproducirse, alimentarse y desarrollarse (Pritchard 1967, Stuardo & Valdovinos 1989, Arcos *et al.* 2002, Able 2005, Elliot *et al.* 2007). Sin embargo, los beneficios que entregan los estuarios no son sólo aprovechados por parte de los organismos marinos, sino también por la sociedad, utilizando estas áreas para la pesca y acuicultura. Además, el estuario se ve afectado por otras actividades humanas, como industria maderera, agrícola o forestal, las cuales en conjunto generan un aporte importante de desechos que pueden incluir quimioterapéuticos, materia orgánica, fósforo y nitrógeno (Stuardo &

Valdovinos 1989, Arcos *et al.* 2002). Es por esto, que ante las distintas alteraciones fisicoquímicas generadas por las actividades antropogénicas, los organismos marinos pueden reflejar los cambios provocados, siendo bioindicadores de aguas contaminadas (de la Lanza *et al.* 2000, Velázquez & Vega 2004) y cambios estacionales en distintos ambientes (Hernández-Miranda *et al.* 2003).

Sistema estuarino de bahía Corral

El área de estudio corresponde a la bahía Corral, ubicado en la región de Los Ríos, Chile (38° 49'S, 73° 18'W). Este estuario está formado por dos subsistemas fluviales, el primero corresponde a los ríos San Pedro y Calle-Calle, y el segundo al río Cruces, ambos se unen en la ciudad de Valdivia dando origen a los ríos Valdivia y Tornagaleones que desembocan en bahía Corral (Pardo *et al.* 2012).

Este sistema se comporta como un estuario micromareal (variación mareal < 2 m) y presenta un régimen semi-diurno con un rango promedio de 0,8 m variando entre 1,48 m en mareas durante sicigia y 0,53 m en mareas de cuadratura (Pino *et al.* 1994). Es parcialmente mezclada durante verano y otoño, presentando alta estratificación estuario arriba, la cual disminuye hacia la boca del estuario; sin embargo, durante invierno y primavera es un estuario de tipo cuña salina debido a los mayores aportes de agua dulce provenientes de los ríos (Garcés-Vargas *et al.* 2013). Según el análisis realizado por Garcés-Vargas *et al.* (2013) en los años 2000 y 2001 el estuario de bahía Corral presentó una inversión térmica durante

primavera e invierno, provocada por la alta estratificación, enfriamiento de la capa superficial generada por vientos y la advección subsuperficial de aguas cálidas oceánicas.

El estuario es hiposincrónico, siendo mayor el rango de marea en la boca del estuario, disminuyendo a lo largo de este y la fricción excede los efectos de la convergencia (Pino *et al.* 1994). Durante marea llenante se forman tres corrientes en el gradiente vertical, una corriente superficial y otra profunda que ingresan al estuario, y una corriente a profundidad media que sale del estuario ($0,2 - 0,05 \text{ m s}^{-1}$, $< 0,1 \text{ m s}^{-1}$ y $0,05 - 0,2 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente). Mientras que en marea vaciante se forman dos corrientes, una superficial, en dirección al mar, que puede presentar velocidades relativamente altas ($> 0,2 \text{ m s}^{-1}$) y una corriente profunda más lenta que ingresa al estuario ($0,1 \text{ m s}^{-1}$) (Vargas *et al.* 2003). Este estuario por su alta productividad biológica y extensión (15 a 42 km según la influencia de la marea) es considerado uno de los más importantes de la región (Stuardo & Valdovinos 1989, Arcos *et al.* 2002).

Peces costeros y uso de sistemas estuarinos

Los peces pueden habitar las áreas estuarinas durante toda su historia de vida o sólo parte de ésta, estableciendo clasificaciones según su uso (Withfield 1999). Por lo tanto, los ensambles de larvas de peces asociados a los sistemas estuarinos, pueden generarse a partir de peces que presentan una táctica reproductiva, donde el éxito del desove y posterior desarrollo del organismo se ve

facilitado por las características del ambiente estuarino (Balbontín 2003, Córdova & Balbontín 2006, Bustos *et al.* 2008). Un grupo de especies que aprovechan estas ventajas naturales, son los peces que se encuentran habitando el área intermareal y submareal.

Según estudios en Chile (Pequeño *et al.* 1995, Muñoz & Ojeda 1997, Berrios & Vargas 2004, Balbontín & Bernal 2005) han encontrado tanto estados larvales como juveniles de peces, coexistiendo en el litoral y sistemas estuarinos con especies consideradas recursos, tales como sardina común *Strangomera bentincki*, anchoveta *Engraulis ringens* y merluza de cola *Macruronus magellanicus*. Otros peces asociados al litoral presentan ciclos de vida complejo, con una fase pelágica larval que puede utilizar un estuario como área de crianza, con un posterior reclutamiento en pozas intermareales como también en el submareal (Hernández-Miranda *et al.* 2003, 2009).

Los estudios de peces asociados a las costas de Chile se encuentran relacionados con la distribución de estos en el área intermareal y submareal (Navarro & Pequeño 1979, Pequeño & Lamilla 1995, Pequeño *et al.* 1995). Además, hay estudios que describen la dieta de peces intermareales juveniles y adultos donde se demuestra una clara interacción trófica entre las especies que habitan estas áreas, como es el caso de *Myxodes viridis*, que en conjunto con otras especies comparten nicho trófico, tales como *Helcogrammoides chilensis* y *Calliclinus geniguttatus* (Muñoz & Ojeda 1997, 1998, Quijada & Cáceres 2000, Berrios & Vargas 2004, Boyle & Horn 2010).

Sin embargo, el conocimiento sobre estados larvales de los peces litorales y el uso de estuarios como áreas de crianzas en Chile es escaso (Hernández-Miranda *et al.* 2003, 2009) y la mayoría de investigaciones han sido enfocadas al estudio de larvas de especies con interés comercial y las relacionadas con los fiordos, donde se han descrito sus distribuciones (Balbontín 2003, Bernal & Balbontín 2003, Balbontín & Bernal 2005, Córdova & Balbontín 2006, Landaeta & Castro 2006, Bustos *et al.* 2008), características morfológicas (Balbontín & Garretón 1977, Orellana & Balbontín 1983) y alimentarias (Herrera & Balbontín 1983, Balbontín & Cannobio 1992, Valenzuela *et al.* 1995, Llanos *et al.* 1996, Balbontín *et al.* 1997, Llanos-Rivera *et al.* 2004, Rodríguez-Gaña *et al.* 2005). Complementariamente se han realizado seguimientos en los ensambles de larvas de peces durante diferentes estaciones del año (Balbontín & Bravo 1999, Landaeta *et al.* 2008) y cómo afecta la presencia de ciclos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) en la composición y abundancia (Landaeta *et al.* 2009).

El ensamble de peces intermareales está constituido por especies de las familias Clinidae, Blenniidae, Labrisomidae, Tripterygiidae, Gobiesocidae y Kyphosidae principalmente, son especies de crecimiento lento (Hernández-Miranda & Ojeda 2006) y bajo interés comercial (Pequeño & Lamilla 1995). Para este estudio se considerará ejemplares del doncellita, *Myxodes viridis* (Valenciennes, 1836), perteneciente a la familia Clinidae. Su distribución es desde bahía Independencia (14°6'S, Navarro & Pequeño 1979, Stepien 1990), en Perú, hasta Punta San Marcos al norte del Faro Evangelistas, en la boca occidental del estrecho de Magallanes, Chile (50°57,9'S), también al interior de los canales de

Aysén (45°10'S, Pequeño *et al.* 1995). Habita áreas rocosas y conjuntos de algas cercanas al litoral hasta profundidades de 15m, también puede encontrarse en pozas intermareales entre algas rojas, pardas y verdes (Stepien 1990, Pequeño & Lamilla 1995), y en áreas estuarinas (Arcos *et al.* 2002).

Los ejemplares de *Myxodes viridis* presentan gran variedad de colores debido a la capacidad de mimetismo que presentan, cambian el color dependiendo del medio que habite, esto les permite evadir predadores y mejorar la caza de sus presas, variando las tonalidades entre verde, amarillo y rojo (Stepien 1990, Reyes & Hüne 2012); el chungungo o nutria marina (*Lontra felina*) es el único depredador registrado (Córdova *et al.* 2009). No presentan vejiga natatoria, es por esto que se desarrolla asociada al fondo (Reyes & Hüne 2012). Se han encontrado ejemplares que miden desde 25 mm a 135 mm de longitud total (Muñoz & Ojeda 1997, Quijada & Cáceres 2000, Pequeño & Olivera 2007) y el registro de mayor longitud total es de 182 mm con edad estimada de 6 años (Stepien 1990). El rango de peso que pueden presentar es de 0,10-18,13 g (Muñoz & Ojeda 1997, Quijada & Cáceres 2000). Según los estudio de Stepien (1990), la madurez sexual la alcanzan clase de edad 1,5 con una longitud total de 82 mm en machos y 88mm en hembras. Además, se estimó que el periodo de reclutamiento más alto fue en agosto donde el 52% de machos y 40% de hembras adultas se encontraban sexualmente maduros. El huevo es de color rojo y presenta una gota oleosa central, también tienen filamentos adhesivos que permiten anclar al conjunto de huevos fecundados al fondo (Stepien 1990).

La dieta de *Myxodes viridis* varía a través de la ontogenia y está influida por el tamaño de la boca, es considerado microcarnívoro, los adultos se alimentan principalmente de pequeños decápodos, anfípodos y teleósteos, y juveniles (< 7,5 cm LT) principalmente de copépodos harpacticoídeos, anfípodos, caracoles gastrópodos e isópodos (Stepien 1990, Quijada & Cáceres 2000). La dieta es similar en más del 90% a *Tripterygion cunninghami*. Junto a *Calliclinus geniguttatus*, *T. chilensis* y *cunninghami* son depredadores que se mantienen quietos y esperan a sus presas para atacarlas (Muñoz & Ojeda 1997, 1998).

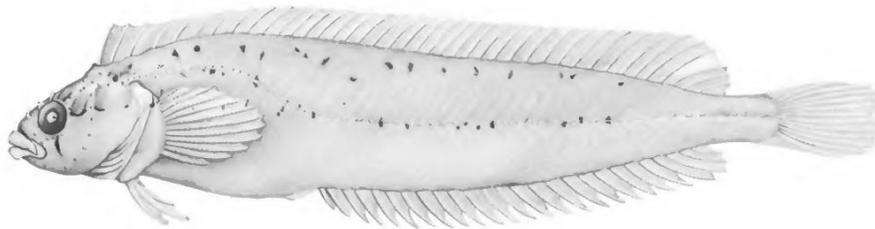


Figura 1. Ejemplar hembra de doncellita, *Myxodes viridis* (73,4 mm), encontrado en la Ventana, Chile (dibujado por JR Schroeder, Stephen & Springer 1973).

Debido a la escasa información sobre la fauna intermareal y con el fin de aportar al conocimiento en la ecología larval de las especies de peces litorales, este estudio analizará la variación en la dieta y morfometría, a lo largo del desarrollo larval de *Myxodes viridis*. Además, se considerará la distribución de las larvas en la columna de agua en dos estaciones de bahía Corral, Chile (una con más influencia de río y otra con mayor influencia oceánica), para establecer si existen diferencias en el proceso de alimentación de dichos organismos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la variación de la dieta en el desarrollo larval de *Myxodes viridis* en el área estuarina de bahía Corral en primavera del 2009.

Objetivos específicos

1. Determinar la variación en la distribución y abundancia de larvas de *Myxodes viridis* en bahía Corral.
2. Describir y cuantificar la variabilidad en la dieta de larvas de *Myxodes viridis* según desarrollo larval y distribución vertical.
3. Contrastar los caracteres morfométricos (apertura del hocico y el tamaño corporal) de las larvas de *Myxodes viridis* con las características de las presas ingeridas (tamaño, volumen y número de presas).
4. Evaluar el éxito alimentario en larvas de *Myxodes viridis* en relación a los estratos de muestreo (superficie, medio y fondo) y el estado de flexión (preflexión, flexión y postflexión).
5. Establecer relaciones entre procesos oceanográficos (fases del ciclo mareal) con el éxito alimentario.

HIPÓTESIS

H₀: En base a lo planteado por Hunter (1980), quien establece que la morfometría de las larvas de peces varía a través de la ontogenia, influyendo en la selección de las presas, la dieta de *Myxodes viridis* presentará diferencias en los distintos estados de desarrollo larval, indicando que a mayor tamaño de boca y longitud larval se alimentará de presas con mayor tamaño.

H₁: Sin embargo, en el estudio de Llanos *et al.* (1996) las larvas de la especie *Ethmidium maculatum* no presentaron diferencias en el tamaño de presas al aumentar la longitud larval. Las larvas de *Myxodes viridis* presentarán durante su desarrollo larval una dieta con presas de tamaño similar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de muestreo

Las larvas de peces analizadas fueron recolectadas a bordo de la lancha artesanal Río Quilque en dos estaciones de muestreo, una con mayor influencia de aguas de ríos, denominada Mancera, y la otra con mayor influencia de aguas costeras, llamada San Carlos (39° 52'S - 73° 23'W y 39° 51'S - 73° 26'W, respectivamente, Fig. 2), ambas ubicadas en la Bahía Corral, Chile. Se llevaron a cabo 4 cruceros de investigación por estación con una duración de 25 h aproximadamente, con el fin de completar un ciclo mareal, durante la primavera austral del 2009 (10 - 11 y 26 - 27 de Noviembre del 2009, 6 - 7 y 11 - 12 de Diciembre). En cada uno de estos cruceros se realizaron 4 muestreos por estación, con 6 h de diferencia entre ellos, donde se efectuaron arrastres horizontales con una red WP - 2 con sistema de estrangulamiento (60 cm de diámetro del aro de la red, 300 μ m de apertura de malla y equipada con un flujómetro para estimar el volumen de agua de mar filtrada) en la superficie, donde se encuentra la capa de mezcla (1 m de profundidad), en la haloclina (2 a 4 m de profundidad) y en la capa profunda (~ 10 m de profundidad). El volumen filtrado de la red de plancton fue de 3,6 a 72,7 m³ (33,7 \pm 15,2 m³). Las muestras obtenidas fueron fijadas en formalina al 4% para su posterior análisis en el laboratorio. Además, en cada estación y previo al lance de las redes, se utilizó un equipo

multiparámetro YSI modelo 556 MPS para registrar las condiciones hidrográficas datos de temperatura (°C) y salinidad.

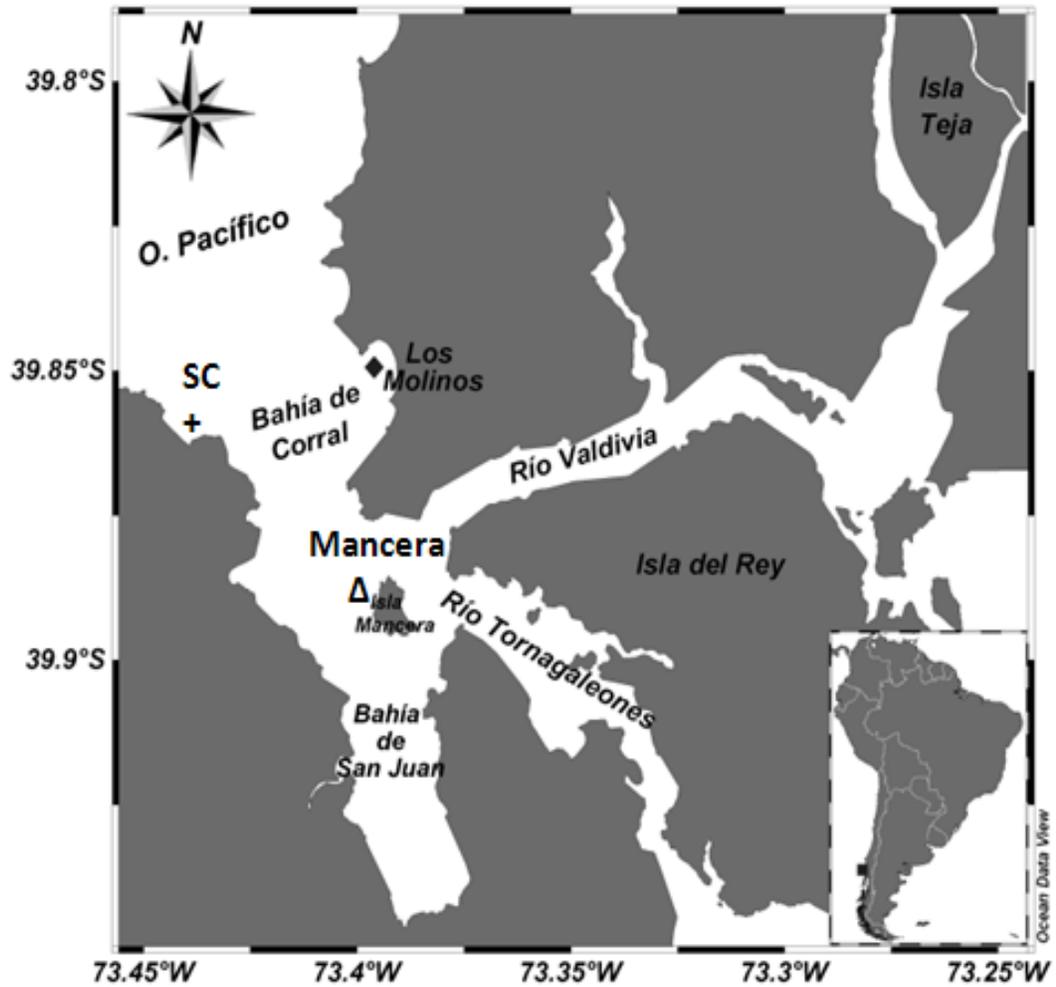


Figura 2. Mapa con la ubicación de las estaciones de muestreo en la bahía Corral (sur de Chile), San Carlos (SC, cruz negra) y Mancera (triángulo blanco).

Análisis de laboratorio y obtención de datos

Posteriormente en el laboratorio se procedió a la separación de todo el ictioplancton y la determinación taxonómica de las larvas, para luego seleccionar las especies de larvas con mayor número de individuos. Las abundancias fueron estandarizadas a individuos por 1000 m³, tomando en cuenta el número de larvas capturadas y el agua de mar filtrada por la red. Se utilizó una lupa estereomicroscópica (Olympus SZ61) conectada a una cámara digital Moticam 2500 (resolución de 5.0mp) para obtener los datos morfométricos (Fig. 3) de longitud corporal (LC, mm; desde la punta de la mandíbula superior a la punta del notocordo, para larvas en preflexión y flexión, o hasta la base de los elementos hipurales, para larvas en postflexión), también se registró la longitud de la mandíbula superior, LMS (μm , desde la punta del hocico hasta la unión de las mandíbulas) y ancho de la mandíbula inferior, AMI (μm , distancia máxima entre los bordes laterales de la boca) (Herrera & Balbontín 1983, Llanos *et al.* 1996). Para llevar a cabo este procedimiento cada larva se depositó sobre un portaobjeto junto a unas gotas de agua, de esta manera la larva se dispuso de manera tal que se obtuvo la mejor imagen para la medición deseada; el registro de las mediciones se realizó con el programa Motic Images Plus 2.0.

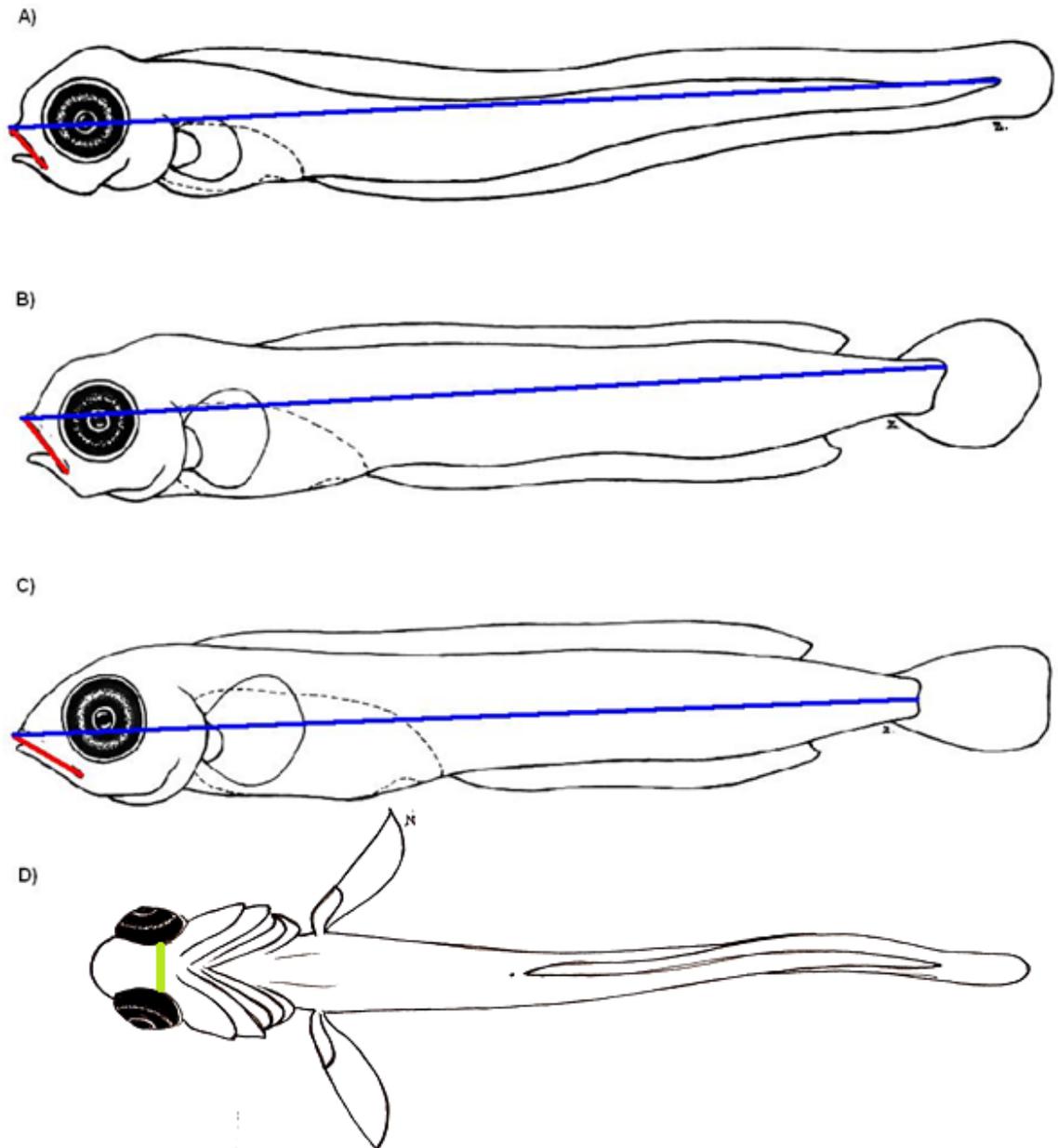


Figura 3. Mediciones morfométricas realizadas a larvas de peces de *Myxodes viridis*, para cada estado de desarrollo. A) Preflexión, B) Flexión, C) Postflexión y D) Larva en posición ventral. Línea roja: largo de mandíbula superior (LMS, μm), línea azul: longitud corporal (LC, mm) y línea verde: ancho de la mandíbula inferior (AMI, μm).

Luego, con un par de agujas entomológicas se procedió a retirar cuidadosamente el tracto digestivo de cada individuo, se abrió a lo largo y se examinó el contenido. Para determinar el nivel taxonómico más bajo y cuantificar las presas se utilizó un microscopio óptico (Motic BA310) con una cámara digital acoplada (Moticam 2500 de 5.0mp), y utilizando el programa Motic Images Plus 2.0 se capturó la imagen y determinó las medidas de los ítems presa encontrados. A cada presa se le realizaron mediciones corporales, para estimar el largo y ancho máximo (μm) y volumen (mm^3) de cada presa según las ecuaciones sugeridas por Cass-Calay (2003) y Sun & Liu (2003). En el caso de los copépodos, la medición sólo consideró el prosoma.

Análisis de los datos

Las distribuciones de tamaño de las larvas de *Myxodes viridis* fueron comparadas mediante una prueba U de Mann–Whitney, considerando los datos de la estación de muestreo San Carlos y el total de las larvas analizadas. Además, las abundancias fueron analizadas mediante la misma prueba según la estación de muestro (San Carlos y Mancera), estado de marea (vaciente y llenante), ubicación en la columna de agua (superficie, picnoclina o medio y fondo) y variación nictimeral (día y noche). Para estos análisis se utilizaron las abundancias excluyendo los valores cero.

Con los datos morfométricos de las larvas obtenidas se comparó LC vs. LMS y LC vs. AMI con correlaciones de Spearman y regresiones lineales simples por

mínimos cuadrados. Para comprobar si existen diferencias entre las comparaciones realizadas se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA de una vía) para determinar diferencias significativas entre las pendientes de las relaciones morfométricas.

Tras la obtención de las distintas mediciones morfométricas y sus análisis, se calculó la incidencia alimentaria (IA) en la dieta de las larvas, la cual corresponde al porcentaje de larvas que presentan a lo menos una presa en su tracto digestivo, este valor obtendrá el 100% para el caso en que todos los individuos presenten contenido estomacal (Balbontín *et al.* 1997). Este cálculo se realizó según estación, estrato, marea, estado de desarrollo de las larvas y variación nictimeral, para luego aplicar tablas de contingencia y determinar si hay diferencias significativas entre los factores establecidos. Las presas encontradas fueron descritas tanto para la totalidad de las larvas que presentaron contenido estomacal, como para las larvas con contenido estomacal según el estado de desarrollo (preflexión, flexión y postflexión notocordal). Se determinó el número total de presas por estómago, obteniendo así la intensidad alimentaria (InA) para cada larva. Además, las presas encontradas fueron clasificadas según ítems alimentarios, para determinar el índice numérico (%N) que indica el número de presas por ítem en relación al número total de presas identificadas, también se estimó la frecuencia de ocurrencia (%F) que corresponde a la presencia de un ítem en el total de los estómagos analizados, y el índice volumétrico (%V) que enseña la proporción entre el volumen del ítem alimentario y el volumen total de todo los ítems. De esta manera se calculó el índice de importancia relativa (IIR)

para cada ítem en la dieta (Hyslop 1980). La ecuación para el índice mencionado es la siguiente: $IIR = (\%N + \%V) \times \%F$. Tras obtener este índice, se calculó el IIR% para cada ítem alimentario, el cual corresponde a la proporción del IIR del ítem alimentario y el IIR total de todos los ítems.

La morfometría (LC y LMS) fue comparada, en base al estudio realizado por Reiss *et al.* (2002), con el éxito alimentario de las larvas, definida como el número total de presas por estómago, intensidad alimentaria (InA, número), el volumen total de presas por estómago (VTPE, mm^3) y el ancho máximo de las presas (AMP, mm). Para esto se realizaron correlaciones de Spearman y regresiones lineales simples por mínimos cuadrados. Estos valores fueron analizados según el estrato de profundidad y el estado de desarrollo larval. Los datos utilizados para este análisis correspondieron a los obtenidos del último crucero realizado en San Carlos, debido a que en ese muestreo se recolectó la gran mayoría de las larvas analizadas (82,81%); de esta manera la variabilidad de estos datos no se verá afectada por factores como localidad o marea. Debido a que los datos no presentaron distribución normal (Prueba de Shapiro-Wilk, $W = 0,91$; $P < 0,001$), las medidas de éxito alimentario fueron comparadas con una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples de rangos de medias.

Para complementar los análisis de éxito alimentario se realizó un análisis multivariado para cada estado de desarrollo larval, con el fin de observar diferencias en la composición de las presas según estrato. Las similitudes entre las larvas fueron representadas gráficamente con escalamiento no métrico multidimensional (NMDS). El grado de correspondencia entre las distancias de los

puntos fue medido mediante la función de estrés. Se realizó un análisis de similitud de una vía (ANOSIM), el cual fue utilizado para determinar las diferencias de la composición de presas entre los estratos. Al detectar diferencias se realizó un análisis de similitud porcentual (SIMPER) para definir qué taxa generan diferencias entre los grupos muestreados. Estos análisis se realizaron con el programa estadístico PRIMER 5.

Finalmente, con los perfiles de las variables hidrográficas (temperatura, °C y salinidad), obtenidos mediante el programa Microsoft Excel 2003, en conjunto con los análisis anteriores, se determinó la dinámica oceanográfica y su relación con el éxito alimentario en larvas de *Myxodes viridis*, muestreadas en primavera del año 2009, en el estuario de bahía Corral.

RESULTADOS

Abundancias

Se analizaron 291 larvas de *Myxodes viridis*, recolectadas en 95 muestras de zooplancton obtenidas en los 4 muestreos, siendo 281 larvas obtenidas durante el muestreo realizado el 11 de diciembre de 2009 a las 23:00 h en San Carlos. En la Fig. 4 se observa cómo ambas distribuciones de tamaño no cambian significativamente, debido a la pequeña diferencia de número de individuos que hay entre la totalidad de los ejemplares muestreados y el último muestreo realizado ($U = 40510$; $P = 0,849$).

El rango de abundancia se estimó entre 16,62 y 4217,46 individuos por 1000 m³ ($444,24 \pm 1014,25$ individuos por 1000 m³). Todos los cruceros presentaron larvas de *Myxodes viridis*, aumentando las abundancias desde el primer al último crucero. En la Tabla 1 se observa la abundancia de larvas según fase de marea y estación, y en la Tabla 2 según ubicación en la columna de agua y estado de desarrollo larval. Los análisis estadísticos indicaron que no hay diferencias significativas entre las abundancias según marea y estrato ($U = 30$; $P = 0,441$; $U = 14$; $P = 0,317$). Aunque hubo mayor frecuencia de aparición de larvas en la fase vaciante (Tabla 1), se detectaron diferencias entre estaciones de muestreos ($U = 11$; $P = 0,009$), siendo mayor en San Carlos, donde la influencia de aguas costeras es mayor. A medida que se realizaron los muestreos se

capturaron larvas más desarrolladas, siendo las larvas en postflexión las que aparecieron en el último muestreo (11-12 de diciembre). La variación nictimeral no logró ser analizada estadísticamente, debido a que las larvas muestreadas de día no presentaron réplicas. La abundancia de individuos capturados de noche correspondió al 99,8% (22:00 – 4:45 h) y sólo en un muestreo de día (10:00 h) se capturaron larvas de *Myxodes viridis*.

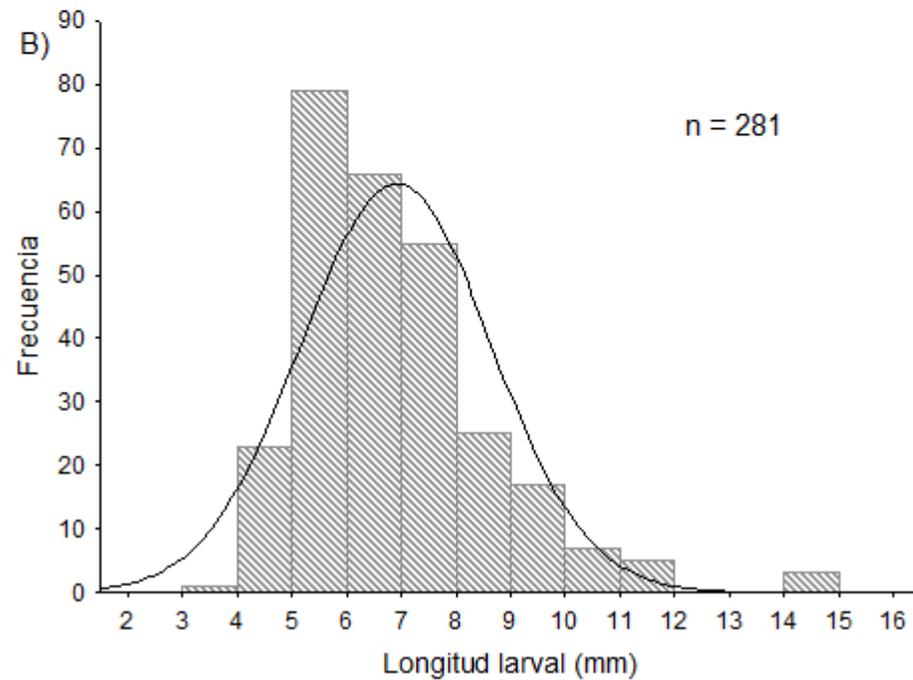
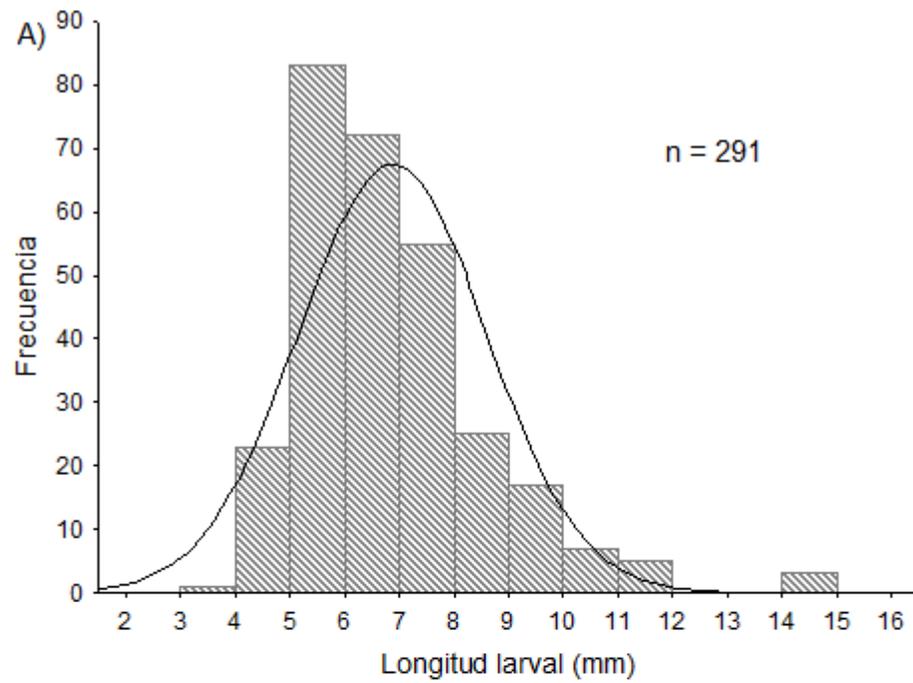


Figura 4. Distribución de tamaños larvales para: A) el total de las larvas analizadas, n = 291 y B) el muestreo realizado el 11-12-2009 a las 23:00 h en San Carlos, n = 281.

Tabla 1. Abundancias larvales de *Myxodes viridis* en las dos estaciones (Mancera y San Carlos) según estado del ciclo mareal (individuos por 1000 m³).

	Mancera	San Carlos
10-11 de Noviembre		
Llenante	0	0
Vaciante	26,1 ± 7,3	0
26-27 de Noviembre		
Llenante	0	0
Vaciante	22,2 ± 7,9	78,4 ± 86,4
6-7 de Diciembre		
Llenante	0	100,3 ± 88,4
Vaciante	37,4	226,9 ± 55,9
11-12 de Diciembre		
Llenante	0	0
Vaciante	22,2 ± 7,9	1814,0 ± 1724,3

Tabla 2. Abundancias larvales de *Myxodes viridis* en cada estrato (superficie, medio y fondo) según estado de desarrollo larval (individuos por 1000 m³).

	Preflexión	Flexión	Postflexión
10-11 de Noviembre			
Superficie	27,5	0	0
Medio	32,1	0	0
Fondo	18,2	0	0
26-27 de Noviembre			
Superficie	17,0	17,0	0
Medio	0	27,9	0
Fondo	99,6	39,8	0
6-7 de Diciembre			
Superficie	232,9	21,2	0
Medio	193,2	144,9	0
Fondo	132,7	66,3	0
11-12 de Diciembre			
Superficie	481,4	919,0	175,1
Medio	278,6	962,5	177,3
Fondo	1205,7	2135,8	1033,4

Análisis morfométricos

Las larvas de *Myxodes viridis* capturadas durante primavera del 2009, presentaron un rango de tamaño de 3,14 - 14,46 mm LC. Las larvas en preflexión, flexión y postflexión presentaron un rango de 3,14 - 7,26 mm, 4,74 - 9,85 mm y 7,13 - 14,6 mm LC, respectivamente. La LMS varió entre 258,61 - 1523,53 μm ($600,44 \pm 211,29 \mu\text{m}$) y el AMI presentó un rango entre 137,96 - 1631,45 μm ($512,19 \pm 243,37 \mu\text{m}$).

A partir de las relaciones morfométricas se observó que las medidas del hocico, LMS y AMI, aumentaron de manera significativa respecto a la LC ($P < 0,001$); sin embargo, la LMS explicó en mayor porcentaje la variabilidad de los datos que el AMI según la LC (76,2 y 45,1%, respectivamente). La regresión lineal realizada entre las medidas del hocico también presentó significancia ($P < 0,001$) (Tabla 3 y Fig. 5). Según el test de pendientes múltiples ($|t| = 7,32$, $P < 0,001$), la LMS creció a una tasa significativamente más rápida (107,23 μm de LMS/ mm LC) que el AMI (95,02 μm de AMI/ mm LC), es decir, a medida que la larva crece en longitud, aumenta el largo de su hocico en forma más rápida que el ancho del hocico.

Las proporciones entre las mediciones corporales realizadas se encontraron en un rango para LMS/LC de 4,95 - 15,96% ($8,69 \pm 1,62\%$) y para AMI/LC de 2,66 - 16,06% ($7,35 \pm 2,57\%$).

Tabla 3. Modelos de regresión lineal entre datos morfométricos de *Myxodes viridis*: longitud de la mandíbula superior (LMS, μm), ancho de la mandíbula inferior (AMI, μm), longitud larval (LC, mm), intercepto (α), error estándar (E.E.) y pendiente (β).

Modelo	A	E.E.	β	E.E.	R ²	P
LMS vs LC	-134,22	24,79	107,23	3,51	0,76	<0,001
AMI vs LC	-138,38	43,54	95,02	6,16	0,45	<0,001
AMI vs LMS	25,91	30,64	0,81	0,05	0,5	<0,001

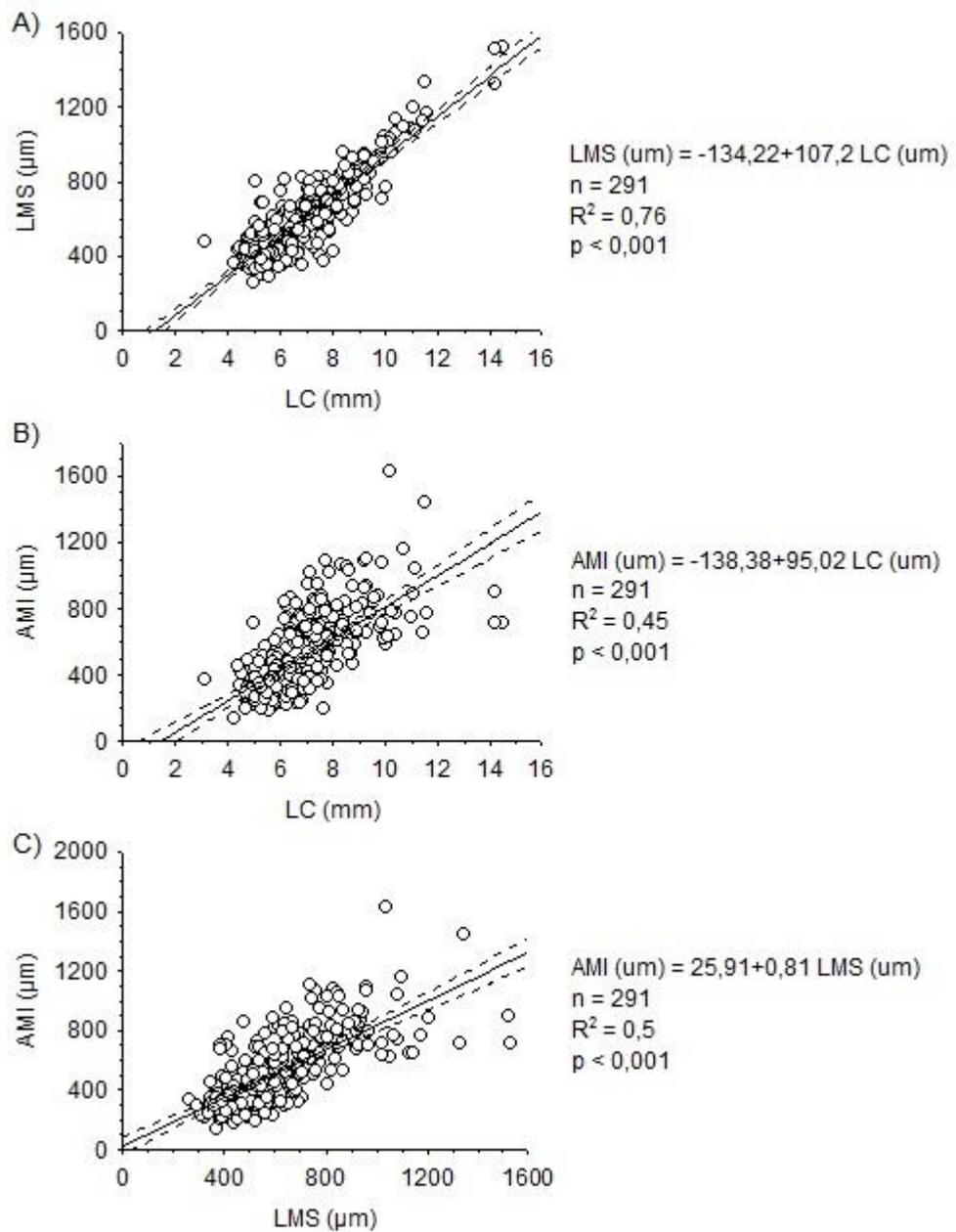


Figura 5. Regresiones lineales entre variables morfométricas de *Myxodes viridis*.

A) Longitud de la mandíbula superior (LMS, µm) y longitud corporal (LC, mm), B) Ancho de la mandíbula inferior (AMI, µm) y longitud corporal (LC, mm), C) Ancho de la mandíbula inferior (AMI, µm) y longitud de la mandíbula superior (LMS, µm).

Descripción de la dieta

La cantidad de larvas de *Myxodes viridis* que presentaron a lo menos una presa en sus estómagos correspondió a 142 individuos, siendo la IA de 48,5%. La larva más pequeña que presentó contenido estomacal fue de 3,14 mm de LC. Como se indica en la Tabla 4, los análisis realizados con tablas de contingencia mostraron diferencias significativas en la IA según fase de marea y estado de desarrollo larval ($\chi^2 = 18,2$; g.l. = 1; $P < 0,001$; $\chi^2 = 9,8$; g.l. = 2; $P < 0,007$, respectivamente). Las larvas que se recolectaron en marea vaciante y las larvas en estado de flexión presentaron mayor IA. Sin embargo, al realizar la comparación de proporciones según estación, estrato y variación nictimeral, no se presentaron diferencias significativas en su incidencia alimentaria ($\chi^2 = 1,46$; g.l. = 1; $P = 0,226$; $\chi^2 = 0,2$; g.l. = 2; $P = 0,898$; $\chi^2 = 1,12$; g.l. = 1; $P = 0,291$).

Se encontró un total de 387 presas, donde el rango del número de presas por estómago varió de 0 a 49, siendo la intensidad alimentaria de $2,73 \pm 4,97$ presas por estómago (excluyendo los estómagos sin contenido). El ancho máximo de la presa más pequeña correspondió a una diatomea, que midió 7 μm y una larva de balánido fue la presa de mayor ancho máximo, con un tamaño de 344 μm .

Tabla 4. Comparación de la incidencia alimentaria (IA) según estación, estrato, marea y estado de desarrollo larval, a partir de tablas de contingencia (S: significativo, NS: no significativo).

		IA	P
Estación	Mancera	30,00	NS
	San Carlos	49,46	$P = 0,226$
Estrato	Superficie	49,43	NS
	Medio	50,77	$P = 0,898$
	Fondo	47,45	
Variación nictimeral	Día	75,00	NS
	Noche	48,42	$P = 0,291$
Marea	Llenante	8,00	S
	Vaciante	52,65	$P = 0,001$
Flexión notocordal	Preflexión	46,32	S
	Flexión	56,00	$P = 0,007$
	Postflexión	29,55	

La dieta de *Myxodes viridis* estuvo compuesta por 31 ítems presa abarcando fitoplancton y zooplancton, lo que sugiere una dieta omnívora. Las presas más abundantes según el índice numérico (%N) fueron *Coscinodiscus* sp. (12,9%), *Surirella* sp. (13,7%), copepoditos (14,5%) y nauplii (23,0%); por otra parte, la frecuencia de ocurrencia (%F) indicó que fue mayor para huevos de copépodo (11,3%), copepoditos (25,4%) y estados naupliares (43,7%); y según el índice volumétrico (%V) los ítems presa más destacados fueron copepoditos (21,2%) y nauplii (21,7%). Sin embargo, el %IIR indicó que los ítems presas importantes, para el caso del fitoplancton, fue *Coscinodiscus* sp. y para el zooplancton fueron los estados naupliares y copepoditos (Tabla 5).

Al separar la dieta según el estado de desarrollo de las larvas, se observó que las larvas en preflexión consumieron 17,6% de microalgas (*Coscinodiscus* sp. y *Surirella* sp. principalmente) y el resto de las presas se compuso de zooplancton, siendo los ítems presas más importantes nauplii y copepoditos (Tabla 6). En el caso de las larvas en flexión el %IIR de microalgas disminuyó notablemente a un 0,2%, siendo gran parte de las presas organismos zooplanctónicos, como nauplii y copepoditos. Las larvas en estado de postflexión sólo consumieron zooplancton, siendo las mismas taxa presentes en los otros dos estados de desarrollo larval. Es decir, a lo largo del desarrollo larval, esta especie pasa de una dieta omnívora a una dieta carnívora estricta.

El índice de importancia relativa (%IIR) indicó que a medida que la larva de *Myxodes viridis* crece y el estado de flexión cambia, el consumo de presas móviles aumenta llegando al 100% en el estado de postflexión, pasando de una dieta omnívora a una carnívora (Fig. 6). El consumo de fitoplancton y huevos (invertebrados y copépodos) sólo se observó en los estados de preflexión y flexión. Sin embargo, el consumo de nauplii se mantuvo presente en los tres estados de desarrollo (siendo mayor en el estado de flexión) al igual que los copepoditos, que presentaron proporciones similares a lo largo del desarrollo larval.

Tabla 5. Composición de la dieta de larvas de *Myxodes viridis* capturadas en bahía Corral durante noviembre y diciembre de 2009.

Ítem presa	%N	%F	%V	%IIR
Fitoplancton				
Microalga N.I. 1	0,26	0,70	0,00	0,01
Microalga N.I. 2	0,52	0,70	0,00	0,01
Microalga N.I. 3	0,26	0,70	0,00	0,01
Diatomea N.I.	0,26	0,70	0,00	0,01
<i>Coscinodiscus</i> sp.	12,92	6,34	0,94	3,45
<i>Surirella</i> sp.	13,70	1,41	0,02	0,72
<i>Scripsiella</i> sp.	0,26	0,70	0,00	0,01
<i>Gonyaulax</i> sp.	0,26	0,70	0,00	0,01
Quiste	0,26	0,70	0,05	0,01
Zooplancton				
Tintínido	2,33	5,63	2,05	0,66
Copepoda				
Huevo de copépodo	10,08	11,27	4,03	5,66
Nauplii	23,00	43,66	21,67	55,14
Nauplii (<i>Rhincalanus nasutus</i>)	0,78	0,70	0,75	0,04
Metanauplii (<i>Rhincalanus nasutus</i>)	0,26	0,70	0,06	0,01
Copepodito	14,47	25,35	21,17	24,70
Copepodito calanoídeo	1,29	3,52	2,99	0,31
Copepodito (<i>Acartia tonsa</i>)	0,52	1,41	0,46	0,04
Copepodito (<i>Paracalanus indicus</i>)	2,07	4,93	5,90	0,82
Copepodito (<i>Rhincalanus nasutus</i>)	0,52	1,41	0,47	0,04
Copepodito (<i>Oncaea</i> sp.)	0,78	1,41	2,29	0,11
Copepodito harpacticoideo	0,78	2,11	1,08	0,09
Resto de nauplii	1,03	2,82	1,10	0,15
Resto de copepodito	5,94	9,86	13,67	5,13
Resto de copépodo	0,26	0,70	3,04	0,04
Huevo de invertebrado	2,58	7,04	0,86	0,75
Larva de bivalvo	0,26	0,70	0,21	0,01
Larva cypris	0,26	0,70	0,91	0,02
Larva de balánido (<i>Balanus</i> sp.)	0,52	1,41	5,30	0,13
Larva de poliqueto	0,52	1,41	0,21	0,03
Resto quitinoso	2,84	7,75	10,74	1,93
No identificado	0,26	0,70	0,03	0,01

Tabla 6. Composición de la dieta de larvas de *Myxodes viridis* según el estado de desarrollo.

Ítem presa	Preflexión (44)				Flexión (84)				Postflexión (13)			
	%N	%F	%V	%IIR	%N	%F	%V	%IIR	%N	%F	%V	%IIR
Fitoplancton												
Microalga N.I. 1	-	-	-	-	0,56	1,19	0,00	0,01	-	-	-	-
Microalga N.I. 2	-	-	-	-	1,11	1,19	0,00	0,03	-	-	-	-
Microalga N.I. 3	-	-	-	-	0,56	1,19	0,00	0,01	-	-	-	-
Diatomea N.I.	0,53	2,27	0,00	0,035	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	24,47	15,91	5,64	13,81	2,22	2,38	0,01	0,12	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	28,19	4,55	0,09	3,71	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scripsiella</i> sp.	-	-	-	-	0,56	1,19	0,00	0,01	-	-	-	-
<i>Gonyaulax</i> sp.	-	-	-	-	0,56	1,19	0,00	0,01	-	-	-	-
Quiste	0,53	2,27	0,28	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Zooplancton												
Tintínido	1,60	6,82	3,81	1,06	3,33	5,95	2,00	0,69	-	-	-	-
Copepoda												
Huevo de copépodo	14,36	20,45	8,29	13,36	6,67	8,33	3,77	1,89	-	-	-	-
Nauplii	11,70	34,09	17,54	28,74	33,89	51,19	23,40	63,89	31,58	38,46	17,52	38,51
Nauplii (<i>Rhincalanus nasutus</i>)	-	-	-	-	1,11	2,38	0,69	0,09	5,26	7,69	2,05	1,15
Metanauplii (<i>Rhincalanus nasutus</i>)	-	-	-	-	0,56	1,19	0,08	0,02	-	-	-	-
Copepodito	9,57	25,00	35,64	32,59	17,78	25,00	18,50	19,76	31,58	30,77	17,14	30,57
Copepodito calanoídeo	0,53	2,27	2,44	0,19	1,11	2,38	2,90	0,21	10,53	15,38	4,25	4,63
Copepodito (<i>Acartia tonsa</i>)	-	-	-	-	1,11	2,38	0,65	0,09	-	-	-	-
Copepodito (<i>Paracalanus indicus</i>)	1,06	4,55	5,39	0,85	3,33	5,95	7,10	1,35	-	-	-	-
Copepodito (<i>Rhincalanus nasutus</i>)	-	-	-	-	1,11	2,38	0,67	0,09	-	-	-	-
Copepodito (<i>Oncaea</i> sp.)	-	-	-	-	1,67	2,38	3,24	0,25	-	-	-	-
Copepodito harpacticoideo	1,06	4,55	5,65	0,88	0,56	1,19	0,20	0,02	-	-	-	-
Resto de nauplii	-	-	-	-	2,22	4,76	1,56	0,39	-	-	-	-

Tabla 6. Continuación.

Ítem presa	Preflexión (44)				Flexión (84)				Postflexión (13)			
	%N	%F	%V	%IIR	%N	%F	%V	%IIR	%N	%F	%V	%IIR
Resto de copepodito	1,60	4,55	1,70	0,43	10,00	11,90	15,73	6,67	10,53	15,38	17,80	8,89
Resto de copépodo	-	-	-	-	0,56	1,19	4,32	0,13	-	-	-	-
Huevo de invertebrado	1,06	4,55	0,51	0,21	4,44	9,52	1,10	1,15	-	-	-	-
Larva de bivalvo	0,53	9,09	1,25	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-
Larva cypris	-	-	-	-	0,56	1,19	1,30	0,05	-	-	-	-
Larva de balánido (<i>Balanus</i> sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	10,53	15,38	41,24	16,24
Larva de poliqueto	1,06	4,55	1,29	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-
Resto quitinoso	2,13	9,09	10,47	3,30	3,89	8,33	12,77	3,02	-	-	-	-
No identificado	-	-	-	-	0,56	1,19	0,04	0,02	-	-	-	-

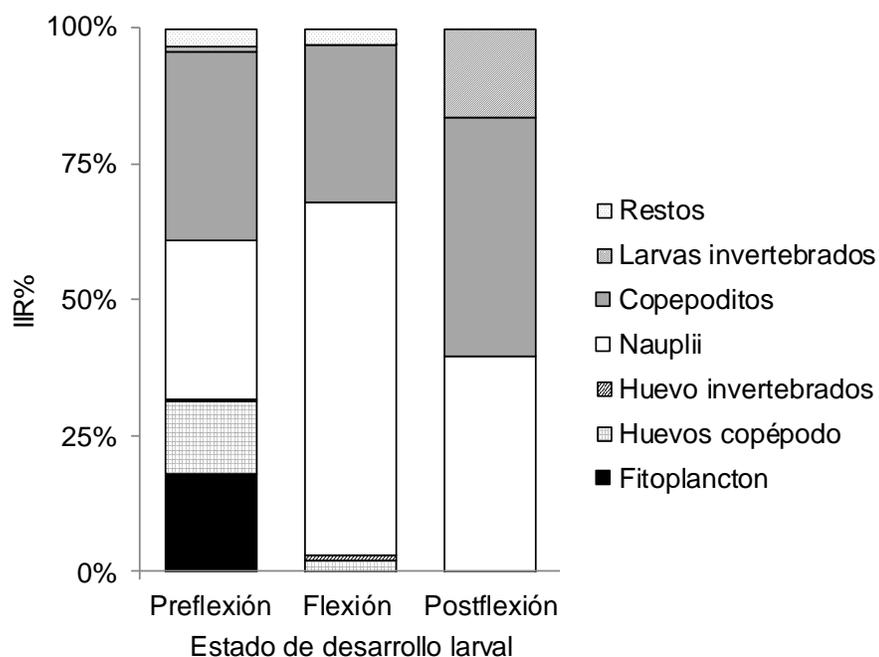


Figura 6. Índice de importancia relativa porcentual (IIR%) de las presas ingeridas por *Myxodes viridis* de bahía Corral según el estado de desarrollo larval.

Relaciones morfométricas entre larvas y éxito alimentario

El número total de presas por estómago (lnA) no presentó correlación ni relación significativa con la longitud corporal de las larvas (Fig. 7, $r^2 = 0,007$, $F_{1, 139} = 0,97$, $P = 0,325$; Spearman $r = 0,03$, $P > 0,05$). Por otra parte, el volumen total de presas por estómago (VTPE) sí presentó una correlación significativa y positiva con la LC, sin embargo, el modelo lineal explicó un porcentaje bajo de la variabilidad de los datos (Fig. 7, $r^2 = 0,085$, $F_{1, 139} = 13,13$, $P < 0,01$; Spearman $r = 0,4$, $P < 0,05$). La correlación entre el ancho máximo de las presas y la LMS fue

baja, pero positiva y significativa (Fig. 7, $r^2 = 0,239$, $F_{1, 387} = 121,2$, $P < 0,001$; Spearman $r = 0,56$, $P < 0,05$).

Variación vertical del éxito alimentario

Los indicadores utilizados para el éxito alimentario (InA, VTPE y APPE) no presentaron variación significativa según estratos para cada estado de desarrollo larval. Sin embargo, a pesar de que la larva de *Myxodes viridis* no presenta cambios en el número de presas ingeridas a medida que crece, se alimenta de presas con mayor tamaño y volumen (Fig. 8).

A partir del análisis multivariado (NMDS, Fig. 9) se observó que las larvas de *Myxodes viridis*, capturadas en el estuario de bahía Corral en primavera del año 2009, presentaron diferencias en la composición de presas entre los estratos. Los resultados entregados por el ANOSIM indican que solo existen diferencias significativas en la dieta de las larvas según estratos ($R = 0,123$, $P = 0,01$), pero no hay diferencias significativas entre estados de flexión, estación de muestreo y fases de marea ($R = 0,047$, $P = 0,52$, $R = 0,21$, $P = 0,56$, $R = 0,111$, $P = 2,57$). Las disimilitudes, analizadas mediante SIMPER, encontradas en la dieta de las larvas según estrato fueron generadas por los nauplii (25,2% de contribución) y huevos de copépodos (13,0%) entre el estrato superficial y haloclina. Por otra parte, entre el estrato superficial y fondo fue generada por nauplii (23,4%) y copepodito (23,3%) al igual que en los estratos de haloclina y fondo (24,4% y 21,7%, respectivamente).

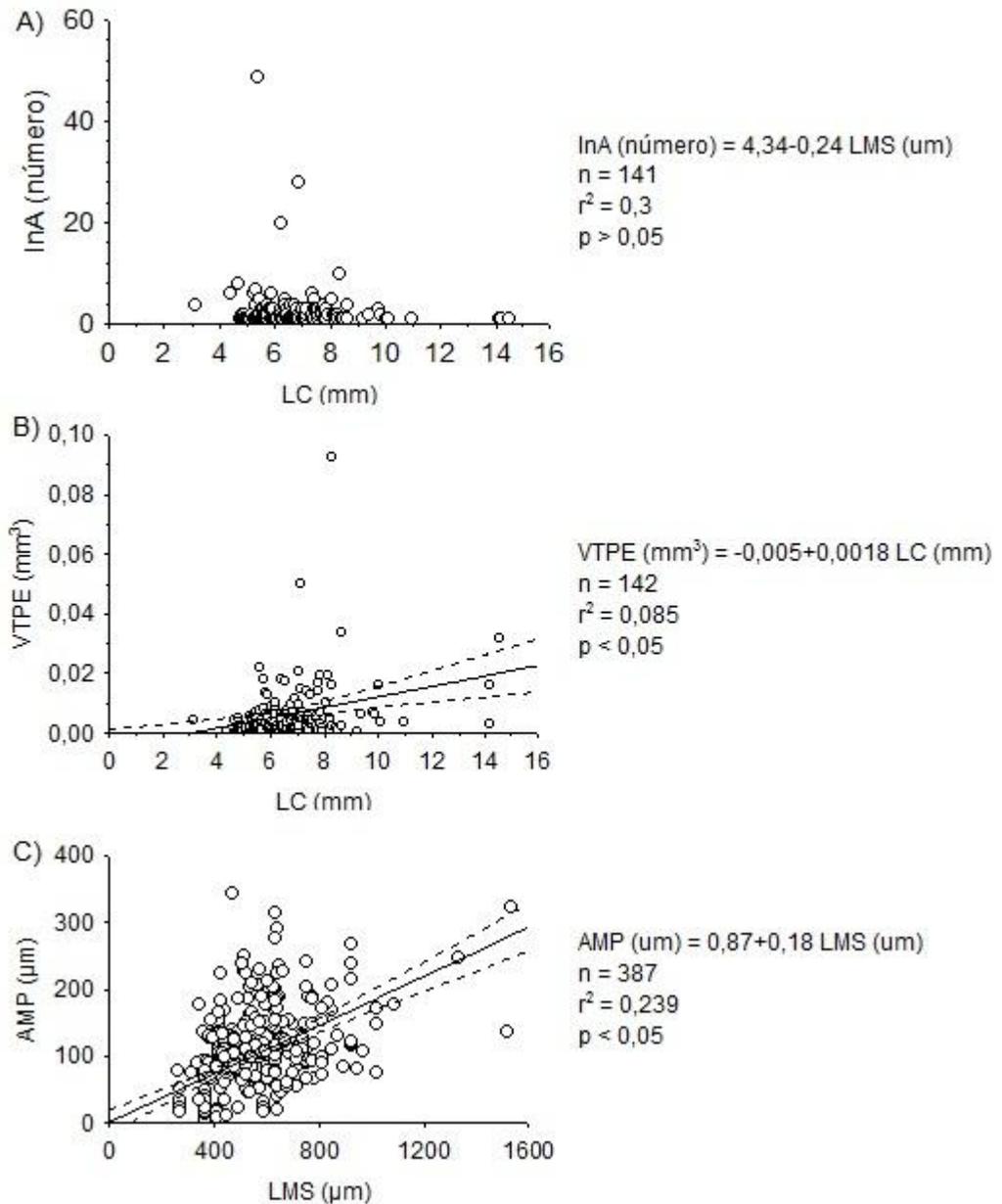


Figura 7. Regresiones lineales entre variables morfométricas de *Myxodes viridis* y de las presas encontradas. A) Número total de presas por estómago (InA, número) y longitud corporal (LC, mm), B) volumen total de presas por estómago (VTPE, mm^3) y longitud corporal (LC, mm), C) ancho máximo de la presa (AMP, μm) y

longitud de la mandíbula superior (LMS, μm) (la línea entrecortada indica el 95% de intervalo de confianza).

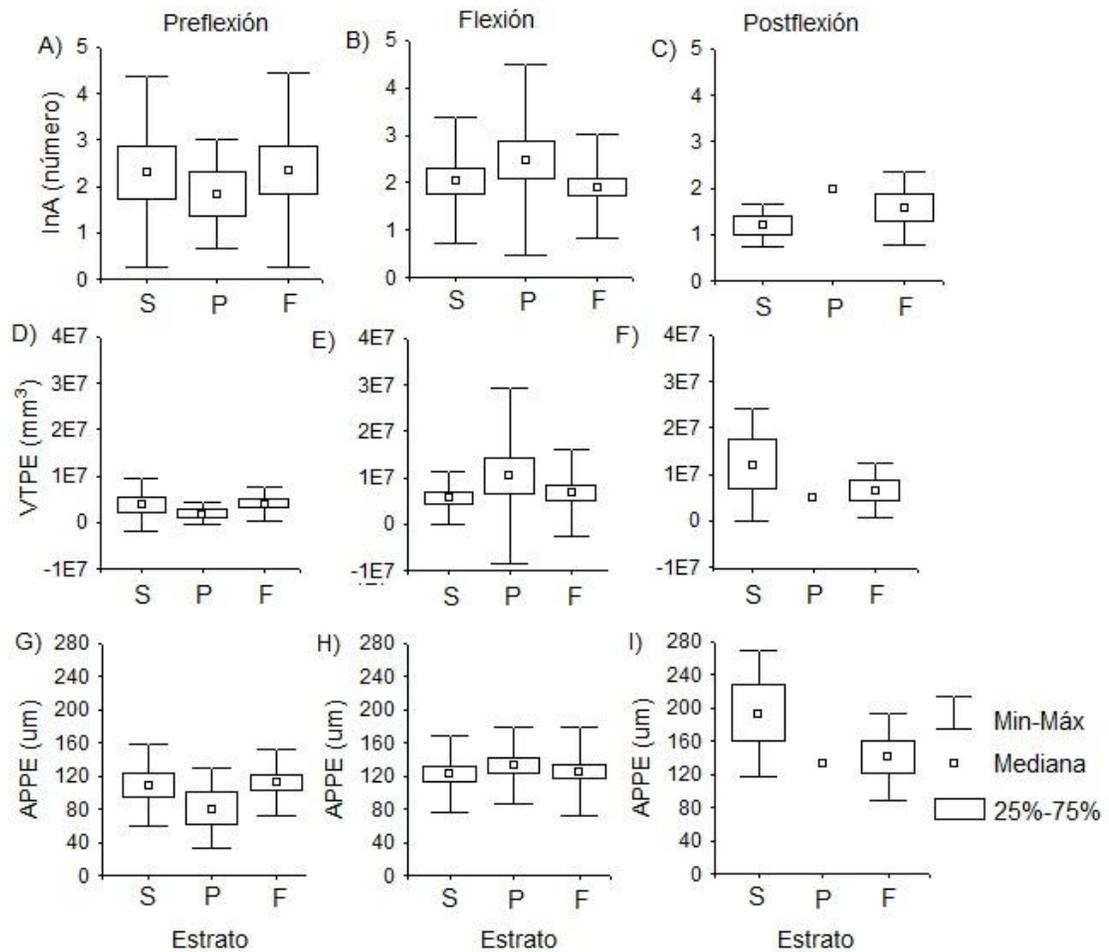


Figura 8. A) a I): Éxito alimentario de la larva de *Myxodes viridis* por estrato (S = superficie, P = picnoclina y F = fondo) en diferentes estados de desarrollo, medido como número total de presas por estómago (InA, número), volumen total de presas por estómago (VTPE, mm^3) y ancho promedio de presas por estómago (APPE, μm). Larvas recolectadas en el último muestreo, realizado el 11 de diciembre de 2009 a las 23:00 h en San Carlos, n = 281.

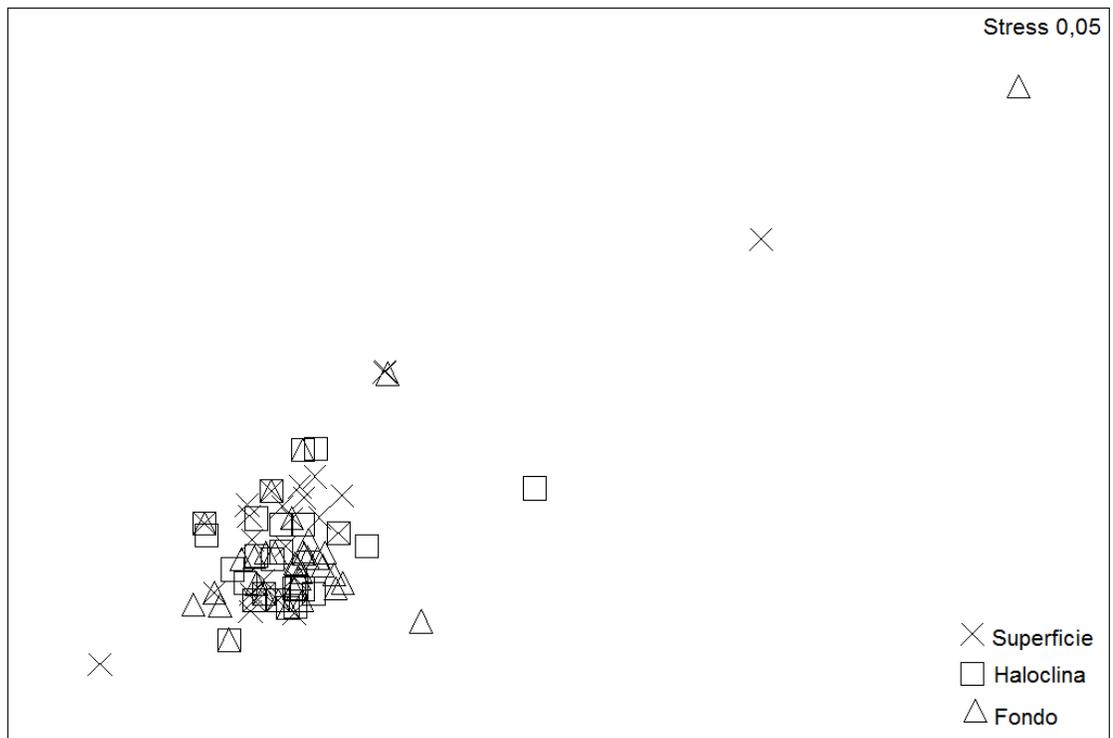


Figura 9. Análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) de los ítems presas ingeridos por larvas de *Myxodes viridis* según su ubicación en la columna de agua (superficie, haloclina y fondo).

Variables hidrográficas

Las condiciones hidrográficas en el estuario de bahía Corral, durante el período de estudio (primavera austral del 2009), fueron relativamente estables a lo largo del tiempo en cada muestreo (Tabla 7). Las aguas localizadas estuario arriba (Mancera) fueron en promedio más cálidas (~12 °C) y con salinidad más baja (21-24) que las aguas ubicadas estuario abajo (San Carlos) (10-12 °C y 31-32, respectivamente). Además, la estructura de la columna de agua cambió durante

las fases mareales: en llenante los gradientes de temperatura y salinidad fueron menos marcados que en marea vaciante, en ambas localidades durante el último crucero (Fig. 10). La haloclina se ubicó entre 2-3 m de profundidad en Mancera, pero en San Carlos la capa de mezcla fue casi inexistente, mostrando la haloclina desde la superficie a los 2 m de profundidad, ambas en mareas vaciante y llenante.

Tabla 7. Resumen de condiciones físicas (temperatura y salinidad) durante los cuatro muestreos en las dos estaciones (Mancera y San Carlos) en el estuario de bahía Corral.

	Temperatura (°C)		Salinidad	
	Media \pm DE	Rango	Media \pm DE	Rango
10-11 Noviembre				
Mancera	11,84 \pm 0,79	10,94 - 12,96	20,99 \pm 13,44	1,47 - 33,63
San Carlos	11,25 \pm 0,68	10,40 - 13,10	32,02 \pm 3,16	23,62 - 34,10
26-27 Noviembre				
Mancera	13,28 \pm 0,67	12,65 - 15,00	22,44 \pm 12,27	1,82 - 32,59
San Carlos	12,85 \pm 0,50	12,40 - 14,52	31,59 \pm 3,30	19,22 - 33,83
6-7 Diciembre				
Mancera	12,04 \pm 2,10	10,22 - 15,76	24,65 \pm 11,65	3,63 - 34,19
San Carlos	10,73 \pm 1,04	9,86 - 14,09	32,96 \pm 2,51	23,37 - 34,30
11-12 Diciembre				
Mancera	12,89 \pm 2,36	10,07 - 16,05	23,73 \pm 10,31	4,62 - 34,18
San Carlos	10,90 \pm 1,35	9,58 - 14,99	32,12 \pm 3,77	21,76 - 34,40

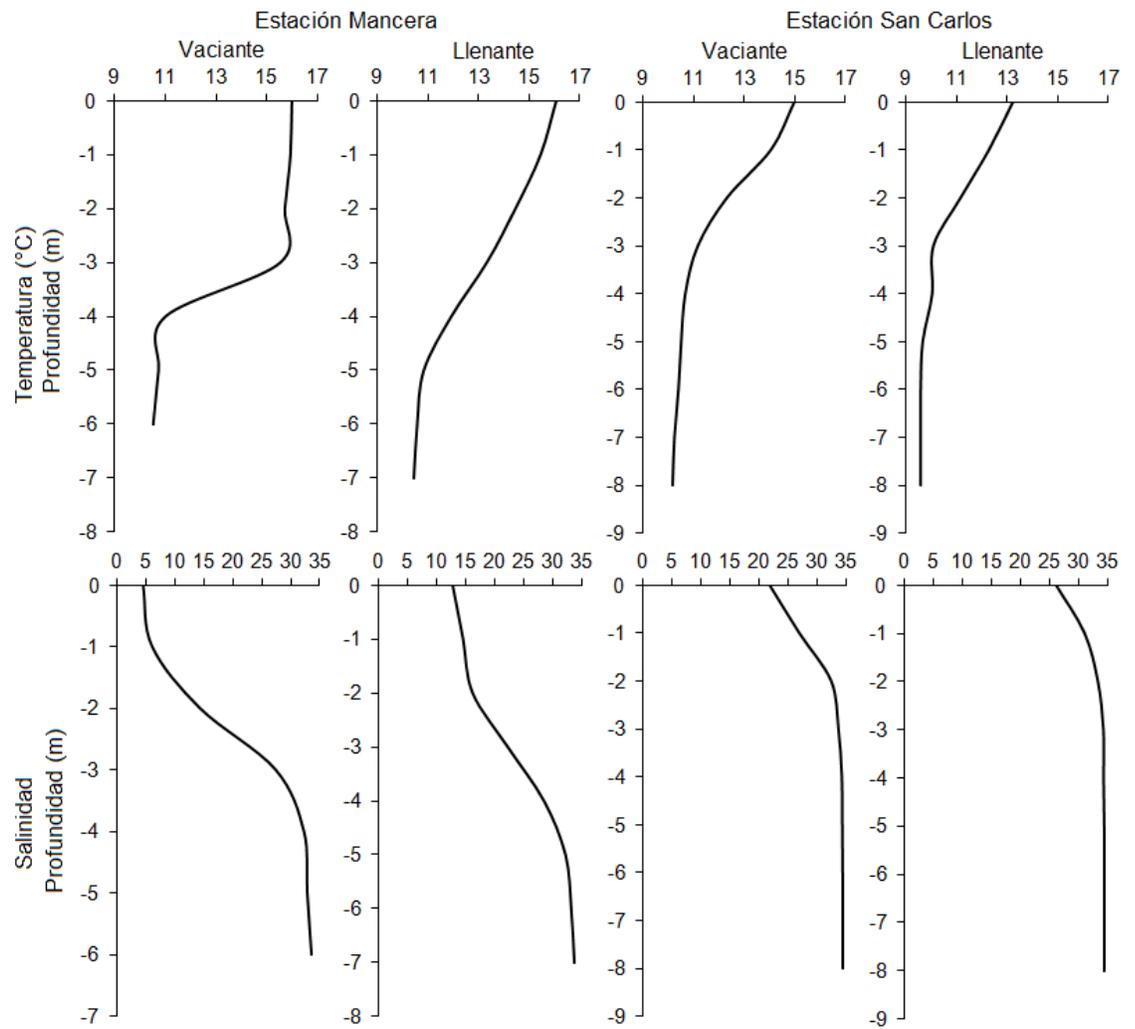


Figura 10. Perfiles de temperatura (°C) y salinidad durante marea vaciante y llenante en Mancera (mayor influencia de ríos) y San Carlos (mayor influencia de aguas costeras) durante 11-12 de diciembre del 2009.

DISCUSIÓN

Las larvas de *Myxodes viridis* se encontraron principalmente en la estación con mayor influencia oceánica durante el último muestreo (11-12 de diciembre del 2009, siendo la mayoría de los individuos muestreados correspondientes a larvas en estado de preflexión y flexión notocordal (Tabla 1 y 2). A medida que las larvas crecen aumenta el tamaño de la LMS, a una tasa mayor que el AMI (Fig. 5). La incidencia alimentaria fue más alta en marea vaciante y en larvas en preflexión y flexión; sin embargo, entre los diferentes estratos y localidades no hubo diferencia significativa (Tabla 4). El tipo de alimentación varió según el estado de desarrollo larval, pasando de una alimentación omnívora en preflexión y flexión, a carnívora en postflexión, sin aumentar el número de presas ingeridas, pero si el tamaño y volumen de éstas (Tabla 6, Figs. 6 y 7). Las larvas presentaron diferencias en los hábitos alimentarios según la ubicación en la columna de agua y estado de desarrollo (Figs. 8 y 9).

Abundancias

Las larvas de *Myxodes viridis* estuvieron presentes durante todo los cruceros realizados, como se puede observar en la Tabla 2 las larvas en preflexión se encontraron en todos los muestreos, las larvas en flexión se encontraron desde el segundo crucero y las larvas más desarrolladas aparecieron en la última fecha de estudio. Esto indicaría que las larvas presentaron distintas fechas de eclosión

aumentando las abundancias y desarrollo larval hacia fines de la primavera austral.

La marea no influyó en la abundancia de larvas de *Myxodes viridis*, siendo mayor la cantidad de ejemplares encontrados en la fase vaciante del ciclo mareal. La estrategia aplicada por esta especie permitiría que las larvas sean advectadas fuera del estuario donde pueden continuar con su ciclo de vida, encontrándose en áreas submareales (Withfield 1999). Al igual que otros peces costeros, emparentados filogenéticamente (*Caffrogobius gilchristi* y *Psammogobius knysnaensis*), presentaron mayor abundancia larval en períodos de marea vaciante, donde el mecanismo de transporte de las corrientes del estuario desplazan a los individuos hacia zonas más costeras para continuar su ciclo de vida (Strydom & Wooldridge 2005).

En relación a la abundancia por estratos, a pesar de lo establecido por Raby *et al.* (1994), quienes encontraron que las abundancias de larvas de peces son mayores en el estrato medio (donde se encuentra la picnoclina y por consiguiente mayor acumulación de alimento), las larvas de doncellita se encontraron en toda la columna de agua presentando mayor cantidad de individuos en el estrato profundo. En el estudio de larvas costeras de Beldade *et al.* (2006) dos especies de la familia Gobiidae, *Gobius xanthocephalus* y *Pomatoschistus pictus*, presentaron el mismo patrón de abundancia vertical. Las especies pueden tener respuestas específicas para cada señal dada por el medio, respondiendo a diferencias de presiones en la columna de agua y evitando ser advectadas hacia zonas más litorales manteniéndose en el fondo. Complementariamente, los

movimientos del agua, comportamiento específico de las larvas de peces o la interacción de ambos (Marliave 1986) puede determinar la distribución de los organismos en la columna de agua. De esta manera las larvas de *Myxodes viridis*, capturadas en bahía Corral durante la primavera austral del 2009 en marea vaciante, lograrían mantenerse más tiempo en el estuario al permanecer en el estrato profundo, evitando el traslado por corrientes mareales hacia áreas más litorales, siendo beneficiadas por la disponibilidad de alimento en el estuario (Kingsford *et al.* 2002, Myrberg & Fuiman 2002). El estado de desarrollo larval en que se encontraron, flexión notocordal, también influye en la distribución en la columna de agua, debido a que les permite mayor movilidad entre los estratos como los de postflexión (Wood & Hargis 1971, Sulkin 1984).

Las abundancias sólo presentaron diferencias significativas según localidad, siendo mayores en la estación de San Carlos donde la influencia de aguas costeras es mayor. Si bien los adultos y juveniles de *Myxodes viridis* habitan principalmente zonas litorales, también se han encontrado ejemplares en el estuario de bahía Corral en San Carlos, donde el agua es más salina. Esto justificaría la mayor abundancia larval en la estación con influencia oceánica, ya que los adultos de *Myxodes viridis* pueden desovar en ese sector y así aumentar la sobrevivencia larval con la oferta alimentaria disponible en el estuario. Según el estudio de Hernández-Miranda *et al.* (2003), quienes analizaron la distribución de larvas de peces costeras en Chile central (*Helcogrammoides chilensis*, *Scartichthys viridis* y *Auchenionchus* sp.), encontraron relación entre la distribución de peces adultos que habitan el intermareal y los estadios tempranos de éstos, lo

cual puede deberse a que los huevos son bentónicos o demersales evitando la advección de larvas fuera de la costa. Por otro lado, Vargas *et al.* (2003), analizaron la abundancia de larvas de peces en el estuario de bahía Corral y obtuvieron diferencias entre estaciones con mayor influencia oceánica respecto de la ubicada estuario arriba, lo cual se encontraría relacionado con el frente observado entre dichas estaciones. Por lo tanto, la variación de salinidad en la columna de agua entre ambas estaciones podría generar un frente entre las masas de aguas salinas y las provenientes de los ríos, regulando la presencia de larvas estuario arriba según la tolerancia de salinidad que presente la especie (Boehlert & Mundy 1988).

A pesar de que no se logró analizar estadísticamente las abundancias larvales de *Myxodes viridis* según la variación nictimeral, estuvieron presentes en la columna de agua tanto de día como de noche. Aunque durante el día es más probable que las larvas sean vistas por depredadores, el efecto de la turbulencia, generada por corrientes mareales en estuarios someros, sobre la turbidez de la columna de agua beneficia a las larvas ocultándolas de posibles depredadores (North & Houde 2001).

Incidencia alimentaria

En base al estudio del microplancton recolectado en este muestreo (Toledo 2011), los estadios larvales (larvas de crustáceos, larvas de cirripedios y larvas de poliquetos) presentaron las mismas abundancias en ambas fases de marea en

cada estación, por lo que este proceso no influyó en la distribución de la oferta alimentaria de las larvas de peces. Sin embargo, existen diferencias significativas en la incidencia alimentaria entre ambas fases de marea, esto puede ser fundamentado por el uso de corrientes mareales como transporte. Mientras depredan sobre parte del microplancton disponible durante el estado de marea vaciante, son advectadas hacia aguas más costeras, beneficiando la continuidad del ciclo de vida de *Myxodes viridis* en aguas submareales litorales. Otro resultado de dicho estudio (Toledo 2011) tiene relación con la distribución vertical de alimento en la columna de agua, los que indican que la abundancia de los estadios larvales de invertebrados fue mayor en el estrato medio y profundo. Sin embargo, no existieron diferencias significativas en la incidencia alimentaria según estrato, lo cual puede explicarse por la turbulencia generada por vientos y corrientes de mareas que inducen la mezcla de la columna de agua somera, permitiendo que las larvas se alimenten en todos los estratos. Según lo planteado por MacKenzie & Leggett (1991), quienes desarrollaron experimentos para evaluar la tasa de encuentro depredador-presa, consideraron variables, tales como viento y cambios de marea. Por lo tanto, la mezcla generada en la columna de agua somera podría favorecer la captura de presas de las larvas de *Myxodes viridis* en todos los estratos.

A pesar de que en la estación de Mancera se encontraron menos larvas de *Myxodes viridis*, la cantidad de larvas que contenían alguna presa en su estómago, no presentó diferencias significativas respecto a las analizadas en San Carlos. Cabe considerar que según Toledo (2011) la cantidad de presas (estadios

larvales de crustáceos, cirripedios y poliquetos) fue más alta en San Carlos (entre 100 y 400 ind L⁻¹) que en Mancera (entre 20 y 100 ind L⁻¹). Esto podría indicar que las larvas de doncellita no necesitan ingresar a zonas con mayor influencia de agua dulce para alimentarse y logran ser beneficiadas con los recursos de una zona de retención larval en las afueras del estuario, donde las distancias que necesitaría para continuar el ciclo de vida son menores y la disponibilidad de alimento es mayor. Esto refuerza la hipótesis sobre la categorización de *Myxodes viridis* como especie transitoria dentro del sistema estuarino de bahía Corral, ya que en ambas estaciones los individuos logran alimentarse, pero la gran abundancia de ejemplares en la estación de San Carlos y las bajas abundancias en marea llenante, explicarían el bajo ingreso al estuario.

Éxito alimentario y desarrollo larval

En cuanto a la morfometría de las larvas de *Myxodes viridis*, éstas presentaron mayor correlación entre la LMS y la LC que el AMI y la LC, además, entre el AMI y la LMS no presentaron correlación. La alta variabilidad de las medidas realizadas al AMI, que no fue explicada por la LC y la LMS se debió a las distintas formas en que quedaron dispuestas las mandíbulas al momento de preservar las muestras, por lo que la medición del AMI presentó distintos valores para larvas con una LC semejante. Por lo tanto, esta medición no fue utilizada en los análisis posteriores donde se realizaron comparaciones entre la morfometría de la larva y los tamaños de las presas.

El aumento de la LMS en relación a la LC influyó en la selección de presas con mayor volumen y tamaño, pero el número de presas no aumentó a medida que las larvas presentaron mayores longitudes corporales. Por consiguiente, la estrategia de forrajeo a medida que las larvas crecen será de alimentarse de pocas presas de mayor tamaño, en vez de varias presas de tamaño pequeño. Según Hunter (1980) la dieta de las larvas puede variar dependiendo de los requerimientos nutricionales que necesitará durante su desarrollo, por lo que la larva puede capturar presas del mismo tamaño pero en distinta etapa de vida, por ejemplo, una larva en flexión se puede alimentar mayormente de nauplii y en estado de postflexión puede consumir copepoditos del mismo tamaño, lo que varía en estas presas es el contenido energético que contienen y necesitan las larvas de distinto tamaño. Esto también se refleja en la alimentación omnívora que presentan las larvas en preflexión, debido a que el fitoplancton proporciona ácidos grasos esenciales que necesitan las larvas luego de la reabsorción del vitelo (Reitan *et al.* 1997). Otro factor importante es la disponibilidad de alimento en el medio en que se encuentran las larvas y el hábito alimentario que presente cada especie, ya que determinará la selección de las presas. Un ejemplo de esto son las larvas de peces de *Arnoglossus laterna* y *Callionymus* sp. que habitan el mar Catalán, ya que en el estudio realizado por Sánchez-Velasco (1998), a pesar de que existió alta abundancia de nauplii de copépodos, éstas larvas de peces se alimentaron principalmente de copepoditos de *Paracalanus* sp. y *Oithona* spp. respectivamente; además, a medida que las larvas aumentaron el tamaño del hocico *Callionymus* sp. se alimentó de presas más grandes que *A. laterna*.

Igualmente el estado de desarrollo larval condice la capacidad natatoria de los individuos, y esto a su vez en el tipo de presas que puede consumir (Reitan *et al.* 1997). El proceso de flexión notocordal es un hito importante en la ontogenia de peces, ya que determinará cambios morfológicos, habilidad locomotora y técnicas de alimentación (Somarakis & Nikolioudakis 2010). Como se observa en la Fig. 6, el %IIR según el estado de flexión notocordal, las larvas variaron la dieta de fitoplancton a zooplancton, consumiendo en el estado de preflexión presas que no presentan movilidad, facilitando el forrajeo cuando larva presenta menos capacidad natatoria que en el estado de flexión o postflexión, donde la depredación sobre organismos que sí presentan movilidad es mayor.

Las larvas presentaron composición de presas similares. Sin embargo hay larvas que se alimentaron de otros ítems respecto de la mayoría del grupo. Estas diferencias según el análisis estadístico ANOSIM, se encuentra relacionada por la ubicación de las larvas en los estratos. Esta diferencia puede ser generada por la presencia de los estados de desarrollo larval a través de la columna de agua, siendo mayor la cantidad de larvas en preflexión y flexión en el estrato superficial, alimentándose de presas menos móviles, como nauplii y huevos. Y en los estratos medio y fondo se encontraron más larvas en postflexión que se alimentaron de presas con mayor movilidad como copepoditos.

La información que se puede obtener sobre los aspectos tróficos de las especies en sus etapas tempranas de desarrollo, en conjunto con las características del medio en que habitan, son una herramienta que permite una mejor comprensión de la dinámica de las poblaciones. Incluso el conocimiento que

se puede adquirir de las especies que no son consideradas recursos, como es el caso de la especie en estudio, es importante para establecer relaciones tróficas con las especies que si lo son, ya que estas podrían competir por la fuente de alimento brindada en los sistemas estuarinos.

Según Bollens (1988) las larvas de peces pueden agotar las fuentes de alimento dependiendo las abundancias de éstas, por lo que si se suman los factores antropogénicos (contaminación y pesca no regulada) que pueden influir en la productividad de un sistema de crianza larval, las especies consideradas recursos pueden ser afectadas de manera directa. Países como Australia y Estados Unidos cuentan con medidas para establecer condiciones de calidad de agua donde integran la salud de la biota acuática de manera íntegra (Withfield & Elliot 2002), lo cual sirve de ejemplo para que la ciencia en Chile se enfoque en estudios que complementen más variables que pueden influir en el desarrollo de estos.

Finalmente, se puede establecer que *Myxodes viridis* es una especie marino migratoria (Withfield 1999) en el estuario de bahía Corral, ya que a pesar de habitar el intermareal y submareal durante su ciclo de vida, también puede utilizar el estuario como área de crianza larval.

CONCLUSIONES

- Las larvas de *Myxodes viridis*, muestreadas durante la primavera del año 2009 en bahía Corral, en distintos estados de desarrollo podrían disminuir la competencia intraespecífica, alimentándose de diferentes tamaños e ítems presas.
- Los patrones de distribución espacial y temporal de la abundancia larval sugieren que *Myxodes viridis* es una especie marino migratoria dentro el estuario de bahía Corral, completando su ciclo de vida en aguas litorales adyacentes, ubicándose en la zona submareal rocosa.
- El desarrollo larval y la morfometría influye en la selección del tamaño de las presas, ya que las larvas de *Myxodes viridis* a medida que crecen no aumentan el número de presas, pero sí el tamaño de éstas.
- En ambientes someros la picnoclina no incrementa la alimentación en larvas de *Myxodes viridis*; sin embargo, la dinámica del estuario de bahía Corral genera dos ambientes de oferta alimentaria, generando diferencias en la dieta de las larvas de superficie y picnoclina respecto de las ubicadas en el estrato más profundo.

LITERATURA CITADA

Able KW. 2005. A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 5-17.

Arcos D, H Peña, S Núñez, J Ortiz, L Furet, S Figueroa, A Sepúlveda, H Rebolledo, J Castillo, A Turner, H González, G Valenzuela, E Menschel. 2002. Determinación de la capacidad de carga de las zonas estuarinas de los ríos Valdivia y Bueno, X Región (Río Valdivia). Informe Técnico FIP N° 2000-29, 333 p. [En línea] <www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202000-29Vol1.pdf>

Balbontín F. 2003. Ictioplancton de los canales y fiordos australes. En: N Silva & S Palma (eds). *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos*, pp 115-120. Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

Balbontín F & R Bravo. 1999. Distribución, abundancia y agrupaciones del ictioplancton en un área de desove de merluza común frente a Valparaíso. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 34(2): 233-260.

Balbontín F & A Cannobbio. 1992. Growth and survival of chilean sardine, *Sardinops sagax*, larvae reared at different densities of food. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 27(1): 101-112.

Balbontín F & R Bernal. 2005. Cambios estacionales en la composición y abundancia del ictioplancton de los canales australes entre el Golfo de Corcovado y el Golfo Elefantes, Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar* 28(1): 99-111.

- Balbontín F & M Garretón. 1977.** Desove y primeras fases de desarrollo de la sardina española, *Sardinops sagax música*, en Valparaíso. Revista de Biología Marina y Oceanografía 16(2): 171-181.
- Balbontín F, A Llanos & V Valenzuela. 1997.** Sobreposición trófica e incidencia alimentaria en larvas de peces de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural 70: 381-390.
- Beldade R, R Borges & EJ Gonçalves. 2006.** Depth distribution of nearshore temperate fish larval assemblages near rocky substrates. Journal of Plankton Research 28(11): 1003-1013.
- Bernal R & F Balbontín. 2003.** Distribución y abundancia de las larvas de peces desde el Estrecho de Magallanes hasta el Cabo de Hornos, Chile. Ciencia y Tecnología del Mar 26(1): 85-92.
- Berrios V & M Vargas. 2004.** Estructura trófica de la asociación de peces intermareales de la costa rocosa del norte de Chile. Revista de Biología Tropical 52(1): 201-212.
- Blaxter, JHS & Hempel G. 1963.** The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus*). Journal du Conseil - Conseil International pour l'Exploration de la Mer 28: 211– 240.
- Bochdansky AB, P Grønkjær, P Pepin & WC Leggett. 2008.** Food limitation in larval fish: ontogenetic variation in feeding scope and its potential effect on survival. Marine Ecology Progress Series 367: 239-248.

- Boehlert GW & BC Mundy. 1988.** Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *American Fisheries Society Symposium* 3: 51–67.
- Bollens SM. 1988.** A model of the predatory impact of larval marine fish on the population dynamics of their zooplankton prey. *Journal of Plankton Research* 10(5): 887-906.
- Boyle KS & MH Horn. 2006.** Comparison of feeding guild structure and ecomorphology of intertidal fish assemblages from central California and central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 319: 65-84.
- Bustos CA, MF Landaeta & F Balbontín. 2008.** Efectos ambientales sobre la variabilidad espacial del ictioplancton de Chile austral durante noviembre de 2005. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 205-219.
- Cass-Calay SL. 2003.** The feeding ecology of larval Pacific hake (*Merluccius productus*) in the California Current region: an updated approach using a combined OPCMOCNES to estimate prey biovolume. *Fisheries Oceanography* 12(1): 34-48.
- Córdova G & F Balbontín. 2006.** Distribución espacial de la abundancia y de la talla de ocho tipos de larvas de peces entre la boca del Guafo y bahía Anna Pink, zona austral de Chile. *Ciencia & Tecnología del Mar* 29(1): 153-161.
- Córdova O, JR Rau, CG Suazo & A Arriagada. 2009.** Estudio comparativo de la ecología alimentaria del depredador de alto nivel trófico Lontra felina (Molina, 1782) (Carnivora: Mustelidae) en Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(2): 429-438.

de la Lanza G, S Hernández & JL Carbajal. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores), 633 pp. Plaza & Valdés, México. [en línea] <<http://www.plazayvaldes.es/libro/organismos-indicadores-de-la-calidad-del-agua-y-de-la-contaminacion/132/>>

Dickmann M, C Möllmann & R Voss. 2007. Feeding ecology of Central Baltic sprat *Sprattus sprattus* larvae in relation to zooplankton dynamics: implications for survival. Marine Ecology Progress Series 342: 277-289.

Dower JF, P Pepin & G Kim. 2009. Covariation in feeding success, size-at-age and growth in larval radiated shanny (*Ulvaria subbifurcata*): insights based on individuals. Journal of Plankton Research 31(3): 235-247.

Elliott M, AK Whitfield, IC Potter, SJM Blaber, DP Cyrus, FG Nordlie & TD Harrison. 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. Fish and Fisheries 8: 241-268.

Fortier L, D Ponton & M Gilbert. 1995. The match/mismatch hypothesis and the feeding success of fish larvae in ice-covered southeastern Hudson Bay. Marine Ecology Progress Series 120: 11-27.

Garcés-Vargas J, M Ruiz, LM Pardo, S Nuñez & I Pérez-Santos. 2013. Caracterización hidrográfica del estuario del río Valdivia (centro-sur de Chile). Latin American Journal of Aquatic Research 41(1): 113-125.

Hempel G. 1963. On the causes of changes in recruitment. Rapports et Procès-verbaux des Réunions. Conseil International pour l'Éexploration de la Mer 154: 17-22.

Hernández-Miranda E & FP Ojeda. 2006. Inter-annual variability in somatic growth rates and mortality of coastal fishes off central Chile: an ENSO driven process? *Marine Biology* 149: 925-936.

Hernández-Miranda E, AT Palma & FP Ojeda. 2003. Larval fish assemblages in nearshore coastal waters off central Chile: temporal and spatial patterns. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 1075-1092.

Hernández-Miranda E, R Veas, CV Espinoza, SR Thorrold & FP Ojeda. 2009. The use of otoliths and larval abundance for studying the spatial ecology of the blenny *Scartichthys viridis* (Valenciennes, 1836) in coastal central Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(3): 619-633.

Herrera G & F Balbontín. 1983. Tasa de evacuación intestinal e incidencia de alimentación en larvas de *Sardinops sagax musica* (Pisces, Clupeiformes). *Revista de Biología Marina* 19(2): 113-132.

Hillgruber N, LJ Haldorson & AJ Paul. 1995. Feeding selectivity of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the oceanic domain of the Bering Sea. *Marine Ecology Progress Series* 120: 1-10.

Houde ED. 1989. Comparative growth, mortality, and energetic of marine fish larvae: temperature and implied latitudinal effects. *Fishery Bulletin* 87(3): 471-495.

Hunter JR. 1980. The feeding behavior and ecology of marine fish larvae. En: Bardach JM eds. *Fish behavior and its use in the capture and culture fishes*. ICLARM Conf. Proc., 5: 287-330.

- Kingsford M, JM Leis, A Shanks, KC Lindeman, SG Morgan & J Pineda. 2002.** Sensory environments, larval abilities and local self-recruitment. *Bulletin of Marine Science* 70(1): 309-340.
- Landaeta MF & LR Castro. 2006.** Variabilidad estacional en los patrones espaciales de las asociaciones ictioplanctónicas de la zona de fiordos de Chile austral. *Ciencia y Tecnología del Mar* 29(2): 107-127.
- Landaeta MF, R Veas, J Letelier & LR Castro. 2008.** Larval fish assemblages off central Chile upwelling ecosystem. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 569–584.
- Landaeta MF, K Schrebler, CA Bustos, J Letelier & F Balbontin. 2009.** Temporal fluctuations of nearshore ichthyoplankton off Valparaíso, central Chile, during the ENSO cycle 1997-2000. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(3): 571-582.
- Llanos A, G Herrera & P Bernal. 1996.** Análisis del tamaño de las presas en la dieta de las larvas de cuatro clupeiformes en un área costera de Chile central. *Scientia Marina* 60(4): 435-442.
- Llanos-Rivera A, G Herrera & P Bernal. 2004.** Food size selectivity and diet overlap in larvae of Clupeiform species from central Chile. *Cahiers de Biologie Marine* 45: 1-8.
- MacKenzie BR & WC Legget. 1991.** Quantifying the contribution of small-scale turbulence to the encounter rates between larval fish and their zooplankton prey: effects of wind and tide. *Marine Ecology Progress Series* 73: 149-160.

- Marliave JB. 1986.** Lack of Planktonic Dispersal of Rocky Intertidal Fish Larvae. Transactions of the American Fisheries Society 115(1): 149-154.
- May RC. 1973.** Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. Proceedings International Symposium Scotland Marine Biology 3–19.
- Miller TJ, LB Crowder, JA Rice & EA Marschall. 1988.** Larval size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45: 1657 - 1670.
- Muñoz AA & FP Ojeda. 1997.** Feeding guild structure of a rocky intertidal fish assemblage in central Chile. Environmental Biology of Fishes 49: 471–479.
- Muñoz AA & FP Ojeda. 1998.** Guild structure of carnivorous intertidal fishes of the Chilean coast: implications of ontogenetic dietary shifts. Oecologia 114: 563-573.
- Myberg Jr AA & LA Fuiman. 2002.** The sensory world of coral reef fishes. En: Peter F Sale (ed). Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem 123-148. Academic press San Diego, California. USA [en línea] <<http://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=cPVgw2RVducC&oi=fnd&pg=PA123&dq=The+sensory+world+of+coral+reef+fishes&ots=TXDKVBmq0t&sig=gKAI7QGV39qAh3nKw3QGui7Ok1Y#v=onepage&q=The%20sensory%20world%20of%20coral%20reef%20fishes&f=false>>
- North EW & ED Houde. 2001.** Retention of white perch and striped bass larvae: biological-physical interactions in Chesapeake Bay estuarine turbidity maximum. Estuaries 24(5): 756-769.
- Navarro J & G Pequeño. 1979.** Peces litorales de los archipiélagos de Chiloé y los Chonos, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 16(3): 255-309.

- Orellana MC & F Balbontín. 1983.** Estudio comparativo de las larvas de clupeiformes de la costa de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 19(1): 1-46.
- Pardo LM, P Mora-Vásquez & J Garcés-Vargas. 2012.** Asentamiento diario de megalopas de jaibas del género *Cancer* en un estuario micromareal. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40(1): 142-152.
- Pequeño G & J Lamilla. 1995.** Peces intermareales de la costa de Llanquihue (Chile): Composición taxonómica, abundancia relativa y gradientes de distribución longitudinal. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 30(1): 7-27.
- Pequeño G & F Olivera. 2007.** Peces litorales de los canales de Aysén, capturados durante los dos cruceros del proyecto CIMAR 9 Fiordos, en el año 2003. *Ciencia y Tecnología Marina* 30(1): 105-113.
- Pequeño G, J Lamilla, D Lloris & J Rucabado. 1995.** Comparación entre las ictiofaunas intermareales de los extremos austral y boreal de los canales patagónicos. *Revista de Biología Marina* 30 (2): 155-177.
- Pino M, G Perillo & P Santamarina. 1994.** Residual fluxes in a cross-section of the Valdivia river estuary, Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 38: 491-505.
- Potter IC & GA Hyndes. 1999.** Characteristics of the ichthyofaunas of southwestern Australian estuaries, including comparisons with holarctic estuaries and estuaries elsewhere in temperate Australia: A review. *Australian Journal of Ecology* 24: 395-421.
- Pritchard DW. 1967.** What is an estuary: Physical viewpoint. *Estuaries American Association for the Advancement of Science* 83: 3-5.

Quijada PA & CW Cáceres. 2000. Patrones de abundancia, composición trófica y distribución espacial del ensamble de peces intermareales de la zona centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 739-747.

Raby D, Y Lagadeuc, JJ Dodson & M Mingelbier. 1994. Relationship between feeding and vertical distribution of bivalve larvae in a stratified and mixed waters. *Marine Ecology Progress Series* 103: 275-284.

Reiss CS, A Anis, CT Taggart, JF Dower & B Ruddick. 2002. Relationships among vertically structured in situ measures of turbulence, larval fish abundance and feeding success and copepods on Western Bank, Scotian Shelf. *Fisheries Oceanography* 11(3): 156-174.

Reitan KI, JR Rainuzzo, G Øie & Y Olsen. 1997. A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. *Aquaculture* 155: 207-221.

Reyes P & M Hüne. 2012. Peces del sector intermareal. En: *Ocho Libros* (eds). Peces del sur de Chile, 44-81. Santiago, Chile.

Rodríguez-Graña L, L Castro, M Loureiro, HE González & D Calliari. 2005. Feeding ecology of dominant larval myctophids in an upwelling area of the Humboldt Current. *Marine Ecology Progress Series* 290: 119-134.

Sánchez-Velasco L. 1998. Diet composition and feeding habits of fish larvae of two co-occurring species (Pisces: Callionymidae and Bothidae) in the North-western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science* 55: 299–308.

Sassa C, Y Tsukamoto & Y Konishi. 2008. Diet composition and feeding habits of *Trachurus japonicus* and *Scomber* spp. larvae in the shelf break region of the east China sea. *Bulletin of Marine Science* 82(1): 137–153.

- Scura ED & CW Jerde. 1977.** Various species of phytoplankton as food for larval northern anchovy, *Engraulis mordax*, and nutritional value of the dinoflagellates *Gymnodinium splendens* and *Gonyaulax polyedra*. Fishery Bulletin 75(3): 577-583.
- Somarakis S & N Nikolioudakis. 2010.** What makes a late anchovy larva? The development of the caudal fin seen as a milestone in fish ontogeny. Journal of Plankton Research 32(3): 317-326.
- Stephens JS & VG Springer. 1973.** Clinid fishes of Chile and Peru, with description of a new species, *Myxodes ornatus*, from Chile. Smithsonian Contributions to Zoology 159: 1-24.
- Stepien CA. 1990.** Population structure, diets and biogeographic relationships of a rocky intertidal fish assemblage in central Chile: high levels of herbivory in a temperate system. Bulletin of Marine Science 47(3): 598-612.
- Strydom NA & TH Wooldridge. 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(2): 131–140.
- Stuardo J & C Valdovinos. 1989.** Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central. Ambiente y Desarrollo 5(1): 107-115.
- Sulkin SD. 1984.** Behavioral basis of depth regulation in the larvae of brachyuran crabs. Marine Ecology Progress Series 15: 181-205.
- Sun J & D Liu. 2003.** Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. Journal of Plankton Research 25(11): 1331-1346.
- Toledo S. 2011.** Efectos del ciclo mareal en la abundancia y distribución del microzooplancton en el estuario del río Valdivia durante la primavera de 2009.

Tesis de pregrado. Escuela de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Austral, 59 pp.

Valenzuela V, F Balbontín & A Llanos. 1995. Composición de la dieta y tamaño de las presas de los estadios larvales de ocho especies de peces de la costa central de Chile. *Revista de Biología Marina* 30(2): 275-291.

Vargas CA, Araneda SE & G Valenzuela. 2003. Influence of tidal phase and circulation on larval fish distribution in a partially mixed estuary, Corral Bay, Chile. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83: 217-222.

Velázquez E & ME Vega. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *CONABIO. Biodiversitas* 57: 12-15.

Whitfield AK. 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9: 151-186.

Whitfield AK & M Elliott. 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology* 61: 229-250.

Wood L & WJ Hargis .1971. Transport of bivalve larvae in a tidal estuary. In Crisp DJ (ed). *Fourth European Marine Biology Symposium* pp. 29-44. Cambridge University Press, Cambridge. [en línea] <
<http://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=eu08AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA29&dq=TRANSPORT+OF+BIVALVE+LARVAE+IN+A+TIDAL+ESTUARY&ots=XtncppvPnX&sig=2XiuoYaB75GfGJlfaeKvaXFhf-g#v=onepage&q=TRANSPORT%20OF%20BIVALVE%20LARVAE%20IN%20A%20TIDAL%20ESTUARY&f=false>>

Young JW & TLO Davis. 1990. Feeding ecology of larvae of southern bluefin, albacore and skipjack tunas (Pisces: Scombridae) in the eastern Indian Ocean. Marine Ecology Progress Series 61: 17-29.

Young KV, P Pepin & JF Dower. 2010. Interannual variability in feeding rate and niche breadth of radiated shanny (*Ulvaria subbifurcata*) larvae from coastal Newfoundland. Journal of Plankton Research 32(6): 815-827.

ANEXO

1. Publicación realizada en base a los datos obtenidos en éste estudio en la Revista de Biología Marina y Oceanografía 48(1): 45 - 57.