

S e m i n a r i o d e T í t u l o .

Estructura de tallas de *Euphausia mucronata* (Crustacea,
Euphausiacea), especie endémica de la

Corriente de Humboldt.

Daniel Toledo Campos.

Prof. Guía Tarsicio Antezana J.

C a r r e r a d e B i o l o g í a M a r i n a
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Concepción, Chile.

Enero, 2011.

INDICE.	Pág.
Resumen.	5
Abstract	6
1.- Introducción	7
2.- Materiales y Método.	10
2.1.- Colección de muestras de plancton.	10
2.2.- Análisis de muestras.	10
2.3.- Análisis de datos.	11
3.-Resultados.	12
3.1.- Distribución geográfica de adultos y juveniles.	12
3.2.- Distribución geográfica de larvas.	13
3.3.- Distribución de frecuencias de tallas y de larvas en el rango latitudinal de la C. Humboldt.	16
3.3.1.- Zona Norte.	17
3.3.2.- Zona Central.	19
3.3.3.- Zona Sur	21
3.4.- Distribución de frecuencias de tallas en áreas costeras y oceánicas.	26
3.5.- Distribución geográfica de patrones de desarrollo larval.	26
4.- Discusión	27
5.- Referencias bibliográficas	31

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.- Colectas de zooplancton durante la expedición Krill 3-4 en la Corriente de Humboldt.	12
Figura 2.- Distribución de abundancias (ind.*m ⁻²) de adultos.	13
Figura 3.- Distribución de abundancias (ind.*m ⁻²) de estadios larvales.	14
Figura 4.- Distribución de las proporciones de larvas y adultos.	15
Figura 5.- Distribución de las proporciones de caliptopis y adultos.	15
Figura 6.- Variación de los promedios de tallas y abundancia de los adultos de <i>E. mucronata</i> en CH.	16
Figura 7.- Distribución de tamaños integradas de <i>E. mucronata</i> a lo largo de la CH.	17
Figura 8.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 28 en 10° 04'S y 79° 20'W.	18
Figura 9.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 33 en 14° 06'S y 77° 12'W.	18
Figura 10.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 46 en 23° 34'S y 72° 53' W.	20
Figura 11.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 48 en 23° 14'S y 70° 56'W.	20
Figura 12.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 54 en 30° 00 S y 71° 36'W.	21
Figura 14.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 59 en 32° 26'S y 74°07'W.	23
Figura 15.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est.72 en 33° 48'S 72°14'W.	23
Figura 16.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 62 en 34° 53' S y 73° 49' W.	24
Figura 17.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est.61 en 34° 57' S y 72° 40' W.	24

Figura 18.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 64 en 37° 28` S y 74° 00` W.	25
Figura 19.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 65 en 38° 58` S y los 74° 02` W.	25
Figura 20.- Patrones de desarrollo larval por localidad.	26



Resumen.

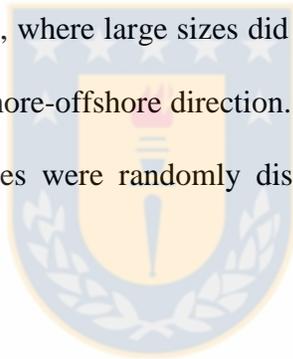
Se describe la abundancia, distribución de tallas y estados de desarrollo de *Euphausia mucronata* desde Perú 10° 04' S 79° 20' W, hasta el centro Sur de Chile (38° 58' S 74° 02' W), colectados durante la Expedición Krill en Julio y Agosto de 1974. Se identificó una amplia variabilidad de tamaños, abundancia de adultos y estados de desarrollo de la especie en la Corriente de Humboldt.

Los adultos estuvieron distribuidos preferentemente cerca de la costa, al igual que los estadios larvales, pero con la diferencia, que estos últimos fueron relativamente más abundantes en la zona Sur. La distribución de tallas no presentó un patrón creciente en función de la latitud en la Corriente de Humboldt, pero si en la dirección costa-océano, donde dominaron individuos de menor talla en ciertos sectores oceánicos.

Los estados de desarrollo presentaron un patrón aleatorio, y no identifico áreas de retención en el área estudiada.

Abstract.

Distribution of abundance, size and developmental stages of *Euphausia mucronata* are described in the latitudinal range of the Humboldt Current from Peru ($10^{\circ} 04'S$ $79^{\circ} 20' W$) to South Central Chile ($38^{\circ} 58' S$ $74^{\circ} 02' W$). Specimens were collected during Krill Expedition in July and August 1974. A wide range of size, abundance and developmental stages of the species were encountered. Adults as well as larval stages were preferably found near the coast, and larvae were more abundant in the southern region. Size frequency distribution did not show a pattern with latitude, where large sizes did not increase toward the north. Yet size distribution changed in the onshore-offshore direction. Small individuals were more abundant in oceanic waters. Larval stages were randomly distributed and retention areas were not evident.



1. Introducción.

El Sistema de Corrientes de Humboldt (SCH) ha sido clásicamente caracterizado por la existencia de surgencias costeras focalizadas a lo largo de la costa de Chile, y por una zona o capa subsuperficial de aguas pobres en oxígeno, descrita originalmente por Gunther (1936) y recientemente por Thiel *et al.* (2007), Fonseca y Farías (1987), Antezana (1978) que indican que es justamente la surgencia de estas aguas subsuperficiales ricas en nutrientes la causa de la fertilización de la capa fótica. Esta fertilización explica la alta productividad general de esta región, que incluye la productividad del zooplancton herbívoro, incluido los eufáusidos, y de los carnívoros de la trama trófica.

El orden Euphausiacea constituye uno de los grupos más importantes del zooplancton marino, excediendo en número y biomasa a los copépodos en algunos ambientes oceánicos (Mauchline, 1969; Gibbons *et al.*, 1999; Brinton *et al.*, 1999); son importantes intermediarios en la transferencia energética entre los niveles primarios y los más altos de la trama trófica marina, además de los productores secundarios de la zona mesopelágica (Mauchline, 1969; Gibbons *et al.*, 1999).

Este taxón está formado por 86 especies, agrupados en 11 géneros y dos familias (Brinton *et al.*, 1999). En el Pacífico Sur-oriental, frente a las costa de América del Sur se ha encontrado 42 especies (Brinton, 1992; 1999; Antezana 1981), distribuidas en 6 provincias

zoogeográficas: ecuatorial, central, transicional, subantártica, antártica y marginal (Brinton, 1962; Antezana, 1981; Gibbons *et al.*, 1999).

Entre las especies marginales (e.g. *Nytiphanes simplex*, *Euphausia lamelligera*, *E. mucronata*), *E. mucronata* es la única especie endémica de la Corriente de Humboldt (CH); se presenta en extraordinaria abundancia (Brinton, 1962, Gunther, 1936) y forma agregaciones comparables a las de *Euphausia superba* de aguas antárticas, (Antezana 1970; 1978); se encuentra asociada al sistema de surgencia y a la zona de oxígeno mínimo a lo largo de Perú y Chile (Antezana, 1978; 2002; Escribano *et al* 2000). *E. mucronata* cumple la función de canalizar una gran parte de la productividad primaria hacia los depredadores nectónicos (peces y ballenas; Antezana, 2002; 2010).

La Corriente de Humboldt al igual que otras corrientes orientales es somera, ancha y lenta (Wooster, 1963), por lo que es posible presumir que existiría un arrastre neto del zooplancton hacia el Ecuador, que afectaría toda la población, y en particular aquellas especies y componentes de las poblaciones de menor tamaño y/o capacidad de desplazamiento. La estructura de tallas de la población de *E. mucronata* no se ha descrito aunque se esperaría que fuera similar en toda la extensión latitudinal de la Corriente de Humboldt, por ser endémica de ella. Sin embargo no se puede excluir la variabilidad en la estructura de tallas de la población en función del transporte hacia el Ecuador, e incluso la existencia de subpoblaciones asociadas a áreas independientes de reproducción, generadas por procesos oceanográficos derivados de la formación de remolinos, meandros y filamentos; estos que se forman en quiebres de la plataforma continental (Grob, 2003 *et al*; Cáceres & Arcos 1991; Cáceres 1992) lo que podrían afectar el transporte de huevos y estados tempranos de desarrollo.

Alternativamente algunos componentes poblacionales podrían ocupar o mantenerse en algunas áreas más adecuadas para la supervivencia o crecimiento, contrarrestando este transporte hacia el Ecuador, a través de su propia movilidad horizontal, o aprovechando las migraciones verticales a estratos donde el transporte es menor o de dirección opuesta, estrategia ampliamente reconocida para las migraciones verticales diarias (Brinton, 1967; Zaret y Suffern, 1976; Ohman, 1990). En el primer caso (de un transporte persistente hacia el norte) la población debería mostrar un gradiente latitudinal creciente en su estructura de tallas, y en el caso de retención o resistencia al flujo hacia el norte, la estructura poblacional debería mostrar núcleos distintivos a lo largo del rango de distribución geográfica.

La caracterización de la población de *E. mucronata* (composición de clases de tallas y estados de desarrollo) a lo largo del rango latitudinal de la Corriente de Humboldt, en torno a estas dos hipótesis alternativas constituye el objetivo general de este estudio.

Objetivos específicos:

- Describir la estructura de tallas en latitudes escogidas a lo largo de la C de Humboldt.
- Describir la estructura de tallas en estratos cercanos y alejados de la costa.
- Describir la composición de estadios larvales a lo largo de la distribución geográfica.
- Establecer las diferencias entre la proporción de estadios larvales y adultos.
- Establecer la existencia de unidades poblacionales en base a las distribuciones de frecuencias de tallas y estadios de desarrollo en el rango de distribución latitudinal.

2. Materiales y Métodos.

2.1.- Colección de muestras de plancton.

Para la elaboración de este estudio se utilizaron, las muestras colectadas durante la Expedición Krill, en Julio y Agosto de 1974, entre 7°S y 39°S a bordo del R. V. Alexander Agassiz. (Fig. 1). Las estaciones se localizaron preferentemente en una franja de 50 km cerca de la costa y otras se ubicaron hasta 300 km frente a las costas de Perú y Chile.

El zooplancton fue colectado con redes Bongo, de 70 cm de diámetro de la boca y de 0,333 y 0,200 mm de malla, provistas de flujómetro, durante el día y la noche en varios estratos verticales que cubrieron el rango de la migración vertical diaria de la especie. Las muestras utilizadas fueron aquellas colectadas entre 0-50 m durante la noche cuando supuestamente todos los componentes de la población concurren a los estratos superiores. (Antezana, 2002) y aleatoriamente las de 0.200 y 0.333 mm

2.2.- Análisis de muestras.

Se identificaron adultos y larvas de *E. mucronata* y se contaron los especímenes de la muestra total por medio de una placa Bogorov en un microscopio estereoscópico. La longitud total (medida desde el rostro hasta el telson) previamente obtenida, se obtuvo usando un ocular milimetrado.

2.3. Análisis de datos.

La abundancia se expresó en individuos por metro cúbico de agua filtrada para cada muestra y también en individuos por metro cuadrado para representar la abundancia integrada del estrato de 0-50 m de profundidad.

Las mediciones de longitud total de la población adulta se agruparon en categorías de tamaño de 1 mm de intervalo y se representaron en histogramas.

Para comprobar el grado de significancia para distribuciones normales se utilizó ANOVA, y en caso de distribuciones sesgadas se utilizó la prueba no-paramétrica de Wilcoxon.

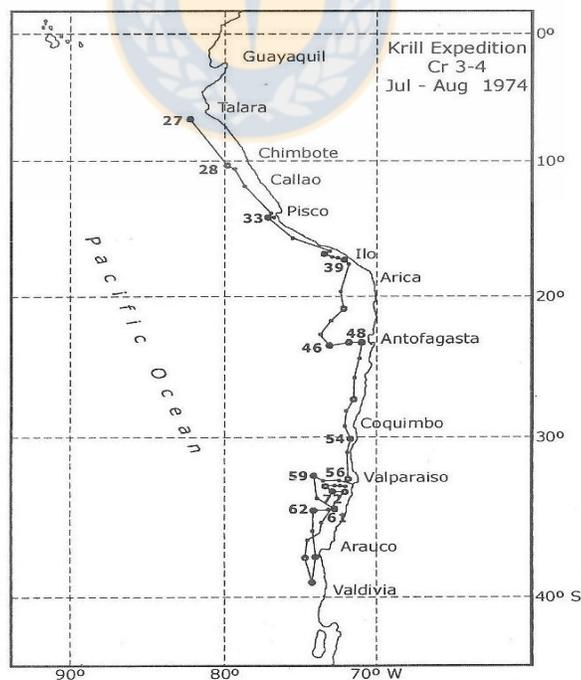


Figura 1.- Colectas de zooplancton durante la expedición Krill 3-4 en la Corriente de Humboldt.

3. Resultados.

3.1.- Distribución geográfica de adultos y juveniles.

La distribución de adultos de *E. mucronata* en los primeros 50 m de profundidad presenta las mayores agregaciones ($>600 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$), preferentemente cerca de la costa y en especial en las cercanías de la península de Mejillones, Coquimbo, Valparaíso, y al sur del Golfo de Arauco. Las menores abundancias (ca. $50 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$) se encontraron fuera de la costa (Fig.2).

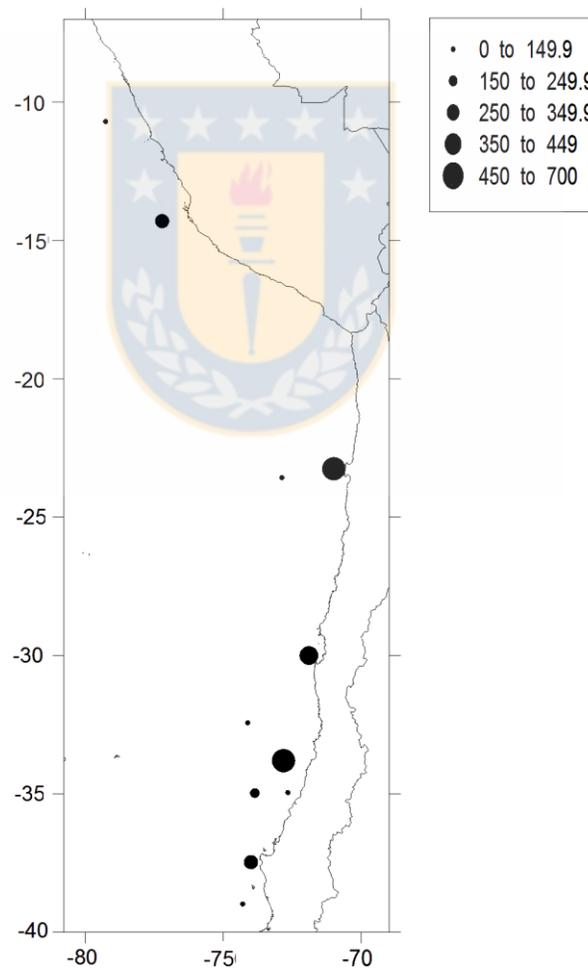


Figura 2.- Distribución de abundancias (ind.*m⁻²) de adultos.

3.2.- Distribución geográfica de larvas.

La abundancia de larvas de *E. mucronata* colectadas en los primeros 50 m durante la noche, osciló entre 4 y 7236 ind.*m⁻² (Fig. 3), con mayores densidades en zonas cercanas a la costa y en las latitudes altas del rango latitudinal de la CH. Las localidades con menos abundancia de larval (ca. 10 ind.*m⁻²) estuvieron en zonas oceánicas además de latitudes menores de la CH. En consecuencia, la mayor proporción de larvas se encontró en la zona Sur (Fig. 4) y alcanzó su máximo en la estación 72 ubicada en los 33° 48`S 72° 14`W. De la porción larval de cada localidad, se registró una mayor proporción de estadios tempranos (caliopsis) en la zona centro sur (Fig. 5).



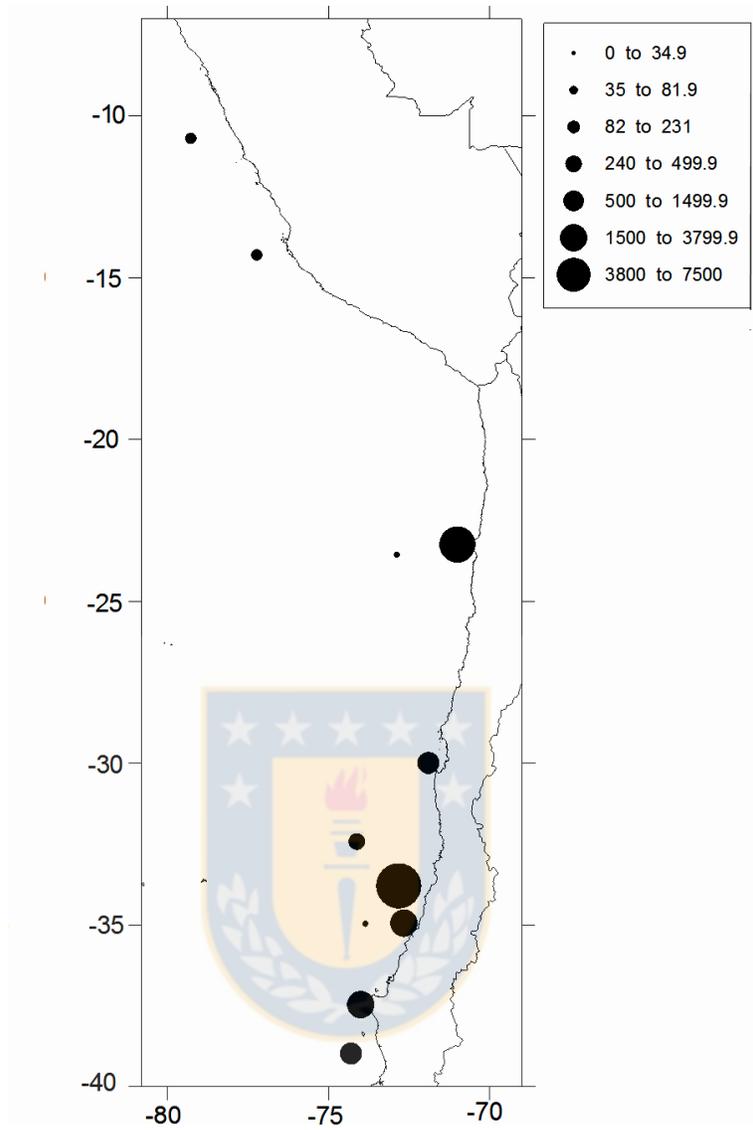


Figura 3.- Distribución de abundancias (ind*m⁻²) de estadios larvales.

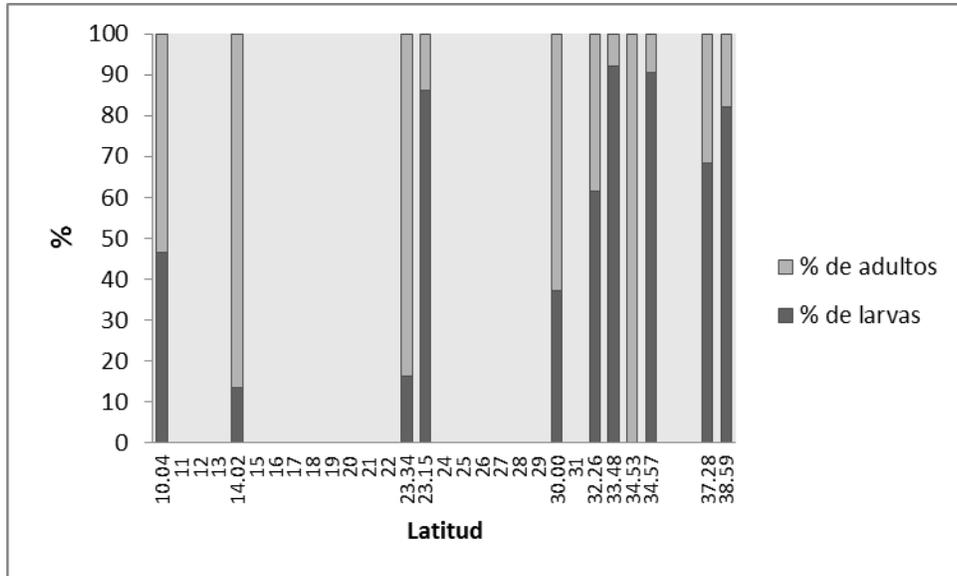


Figura 4.- Distribución de las proporciones de larvas y adultos.

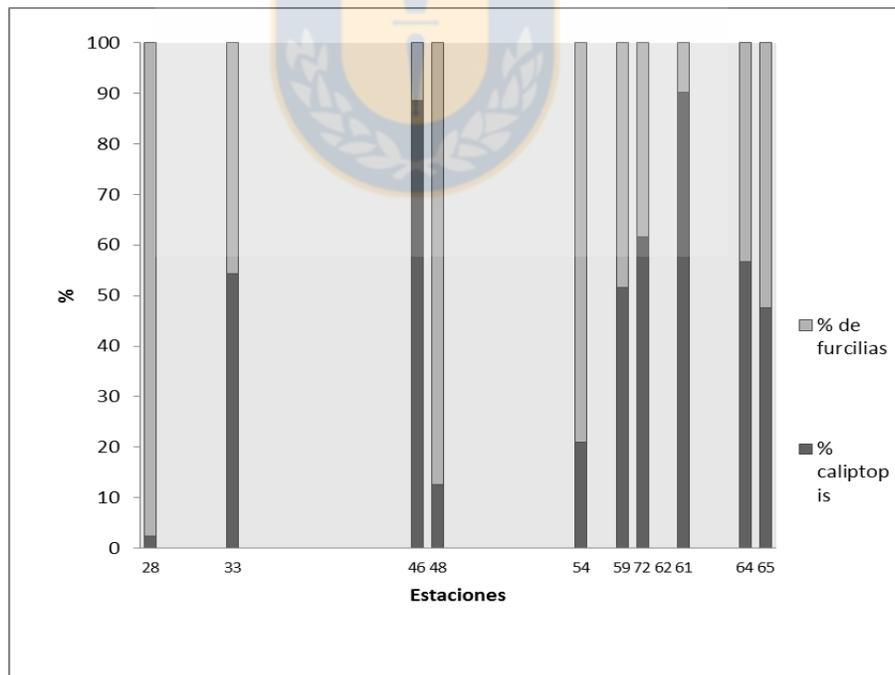


Figura 5.- Distribución de las proporciones de caliptopis y furcilia.

3.3.- Distribución de frecuencias de tallas y larvas en función de la abundancia en intervalos latitudinales.

El promedio de los tamaños de *E. mucronata* osciló de 4 a 14 mm y no se detectaron diferencias significativas de las medias de las tallas ($P > 0.05$) a lo largo de costa de Perú y Chile.

Se localizaron estaciones en las cuales hubo una alta variabilidad en la densidad, en función de las tallas, como lo fue la Est. 72 y relaciones inversamente proporcionales entre talla y abundancia en zonas oceánicas (Est. 62; Fig. 6).

El tamaño integrado de las estaciones vario entre 2 y 22 mm en las cuales se registró dos tallas dominantes en *E. mucronata* (eg. entre 2-5 y 15-18 mm L.T)(Fig.7).

La distribución de tallas y estadios larvales, se agruparon en las siguientes regiones latitudinales: Zona Norte (10° - 15° S), Centro (20° - 30° S) y Sur (30° - 40° S). En el intervalo 30° - 40° S se encuentra el mayor número de estaciones analizadas.

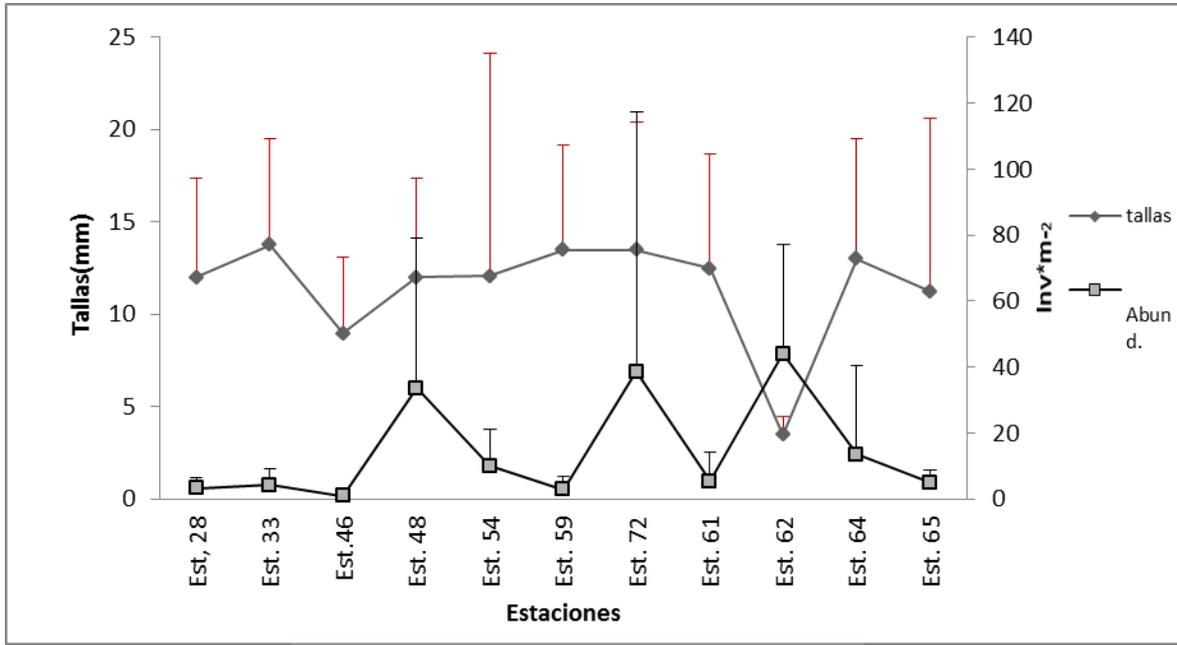


Figura 6.- Variación de los promedios de tallas y abundancia de los adultos de *E. mucronata* en el rango latitudinal de la CH.

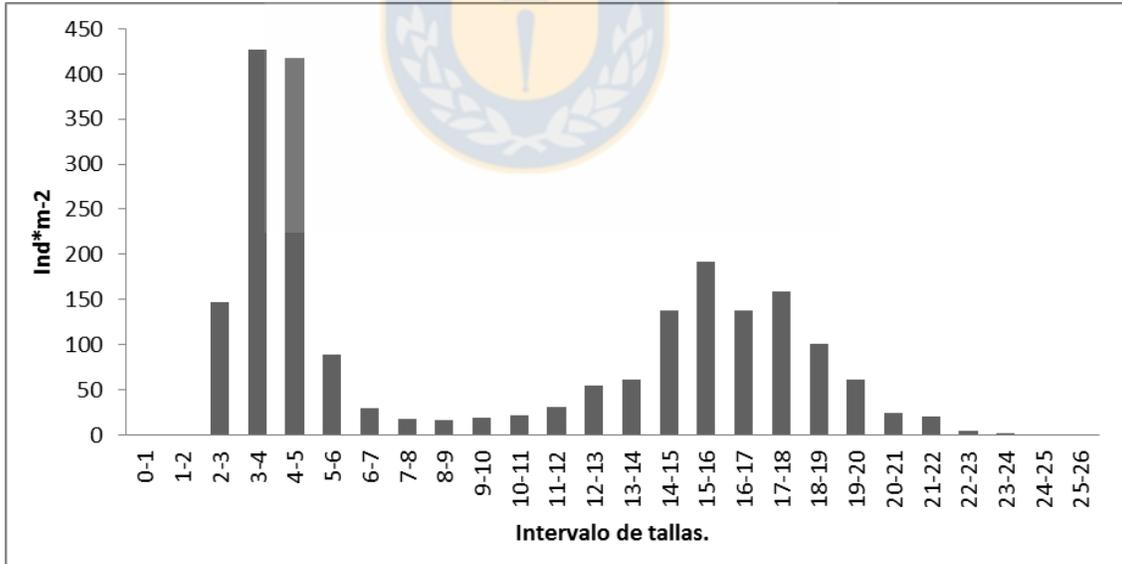


Figura 7.- Distribución de tallas de *E. mucronata*, integrada de todas las muestras analizadas en la CH.

3.3.1.- Zona Norte.

La localidad ubicada en 10° 04'S y 79° 20'W (Est. 28) presenta una densidad relativamente baja de adultos y larvas de *E. mucronata* (Fig. 2). Los caliptopis no alcanzaron abundancia de 2 ind*m⁻². Las furciliias fueron mejor representadas por el estadio F6, que alcanzó una densidad de 16 ind*m⁻² correspondiente al 46% de las furciliias. Las tallas de los adultos variaron de 6 a 20 mm; los adultos más abundantes (10 ind*m⁻²) midieron entre 10-13 mm (Fig.7), a diferencia de las estación 33 (Fig.9) donde la distribución de los tamaños en los adultos de *E. mucronata* fue de 14 a 17 mm con abundancias superiores a los 55 ind*m⁻². Si bien los estadios larvales están presentes, sólo representaron un 15% (Fig.4), de la porción larval de la población local. Caliptopis y furciliias alcanzaron abundancias máximas de 24 y 7 ind*m⁻² respectivamente.

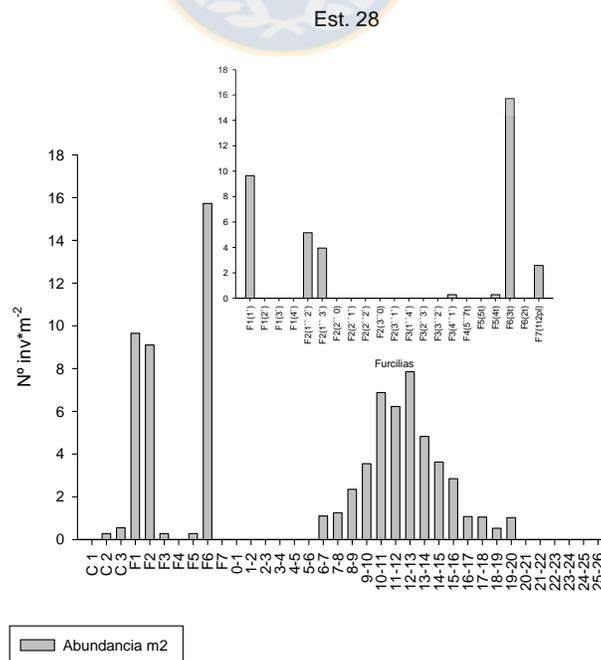


Fig.8.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 28 en 10° 04'S y 79° 20'W.

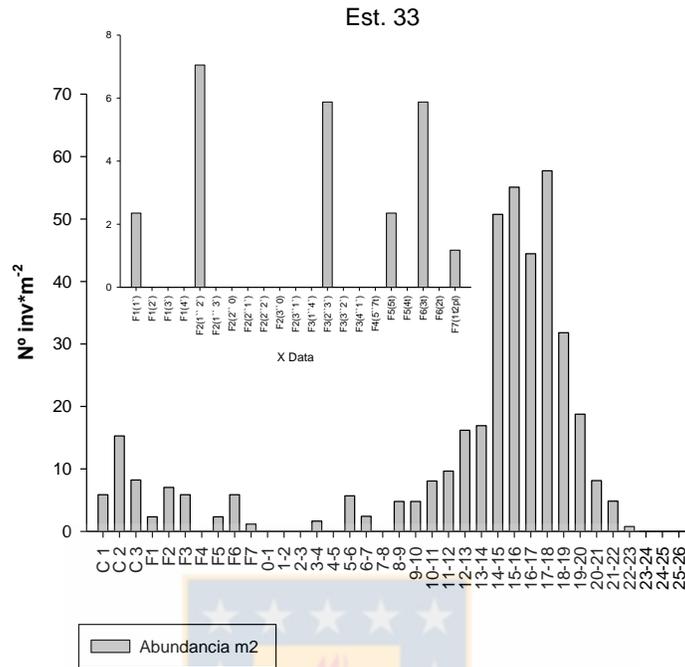


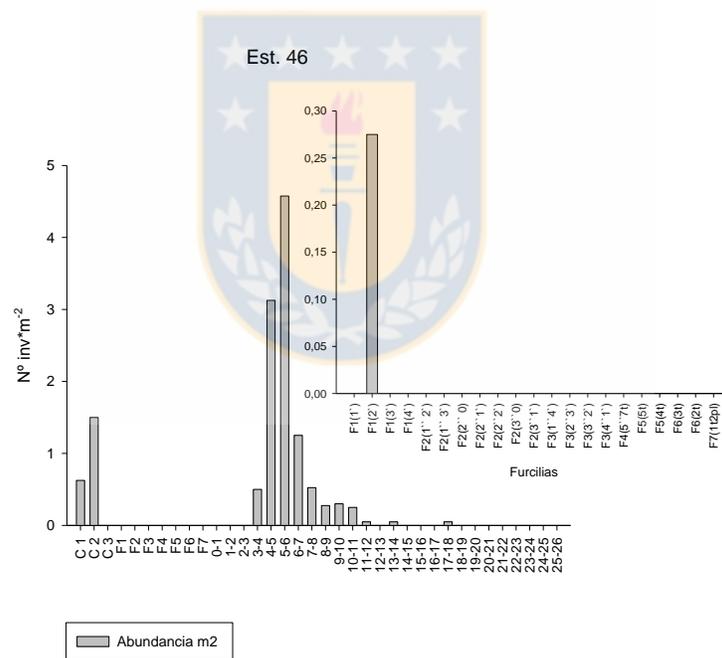
Figura 9.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 33 en 14° 06'S y 77° 12'W.

3.3.2 Zona Central.

En la estación 46 ubicada en 23° 34'S y 72° 53'W, se localizaron las densidades más bajas de *E. mucronata* en la CH; larvas y adultos alcanzaron abundancias 1.5 y 5 ind.*m⁻² respectivamente. Los estadios tempranos (caliopsis) representaron el total de la población larval y un 16 % del total local (Fig. 4). La distribución de tallas, osciló entre los 12-42 mm, siendo los más abundantes (8 ind.*m⁻²) juveniles de 16-23mm (Fig.9). Las tallas en la estación 48 ubicada en los 23° 14'S y 70° 56'W oscilaron entre los 3-18 mm, los individuos

con las tallas más abundantes ($180 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$) midieron entre 4-6 mm (Fig. 10). Esta fue una de las estaciones en la cual, se recolectó una de la más altas densidades de adultos y larvas de *E. mucronata* (Fig. 2 y 3). Los estados larvales más abundantes fueron las furcillas, donde los estadio F3 alcanzaron densidades de $800 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$.

La estación 54 ubicada en $30^{\circ} 00' \text{S}$ y $71^{\circ} 36' \text{W}$, la proporción de los adultos fue de 60% en la población. Los estadios larvales más abundantes ($120 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$) fueron F1, los caliptopis tuvieron una baja representación en la población local. En esta estación se detectaron la presencia de 2 cohortes una de juveniles y otra de adultos. Los tamaños más abundantes (40 y $60 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$) midieron 4-6 mm y 15-19 mm respectivamente (Fig.12).



Est. 48

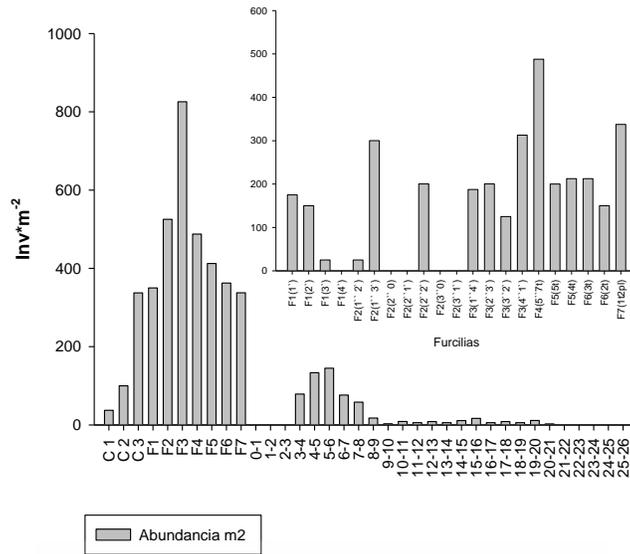


Figura 11.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 48 en 23° 14'S y 70° 56' W.

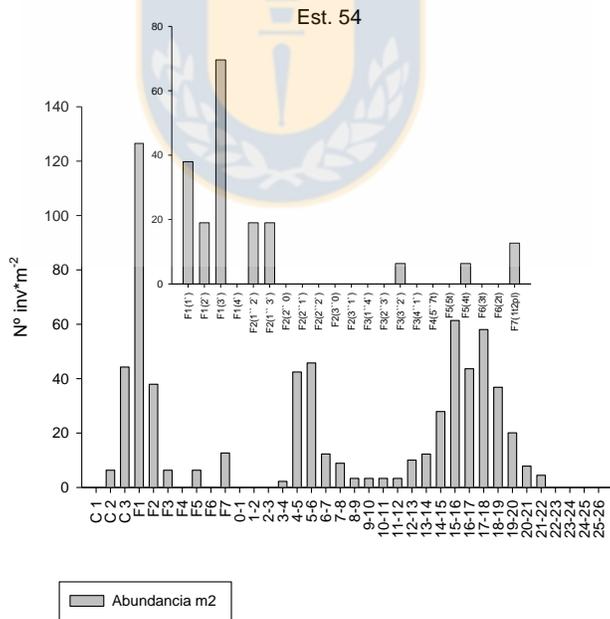


Figura 12. Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 54 en 30° 00' S y 71° 36' W.

3.3.3 Zona Sur.

En la localidad ubicada en 32° 26'S y 74° 07'W (Est.59) la proporción de larvas superó el 60% de la población; de estas larvas, las más abundantes fueron los estadios intermedios (C2, C3, F1), que sumados alcanzaron 60 ind*m⁻². La distribución de tallas osciló entre los 4 y 23 mm; los más abundantes (15 ind*m⁻²) midieron entre 14 y 17 mm (Fig.13). En localidades más costeras y más al sur, específicamente en 33° 48'S 72° 14'W, la distribución de tallas varió entre los 3 y 17 mm; de éstos los más abundantes (500 ind.*m²) fue una cohorte de juveniles que midieron entre 3-5 mm. Esta estación (Est.72) fue donde se registró, la mayor densidad de estadios larvales ~7500 ind*m⁻², correspondiente al 95% de la población local. Los más abundantes fueron los estadios C2, C3 y F1, estos sobrepasando los 600 ind*m⁻².

La Est. 62 fue la única estación donde no se recolectaron estadios larvales, en esta estación sólo se obtuvo una restringida distribución de tallas (2-5 mm; Fig.15) las cuales alcanzaron abundancias de 80 ind*m⁻². A diferencia de la estación 61 donde los estadios larvales fueron los más abundantes y en proporción alcanzaron el 95% de la población local, el resto de estuvo representada por juveniles (2-4 mm) y adultos (14-18 mm) los que no sobrepasaron los 60 ind*m⁻² (Fig.16).

La Est. 64 similar a estación 61, la proporción de estadios larvales representó la mayor parte de la proporción de la población local (70%) los estadios más abundantes fueron C2 y F2 (230 y 100 ind*m⁻²), la distribución de tallas fue preferentemente dominada por juveniles que midieron 2-5 mm, el resto de las tallas no sobrepasaron los 50 ind*m⁻² (Fig.17). En contraste

la estación 65 presenta dos modas en la distribución de tallas una fue las 4 y 6 mm y 12 y 18 mm, además en esta estación la proporción de larvas, también fue mayor a la de los adultos y juveniles (Fig. 18).

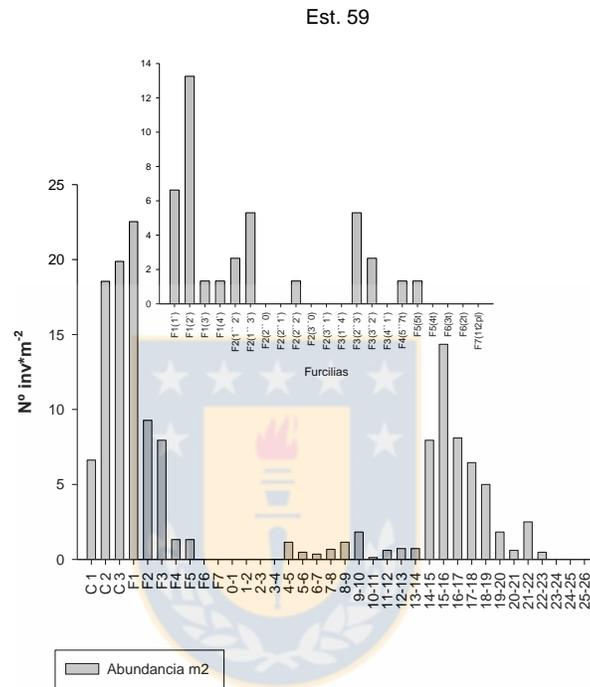


Figura 13. Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 59 en 32° 26'S y 74° 07'W.

Est. 72

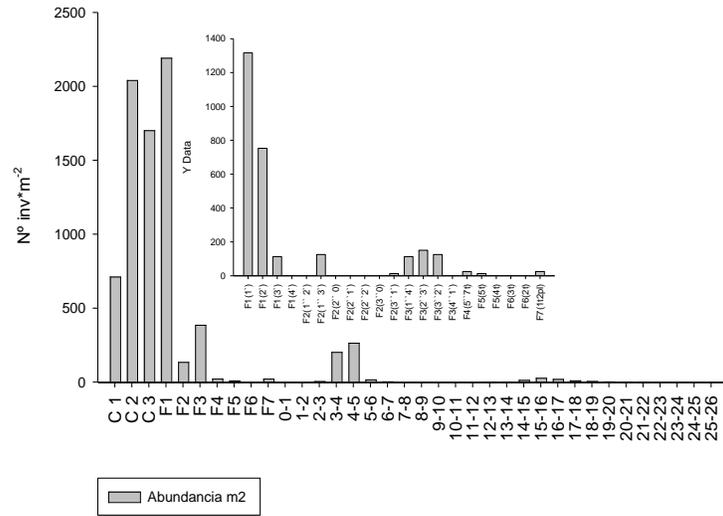


Figura 14.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 72 en 33° 48'S 72° 14' W.

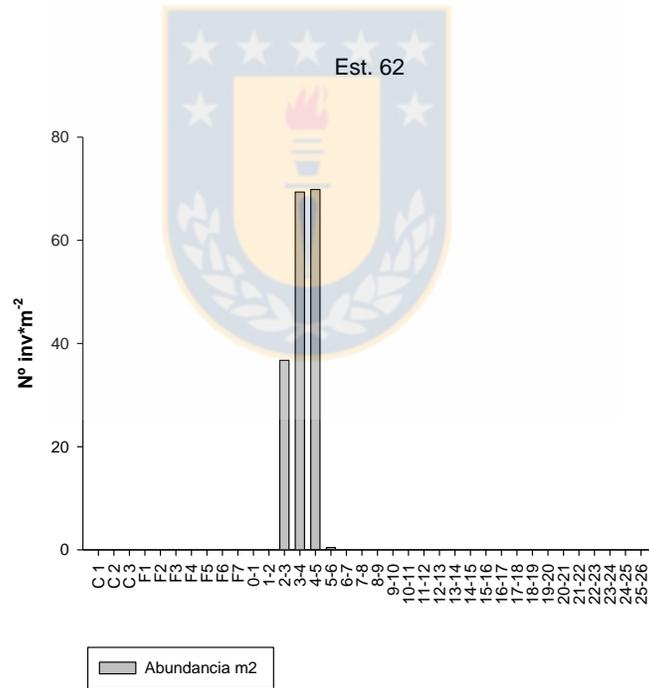


Figura 15.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 62 en 34° 53'S y 73° 49' W.

Est. 61

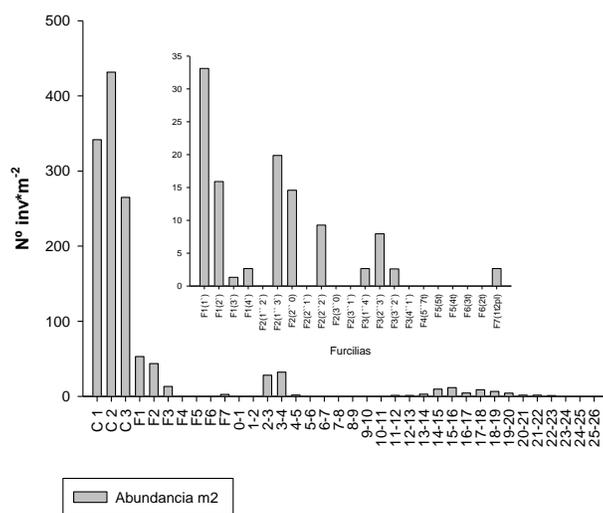
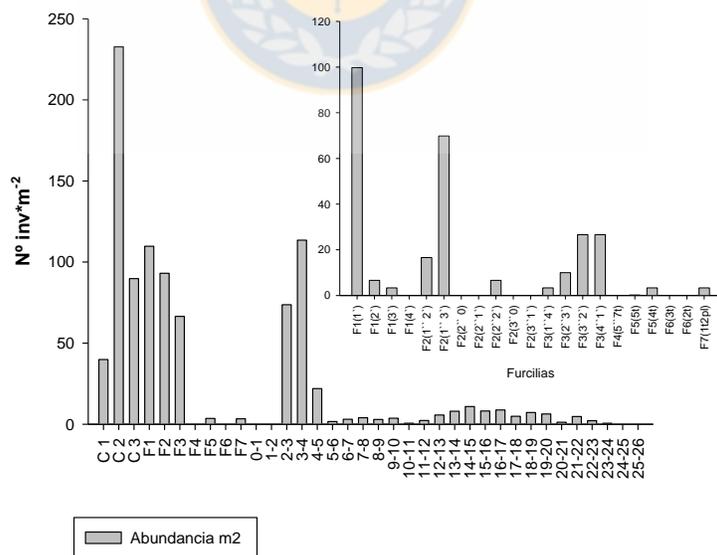


Figura 16.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 61 en 34° 57' S y 72°40' W.



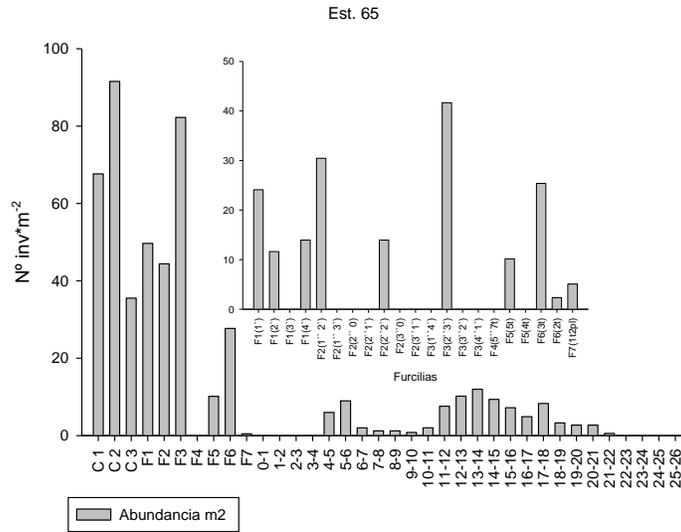


Figura 18.- Distribución de tallas y estadios larvales en la Est. 65 en 38° 58' S y los 74° 02' W.



3.4.- Distribución de frecuencia de tallas en áreas costeras y oceánicas.

Según la prueba estadística no paramétrica, suma de los rangos de Wilcoxon, la media de las tallas son significativamente de mayor tamaño en zonas costeras en el centro sur de Chile, cuando se compararon las estaciones 61-62; en cambio la media de las tallas en la zona norte de Chile (48-46) no fue significativamente mayor en la costa (con una grado de significancia de 0,05).

3.5.- Variación de las Vías de desarrollo de *E. mucronata* en la CH.

En función de las vías de desarrollo de *E. mucronata* (Antezana y Melo, 2009) frente a la costa de Perú y Chile no se detectaron diferencias en las vías alternativas para alcanzar la etapa de juvenil. En general el número de estadios no aumenta en función de la latitud, sin embargo las estaciones ubicadas frente al Perú, presentaron 2 vías posibles de desarrollo F1 (1') a F2 (1''2') y F2 (1'' 3') a F3 (4'' 1'). En las estaciones ubicadas frente a las costas del Perú presentaron vías similares, pero con menos opciones a las encontradas frente al norte y el Sur de Chile (Fig. 18).



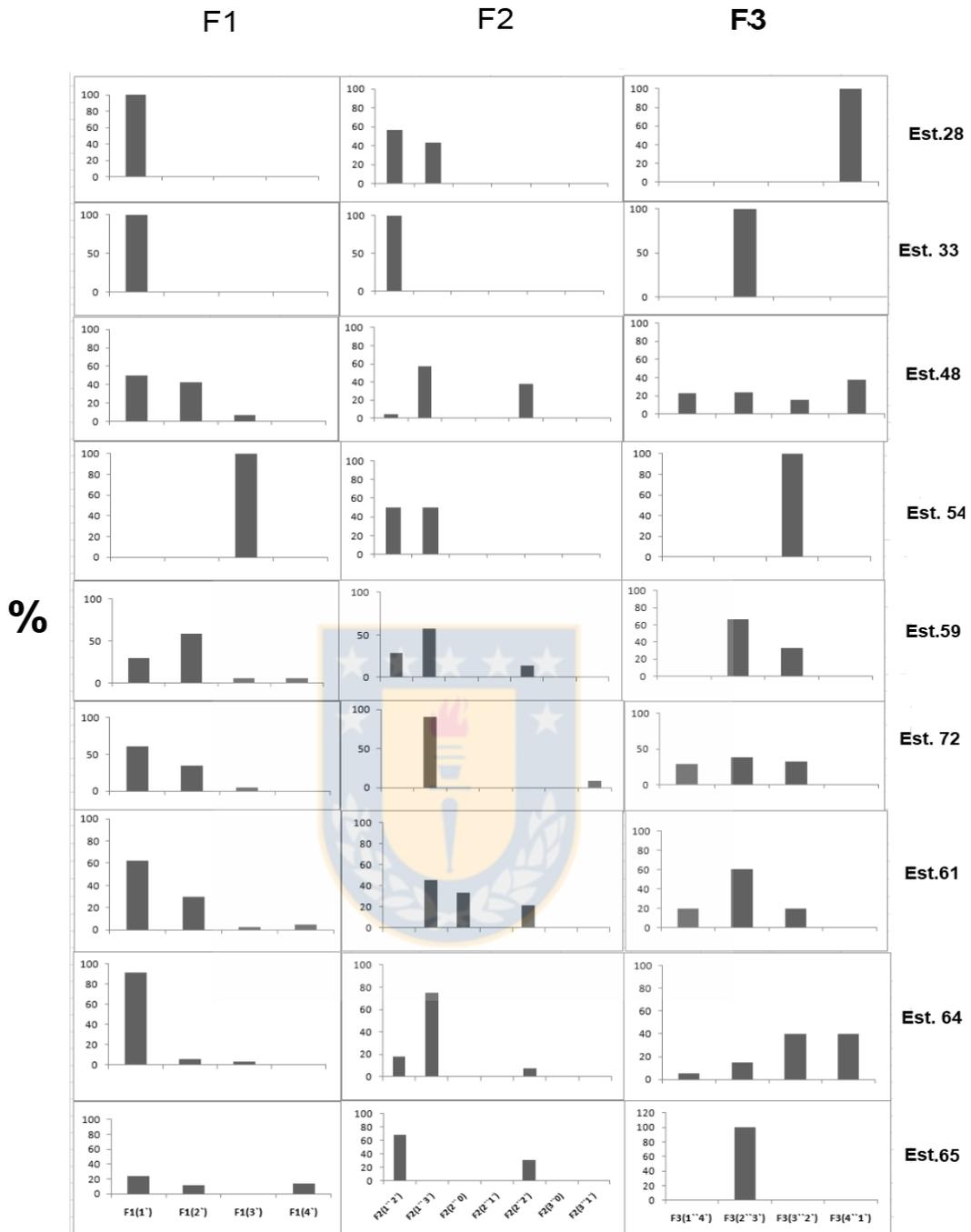


Figura. 19.- Patrones de desarrollo larval por localidad.

4.-Discusión.

La distribución de frecuencias de tallas de los eufausidos es conocida para muy pocas especies (*Thysanoessa raschii*, *T. inermes*, *Meganyctiphanes norvegica*, *Euphausia superba*, *E. pacifica*) (Siegel y Nicol, 2000). Mientras en *E. superba* se describen hasta 6 clases anuales, en *E. pacifica*, una especie que ocupa un papel trófico semejante a *E. mucronata* en la Corriente de California, se identifican 2 clases anuales (13-14 y 22-23mm). Se desconoce la estructura poblacional de *E. mucronata* con excepción del estudio de la migración vertical diaria de clases de tamaño (Antezana, 1978). La estructura de tallas de la población de *E. mucronata* integrada para todas las localidades exploradas en este crucero, estuvo también representada por 2 modas principales (2-5 y 15-18 mm). Aunque esta estructura se vio representada en algunas estaciones, hubo una gran variabilidad en la distribución de frecuencias de talla donde apenas se visualiza el patrón estructural de la población en la Corriente de Humboldt. Hubo poblaciones con 1-2 modas de juveniles (e.g. Est.61) o/y adultos, hasta otras con solo una moda (e.g. Est.59). Esta variabilidad entre localidades sugiere que las poblaciones tienen estructuras variables, transcientes o independientes entre si, y en cualquier caso no parecen asociarse con la latitud como resultado del transporte esperado hacia el Ecuador por la corriente de Humboldt. De esta forma se rechaza en términos generales la hipótesis central de este trabajo. Esta ausencia de gradiente latitudinal en la estructura de tallas es consistente con los resultados en *Euphausia pacifica* a lo largo de la Corriente de California también de flujo general hacia el Ecuador (Brinton, 1976).

Si bien no existen patrones latitudinales en la distribución de tallas, el efecto de localidades más costeras versus localidades oceánicas fue más claro. Los adultos de mayor tamaño dominaron la estructura de tallas en las localidades costeras, en cambio los juveniles en las estaciones oceánicas. Esto implicaría que los juveniles son arrastrados mar afuera en mayor proporción que los adultos, o que éstos pueden mantenerse o prefieren ambientes de mayor productividad asociados a surgencias, lo cual ha sido ampliamente observado para el plancton de estas regiones (Gunther, 1936; Brinton, 1962; Antezana, 1970; 2010). La dominancia de juveniles mar afuera implica el efecto de temperaturas más altas y también podría ser función de la disponibilidad o tipo-tamaño del alimento. El espectro trófico esperado en áreas más oceánicas debiera ser diferente al de los adultos, pero eventualmente favorable para la alimentación de esos juveniles. Alternativamente la presencia de tallas menores fuera de la costa donde la productividad es más baja, pudiera ser el resultado de menores tasas de crecimiento, que les permitirían a los individuos sobrevivir y eventualmente reproducirse. Sin embargo no se puede descartar, que fuera de la costa pudiera existir una depredación de eufausidos tamaño-dependiente por parte de los numerosos depredadores descritos para *E. mucronata* (Antezana, 2010)

Excepcionalmente fue posible encontrar ambientes oceánicos de aparentemente alta productividad, como la estación 59 frente a Coquimbo, cuya estructura poblacional estuvo representada tanto por juveniles como adultos e incluso una relativa abundancia de estadios larvales. Estos ambientes pudieran asociarse con la formación de remolinos, filamentos o meandros que pudieran exportar hacia el océano las propiedades y los componentes propios de ambientes de surgencia (Fuenzalida *et. al* 2007; Cáceres & Arcos 1991; Cáceres 1992).

La presencia de estos microambientes o parches oceánicos implica que la reproducción de *E. mucronata* no está ligada necesariamente a localidades costeras.

Tanto el efecto costa-océano como la ausencia de un efecto latitudinal en la distribución de tamaños de la población (con individuos de mayor tamaño en el norte por mantenerse un mayor tiempo en la corriente) pudieran explicarse por un efecto conjunto o alternativo de una compleja circulación de corrientes y de comportamientos tamaño-dependientes de los individuos de la población (e.g. migración vertical diaria diferencial, Antezana, 1978).

El efecto de estos factores se exploró a través de la distribución de estadios larvales a lo largo del rango de distribución latitudinal y costa-océano de la especie, y como una forma de establecer los focos o localidades de reproducción de la especie. Los resultados en efecto indican que la mayor dominancia de estadios larvarios se encuentran en latitudes más altas, lo que implicaría o mayor actividad reproductiva o menor reclutamiento (asociado con la temperatura o la disponibilidad de alimento). Sin embargo, la ausencia de un patrón de dominancia de estadios más tempranos (e.g. caliptopis que indican reproducción actual o reciente) sobre los más tardíos (furcilia) tanto en un sentido norte-sur como costa-océano, implican que la reproducción ocurre indistintamente en localidades oceánicas del norte y del sur, del rango de distribución de la especie. Sin embargo los datos son restringidos en el tiempo, como para descartar definitivamente que las zonas preferentes de reproducción sean las costeras (asociables con surgencia-fertilidad-productividad primaria). En todo caso la presencia a lo largo y ancho de la distribución tanto de caliptopis como de varios estadios de furcilia indican que a pesar de las condiciones invernales, esta especie típica de aguas

temperadas y de una estacionalidad en la temperatura y producción primaria, tiene una reproducción activa en el periodo invernal.

Finalmente, el desarrollo larval y especialmente la presencia de patrones distintivos en las vías ontogénicas que tiene un carácter específico y que en especies de alta variabilidad morfogénica como *E. mucronata* (Antezana, 1978; Antezana y Melo, 2008) y *E. pacifica* (Knight, 1984; Endo y Komaki, 1970) pudieran indicar ambientes más o menos favorables para el desarrollo, no tuvo gradientes claros en latitud y costa-océano. En efecto, aunque se confirmó las vías dominantes de 2 o 3 pleopodos no setosos en las primeras furcillas, su distribución fue aleatoria a lo largo y ancho; eventualmente la variabilidad de micro-escala en el tiempo y en el espacio pudiera ser una mejor explicación para esta variabilidad que las escalas cubiertas en este estudio.



5. - Bibliografía.

Antezana, T. 1978. Distribution of euphausiids in the Peru-Chile Current, with particular reference to the endemic *Euphausia mucronata* and the oxygen minimum layer. Ph.D. dissertation, University of California, San Diego, 466 p.

Antezana, T. 1981. Zoogeography of euphausiids of the South Eastern Pacific Ocean. Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton. UNESCO, Montevideo, pp. 5-23.

Antezana, T. 2002a. Vertical distribution and diel migration of *Euphausia mucronata* in the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. In *Oceanography of the Eastern Pacific II*, J. Farber (ed.). Ensenada, Mexico: CICESE, 13–28.

Antezana, T. 2002b. Adaptive behaviour of *Euphausia mucronata* in relation to the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. In: J. Farber (ed.). *Oceanography of the Eastern Pacific*, 2: 29-40.

Antezana, T. & C. Melo. 2008. Larval development of Humboldt current krill, *Euphausia mucronata* G.O. Sars, 1883 (Malacostraca, Euphausiacea). *Crustaceana* 81(3): 305-328.

Antezana, T. 2010. *Euphausia mucronata*: A keystone herbivore and prey of the Humboldt Current System. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57: 7-8, 652-662.

Brinton, E., and J.G. Wyllie. 1976. Distributional atlas of euphausiid growth stages off southern California, 1953 through 1956. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas 24, vii-xxxii, charts 1-289.

Brinton, E., 1967. Distributional atlas of Euphausiacea (Crustacea) in the California Current region, Part I. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas 5, iii-xi, charts 1-275.

Brinton, E., M. Ohman, A. Townsend, M. Knight & A. Bridgeman. 1999. Euphausiids of the world. World Biodiversity Database. CD-R Series ETI, Springer- Verlag.

Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes de satélite frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central (33-38.5°S). *Investigaciones Pesqueras (Chile)*, 37: 55-66.

Cáceres, M. & D. Arcos. 1991. Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones Pesqueras (Chile)*, 36: 27-38.

Endo, Y., and Y. Komaki. 1979. Larval stages of euphausiids with descriptions of those of *Thysanoessa longipes* Brandt. Bulletin of Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory 30: 97-110.

Escribano, R., Marín, V.H. & Irribarren, C. 2000. Distribution of *Euphausia mucronata* at the upwelling area of Peninsula Mejillones, northern Chile: the influence of the oxygen minimum layer. *Scientia Marina*. 64: 69–77.

Fonseca, T. R., and M. Farias, 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Investigaciones Pesqueras*. (Chile), 34:33-46.

Fuenzalida, R., W. Schneider, J. Blanco, J. Garcés, 2007. Sistema de Corriente Chile Perú y masa de agua entre calderas e isla de Pascua. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 30 (2): 5-16.

Gibbons, M., V. Spiridonov & G. Tarling. 1999. Euphausiacea. In: D. Boltovskoy (ed.). *South Atlantic zooplankton*. Backhuys Publishers, Netherlands, 2: 869- 1706.

Grob, C., R. Quiñones, y D Figueroa,. 2003. Cuantificación del transporte de agua costero-oceano a través de filamentos y remolinos ricos en clorofila a, en la zona centro-sur de Chile (35.5-37.5°S). *Gayana (Concepc.)* .67: 55-67.

Gunther, E.R. 1936. Variations in behaviour of the Perú Coastal Current: with an historical introduction. *The Geographical Journal* 88: 37–61.

Knight, M.D. 1984. Variation in larval morphogenesis within the southern California bight population of *Euphausia pacifica* from winter through summer, 1977- 1978. CalCOFI Rep, XXV, 87-99.

Siegel, S. and Nicol, S. 2000. Background on life history information, in Everson, I., Krill Biology, Ecology and Fisheries. 103-149, Malden: Blackwell Science

Thiel et al., 2007 M. Thiel, E. Macaya, E. Acuna, W. Arntz, H. Bastias, K. Brokordt, P. Camus, J. Castilla, L. Castro, M. Cortes, C. Dumont, R. Escribano, M. Fernandez, J. Gajardo, C. Gaymer, I. Gomez, A. Gonzalez, H. Gonzalez, P. Haye, J. Illanes, J. Iriarte, D. Lancellotti, G. Luna, C. Luxoro, P. Manriquez, V. Marin., P. Munoz, S. Navarrete, E. Perez, E. Poulin, J. Sellanes, H. Sepulveda, W. Stotz, F. Tala, A. Thomas, C. Vargas, J. Vasquez and J. Vega, The Humboldt Current system of northern and central Chile. Oceanographic processes, ecological interactions and socioeconomic feedback, *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 45: 195–344.

Wooster, W.S., and J.L Reid, Jr. (1963) Eastern boundary currents, pp.253-280. In: The sea, editor M. Hill, vol. 2, Wiley-Interscience, New York

Zaret, T.M. and J.S. Suffer. 1976. Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnology and Oceanography*, 21: 804-813.