



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
OCEANOGRÁFICAS



**Distribución Vertical de estadios tempranos de *Euphausia vallentini*
Stebbing, 1900 en el Estrecho de Magallanes (53°28'51" S – 70°47'00" W)**



Por:

Felipe Itiel Mora Martinez

Profesor Guía: Dr. Leonardo Castro

Seminario de título presentado al:
Departamento de Oceanografía de la
Universidad de Concepción.

Para optar al título profesional de
Biólogo Marino

Concepción, Chile
2020

Este Seminario de Título ha sido realizado en el departamento de Oceanografía de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Profesor(a) Guía

Dr. Leonardo Castro

Universidad de Concepción, Concepción

Ha sido aprobada por la
siguiente Comisión evaluadora:

Dr. Leonardo Castro

Universidad de Concepción, Concepción



Dr. Diego Narváez

Universidad de Concepción, Concepción

Dr. Fabian Tapia

Universidad de Concepción, Concepción

Jefe de Carrera

Dr. Marcelo Gutiérrez

Universidad de Concepción, Concepción

AUTORIZACIÓN

Quien suscribe, Felipe Itiel Mora Martínez rut. 17.801.785-3, alumno del Programa de Biología Marina, que imparte la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, de la Universidad de Concepción, declara ser autor de la (Distribución Vertical de estadios tempranos de *Euphausia vallentini* Stebbing, 1900 en el Estrecho de Magallanes (53°28'51" S – 70°47'00" W)) y conceder derecho de publicación, comunicación al público y reproducción de esa obra, en forma total o parcial en cualquier medio y bajo cualquier forma del mismo, a la Universidad de Concepción, Chile, para formar parte de la colección material o digital de cualquiera de las Bibliotecas de la Universidad de Concepción y del Repositorio Institucional UdeC. Esta autorización es de forma libre y gratuita, y considera la reproducción de la obra con fines académicos y de difusión tanto nacional como internacionalmente.

Asimismo, quien suscribe declara que dicha obra no infringe derechos de autor de terceros.



.....
(FIRMA)

(06 de mayo de 2021)

Dedicatoria

A mi madre que me enseñó y me hizo quién soy, a mi lela y su confianza y amor incondicional, a mi hija que es la razón de mi vida, y a mi nane quién me enseñó que; “de un palo no muere un hombre” y “plata y miedo no hemos tenido nunca”.

Para ellos este trabajo, los amo.



Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar gracias al Dr. Leonardo Castro, por el apoyo y comprensión durante el transcurso de esta investigación, por siempre instarme a mejorar y confiar en mi manera de hacer las cosas, por entenderme, y tenderme una mano durante los periodos difíciles de mi vida, por darme la oportunidad de pertenecer a su equipo de trabajo, dentro del Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL); fue aquí donde pude desenvolverme de forma profesional y descubrir un universo de conocimiento y sabiduría, además de conocer a un gran grupo humano con gente linda, y grandes profesionales, muchas gracias a ustedes mis queridos Lopelientos.

A Pamela Barrientos encargada del laboratorio, que me guió a lo largo de esta investigación con su paciencia, consejos, tips, regaños y motivaciones, y dónde muchas veces fue mi confidente, sicóloga, paño de lágrimas y amiga. A ti Pame muchas gracias.

A Samuel Soto por su paciencia con mis dudas, y su disponibilidad al momento de necesitar consejos de como enfocar esta investigación, ya sea en las instalaciones del laboratorio o desde su casa durante esta pandemia.

Sin embargo, el agradecimiento más importante es para ti mamá, por creer en mi cuando nadie lo hacía, por inculcarme el superarme, por enseñarme a soñar en grande, por ser valiente y enseñarme a mí a serlo, por no dejarme renunciar, y por amarme como lo haces, porque este logro no es solo mío, es nuestro. TE AMO

A mi familia, en especial a mi hija, mi lela y mi nane, por su fe y confianza incondicional, por entender cada vez que cometí errores e impulsarme a seguir adelante, por no abandonarme y darme razones para continuar.

A mis amigos, de Malalcahuello y de Concepción, sepan que no los olvido y que agradezco a cada uno de ustedes, sus ánimos, retos y buenas intenciones, porque sabiéndolo o no, ustedes también ayudaron a que esto pasara.

Agradecimientos Institucionales

Este Seminario de Título fue realizado gracias al “Programa CIMAR Fiordos” del Comité Oceanográfico Nacional, que financió el crucero CIMAR 16 y permitió la toma de muestras de zooplancton y data hidrográfica del crucero. Al “Programa COPAS-SUR Austral”, que proporcionó equipamiento tanto en terreno como en laboratorio, además de los datos asociados a las muestras.



ÍNDICE	
Resumen	1
Abstract.....	2
1. Introducción.....	3
2. Hipótesis.....	8
3. Objetivo General	8
4. Objetivos Específicos.....	8
5. Materiales y Métodos.....	9
5.1 Área de estudio.....	9
5.2 Muestreo de zooplancton.....	9
5.3 Análisis de Laboratorio.....	10
5.4 Variables oceanográficas	10
5.5 Análisis de Datos	10
6. Resultados	12
6.1 Condiciones Hidrográficas	12
6.2 Abundancia de estadios tempranos de <i>E. vallentini</i>	13
Caliptopis.....	13
Furcilia.....	14
Juveniles.....	15
6.3 Profundidad del Centroide.....	16
Caliptopis.....	16
Furcilia.....	17
Juveniles.....	18
6.4 Nivel medio del mar y distribución vertical de centroides	18
7. Discusión	20
7.1 Condiciones Hidrográficas	20
7.2 Abundancia de estadios tempranos de <i>E. vallentini</i>	21
7.3 Profundidad del Centroide.....	22
7.4 Nivel medio del mar y distribución vertical de centroides	26
8. Conclusión	27
9. Referencias.....	28

Índice de Figuras

- Figura 1: Ubicación referencial de la estación YO-YO muestreadas por el crucero CIMAR-FIORDOS 16, en la zona del Seno Otway ($52^{\circ}59'16''$ S – $71^{\circ}30'46''$ O) en el Estrecho de Magallanes ($53^{\circ}28'51''$ S – $70^{\circ}47'00''$ W). 33
- Figura 2: Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}$ C) y oxígeno disuelto (ml/L) durante las horas de muestro para los días 24 y 25 de noviembre. Cada sección vertical muestra a su derecha la escala de colores con los rangos de los valores utilizados en la construcción de la sección vertical 34
- Figura 3: Secciones verticales de salinidad (psu) y densidad (sigma-t) durante las horas de muestreo para los días 24 y 25 de noviembre. Cada sección vertical muestra a su derecha la escala de colores con los rangos de los valores utilizados en la construcción de la sección vertical..... 35
- Figura 4: Abundancia promedio de los estadios tempranos de *Euphausia vallentini* (caliopsis, furcilia, juveniles), durante un periodo de 30 horas entre los días 24 y 25 de octubre en el Seno Otway. 36
- Figura 5: Abundancias de caliopsis denotadas en círculos de tamaños variables sobrepuestos sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}$ C), oxígeno disuelto (ml/L), salinidad (psu), y densidad (sigma-t) en el Seno Otway. Posición de los círculos corresponde a la profundidad media del estrato muestreado por la red..... 37
- Figura 6: Abundancias de furcilia denotadas en círculos de tamaños variables sobrepuestos sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}$ C), oxígeno disuelto (ml/L), salinidad (psu), y densidad (sigma-t) en el Seno Otway. Posición de los círculos corresponde a la profundidad media del estrato muestreado por la red..... 38
- Figura 7: Abundancias de juveniles denotadas en círculos de tamaños variables sobrepuestos sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}$ C), oxígeno disuelto (ml/L), salinidad (psu), y densidad (sigma-t) en el Seno Otway. Posición de los círculos corresponde a la profundidad media del estrato muestreado por la red..... 39
- Figura 8: Sobreposición de los centroides (profundidad media) del estadio caliopsis de *E. vallentini* sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}$ C), salinidad, densidad (sigma-t), y oxígeno disuelto (ml/L), durante las horas de muestreo. Panel inferior, altura de mareas durante las mismas horas de muestreo..... 40
- Figura 9: Sobreposición de la profundidad de los centroides (profundidad media) del estadio furcilia de *E. vallentini* sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}$ C), salinidad psu, densidad (sigma-t), y oxígeno disuelto (ml/L),

durante las horas de muestreo. Panel inferior, altura de mareas durante las mismas horas de muestreo..... 41

Figura 10: Sobreposición de la profundidad de los centroides (profundidad media) del estadio juveniles de *E. vallentini* sobre secciones verticales temporales de temperatura (°C), salinidad psu, densidad (sigma-t), y oxígeno disuelto (ml/L), durante el periodo de muestreo. Panel inferior, altura de mareas durante las mismas horas de muestreo..... 42

Figura 11: Abundancia integrada Ind/m² en la columna de agua para cada estadio de desarrollo, (caliplotis (A), furcilia (B) y Juveniles (C)), con sobreposición del nivel medio del mare para el Seno Otway, durante las 24 horas de muestreo. 43

Índice de Tablas

Tabla 1: Abundancia (Ind/100 m³) de estadios tempranos de *Euphausia vallentini* (caliplotis, furcilia, juveniles), por estrato de profundidad en el Seno Otway durante diferentes horas del día, y promedio durante el periodo total de 44

Tabla 2: Resultado del análisis estadístico Kruskal-Wallis, donde se evalúa si hubo diferencias significativas entre la abundancia de estadios tempranos de *Euphausia vallentini* entre el día vs noche, para la zona del Seno Otway. 45

Tabla 3: Profundidad (m) de los centroides a diferentes horas del día (Día y noche) de cada estadio larval encontrado (caliplotis, furcilia y juveniles), en el Seno Otway, con sus respectivos promedios y desviaciones estándar. 46

Tabla 4: Resultado del análisis estadístico Kruskal Wallis, donde se evalúa, la presencia de diferencia significativas en la profundidad del centroide entre estadios durante el día, durante la noche, y entre el día vs noche. 47

Tabla 5: Resultado del análisis estadístico Kruskal-Wallis, donde se evalúa si hubo diferencias significativas entre la profundidad del centroide de *Euphausia vallentini*, entre el día vs noche, para la zona del Seno Otway. 48

Tabla 7: Correlación de Spearman entre la profundidad de los centroides y la profundidad de las variables oceanográficas para el estadio furcilia, donde el grado de asociación está representado por (rho) y el valor de la significancia por valor-p..... 50

Tabla 8: Correlación de Spearman (Rho) entre la profundidad de los centroides y la profundidad de las variables oceanográficas para el estadio juveniles, donde el grado de asociación está representado por (rho) y el valor de la significancia por valor-p..... 51

Tabla 9: Abundancia (Ind/m²) de estadios tempranos de *Euphausia vallentini* (caliplotis, furcilia, juveniles), de acuerdo a la hora de colecta en el Seno Otway durante las diferentes alturas del nivel medio del mar. 52

Tabla 10: Correlación de Spearman (Rho) entre la profundidad de los centroides de cada estado de desarrollo y el nivel medio del mar, donde el grado de asociación está representado por (rho) y el valor de la significancia por valor-p 53

Tabla 11: Correlación de Spearman (Rho) entre la abundancia integrada de los estados de desarrollo en toda la columna de agua y el nivel medio del mar a cada hora, donde el grado de asociación está representado por (rho) y el valor de la significancia por valor-p. 54



Resumen

Euphausia vallentini tiene una distribución circumpolar y se extiende al extremo de América del sur, colonizando los fiordos chilenos y convirtiéndose en una de las especies más abundantes de la comunidad zooplanctónica en zonas de la Patagonia Norte. En océano abierto y en zonas de fiordos muestra una fuerte migración vertical diurna-nocturna, vinculada a un ritmo de alimentación. La distribución vertical y migraciones de los primeros estadios de desarrollo en *E. vallentini*, son poco conocidas. Por esto el objetivo principal de este estudio es determinar la distribución vertical de los estadios tempranos de desarrollo de *E. vallentini* en el Seno Otway ($53^{\circ} 28'51''$ S – $70^{\circ} 47'00''$ O), un área adyacente al Estrecho de Magallanes. Para esto se usaron muestras de zooplancton colectadas de forma estratificada, en una estación oceanográfica fija (Yo-Yo) durante el crucero de investigación Cimar-Fiordos 16 realizado durante primavera del año 2010. Las muestras fueron recolectadas mediante una red Tucker Trawl con intervalos de 3 horas durante un periodo de 30 horas, donde también se tomaron perfiles de CTD. Las muestras se analizaron en conjunto con los perfiles hidrográficos para determinar el efecto de las variables oceanográficas en la distribución vertical de organismos. Los resultados muestran que el Seno Otway posee condiciones estuarinas con una estructura de dos capas en temperatura, salinidad y densidad. Todos los estadios de desarrollo se ubicaron preferentemente bajo la termoclina, haloclina y picnoclina. Los estadios larvales encontrados fueron caliptopis, furcilia y juveniles, siendo caliptopis el estadio más abundante. A partir del análisis de la profundidad de los centroides, se determinó que no hubo diferencias en la distribución entre estadios de desarrollo de día ni de noche. Hubo diferencias de abundancia en el día y la noche en los estadios caliptopis y furcilia, algo que el estadio juvenil no presentó. Los resultados y los análisis de distribución de la profundidad de los centroides (día vs noche), señalan que existe migración vertical entre el día y la noche solo en uno de los estadios (furcilia). Dado los resultados obtenidos es necesario realizar mayores estudios de esta especie y sus estadios en la zona sur de Chile.

Abstract

Euphausia vallentini has a circumpolar distribution and extends to the extreme of South America, colonizing the Chilean fjords and becoming one of the most abundant zooplankton species of the community in areas like the Northern Patagonia. In open sea and fjord areas it shows a strong vertical diurnal-night migration, linked to a feeding rhythm. The vertical distribution and migrations of the first stages of *E. vallentini* development are barely known, thus the main objective of this study is to determine the vertical distribution of the early stages of development of *E. vallentini* in Seno Otway (53 ° 28'51 "S - 70 ° 47'00" W), an adjacent area to the Magallanes Strait. For this, stratified zooplankton samples were collected in a single oceanographic station (Yo-Yo), during the Cimarrones 16 research cruise carried out during the spring of 2010. The samples were collected through a Tucker Trawl net with intervals of 3 hours over a 30 hours period, where CTD profiles were also taken. The samples were analyzed in conjunction with the hydrographic profiles to determine the effect of oceanographic variables on the vertical distribution of organisms. The results show that the Seno Otway has estuarine conditions with a two-layer structure in temperature, salinity and density. All developmental stages were preferentially located under the thermocline, halocline, and pycnocline. The larval stages found were calyptopis, furcilia and juveniles, being calyptopis the most abundant stage. From the analysis of the depth of the centroids, it was determined that there were no differences in distribution between development stages during the day or night. There were differences in abundance of calyptopis and furcilia stages during day and night, something that the juveniles stage did not present. The results and the analysis of depth distribution of day vs. night centroids, indicate that diel vertical migration occurs only in one of the stages (furcilia). Given the result obtained, it is necessary to carry out further studies of this species and its stages in the southern part of Chile.

1. Introducción

La zona austral de Chile comprendida entre los ($41^{\circ}30'S$ y los $56^{\circ}S$), se distingue por presentar una alta heterogeneidad ambiental, espacial y temporal (Guzmán *et al.* 2011), caracterizada por fiordos, islas, canales y archipiélagos (Landaeta *et al.* 2011), asociados a la historia glaciaria pasada y actual, lo que ha implicado en una marcada influencia en procesos oceanográficos (Mutschke *et al.*, 2011). La gran cantidad de fiordos y canales presentes en la zona fueron formados por el avance y retroceso de los glaciares (Mutschke *et al.*, 2011) durante el periodo cuaternario y por el hundimiento tectónico del valle central del sur de Puerto Montt (Muñoz, 2006; Vargas *et al.*, 2011). Cuando el socavamiento glaciario se encontró sin presencia de hielo, este valle fue inundado por el mar adyacente lo que, junto al aporte de agua dulce, escurrimiento costero y derretimiento de glaciares, dio origen al sistema estuarino actual (Daneri *et al.*, 2018; Vargas *et al.*, 2011). A lo largo de esta zona existen numerosos aportes de agua continental provenientes de lluvias, descargas de ríos de régimen pluvial, nival y mixto, sumado al deshielo de glaciares que generan una capa superficial de agua de baja densidad con una marcada picnoclina (Landaeta *et al.* 2011) y una haloclina bien estratificada (Hamame & Antezana, 2010).

Estas condiciones heterogéneas ofrecen características distintivas para el estudio de la biodiversidad de organismos que allí habitan, en cualquiera de las escalas de riqueza de especie que comúnmente se utilizan (Ríos *et al.*, 2003). El mar presente en el extremo sur de la Patagonia, específicamente la zona del Estrecho de Magallanes ($53^{\circ}28'51'' S - 70^{\circ}47'00'' O$), tiene como singularidad el estar constituido por masas de aguas provenientes del Océano Pacífico, Océano Atlántico y el Océano Austral (Ríos *et al.*, 2003). Estas masas de agua se presentan de la siguiente manera en la zona de estudio: el agua subantártica (ASAA) de la corriente del Cabo de Hornos (Acevedo *et al.*, 2013) hasta los 150 m de profundidad y bajo esta, el agua modal subantártica (AMSAA), con un espesor que puede variar entre 300 y 700 m de profundidad. Bajo el AMSAA, a profundidades que pueden sobrepasar los 1.000 m de profundidad, se encuentra

el agua intermedia antártica (AIAA), seguida a mayor profundidad por el agua circumpolar profunda (ACP). El ASAA que ingresa desde el Océano Pacífico a través del Estrecho de Magallanes, se mezcla con agua dulce (AD) del interior del continente formando aguas estuarinas (AE) y agua subantártica modificada (Acevedo *et al*, 2013; Sievers & Silva, 2006).

En esta zona las características ambientales son complejas y heterogéneas y se ven definidas por la circulación de agua impulsada por las corrientes de marea, la fuerza del viento, las ondas internas sumado a la fricción del fondo, en conjunto con la topografía y la batimetría (Hamame & Antezana, 2010).

El seno Otway presenta una batimetría que puede alcanzar sobre los 400 m de profundidad, se encuentra conectado al seno Skyring a través del Canal Fitz Roy, también conecta al borde oriental del Estrecho de Magallanes a través del canal Jerónimo (Valdenegro, 2002). En general, las aguas del seno Otway y del Estrecho de Magallanes, en la parte central y occidental, se caracterizan por presentar alta salinidad superficial durante la primavera incrementando progresivamente hacia la parte oriental donde existe una mayor influencia de aguas costeras provenientes desde el océano Atlántico (Palma & Aravena, 2001). Debido a lo dinámico del ambiente en esta zona, se afirma que el ambiente que habita el zooplancton que se transporta hacia los fiordos, encuentra en ellos un ambiente muy diferente en comparación al mar abierto (Hamame & Antezana, 2010). Uno de los componentes principales del zooplancton son los eufáusidos, grupo de crustáceos holoplanctónicos, exclusivamente marinos (Cisternas, 2011; Rivera & Giraldo, 2018), con amplia distribución y abundancia en diferentes regiones oceánicas (Robledo & Mujica, 1999). Desempeñan un importante rol en la transferencia energética desde los niveles primarios de la trama trófica (Cisternas, 2011; Daneri *et al*, 2018; Robledo & Mujica, 1999). Son especies clave en el ecosistema por ser capaz de incorporar grandes cantidades de fitoplancton y alimentar a su vez a un gran número de depredadores (Ramírez, 2016; Hamame & Antezana, 2010).

La comunidad zooplanctónica en el Estrecho de Magallanes está dominada por individuos de origen subantárticos (*Euphausia vallentini*) y de la zona de

transición (*Thysanoessa gregaria* y *Nematoscelis megalops*) pudiendo encontrarse también especies mesopelágicas (*Stylocheiron máximum*) que penetran a través de la boca occidental del estrecho, donde el fondo es más profundo (Cisternas, 2011; Palma & Aravena, 2001).

Euphausia vallentini es una especie de eufáusidos que tiene una distribución circumpolar de océano abierto, y ha colonizado los fiordos chilenos convirtiéndose en una de las especies más abundantes de la comunidad zooplanctónica en zonas de la Patagonia Norte (41° S – 46° S) (Hamame & Antezana, 2010; Guglielmo & Ianora, 1997). En el extremo sur de Sudamérica tiene una amplia distribución (Palma, 2006) que va desde el frente polar hasta la convergencia subtropical antártica entre 42° y 60° S en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Hamame & Antezana, 2010). La distribución geográfica de *E. vallentini* sigue de cerca las masas de agua y se extiende hacia y alrededor del extremo de América del sur hacia el Sur y hasta los 36°S hacia el norte (Hamame & Antezana, 2010). Su ciclo de vida tiene una duración de dos años, y es en verano donde ocurre el reclutamiento de sus larvas, además el crecimiento es rápido hasta finales de otoño (Hamame & Antezana, 2010). La reproducción en eufáusidos ocurre mediante fecundación externa, donde el macho transfiere los espermátóforos hacia la espermateca, ubicada en el sexto segmento torácico de la hembra, para dar paso a un desarrollo larval de 10 estadios antes de llegar al estadio juvenil, donde luego se desarrolla hasta alcanzar el estadio adulto (Palma & Kaiser, 1993). La alimentación de los eufáusidos se compone principalmente por fitoplancton (Hamame & Antezana, 2010; Chandia, 2006; Boltovskoy, 1981), así como también de nano-plancton hasta mesozooplancton, incluyendo posiblemente picoplancton (González *et al*, 2018). Existe evidencia sobre que pueden ser omnívoros y hasta carnívoros (Werlinger *et al.*, 2004). *E. vallentini* forma grandes agregaciones de individuos de alta densidad, lo que la convierte en una presa objetivo para depredadores de gran tamaño (e.g. ballenas, focas, peces, aves) (Cisternas, 2011; Daneri *et al*, 2018; González & Arenas, 2001; Zhou & Dorland, 2004; Hamame & Antezana, 2010).

Una de las estrategias de supervivencia que desarrolla el zooplancton es la migración vertical, siendo afectada por factores como ciclos diarios de luz y oscuridad, patrones de corrientes, salinidad, temperatura, oxígeno, presencia de predadores, entre otros (Chandia, 2006). Además, existen diversos factores ambientales que afectan la distribución vertical del plancton, como termoclinas, haloclinas, zonas pobres de oxígeno y también factores biológicos como zonas ricas en fitoplancton o zonas con alta producción primaria (Muñoz, 2006).

Se han descrito migraciones verticales asociadas a la intensidad lumínica (día-noche), disponibilidad de alimento y características oceanográficas de la columna de agua (Cisternas, 2011), así como también han sido descritas migraciones inversas y crepusculares, aunque son comportamientos más inusuales en el zooplancton (Villabona, Gavilán & Estrada, 2007). En océano abierto y en zonas de fiordos, los adultos de *Euphausia vallentini* muestra una fuerte migración vertical diurna-nocturna, vinculada a un ritmo de alimentación caracterizado por altas tasas de ingestión de fitoplancton en horas de la noche y baja actividad de alimentación durante el día (Hamame & Antezana, 2010; Cisternas, 2011). La distribución vertical y migraciones de los primeros estadios de desarrollo en *E. vallentini*, sin embargo, son poco conocidas. Del mismo modo, si factores ambientales como la presencia de termoclina o haloclina afectan su distribución vertical, no ha sido reportado. En otras especies como *E. mucronata* en la Corriente de Humboldt, se ha aseverado que para los estadios de desarrollo que residen en distintos estratos, la migración es ontogénica, presentando los estadios tempranos profundidades que varían entre los 22 m y 36 m en los meses de verano, en tanto que juveniles y adultos, se ubicarían a 47 y 42 m. En meses de invierno los valores de profundidad de los estadios tempranos van desde los 33 a 45 m, y para los juveniles y adultos los valores son 40 m y 30 m respectivamente (Chandia, 2006). Se ha propuesto que la migración puede ser utilizada como parte de una estrategia de retención que les permite a los estadios tempranos una interacción con las capas subsuperficiales de retorno a la costa, como parte de un mecanismo para contrarrestar el transporte de la capa superficial de agua (Chandia, 2006). El presente estudio tuvo como objetivo

determinar la distribución vertical de los estadios tempranos de desarrollo *E. vallentini* en el Seno Otway (53°28'51" S – 70°47'00" O), un área adyacente a el Estrecho de Magallanes.

En la zona sur de la Patagonia Chilena no existen estudios enfocados en los estadios tempranos de *Euphausia vallentini* y se desconoce el grado de adaptación que tiene para vivir en los fiordos. Tampoco se conocen los rangos de distribución vertical de los primeros estadios durante el ciclo diurno-nocturno o si esta distribución y abundancia tienen alguna relación con condiciones oceanográficas particulares. El presente estudio entrega antecedentes relacionados con la variabilidad de distribución vertical de estadios tempranos de desarrollo y factores ambientales que podrían afectar su distribución en un ciclo diario.



2. Hipótesis

Los estadios tempranos de desarrollo de *E. vallentini* presentan cambios ontogenéticos en la distribución vertical en la columna de agua.

3. Objetivo General

Determinar si la distribución vertical varía entre los distintos estadios larvales de *E. vallentini* en el Seno Otway ($53^{\circ}28'51''$ S – $70^{\circ}47'00''$ O), un área adyacente a el Estrecho de Magallanes.

4. Objetivos Específicos

1. Determinar la distribución vertical de distintos estadios de *E. vallentini*.
2. Determinar si factores ambientales afectan la distribución vertical de *E. vallentini*.
3. Determinar si existen migraciones verticales diurno nocturnas de distintos estadios de *E. vallentini*.
4. Evaluar si las migraciones verticales son afectadas por otros factores ambientales como mareas.

5. Materiales y Métodos

5.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la estación Yo-Yo ubicada en la zona del seno Otway (53°28'51" S – 70°47'00" O), a bordo de la embarcación científica Abate Molina en el marco del proyecto CIMAR Fiordos 16, entre las 13:30 del día 24 y las 14:10 del día 25 de octubre (Fig. 1) durante primavera del año 2010. En este periodo se obtuvieron muestras de zooplancton y data oceanográfica del sector. El crucero completo abarcó desde el estrecho de Magallanes (53° 28'51" S – 70° 47'00 W) a Cabo de Hornos (55° 58'48"- 67° 17'21" W), y tuvo un periodo de duración desde el 11 de octubre y al 19 de noviembre de 2010.

5.2 Muestreo de zooplancton

Se realizó un muestreo estratificado con una red Tucker Trawl de 1 m² de área de boca y una trama de 300 µm, equipada con un flujómetro General Oceanics para estimar el volumen de agua filtrada por la red y posterior estandarización de la densidad de organismos a individuos x 100 m³. Durante el muestreo se colectó zooplancton a intervalos de 3 horas aproximadamente. Se obtuvieron un total de 36 muestras divididas en 4 estratos (0 -10, 10 – 25, 25 – 50, 50 – 150 m), que fueron preservadas en formalina al 5% en frascos de 500 ml y neutralizadas con boráx, con un etiquetado que contiene la estación y la profundidad a la que fueron muestreadas, para su posterior identificación, cuantificación y separación de los estadios de *E. vallentini*, en el laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL), de la Universidad de Concepción. Adicionalmente se obtuvieron perfiles de CTD, con los cuales se generaron perfiles de oxígeno disuelto, densidad, salinidad y temperatura. Estos perfiles fueron tomados cada 3 horas por medio del uso de un CTD SBE (Sea-Bird Scientific).

5.3 Análisis de Laboratorio

El análisis de muestras zooplanctónicas consistió en la identificación y cuantificación de estadios tempranos (caliopsis, furcilia y juveniles), de *Euphausia vallentini* bajo una lupa estereoscópica (Nikon sr°e200), basados en la clasificación de (Guglielmo & Ianora, 1997; Ramírez, 2016).

5.4 Variables oceanográficas

Los datos fueron analizados mediante el uso de software como Ocean data view (ODV) y Surfer 13, generando perfiles y secciones oceanográficas de temperatura, salinidad, oxígeno y densidad.

Además, se obtuvieron datos del nivel medio del mar de la zona de estudio para los días 24 y 25 de octubre desde la plataforma Marea, software WXTide 4.6.

5.5 Análisis de Datos

Realizada la separación y clasificación de los estadios tempranos, se procedió a calcular la abundancia correspondiente, expresada como número de individuo/100 m³.

Antes de realizar los análisis estadísticos, se verificaron los supuestos de normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas, mediante la prueba de igualdad de Levene. Estos resultados al no presentar normalidad ni homocedasticidad de varianzas, se eligió hacer pruebas no paramétricas.

Para la descripción de abundancia de los eufáusidos muestreados, se realizaron histogramas con los promedios días versus noches para los tres estadios, cada uno con sus respectivas desviaciones estándar. Además, se realizó un test estadístico Kruskal-Wallis, en dónde el factor fue la hora del día (día/noche) y la variable respuesta, la abundancia de los estadios tempranos de *E. vallentini*, para así determinar si existe una diferencia en abundancia entre el día y la noche.

Para evaluar la existencia de posibles interacciones entre variables hidrográficas y la distribución vertical de larvas, se realizaron secciones verticales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y densidad (σ_t), y se superpusieron secciones de abundancia de cada estadio larval por estrato (diagramado como burbujas de distinto tamaño según la abundancia). Para esto se usó el software SURFER 13.

Para determinar si existen diferencias en la profundidad de los centroides durante el día entre los estadios se realizó un análisis de Kruskal-Wallis, de igual manera para determinar si existen diferencias entre la profundidad de los centroides durante la noche entre los diferentes estadios, se generó un análisis de Kruskal-Wallis. Finalmente, para observar si existen diferencias en la distribución de los centroides de todos los estadios combinados entre el día y la noche, también se realizó un análisis de Kruskal-Wallis.

Para evaluar la existencia de un patrón de migración vertical, se realizó un cálculo de los centros de masa (centroide), en el eje vertical para cada estadio larval. Adicionalmente, se realizó un test estadístico Kruskal-Wallis, donde el factor fue la hora del día (día/noche) y la variable respuesta es la profundidad del centroide para cada uno de los estadios. El centroide se entiende como la representación gráfica de la profundidad media ponderada de la abundancia, expresada en metros (Chandia, 2006). Este parámetro de distribución vertical se estimó para todas las horas de muestreo.

Para evaluar la posible asociación entre las distribuciones verticales y las variables hidrográficas se realizó un análisis de correlación de Spearman, entre las profundidades de los centroides y las profundidades de termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina. Las profundidades de la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina, fueron estimadas de acuerdo a las profundidades donde se produjo la mayor diferencia en el eje vertical para los valores de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y densidad presentes en los perfiles hidrográficos.

Para evaluar una posible relación entre la abundancia de los diferentes estadios y los periodos de alta y baja marea, se graficó la abundancia integrada de cada estadio a cada hora de muestreo en un periodo de 24 horas, donde se sobrepuso las alturas de mareas (llenante/vacante). Finalmente se realizó un análisis de correlación de Spearman entre la profundidad del centroide y la altura de las mareas a cada hora de muestreo, así como también entre la altura de la marea la abundancia integrada verticalmente para cada estadio de desarrollo en cada hora muestreada.

6. Resultados

6.1 Condiciones Hidrográficas

Se presentan secciones verticales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y densidad, durante el periodo de muestreo en la zona del Seno Otway. En este muestreo, en términos muy generales, se observaron variaciones restringidas a la capa superficial durante las 24 horas en temperatura y oxígeno disuelto (Fig. 2), la salinidad y densidad también presentan variaciones, pero a partir de los 50 m se estabilizan manteniéndose así durante el tiempo que se realizó la toma de muestras (Fig.3).

La columna de agua se mantuvo térmicamente estratificada, desde la superficie hasta los 30 m, descendiendo la temperatura a medida que la profundidad era mayor, con valores que comienzan en superficie con 7°C, a 30 m tiene por valor 6,8 °C. A partir de aquí la temperatura sufre un aumento volviendo a marcar valores de 7°C hasta llegar a los 7.4 °C en su punto más cálido, a los 75 m aproximadamente, para luego volver a decaer en los 100 m de profundidad y mantenerse de ese modo hasta la profundidad máxima de muestreo. La mayor diferencia temperatura registrada fue a los 36 m de profundidad, dónde se ubicó la termoclina (promedio en 24 horas) (Fig.2).

El oxígeno disuelto se comportó de una manera similar a la temperatura, presentando valores que varía entre los 7.4 ml/L y los 7.2 ml/L en la capa superficial, con una disminución conforme aumentó la profundidad, llegando a

presentar valores de 5.4 sobre los 50 m, para luego comenzar a aumentar en profundidad, presentando entre 6 ml/L y 6.2 ml/L en el punto más profundo del muestreo (150 m). En este caso, la oxiclina se ubicó en los 31 m de profundidad (promedio en 24 horas), aquí fue donde se registraron las mayores diferencias en los valores de oxígeno disuelto. (Fig.2)

La salinidad aumentó en función de la profundidad teniendo valores superficiales de 28 psu, hasta llegar a 30.2 psu en los 50 m, con una haloclina marcada entre los 0 y los 50 m. La mayor diferencia ocurrió a los 27 m de profundidad (promedio en las 24 horas), y bajo los 50 m de profundidad los valores fluctuaron entre los 28.4 a 30 psu (Fig.3). La distribución vertical de densidad (σ_t) siguió un patrón muy similar al de la salinidad sugiriendo que está ligada a ésta, que a la temperatura. En superficie la densidad tuvo valores de σ_t de 22, que aumentaron con la profundidad hasta antes de los 50 m, teniendo valores de 23.5 σ_t .

Bajo los 50 m la densidad fue homogénea. La mayor diferencia de valores de densidad (picnoclina) se registró a los 28 m de profundidad (promedio en 24 horas) (Fig.3).

6.2 Abundancia de estadios tempranos de *E. vallentini*

Caliptopis

En la figura 4, se aprecia la abundancia promedio de individuos durante el día y noche en el Seno Otway, donde la mayor abundancia para este estadio se observó durante la noche, con un máximo de 2.465 Ind/100 m³, en los estratos 25-50 m de profundidad. Durante el día, la mayor abundancia se encontró en el estratos más profundos (50-150 m), con un máximo de 629 Ind/100 m³ (Tabla 1).

En la sobreposición de las abundancias de caliptopis, sobre la sección hidrográfica de temperatura, se observó que las mayores abundancias se encuentran por la noche y sobre la termoclina, en temperatura que oscilan entre los 6.8°C y los 7.2°C. En el caso del oxígeno disuelto las mayores abundancias

se localizaron por debajo de la oxiclina entre valores de 6 ml/L y 5.4 ml/L. La sección de salinidad presenta los máximos valores de abundancia de caliptopis, se observan bajo la haloclina, entre valores de 29.2 psu y 30 psu. Finalmente, en relación a densidad, las mayores abundancias estuvieron localizadas por debajo de la picnoclina y entre valores de sigma-t que oscilaron en 23.5 y 23 . (Fig. 5). Se observó, además que existen diferencias significativas (K-W: 11,26; $p < 0.01$) en las abundancias entre día y noche (Tabla 2).

Furcilia

La abundancia de este estadio fue menor que para caliptopis. Aun así el patrón día/noche fue consistente, con abundancias durante la noche, en el estrato de 25-50 m de profundidad. Durante el día las mayores abundancias se observaron en el estrato 50-150 m (Fig.4). La máxima abundancia observada para este estadio durante la noche fue de 436 ind/100 m³, mientras que durante el día el máximo fue 275 ind/100 m³.

En las secciones hidrográficas con abundancias de furciliias sobrepuestas (Fig.6), no se observa una abundancia máxima semejante a las caliptopis. En el caso de la temperatura las abundancias presentes (616-1232 Ind/100m³) se mantienen a lo largo de la columna de agua en la mayoría de los horarios de muestreo. También se aprecia que hubo individuos sobre la termoclina, así como también por debajo y evitando temperaturas mayores a 7.2 °C. En el caso de las secciones verticales de oxígeno disuelto ocurre algo similar con las abundancias, los individuos se posicionan por debajo de la oxiclina, con valores mínimos durante la tarde (19:30) en la capa superficial. En las secciones verticales de salinidad la abundancia de furciliias mostró un comportamiento igual al observado con el oxígeno disuelto, posicionándose bajo la haloclina de manera homogénea, esto también ocurre con la densidad, ya que al igual que las secciones descritas anteriormente (oxígeno disuelto y salinidad), las densidades más homogéneas se encontraron bajo la picnoclina (Fig.6). Se observó además que existen diferencias significativas (K-W:18,16; $p < 0.01$), de abundancias día vs. noche (Tabla 2).

Juveniles

En relación a los estadios previos, se observó una disminución en la abundancia de juveniles. Los mayores valores observados fueron de 15 Ind/100m³, durante la noche y 12 Ind/100m³ durante el día (Tabla 1). La mayor abundancia se reportó en el estrato 25-50 m de profundidad durante la noche, y en el día la abundancia máxima se encontró en el estrato más profundo (150-50 m) (Fig. 4).

En las secciones hidrográficas se observa que la mayor abundancia de individuos se encuentra en las zonas más profundas. Las mayores abundancias se registraron entre los 7.2 °C y 7 °C, por debajo de la termoclina, con excepción de un perfil nocturno (22:30 hrs.) cuando se observó un aumento de la abundancia hacia capas superficiales, por sobre la termoclina. El comportamiento de la abundancia entorno al oxígeno disuelto en la columna de agua, muestra que los individuos se posicionaron por debajo de la oxíclina entre 5.8 ml/L y 5.6 ml/L. En el caso de la haloclina y picnoclina, la posición de las mayores abundancias fue por debajo de estas para ambos casos, mostrando valores máximos de abundancia entre los 30 y 30.2 psu, y valores máximos entre los 23.5 y 23 sigma-t respectivamente (Fig.7). Se observó además que no existen diferencias significativas (K-W:0,55; p>0.05), de abundancias promedio entre el día vs noche (Tabla 2).

6.3 Profundidad del Centroide

La profundidad de los centroides en cada estadio de desarrollo a las distintas horas de colecta se muestra en la Tabla 3. La profundidad promedio de los centroides de caliptopis durante el día fue de 68 m, mientras que para la noche fue de 42 m. El estadio furcilia presentó una profundidad promedio de 84 m durante el día, mientras que en la noche fue de 43 m. Finalmente, el estadio juvenil presentó una profundidad promedio de 96 m durante el día y de 69 m para la noche. Al evaluar si existe diferencia entre estadios en la profundidad de los centroides durante el día, no se observan diferencias significativas (K-W:4,46; $p>0.05$) (Tabla 4), tampoco se observaron diferencias en la profundidad de los centroides durante la noche entre los diferentes estadios, (K-W:0,140; $p>0.05$) (Tabla 4). Finalmente, al evaluar si existen diferencias en la distribución de los centroides de todos los estadios combinados entre el día vs. la noche, se aprecia que existen diferencias significativas (K-W:6,03; $p<0.05$) (Tabla 4), por lo que si habría diferencias en la distribución vertical de los estadios tempranos y juveniles entre el día vs noche.

Caliptopis

Para determinar si existía un patrón de migración vertical se utilizó la profundidad del centroide (Tabla 3); éste presentó variaciones a lo largo de todo el periodo de muestreo. Las secciones verticales muestran de forma gráfica los centroides evidenciando sus desplazamientos verticales (Fig.8 a-d). El descenso a mayores profundidades (22 a 92 m) se registró entre las 13:30 y 19:30 (24 de octubre). El ascenso a aguas menos profundas (45 a 40 m) durante la noche, ocurrió entre las 22:30 horas (24 de octubre) y las 04:30 (25 de octubre). A las 07:30 del 25 octubre se observó un descenso hasta los 90 m de profundidad, para luego ascender a los 51 m a las 10:30 y finalmente registrar un último descenso a 84 m de profundidad a las 13:30 del 25 de octubre. Los centroides se mantuvieron bajo la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina durante toda la duración del muestreo, a excepción del periodo durante las 13:30 horas cuando la profundidad del centroide coincidió con las posición de las oxiclina, halo y picnoclinas.

Al comparar diferencias de profundidad entre los centroides para los muestreos de día/noche, no se observaron diferencias significativas (K-W:2,40; $p>0.05$) (Tabla 5). La correlación de Spearman, entre la profundidad del centroide para este estadio y la profundidad de la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina no indicó una correlación significativa ($p>0.05$) (Tabla 6).

Furcilia

De manera similar al estadio caliptopis, se observó cambios día/noche en la distribución vertical, con descensos a mayores profundidades durante el día, entre las 13:30 y las 19:30 (24 de octubre) cuando las profundidades fluctuaron entre los 89 y 99 m de profundidad. Luego ascienden hacia profundidades menores entre las 22:30 horas 24 de octubre y las 04:30 horas 25 de octubre siendo las profundidades en estas horas entre los 41 y los 34 metros de profundidad, para luego descender hasta los 77 metros a las 07:30, y para nuevamente ascender y descender entre las 10:30 y las 13:30, cuando la profundidad varió entre los 59 y los 95 metros de profundidad. En relación a las variables hidrográficas, los centroides se posicionaron bajo la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina, durante todo el periodo de muestreo (Fig.9 a-d).

Al comparar la profundidad entre los centroides para los muestreos de día/noche, se observan diferencias significativas (K-W:5,40; $p<0.05$) (Tabla 5). Al realizar una correlación de Spearman, entre la profundidad del centroide y la profundidad de la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina, a cada hora durante todo el periodo de muestreo, se observó que hubo una correlación significativa con la termoclina ($p= 0.684$), $p<0.05$) (Tabla 7).

Juveniles

Este estadio presenta cambios en la distribución similares a los dos estadios anteriores. Durante el primer periodo de muestreo se observó un cambio en la distribución vertical de la profundidad del centroide: entre las 16:30 y las 19:30 del 24 de octubre el centroide se ubicó a 100 m, y ascendió a 39 m a las 22:30. No fue posible obtener individuos juveniles para todo el periodo de muestreo, por lo cual se registra que el centroide a las 04:30 del 25 de octubre se encontraba a 100 m, y a las 13:30 se encontraba a 88 m. Respecto a las variables hidrográficas, los centroides se encontraron bajo la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina (Fig. 10 a-d). Al comparar la profundidad de los centroides entre los muestreos de día vs noche, no se observan diferencias significativas (K-W:0,33; $p>0.05$) (Tabla 5).

Al realizar una correlación de Spearman, entre la profundidad del centroide de todos los estadios y la profundidad de la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina a cada hora durante todo el periodo de muestreo, no se observó una correlación significativa ($p>0.05$) (Tabla 8).

6.4 Nivel medio del mar y distribución vertical de centroides

El área de estudio presentó una marea mixta, con una altura máxima de 2.3 m, durante el día 25 de octubre, y una altura mínima de 0.2 m durante el 24 de octubre. La mayor abundancia integrada de caliptopis, se presentó cuando la marea se encontraba en su punto más alto (pleamar). Durante la fase llenante entre las 01:30 y 4:30 se observó un aumento en la presencia de individuos (Tabla 9), para luego comenzar a disminuir durante la fase vaciante, y alcanzar un mínimo (Fig.11a). La correlación de Spearman entre el nivel medio del mar y la profundidad de los centroides, indicó que no hay una correlación significativa ($r = -0,417$, $p>0.05$) (Tabla 10). Finalmente, la correlación de Spearman entre el nivel medio del mar y la abundancia integrada de cada estadio larval, se indicó que no hubo una correlación significativa ($r = 0.350$, $p>0.05$) (Tabla 11).

Las furcillas mostraron su mayor abundancia integrada durante el periodo de bajamar a las 19:30 horas y una disminución en la abundancia durante la fase

llenante hasta las 22:30 horas. Aunque a las 1:30 horas, la abundancia volvió a mostrar un aumento, luego de esto la abundancia solo se mantuvo a la baja hasta finalizar el muestreo (Fig.11b). La correlación de Spearman entre el nivel medio del mar y la abundancia de furcillas a las distintas horas indicó que no existe una correlación significativa ($p=0.0500$, $p>0.05$) (Tabla 11). Lo mismo ocurrió con el nivel medio de la marea y la profundidad de lo centroides, ($p= -0,367$, $p>0.05$) (Tabla 10)

Los juveniles presentaron la abundancia integrada máxima durante la fase llenante, así también su abundancia integrada mínima fue apreciable de igual manera durante este periodo (Fig.11). Al realizar una correlación de Spearman entre el nivel medio del mar y la abundancia de juveniles a las distintas horas se observó que no existe una correlación significativa negativa ($p=-0.348$, $p>0,05$) (Tabla 11). La correlación de Spearman , entre la altura de las mareas y la profundidad de lo centroides, no indicó una correlación significativa ($p>0,05$) (Tabla 10).



7. Discusión

Los resultados obtenidos durante el Cimar Fiordos 16 del año 2010, evidencian que de los estadios tempranos de desarrollo de *E. vallentini*, el estadio caliptopis fue el más abundante en la zona de estudio. Además, se observó que en los estadios caliptopis y furcilia existían diferencias en abundancia respecto al día y la noche, algo que el estadio juvenil no presentó. En base a los análisis de profundidad de centroides realizados para la zona de estudio se pudo observar que existe migración entre el día y la noche solamente para el estadio furcilia, mientras que los estadios caliptopis y juveniles no presentaron migración vertical. Al evaluar si el nivel medio del mar o la profundidad de la termoclina, haloclina, u oxiclina y podría influenciar en la distribución vertical (expresadas como centroides) de los estadios larvales de *E. vallentini*, no se observó una relación positiva entre ellos.

7.1 Condiciones Hidrográficas

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los reportados por Valdenegro (2002), Sievers (2006), Sievers y Silva (2006), Valdenegro y Silva (2003), quienes indican que en las zonas de canales, senos y fiordos de la Patagonia Sur se presenta una estructura de dos capas; una superficial (<75 m) más fría, con temperaturas cambiantes y con máximos y mínimos variables, lo que genera una termoclina invertida, diferenciándose de la capa más profunda (>100m) que suele tener valores homotermales. Las mayores diferencias en temperatura ocurrieron a los 36 m de profundidad, siendo ahí donde se ubicó la termoclina.

La salinidad aumentó en función de la profundidad presentando valores de 28 a 28,4 psu en los primeros 25 m de profundidad, a partir de la cual los -cambios en salinidad ocurren en pocos metros, obteniéndose valores de 30,2 psu a los 50 m de profundidad. Esto confirma las observaciones hechas por Valdenegro y Silva (2003), Sievers (2006) y Valdenegro (2002) en cuanto a que, al igual que la

temperatura, se presenta una estructura de dos capas, separadas por una haloclina donde su intensidad depende de las bajas salinidades en la capa superficial. Para este caso las mayores diferencias en salinidad ocurrieron a los 27 m. La distribución de la densidad siguió un patrón similar al de la salinidad, sugiriendo la estrecha relación entre ambas (Valdenegro 2002), y de igual manera que la salinidad, las mayores diferencias en densidad ($\sigma-t$), se registraron en los 27 m de profundidad.

En tanto el oxígeno tuvo mayores concentraciones a nivel superficial que fueron descendiendo en función de la profundidad, con valores de 7.4 ml/L en superficie, 7 ml/L en los primeros 25 m de profundidad, y desde allí los valores oscilan entre los 6,8 ml/L y los 5,8 ml/L hasta los 100 m de profundidad, para luego volver a aumentar a 6 ml/L en una profundidad de 125 m. Concentraciones con valores similares han sido descritas por Valdenegro (2002), Valdenegro y Silva (2003), pero difiriendo en los valores para estratos más profundos.

7.2 Abundancia de estadios tempranos de *E. vallentini*

La mayor abundancia promedio de individuos fue presentada por el estadio caliptopis, en comparación a los otros estadios de desarrollo (furcilia y juveniles) presentes en la zona de muestreo. Báez y Palma (2010) mencionan que las larvas de crustáceos son componentes importantes del meroplancton marino, principalmente en primavera que es cuando ocurre el periodo reproductivo. Adicionalmente, Ridoux (1988) menciona que el peak de apareamiento para *E. vallentini* sería entre octubre y noviembre, por lo cual no sería extraño encontrar un gran número de estadios caliptopis durante estas fechas. La abundancia promedio del estadio furcilia presentó una disminución significativa en comparación con el estadio caliptopis y los juveniles fueron aún menos abundantes. Se ha indicado la presencia en el Seno Otway de individuos adultos donde además son la especie de eufáusidos dominante (Palma & Aravena, 2001) y en la zona de los fiordos en general (Cisternas; 2011; Hamamme & Antezana, 2010; Palma & Aravena, 2001), y aunque no existe evidencia de reportes de

estadios furcilia en el Seno Otway, Hammame y Antezana (2010) mencionan la aparición ocasional de grandes cantidades de larvas en estado furcilia, para los fiordos de Magallanes y Fueguinos. Este tipo de apariciones son indicios de una población autosostenida y aislada de la población parental del océano, por lo que se podría esperar que número de individuos en estado adulto aumente una vez avanzado los estadios de desarrollo menores anteriormente mencionados (caliopsis). La baja presencia de juveniles en comparación a los dos estadios previos, coincidiría con lo propuesto por Hammame y Antezana (2010) y por Ridoux (1988), ya que el reclutamiento de las larvas ocurre durante el verano, y el desarrollo de los individuos juveniles es rápido hasta finales del otoño. En esta línea, Ramírez (2016) menciona que entre enero y noviembre existe un predominio de los estadios de furcilia, seguido por el de las poblaciones juveniles en las muestras de procedentes de los meses de mayor temperatura, con marcada tendencia a partir de febrero. Cisternas (2011) también menciona que, para individuos adultos, los máximos de abundancias tienden a ser mayores en invierno que en verano, por lo que se sugiere que el número de individuos podría aumentar con el pasar del tiempo.

7.3 Profundidad del Centroide

La profundidad media (centroides) de los estadios larvales presentes en el Seno Otway varió entre los 22 y los 100 m con cambios en la profundidad promedio durante el día y la noche para cada estadio. En el caso de caliopsis durante el día presentó una profundidad promedio de 68 m, y durante la noche en cambio fue de 42 m. El estadio furcilia presentó una profundidad promedio de 84 m durante el día y de 43 m en la noche. El estadio juvenil presentó una profundidad promedio de 96 m durante el día y de 69 m durante la noche. La distribución vertical no varió significativamente entre estadios durante el día, ni durante la noche. Esto indicaría, por un lado, que hay una sobreposición en la columna de agua entre estadios de desarrollo y, por otro lado, que no se evidencia cambios

marcados en profundidad de residencia entre los estadios de desarrollo analizados en el presente estudio.

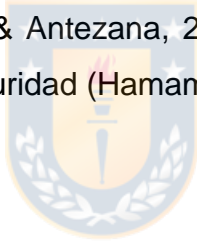
Al realizar una comparación de la profundidad del centroide de los estadios larvales con la profundidad de la termoclina, oxiclina, haloclina y picnoclina, se evidencia que estos factores no estarían afectando su distribución en la columna de agua, exceptuando al estadio furcilia donde se observa que la temperatura tendría influencia en su distribución y podría estar actuando como una barrera natural ya que los centroides se ubicaron siempre bajo la termoclina. Este resultado coincidiría con los de Galloti (2013) quien menciona que la capacidad para sobrevivir a condiciones ambientales como la temperatura es un factor en su distribución, ya que la distribución de las distintas especies de eufáusiáceos depende entre otras variables de las temperaturas máximas y mínimas que pueden tolerar. Según este autor, a escala local la capacidad para sobrevivir a condiciones ambientales como la temperatura es un factor limitante en su distribución.

Al realizar una comparación entre la distribución de los centroides de todos los estadios combinados entre el día y la noche, se aprecia que existen diferencias significativas entre el día y la noche. Estos resultados coinciden con el comportamiento de los individuos adultos descritos por Cisternas (2011), Hamamme y Antezana (2010), donde en la zona del Estrecho de Magallanes estos organismos en la noche se encuentran en capas superficiales y en el día bajan a estratos más profundos, postulándose que esta migración se debe a una conducta de alimentación asociada con ritmos endógenos. Sin embargo, los resultados de este estudio en la zona del Seno Otway no encontraron una migración vertical clara con respecto al día y la noche en los estadios caliptopis y juveniles. Se ha mencionado que en distintas especies de eufáusidos el estadio caliptopis ha sido colectado en las capas menos profundas. Ejemplo de esto puede ser *Thysanoessa macrura* donde las caliptopis fueron colectadas entre los 40 m de profundidad y la superficie (Mora, 2012). Ramírez (2016) menciona que los estadios más tempranos de *E. lucens* se confinan en superficie, esto puede

ser un antecedente importante en base a lo mencionado por Hamame y Antezana (2009) que indican que la especiación de *E. valletini* y *E. lucens*, se sobreponen geográficamente, y se caracteriza por una diferenciación genética menor y reciente lo que tiene como consecuencia una especiación simpátrica. Por su parte Nakazaki y Ayón (2005) mencionan que en las costas peruanas el estadio calítopis correspondiente a una o varias especies de eufáusidos, se posiciona en la capa superficial dentro de los 50 m. Debido a que en ese rango de profundidad (0-50m) solo se muestreó tres estratos (0-10, 10-25 y 25-50m) en el presente estudio, es posible que número de estratos muestreados (y su grosor) no hayan sido suficientes para detectar posibles cambios diurno-nocturnos en la distribución vertical. Los individuos juveniles tampoco mostraron una migración diurno nocturna clara en el presente estudio. Estos resultados contrastan con los encontrados por Ramírez (2016) en *E. lucens* cuyos estadios juveniles avanzados y sus adultos migran verticalmente, algo que para el caso de *E. valletini* no pudo ser constatado. Se debe mencionar, sin embargo, que la baja colecta de individuos juveniles podría no reflejar la realidad de lo que ocurre con las migraciones verticales en este estadio, ya que es posible que los individuos se encuentren en zonas más profundas que la profundidad máxima de muestreo, ya que en el seno Otway el punto más profundo es mayor a 400 m (Valdenegro, 2002). Hamamme y Antezana (2010) mencionan que el núcleo de población en el Estrecho de Magallanes permaneció en una capa a 100-200 m, y que en el océano abierto el grado de migración es diferente manteniéndose entre los 300 y 400 m. Teniendo en cuenta estos antecedentes, no sería extraño tener este tipo de comportamiento en individuos juveniles, con una mayor capacidad natatoria que sus estadios previos, por lo cual pueden encontrarse a mayores profundidades.

A diferencia de las calítopis y juveniles, la profundidad más somera de los centroides durante la noche y también las mayores abundancias durante la misma (ambos determinados estadísticamente), sugieren que el estadio furcilia es el único estadio que presenta una migración vertical diurno nocturna clara, es

decir, que durante el día se encuentra en zonas más profundas de la columna de agua y durante la noche se posiciona en capas más superficiales. Wiebe *et al.* (2010) mencionan que el estadio furcilia de las especies (*E. superba*, *E. crytallorophias*, *E. triacantha* y *T. macrura*) no es un gran migrador, pero según Galloti (2013) se han descrito migraciones verticales en larvas de varias especies de eufausiáceos a partir de los estadios caliotopis, y en general se trata de migraciones diarias, con mayores capturas en superficie en horario nocturno, por lo que se concluye que las larvas se mueven hacia mayores profundidades durante el día. En el caso de *T. macrura* se han descrito migraciones verticales en todos sus estadios, así también se describen migraciones estacionales en otras especies como en furcilia de *E. eximia* y *E. nana*. Además, es necesario mencionar que la migración vertical es diurno-nocturno para representantes adultos de *E. vallentini* y se encuentra vinculada al ritmo de alimentación (Cisternas, 2011; Hamame & Antezana, 2010), alimentándose activamente de fitoplancton en horas de oscuridad (Hamame & Antezana, 2010).



7.4 Nivel medio del mar y distribución vertical de centroides

En la zona del Seno Otway se presentó una marea mixta, en dónde el estadio caliptopis presento su abundancia integrada máxima cuando la marea se encontraba en su punto más alto. En los otros estadios no hubo una relación visual que sugiriera una posible relación entre las alturas de marea y la abundancia integrada de cada estadio. Sin embargo, no se determinó estadísticamente una relación significativa entre el nivel medio del mar con la abundancia de caliptopis, tampoco para el estadio furcilia ni el juvenil. Díaz (2015) en relación a las migraciones verticales del mesozooplancton en el mar interior de Chile, señala que es el fotoperiodo y no las mareas, sería factor que gatilla las migraciones. En tanto Mujica y Nava (2010), señalan que las corrientes de mareas para larvas de *Munida gregaria* (crustáceo decápodo) podrían tener mayor efecto en la distribución, más que en la migración vertical.



8. Conclusión

La hipótesis de este trabajo propone que los estadios tempranos de *E. vallentini* presentarían distribuciones verticales diferentes en la columna de agua. Los resultados muestran que los centroides de los distintos estadios varían durante el día y la noche, pero que no hay diferencias de distribución entre los diferentes estadios durante estos periodos, por lo que no es posible sustentar la hipótesis.

Los resultados de este trabajo también demostraron que los diferentes estadios presentan abundancias distintas en la zona del seno Otway. Caliptopis fue el estadio con mayores abundancias en el Seno de Otway.

Se observó que las mayores abundancias de estadios tempranos de *E. vallentini* se encontraron durante la noche en comparación con el día, evitando temperaturas sobre los 7.2°C, salinidades entre los 29 y 30 psu, concentraciones de oxígeno disuelto entre 5.4 y 6 ml/L y densidades entre los 22,5 y 23,5 sigma-t. Los estadios caliptopis y furcilia presentaron diferencias de abundancias entre día y noche, mientras que el estadio juvenil no mostró tales diferencias. En base a los análisis estadísticos de abundancias día vs. noche y de profundidad de los centroides día vs. noche, al momento de evaluar si existía migración vertical diurno-nocturna, solo el estadio furcilia presentó evidencia de dicha migración.

Finalmente, al evaluar la relación del nivel medio del mar con la distribución vertical (medida como la profundidad del centroide) de cada estado de desarrollo mediante correlaciones de Spearman, estas dieron como resultados que en ninguno de los estados tendría influencia las mareas.

9. Referencias

- Acevedo J, Haro D, Riccaildelii L, Aguayo A, Gende S, Hendrix N & Carabeo J (2013). Diagnóstico de las relaciones predador – presa en el área marina costera protegida Francisco Coloane. Centro regional de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica (Fundación CEQUA). Punta Arenas. 108 pp.
- Báez P & Palma S (2010). Larvas de Crustáceos Decápodos (Crustacea: Decapoda). Bibliografía sobre la Diversidad Acuática de Chile. Comité Oceanográfico Nacional. Valparaíso, Chile. 249-256 pp.
- Boltovskoy D (1981) Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y método de trabajo con el zooplancton. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Mar del Plata, Argentina. 936 pp.
- Chandia M (2006). Variación estacional de la migración vertical ontogénica de *Euphausia mucronata* (Sars, 1983) sobre la plataforma continental frente a la costa de Concepción, Chile. Tesis para optar al grado de Biólogo Marino. Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 63 pp.
- Cisternas L (2011). Distribución y abundancia de *Euphausia vallentini* en los fiordos y canales del sur de Chile. Tesis para optar al grado de Biólogo Marino. Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 58 pp.
- Daneri G, Montero P, Höfer & Menschel E (2018). Acoplamiento Pelágico Bentónico (Flujo de Mop) canalizado por especies claves en fiordos patagónicos: *M. gregaria* y *E. vallentini*. En: Comité Oceanográfico Nacional (Eds.). *Resultados Crucero Cimar 23 – Fiordos Informes Preliminares* (pp. 71-79). Valparaíso.

- Díaz M (2015). Relación de las migraciones verticales del Mesozooplankton con las condiciones oceanográficas en el mar interior del sur de Chile, utilizando intensidad del eco y biomasa zooplanctónica. Tesis presentada para optar al grado de Biólogo Marino. Universidad de Valparaíso. 42 pp.
- Gallotti D (2013) Distribución de larvas de eupausiáceos en el extremo sur del Océano Atlántico. Tesis presentada para optar al título de Doctor. Universidad de Buenos Aires. 198 pp.
- González G & Arenas V (2001). El grupo de los eupausidos y su estudio. *Ciencia y mar* 5(13), 21-29 pp.
- González H, Castro L, Iriarte J, Daneri G, Giesecke R, Nimptsch J & Vargas C (2018). Caracterización de la materia orgánica (alóctona y autóctona) y su destino en la trama trófica pelágica y el flujo vertical en el fiordo Reloncaví y mar interior de Chiloé En: Comité Oceanográfico Nacional (Eds.). *Resultados Crucero Cimar 23– Fiordos Informes Preliminares* (pp. 37-62). Valparaíso.
- Guglielmo L & Ianora A (1997). Atlas of Marine Zooplankton/Strait of Magellan Amphipods, Euphausiids, Mysids, Ostracods, and Chaetognaths. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Germany. 275 pp.
- Guzmán L, Montecino V, Paredes M, Martínez V, Alarcón C, Garrido C, Raimapu R, Muñoz P & Egaña M (2011). Dinámica de microescala de los grupos funcionales diatomeas y dinoflagelados y estructura espacial en Magallanes: Efecto de los factores ambientales. Instituto de Fomento Pesquero IFOP. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Departamento de Ciencias Ecológicas. Santiago, Chile. 83-99 pp.
- Hamame M & Antezana T (2010). Vertical diel migration and feeding of *Euphausia vallentini* within southern Chilean. *Deep Research II* 57: 642 – 650.

- Landaeta M, Bustos C, Palacios P, Rojas P & Balbontín F (2011). Distribución del ictioplancton en la Patagonia Austral de Chile: Potenciales efectos del deshielo de Campos de Hielo Sur. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39(2):236-249
- Mora H (2012). Distribución temporal de zooplancton a microescala y su relación con las condiciones oceanográficas en Bahía Fildes, Islas Shetland del Sur, Antártica (diciembre 2010 – enero 2011). Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 41pp.
- Muñoz M (2006). Variabilidad en la distribución vertical de *Rhincalanus nasutus* (Crustacea: Copepoda: Calanoidea) asociada a Transporte Mareal y Migración Vertical en el Golfo de Ancud, Chile. Tesis presentada para optar al grado de Biólogo Marino. Universidad de Concepción. Concepción. 49 pp.
- Mujica A & Nava M (2010) Distribución espacial de larvas de crustáceos decápodos planctónicos en canales orientales de la isla Chiloé. *Latin American Journal of Aquatic Research* 38(1): 95-106
- Muntschke E, Ríos C, Ritter R, Martínez J, Mancilla R, Silva M & Pizarro J (2011). Biodiversidad, estructura comunitaria y determinación del número de especies macrobentónicas del ecosistema de Magallanes, cruceo de investigación científico CIMAR 16 FIORDOS. Laboratorio de Hidrobiología, Instituto de la Patagonia. Universidad de Magallanes. Punta Arenas, Chile. 189-207 pp.
- Nakazaki & Ayón (2005) Ictioplancton y eufáusidos entre Puerto Pizarro y Chicama, otoño 2005. *Informe IMARPE* 39(4): 239-248
- Palma S (2006). Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas. Comité Oceanográfico Nacional-Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 107-113 pp.

- Palma S & Aravena G (2001). Distribución de quetognatos, eufáusidos y sifonóforos en la Región Magallánica. *Ciencia y Tecnología del Mar* 24: 47-59
- Palma S & Kaiser K (1993). *Plancton marino de aguas chilenas*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Ramírez F (2016). Eufáusidos. *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, 6: 15-28
- Ridoux V (1988). Subantarctic krill, *Euphausia vallentini* Stebbing, preyed upon by penguins around Crozet Islands (Southern Indian Ocean): population structure and annual cycle. *Journal of Plankton Research* 10(4): 675-690
- Ríos C, Mutscke E & Morrison E (2003). Biodiversidad bentónica sublitoral en el Estrecho de Magallanes, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 38(1): 1-12
- Rivera, M & Giraldo, A (2018). Riqueza de eufáusidos (Arthropoda: Malacostraca: Euphausiacea) de la cuenca Pacífica colombiana. *Biota Colombiana* 19(2): 35-45
- Robledo B & Mujica R (1999). Eufáusidos de Isla de Pascua. *Investigaciones Marinas* 27: 65-72
- Sievers H (2006). Temperatura y salinidad en canales y fiordos australes. *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos*. Comité Oceanográfico Nacional. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 31-36 pp.
- Sievers H & Silva N (2006). Masas de agua y circulación en los canales y fiordos australes. *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos*. Comité Oceanográfico

Nacional. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 53-58 pp.

- Valdenegro A (2002). Caracterización oceanográfica física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el Estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos (Cimar 3 Fiordos). Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 92pp.
- Valdenegro N & Silva A (2003) Caracterización oceanográfica física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el Estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos (Cimar 3 Fiordos). *Ciencia y Tecnología del Mar*, 26(2): 19-60
- Vargas C, Silva N, Cascales E & Reinoso P. (2011). Glaciares y ríos, como fuentes de nutrientes, materia orgánica y alcalinidad a ecosistemas de fiordo: Implicancias para la productividad biológica. En Comité Oceanográfico (Eds.). *Resultados Crucero Cimar 16 – Fiordos Informes Preliminares* (pp. 47-55). Valparaíso.
- Villabona-González S, Gavilán-Díaz R & Estrada-Posada A (2007). Cambios nictemerales en la distribución vertical de algunos microcrustáceos en un lago artificial del neotrópico (Colombia). *Limnetica*, 26(1):75-88
- Werlinger C, Alveal K & Romo H (2004). *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*. Gobierno de Chile, Consejo nacional del libro y la lectura. 696 pp.
- Wiebe P, Ashjian C, Lawson G, Piñones A & Copley N (2010) Horizontal and vertical distribution of euphausiids species on the Western Antarctic Peninsula U.S. GLOBEC Southern Ocean study site. *Deep-Sea Research II* 58: 1630 - 1651
- Zhou M & Dorland R (2004). Aggregation and vertical migration behavior of *Euphausia superba*. *Deep-Sea Research II* 51:2119 – 2137

Figuras

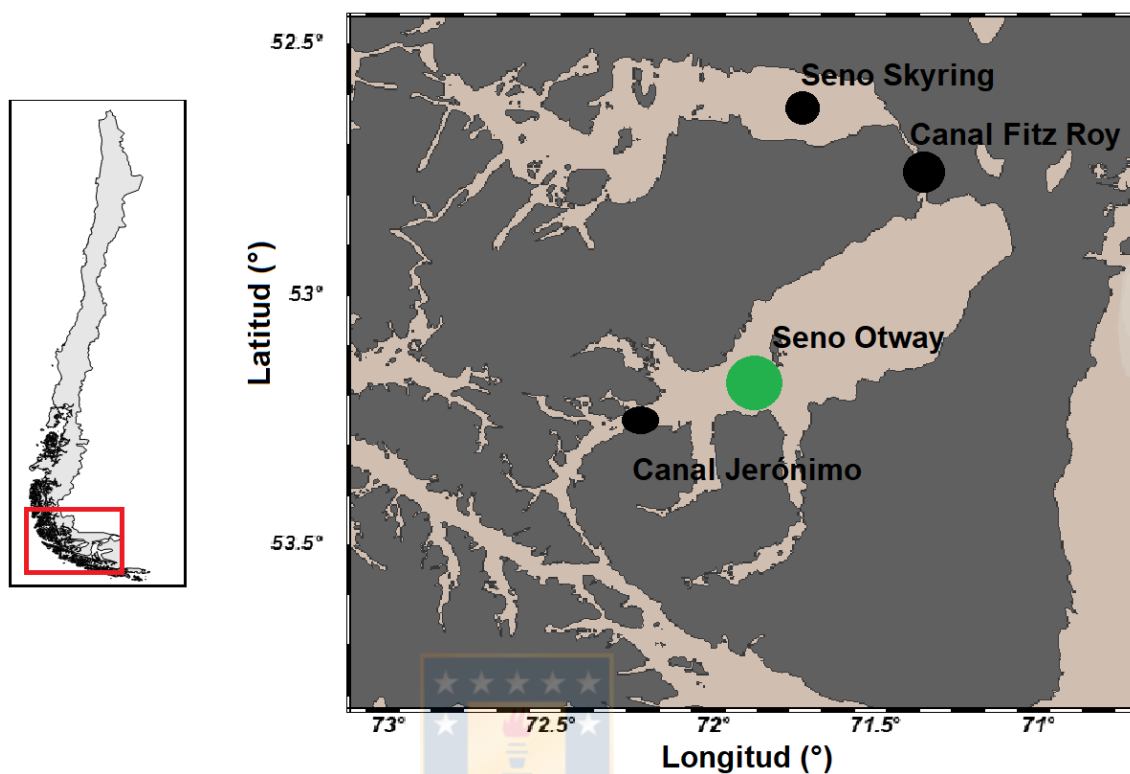


Figura 1: Ubicación referencial de la estación YO-YO muestreadas por el crucero CIMAR-FIORDOS 16, en la zona del Seno Otway ($52^{\circ}59'16''$ S – $71^{\circ}30'46''$ O) en el Estrecho de Magallanes ($53^{\circ}28'51''$ S – $70^{\circ}47'00''$ W).

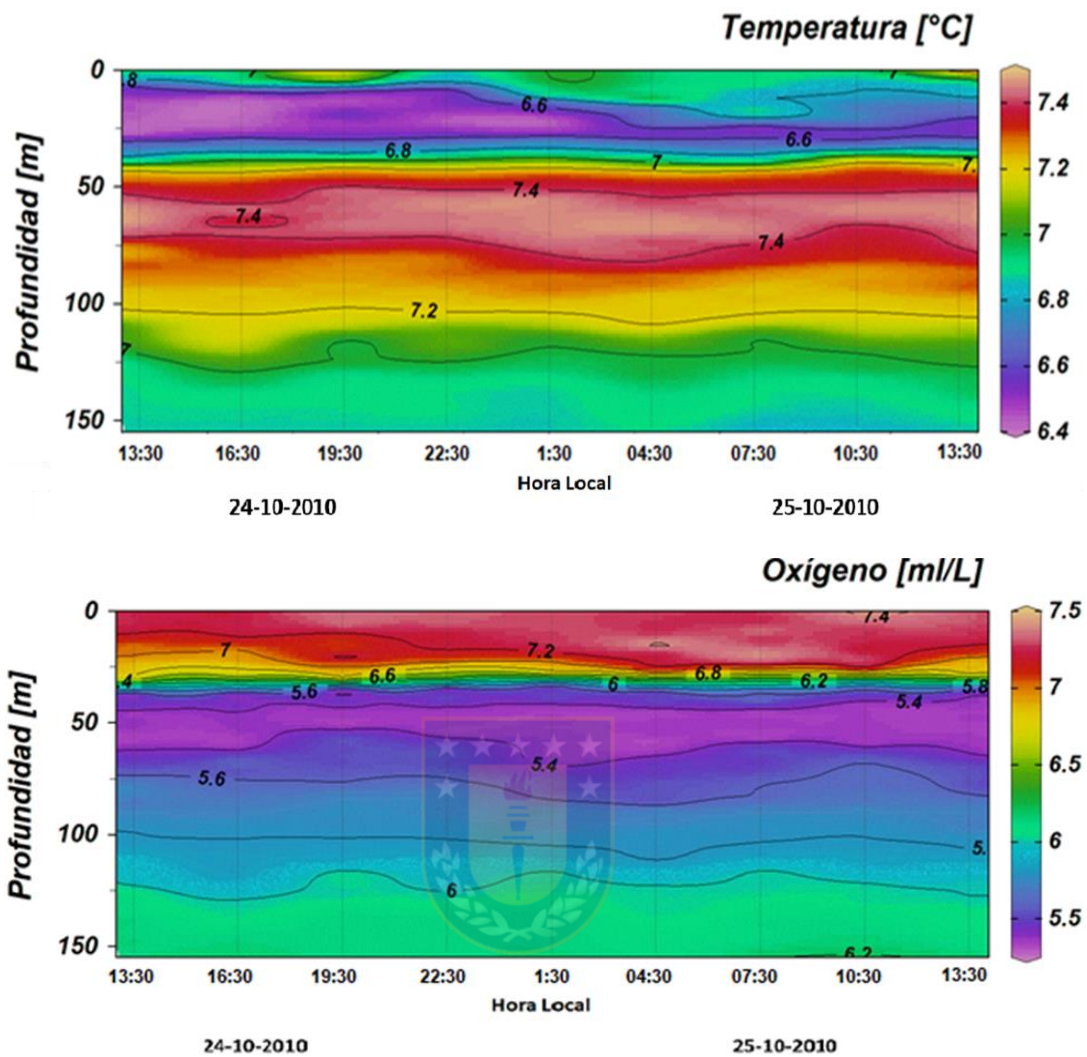


Figura 2: Secciones verticales de temperatura (°C) y oxígeno disuelto (ml/L) durante las horas de muestro para los días 24 y 25 de noviembre. Cada sección vertical muestra a su derecha la escala de colores con los rangos de los valores utilizados en la construcción de la sección vertical

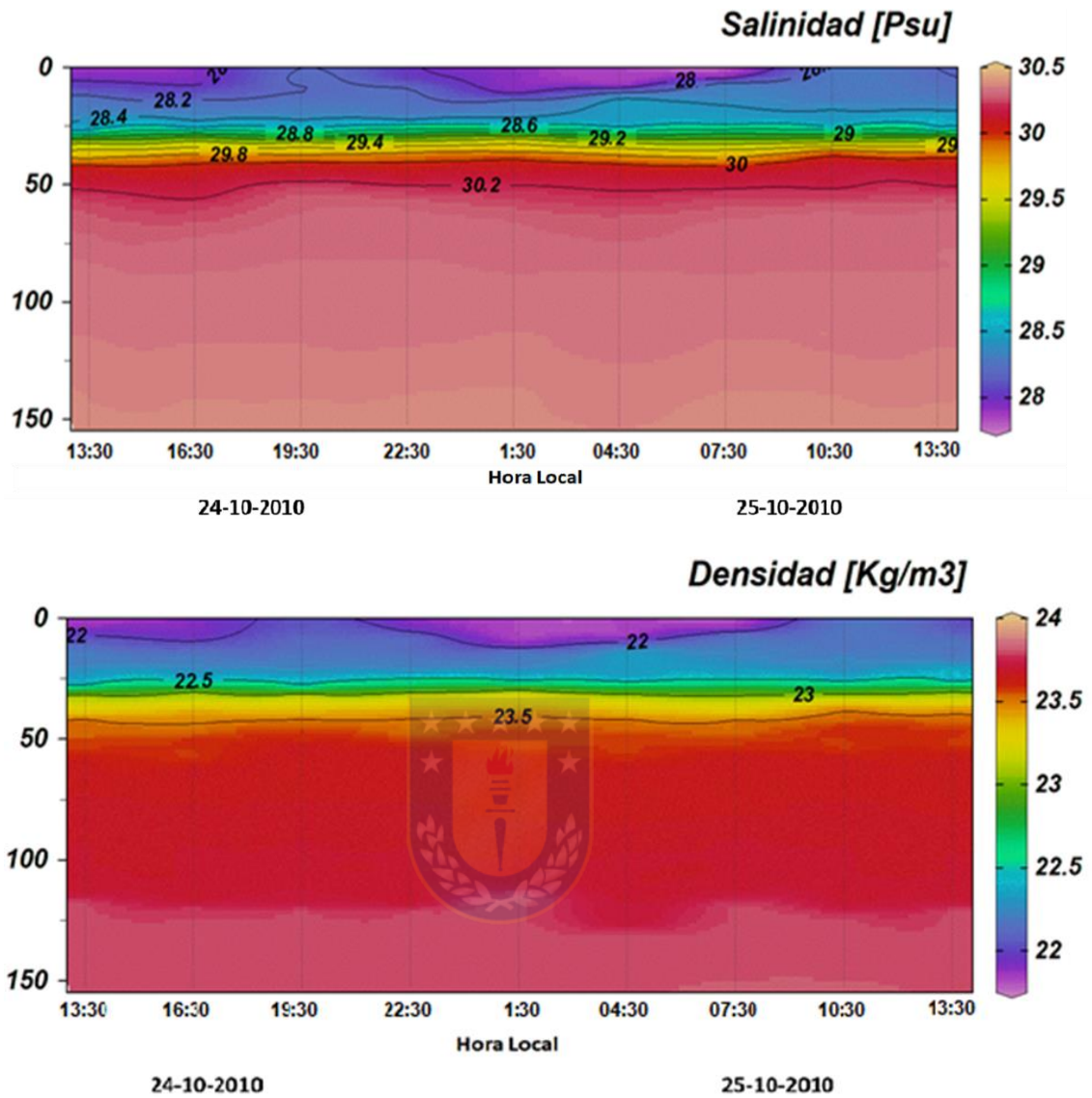


Figura 3: Secciones verticales de salinidad (psu) y densidad (sigma-t) durante las horas de muestreo para los días 24 y 25 de noviembre. Cada sección vertical muestra a su derecha la escala de colores con los rangos de los valores utilizados en la construcción de la sección vertical.

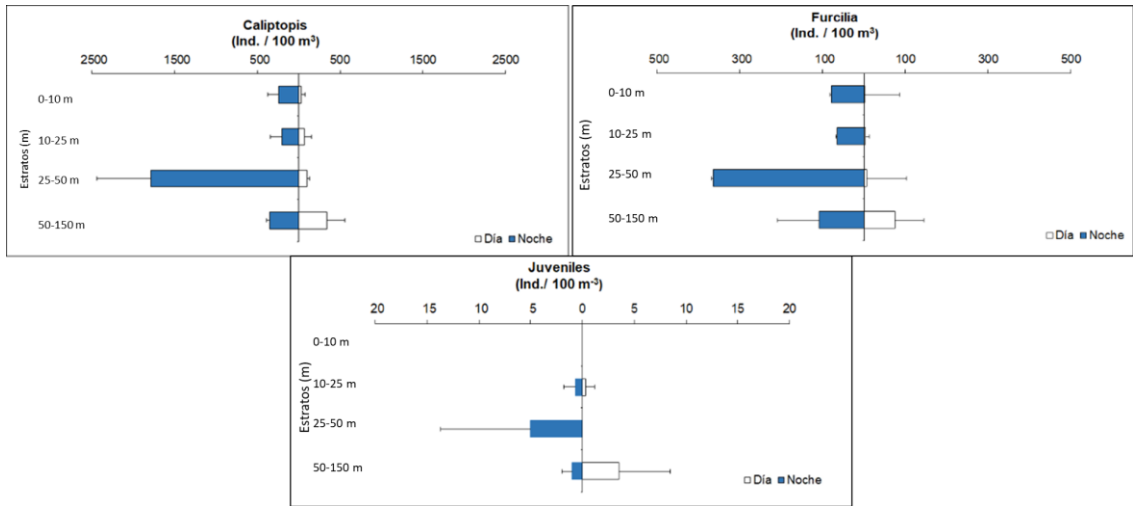


Figura 4: Abundancia promedio de los estadios tempranos de *E. vallentini* (caliptopis, furcilia, juveniles), durante un periodo de 30 horas entre los días 24 y 25 de octubre en el Seno Otway.



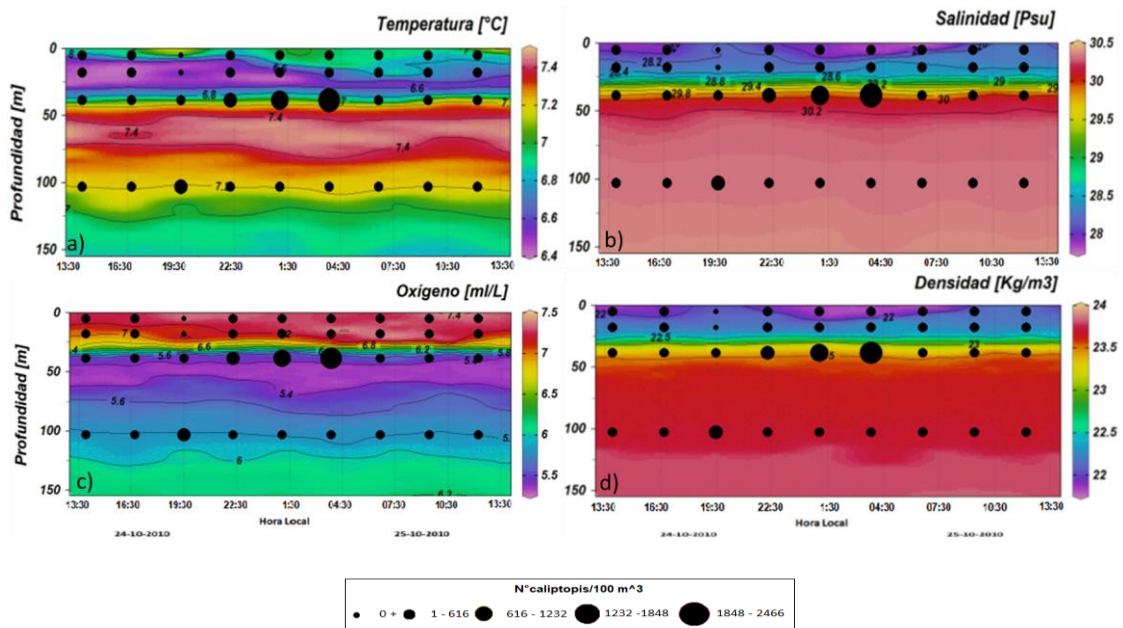


Figura 5: Abundancias de calloptois denotadas en círculos de tamaños variables sobrepuestos sobre secciones verticales temporales de temperatura (°C), oxígeno disuelto (ml/L), salinidad (psu), y densidad (sigma-t) en el Seno Otway. Posición de los círculos corresponde a la profundidad media del estrato muestreado por la red.

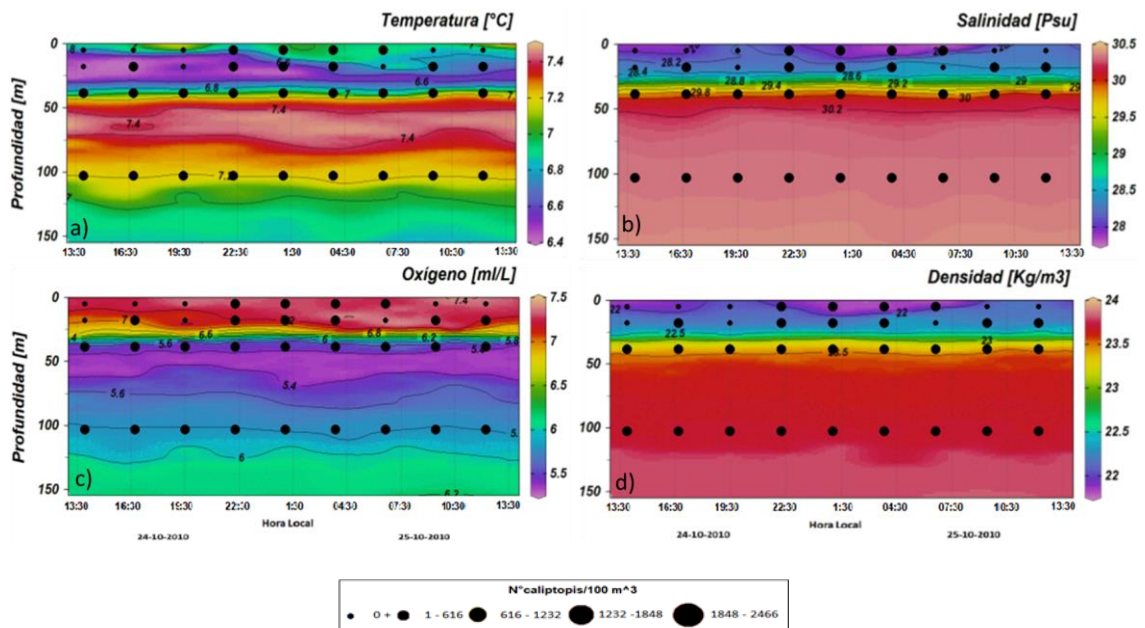


Figura 6: Abundancias de furciliias denotadas en círculos de tamaños variables sobrepuestos sobre secciones verticales temporales de temperatura (°C), oxígeno disuelto (ml/L), salinidad (psu), y densidad (sigma-t) en el Seno Otway. Posición de los círculos corresponde a la profundidad media del estrato muestreado por la red.

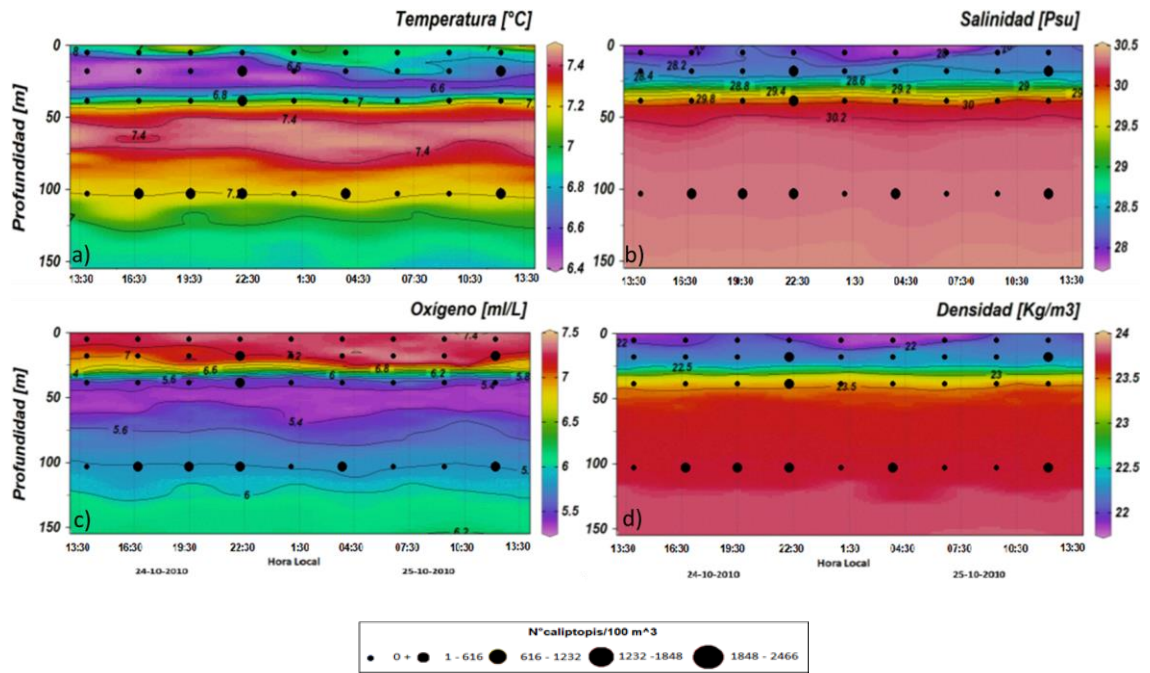


Figura 7: Abundancias de juveniles denotadas en círculos de tamaños variables sobrepuestas sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (ml/L), salinidad (psu), y densidad ($\sigma\text{-t}$) en el Seno Otway. Posición de los círculos corresponde a la profundidad media del estrato muestreado por la red.

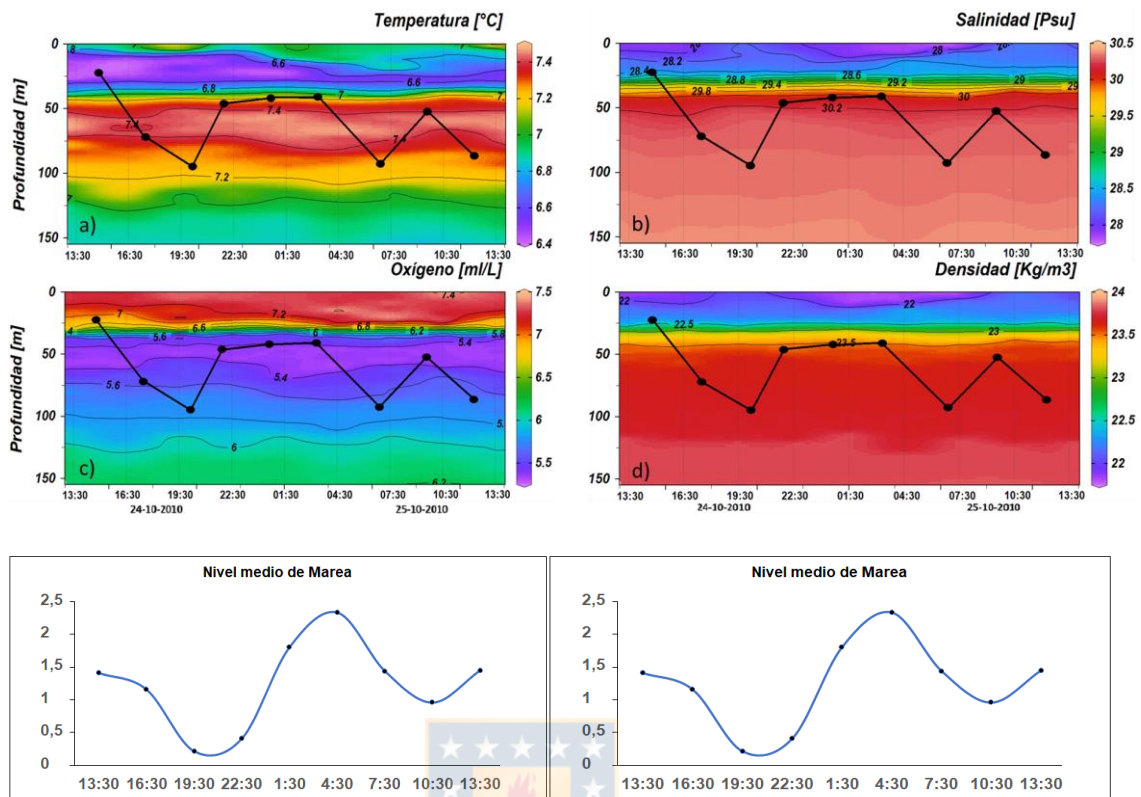


Figura 8: Sobreposición de los centroides (profundidad media) del estadio caliptopis de *E. vallentini* sobre secciones verticales temporales de temperatura (°C), salinidad, densidad (sigma-t), y oxígeno disuelto (ml/L), durante las horas de muestreo. Panel inferior, altura de mareas durante las mismas horas de muestreo.

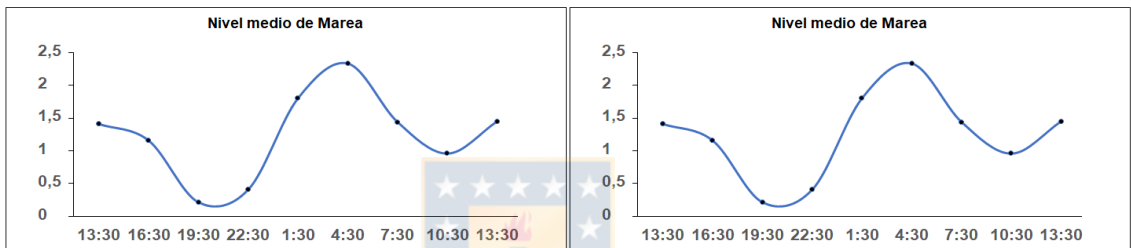
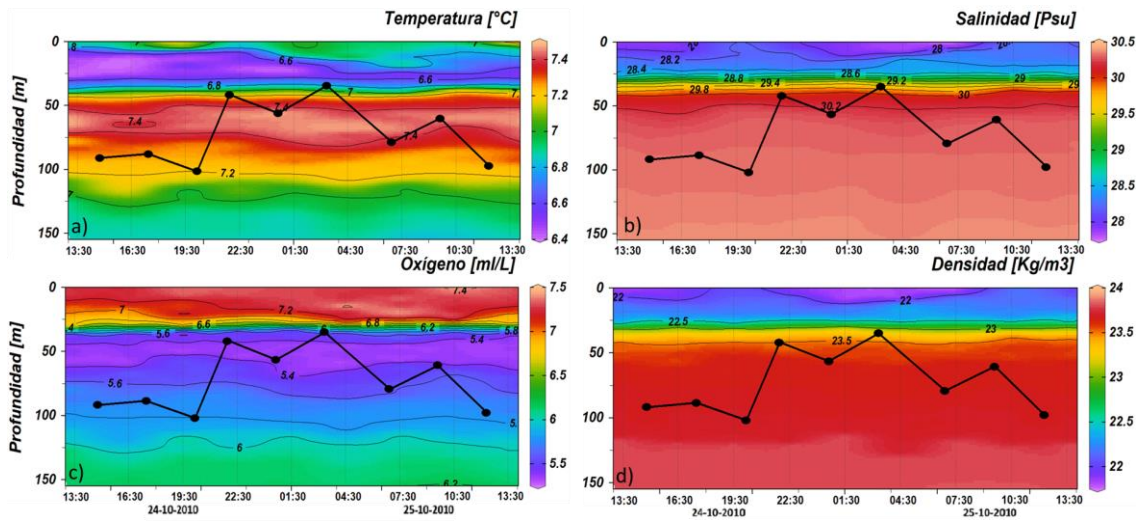


Figura 9: Sobreposición de la profundidad de los centroides (profundidad media) del estadio furcilia de *E. vallentini* sobre secciones verticales temporales de temperatura (°C), salinidad psu, densidad (sigma-t), y oxígeno disuelto (ml/L), durante las horas de muestreo. Panel inferior, altura de mareas durante las mismas horas de muestreo.

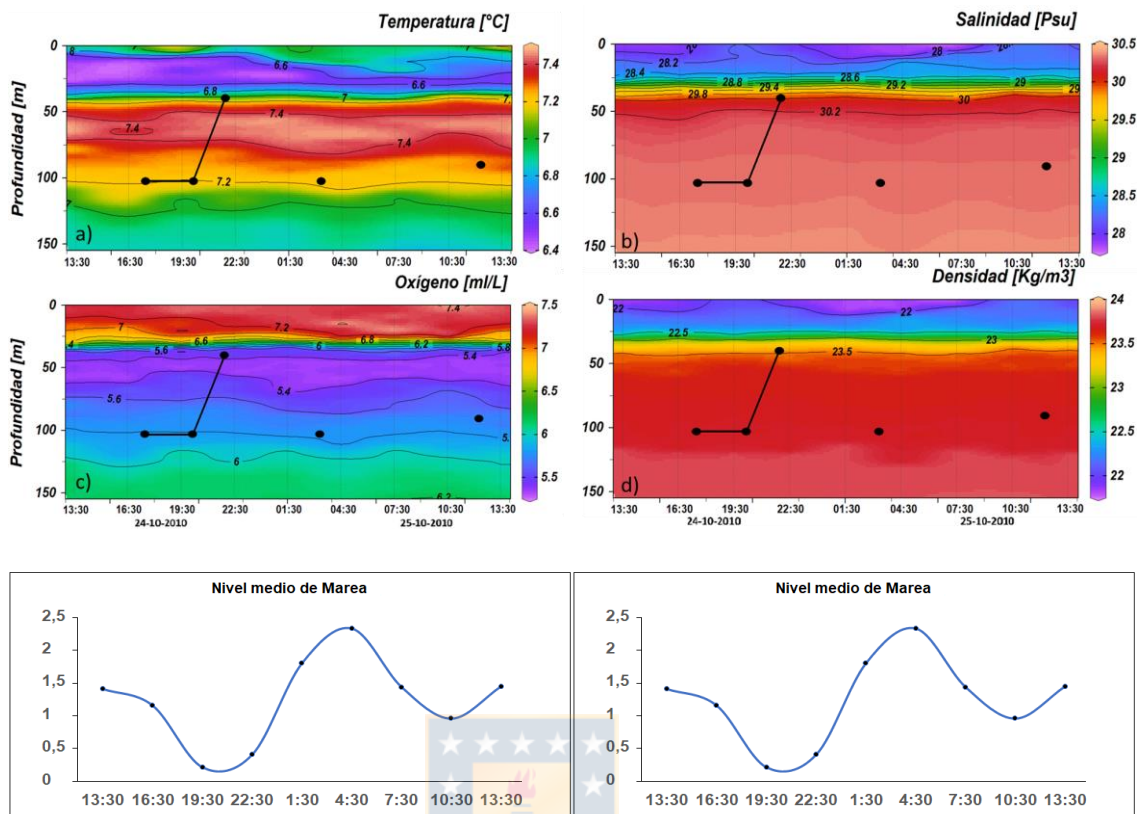


Figura 10: Sobreposición de la profundidad de los centroides (profundidad media) del estadio juveniles de *E. vallentini* sobre secciones verticales temporales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad psu, densidad (sigma-t), y oxígeno disuelto (ml/L), durante el periodo de muestreo. Panel inferior, altura de mareas durante las mismas horas de muestreo.

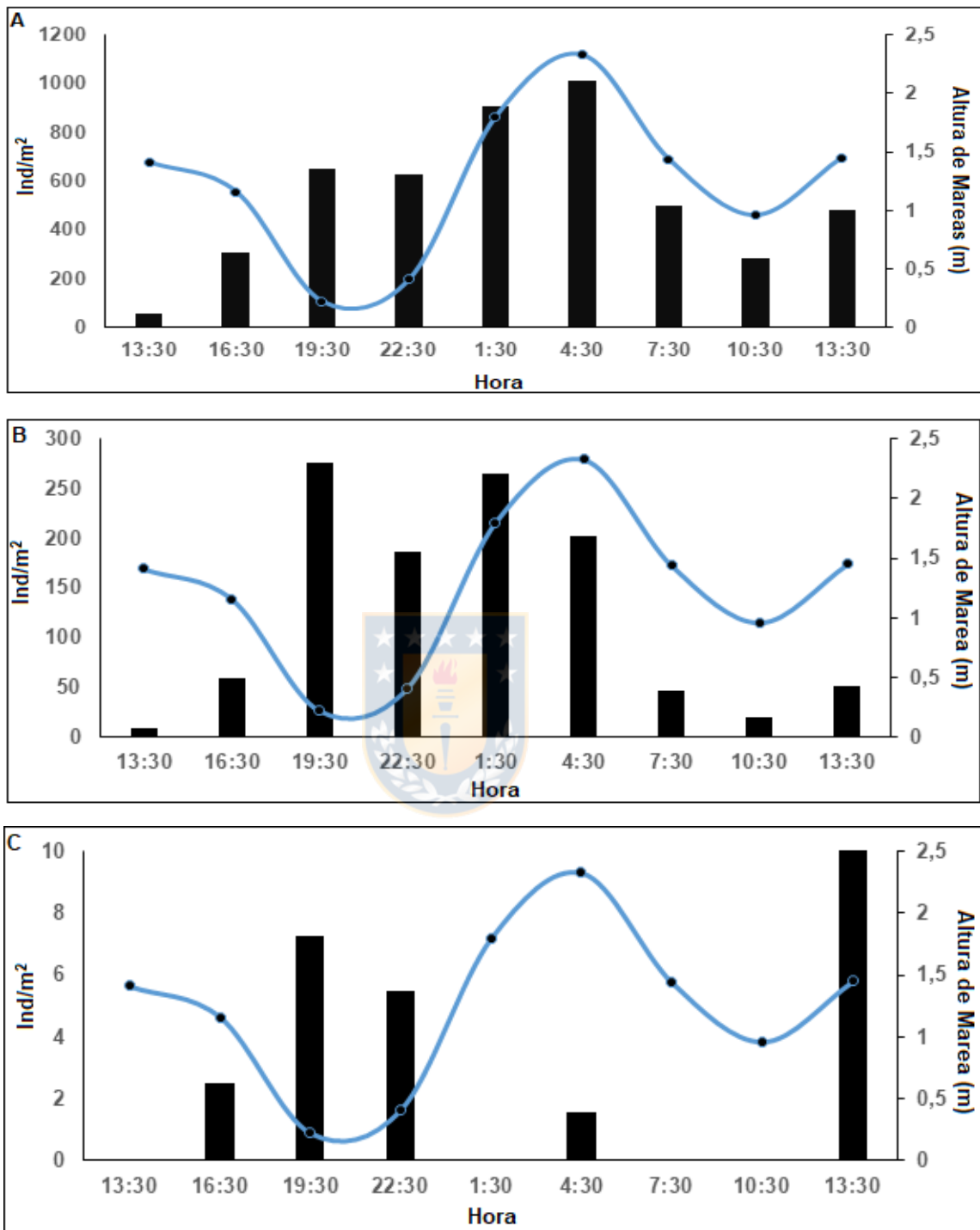


Figura 11: Abundancia integrada (Ind/m²) en la columna de agua para cada estado de desarrollo, (calyptopis (A), furcilia (B) y juveniles (C)), con sobreposición del nivel medio del mar para el Seno Otway, durante las 24 horas de muestreo.

Tablas

Tabla 1: Abundancia (Ind/100 m³) de estadios tempranos de *E. vallentini* (caliopsis, furcilia, juveniles), por estrato de profundidad en el Seno Otway durante diferentes horas del día, y promedio durante el periodo total de muestreo.

Abundancia Día/Noche									
Caliopsis (Ind/100 m³)									
Profundidad	13:30	16:30	19:30	22:30	01:30	04:30	07:30	10:30	13:30
0-10	130	9	0	101	272	352	8	16	4
10-25	69	93	0	148	358	96	6	223	15
25-50	80	83	89	1168	1736	2465	74	155	131
50-150	15	274	629	306	392	346	477	210	445
Furcilia (Ind/100 m³)									
	13:30	16:30	19:30	22:30	01:30	04:30	07:30	10:30	13:30
0-10	0	0	0	37	22	176	8	0	0
10-25	0	5	0	54	74	67	0	9	2
25-50	2	9	4	436	255	403	11	11	2
50-150	9	57	275	65	188	73	43	15	50
Juveniles (Ind/100 m³)									
	13:30	16:30	19:30	22:30	01:30	04:30	07:30	10:30	13:30
0-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-25	0	0	0	2	0	0	0	0	2
25-50	0	0	0	15	0	0	0	0	0
50-150	0	2	7	1	0	2	0	0	12
	Total			Promedio			Desviación Estándar		
Caliopsis	10975			305			505		
Furcilia	2362			66			112		
Juveniles	43			1			3		

Tabla 2: Resultado del análisis estadístico Kruskal-Wallis, para la abundancia de estadios tempranos de *E. vallentini* entre el día vs noche, para la zona del Seno Otway.

	Caliptopis	Furcilia	Juveniles
K-W	11.26	18.16	0.55
v-p	<0,001	<0,001	0.310



Tabla 3: Profundidad (m) de los centroides a diferentes horas del día (día y noche) de cada estadio larval encontrado (caliopsis, furcilia y juveniles), en el Seno Otway, con sus respectivos promedios y desviaciones estándar.

Hora de Muestreo	Centroide Caliopsis	Centroide Furcilia	Centroide Juvenil
13:30	22	89	
16:30	70	86	100
19:30	92	99	100
22:30	45	41	39
1:30	41	55	-
4:30	40	34	100
7:30	90	77	-
10:30	51	59	-
13:30	84	95	88
Promedio Día			
	68	84	96
Desviación Estándar			
	27	14	7
Promedio Noche			
	42	43	69
Desviación Estándar			
	3	11	43



Tabla 4: Resultado del análisis estadístico Kruskal Wallis, para la profundidad del centroide entre estadios durante el día, durante la noche, y entre el día vs noche.

	Día	Noche	Día vs Noche
K-W	4.466	0.140	6.031
v-p	0.107	0.932	0.014



Tabla 5: Resultado del análisis estadístico Kruskal-Wallis, para la profundidad del centroide de *E. vallentini*, entre el día vs noche, para la zona del Seno Otway.

	Centroide Caliptopis	Centroide Furcilia	Centroide Juveniles
K-W	2.40	5.40	0.33
v-p	0,1667	0,0238	0,7000



Tabla 6: Correlación de Spearman entre la profundidad de los centroides y la profundidad de las variables oceanográficas para el estadio caliptopis, donde el grado de asociación está representado por (ρ) y el valor de la significancia por valor-p.

Caliptopis		
	ρ	v-p
Profundidad Termoclina	0,380	0,285
Profundidad Oxíclina	0,0940	0,775
Profundidad Haloclina	0,684	0,844
Profundidad Pícnoclina	-0,222	0,550



Tabla 7: Correlación de Spearman (ρ) entre la profundidad de los centroides y la profundidad de las variables oceanográficas para el estadio furcilia, donde el grado de asociación está representado por (ρ) y el valor de la significancia por valor-p

Furcillas		
	ρ	v-p
Profundidad Termoclina	0,684	0,036
Profundidad Oxiclina	0,197	0,580
Profundidad Haloclina	0,564	0,099
Profundidad Pícnoclina	0,274	0,462



Tabla 8: Correlación de Spearman (ρ) entre la profundidad de los centroides y la profundidad de las variables oceanográficas para el estadio juveniles, donde el grado de asociación está representado por (ρ) y el valor de la significancia por valor-p.

Juveniles		
	ρ	v-p
Profundidad Termoclina	0,516	0,350
Profundidad Oxíclina	-0,177	0,783
Profundidad Haloclina	0,0574	0,950
Profundidad Pícnoclina	-0,177	0,783



Tabla 9: Abundancia (Ind/m²) de estadios tempranos de *E. vallentini* (caliopsis, furcilia, juveniles), de acuerdo a la hora de colecta en el Seno Otway durante las diferentes alturas del nivel medio del mar.

Hora	Caliopsis (Ind/m²)	Furcilia (Ind/m²)	Juveniles (Ind/m²)	Nivel medio del mar (m)
13:30	58	10	0	1,41
16:30	309	59	2	1,16
19:30	651	276	7	0,22
22:30	630	186	5	0,41
01:30	907	265	0	1,8
04:30	1012	201	2	2,33
07:30	497	46	0	1,44
10:30	284	19	0	0,96
13:30	480	51	13	1,45



Tabla 10: Correlación de Spearman (ρ) entre la profundidad de los centroides de cada estado de desarrollo y el nivel medio del mar, donde el grado de asociación está representado por (ρ) y el valor de la significancia por valor-p

Altura de - mareas	Profundidad del centroide Caliptopis	Profundidad del centroide Furcilia	Profundidad del centroide Juveniles
rho	-0,417	-0,367	0,112
v-p	0,243	0,308	0,783



Tabla 11: Correlación de Spearman (ρ) entre la abundancia integrada de los estadios de desarrollo en toda la columna de agua y el nivel medio del mar a cada hora, donde el grado de asociación está representado por (ρ) y el valor de la significancia por valor-p.

Altura de- mareas	Abundancia integrada Caliptopis	Abundancia integrada Furciliae	Abundancia integrada Juveniles
rho	0.350	0.0500	-0.348
v-p	0.331	0.878	0.331

