

TESIS DEFENDIDA POR  
**Magnolia Murcia Riaño**  
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

---

Dr. Jaime Färber Lorda  
*Director del Comité*

---

Dra. Bertha E. Lavaniegos Espejo  
*Miembro del Comité*

---

Dr. Emilio Jose Beier Martin  
*Miembro del Comité*

---

Dr. Alan Giraldo López  
*Miembro del Comité*

---

Dra. Bertha E. Lavaniegos Espejo  
*Coordinadora del programa de  
posgrado en Ecología Marina*

---

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales  
Director de Estudios de Posgrado

3 de Agosto de 2011.

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DE ENSENADA**



---

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS  
EN ECOLOGÍA MARINA**

---

**Diferenciación Morfológica de Eufásidos de la Bahía de Todos Santos (Baja  
California) y del Pacífico Tropical Mexicano**

**TESIS**

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presenta:

**Magnolia Murcia Riaño**

Ensenada, Baja California, México, Agosto de 2011.

**RESUMEN** de la tesis de **Magnolia Murcia Riaño**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en **Ecología Marina**. Ensenada, Baja California. **Agosto de 2011**.

## **Diferenciación Morfológica de Eufásidos de la Bahía de Todos Santos (Baja California) y del Pacífico Tropical Mexicano**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Jaime Färber Lorda

Se realizaron medidas somáticas, así como de peso húmedo y peso seco de especies de la Corriente de California y especies que se enfrentan a un fuerte gradiente de temperatura y oxígeno del Pacífico Tropical Mexicano. Para las especies de la Corriente de California se encontraron diferencias a nivel intraespecífico entre las hembras y machos de *Euphausia pacífica*, particularmente para: la regresión entre la longitud total con la longitud de caparazón, la regresión entre longitud total y longitud de telson y longitud total con el diámetro del ojo. En relación al peso se encontraron diferencias significativas en la regresión entre el peso húmedo y el peso seco con la longitud total y a la longitud del caparazón. El análisis de componentes principales mostró una separación a nivel morfológico entre los dos sexos siendo el índice de diferenciación la medida que determinó dicha separación.

En el pacífico Tropical mexicano, para *E. distinguenda* se encontraron diferencias entre machos y hembras para la relación entre la longitud de caparazón y la longitud total, sin embargo para las demás mediciones no se encontraron diferencias entre los dos sexos, en las regresiones analizadas; tampoco se encontraron diferencias para el peso húmedo como para el seco. Al comparar las dos especies más abundantes de cada uno de los ambientes (Corriente de California y Pacífico Tropical Mexicano) fue posible establecer cuatro grupos morfológicos (especies, machos y hembras), comprobando de esta manera que existe diferenciación sexual (morfológica intra e interespecífica) en *E. pacífica* y *E. distinguenda*, determinada básicamente por la longitud del cefalotórax. Para especies del mismo género, los factores ambientales podrían estar determinando dicha diferenciación, adicionalmente se infiere que para las especies del trópico un abdomen más grande podría estar relacionado con temperaturas más altas.

**Palabras Clave:** \_ eufásidos, morfología, Corriente de California, Pacífico tropical mexicano.

**ABSTRACT** of the thesis presented by **Magnolia Murcia Riaño** as a partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCE degree in Marine Ecology. Ensenada, Baja California, México. **Agosto de 2011.**

### **Title**

## **Morphological Differentiation Euphausiids on the Todos Santos Bay (Baja California) and the Mexican Tropical Pacific**

Somatic and wet weight and dry weight measurements of species of the California Current and species that face a strong gradient of temperature and oxygen Mexican Tropical Pacific were performed. For species of the California Current differences at the intraspecific level between males and females of *Euphausia pacifica*, were found particularly in the total length to carapace length, and the regressions between total and telson lengths, and the regression between total length and eye diameter. The regression between wet weight and dry weight with total length and carapace length showed significant differences. Principal component analyses showed a separation between the sexes using different somatic measurements the differentiation index determined this separation.

In the Mexican Tropical Pacific, differences were found between males and females for the relationship between carapace length and total length in *E. distinguenda*, but for other measurements, no differences were found between the sexes in the regressions analyzed, for both the wet or dry weight. Comparing the two most abundant species in each of the environments (California Current and Mexican Tropical Pacific) it was possible to establish four morphological groups (species, males and females), thus proving that there is sexual morphological differentiation (intra-and iterespecifically), in *E. pacifica* and *E. distinguenda*, basically determined by the length of the cephalothorax. For species of the same gender, environmental factors could be determining this differentiation, in addition it is hypothesized that for species in the tropics a larger abdomen might be related to higher temperatures.

**Key words:** .Euphausiids, morphology, California Current, Mexican Tropical Pacific

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. **Jaime Färber Lorda**, quién me apoyó con la beca de su proyecto y apoyó mi ingreso al programa académico, por ayudarme a concluir este trabajo de investigación y por la paciencia durante la ejecución de este mismo.

A la Dra **Bertha Lavaniegos Espejo**, y los Dres **Emilio Beier** y **Alan Giraldo**, miembros de mi comité de tesis, por su colaboración y contribuciones durante este proceso. Por sus oportunas observaciones.

A la Dra **Elena Solana** por su valiosa colaboración en la parte estadística de este trabajo, sus aportes fueron claves para la culminación de esta tesis.

Al **CICESE**, por darme la oportunidad de cursar la Maestría en esta gran institución. A todo su personal Académico, Técnico y Administrativo por las atenciones y facilidades que tuvieron conmigo.

Al Dr **David H Covarrubias** por su constante apoyo, por estar pendiente durante toda mi estancia en CICESE.

Al personal de servicios escolares: **Norma Fuentes**, **Dolores Sarracino**, **Ivonne Best** y **Citlali Romero** por ayudarme con todos los trámites administrativos, por su amabilidad y por brindarme una amplia sonrisa y cariño cuando requería de sus servicios.

Al **CONACYT**, por la beca que me otorgó a través del proyecto #2006-62152 - Presupuesto de carbono, distribución y adaptaciones fisiológicas del zooplancton en la zona del mínimo de oxígeno del Pacífico tropical mexicano- para cursar la Maestría.

A los **profesores** del departamento de **Ecología**, por brindarme sus conocimientos y contribuir a mi formación académica. A las secretarías y técnicos, especialmente a **Elizabeth Farias** y a **Lucy Roman**, por su constante apoyo en los trámites administrativos, por su tiempo, paciencia y amistad.

A **Julieta Castro Sandoval** por su eficiencia y apoyo en todo lo relacionado con mi beca.

A **Ignacio Romero** por sus ideas en el momento de mejorar técnicas para el desarrollo del presente trabajo.

A **Vlado** por su paciencia, tolerancia y apoyo en estos dos largos años de convivencia, gracias por estar ahí siempre.

A mi gran amiga **Erica Gutiérrez** por su insistencia en que viniera a este lugar del planeta, por sus regaños oportunos y su compañía.

A la Familia Duarte en especial a **Don Marcos** y **Doña Ramona** por adoptarme en su hogar, hacerme sentir parte de ustedes y por regalarme tanto cariño y domingos en familia.

A todos mis **compañeros** y **amigos**, que de alguna manera me ayudaron durante estos dos años, que hicieron mi estancia más placentera, en especial a los miembros de la familia incomoda: Rich, Cesar, Andreita, Yuca, Karlita, Aby, Martica y Room, gracias por su compañía, apoyo y amistad sincera, gracias por hacerme sentir como en casa. A Nan, Eric, Lupis, Audrey, Jushiro, Marianita, Dani Gris, la gente del Gym etc etc en Fin la lista es interminable a Todos muchas gracias.

A mis padres (**Beatriz y Enrique**) y a mis hermanos (**Luis Fernando, Juan C, Nubia, María E y Blanquita**), por su apoyo y cariño.

A todas las personas e instituciones antes mencionadas... **¡GRACIAS!**

## DEDICATORIA

A mis padres y mis hermanos por apoyarme y acompañarme en esta etapa de mi vida y en todo este proceso

Siempre los llevare en mi corazón...

A la negra por sus palabras de aliento,  
sus sabios consejos,  
por ayudarme a tomar decisiones claves  
y por estar ahí cuando siempre te necesite.

## CONTENIDO

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
I.1 IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS EUFÁUSIDOS .....	2
I.2 ANTECEDENTES .....	6
I.3 JUSTIFICACIÓN .....	8
I.4 HIPÓTESIS .....	9
I.5 OBJETIVOS .....	9
I. 5. 1 OBJETIVO GENERAL.....	9
I. 5. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
II.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	11
<i>Bahía de Todos Santos, Baja California .....</i>	<i>11</i>
<i>Pacífico Tropical Mexicano .....</i>	<i>14</i>
II.2 TRABAJO DE CAMPO .....	15
II.3 TRABAJO DE LABORATORIO .....	17
II.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	21
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
III.1 BAHÍA DE TODOS SANTOS.....	23
<i>III.1. 1 Morfometría de Euphausia pacífica .....</i>	<i>23</i>
<i>Relación entre peso y longitud.....</i>	<i>28</i>
<i>III. 1.2 Morfometría de Thysanoessa spinifera.....</i>	<i>34</i>
<i>Relación entre peso y longitud.....</i>	<i>36</i>
III.2 PACIFICO TROPICAL MEXICANO .....	39
<i>III. 2.1 Morfometría de Euphausia distinguenda.....</i>	<i>41</i>
<i>Relación entre peso y longitud.....</i>	<i>45</i>
III. 3 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DENTRO DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS.....	51
<i>III. 3.1 Especies de la Corriente de California: Euphausia pacifica y</i>	
<i>Thysanoessa spinífera.....</i>	<i>51</i>
<i>III. 3.2 Especies del Pacífico Tropical mexicano: Euphausia distinguenda y</i>	
<i>Euphausia diomedeeae. ....</i>	<i>55</i>
<i>Hembras .....</i>	<i>55</i>
<i>Machos ...</i>	<i>58</i>

## CONTENIDO (Continuación)

	<b>Página</b>
III. 4 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE LAS DOS ZONAS GEOGRÁFICAS	58
<i>Hembras</i> .....	59
<i>Machos</i> ...	63
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	<b>75</b>
IV. 1 BAHÍA DE TODOS SANTOS .....	76
<i>Euphausia pacífica</i> .....	76
<i>Thysanoessa spinífera</i> .....	82
IV.2 PACÍFICO TROPICAL MEXICANO .....	83
<i>Euphausia distinguenda</i> .....	83
IV. 3 COMPARACION DENTRO DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS .....	85
<i>Especies de la Corriente de California: E. pacífica y T. spinífera</i> .....	85
<i>Especies del Pacífico Tropical Mexicano: E. distinguenda y E. diomedeeae</i>	85
IV.4 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE LAS DOS ZONAS GEOGRÁFICAS	86
<i>Euphausia pacífica y Euphausia distinguenda</i> .....	86
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>89</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Ubicación de las estaciones muestreadas en la Bahía de Todos Santos, Baja California Norte en el Pacífico Mexicano. Los números indican los puntos de muestreos y se detallan en la tabla I.	12
2	Estaciones muestreadas durante la campaña oceanográfica PROCOMEX IX en Noviembre de 2009 en el Pacífico Tropical Mexicano. Dentro de los círculos de color verde se encuentran las estaciones donde fueron colectados los organismos.	15
3	Longitud total.- Desde el arco ocular hasta la parte anterior del telson.	18
4	Longitud del cefalotórax.- Desde el arco ocular hasta el extremo posterior del cefalotórax.	19
5	Longitud del telson.- Desde el extremo posterior del último segmento abdominal hasta el final del telson.	19
6	Longitud de la base del primer pleópodo.	20
7	Diámetro del ojo.	20
8	Regresión lineal entre la longitud total y la longitud de caparazón (a), regresión lineal entre la longitud total y la longitud de telson (b) para hembras y machos de <i>Euphausia pacífica</i> .	26
9	Regresión lineal entre la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a), regresión lineal entre la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras y machos de <i>Euphausia pacífica</i> .	27
10	Regresión entre el peso húmedo y la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos de <i>Euphausia pacífica</i> .	29
11	Regresión entre peso seco y la longitud total (a) y peso seco con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos <i>Euphausia pacífica</i> .	30
12	Ordenación espacial de las mediciones corporales de hembras y machos de <i>Euphausia pacífica</i> . LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco.	32

## LISTA DE FIGURAS (Continuación)

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
13	Separación espacial de los dos grupos (machos y hembras) para <i>Euphausia pacifica</i> .	33
14	Distribución de frecuencias del índice de diferenciación de machos y hembras de <i>Euphausia pacifica</i> .	34
15	Regresión de la longitud total con la longitud del caparazón (a) y regresión de longitud total con la longitud del telson (b) para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	35
16	Regresión de la longitud total con diámetro del ojo (a) y regresión de longitud total con la longitud del primer pleópodo (b) para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	36
17	Regresión del peso húmedo con la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	37
18	Regresión del peso seco con la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	38
19	Perfil de temperatura (CC) y Oxígeno (ml/l) para la estación A03 (a) y para la estación D15 (b) del crucero oceanográfico PROCOMEX XI (ver figura 2 para la ubicación espacial de las estaciones).	40
20	Regresión de la longitud total y la longitud del caparazón (a) y longitud de telson (b) para hembras y machos de <i>Euphausia distinguenda</i> .	43
21	Regresión de la longitud total y la longitud del 1er pleópodo (a) y regresión de la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras y machos de <i>Euphausia distinguenda</i> .	44
22	Regresión del peso húmedo con la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos de <i>Euphausia distinguenda</i> .	46
23	Regresión del peso seco con la longitud total (a) y peso seco con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos de la especie <i>Euphausia distinguenda</i> .	48

## LISTA DE FIGURAS (Continuación)

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
24	Ordenación espacial de las mediciones corporales de hembras y machos de <i>Euphausia distinguenda</i> , efectuando rotación varimax. LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco.	49
25	Separación espacial de los dos grupos (machos y hembras) para <i>Euphausia distinguenda</i> .	50
26	Distribución de frecuencias del índice de diferenciación de machos y hembras de <i>Euphausia distinguenda</i> .	51
27	Regresión la longitud total y la longitud de caparazón (a) regresión de la longitud total y la longitud del telson (b) para hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Thysanoessa spinífera</i> .	53
28	Regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a) regresión de la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Thysanoessa spinífera</i> .	54
29	Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón para hembras de <i>Euphausia distinguenda</i> y <i>Euphausia diomedeeae</i> .	56
30	Regresión del peso húmedo con la longitud de caparazón (a) y peso húmedo con la longitud total (b) para hembras <i>Euphausia distinguenda</i> y <i>Euphausia diomedeeae</i> .	57
31	Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón para machos de <i>Euphausia distinguenda</i> y <i>Euphausia diomedeeae</i> .	58
32	Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón (a) regresión de la longitud total y la longitud de telson (b) para hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> .	61
33	Regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a) regresión de la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> .	62
34	Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón para (a) regresión de la longitud total y la longitud de telson (b) para machos de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> .	65

## LISTA DE FIGURAS (Continuación)

Figura		Página
35	Regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a) regresión de la longitud total y el diámetro de ojo (b) para machos de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> .	66
36	Ordenación espacial de las mediciones corporales de hembras y machos de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> . LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco	68
37	Separación espacial de los cuatro grupos (machos y hembras) de <i>Euphausia distinguenda</i> y <i>Euphausia pacífica</i> ordenados partir de las mediciones corporales. HD: hembras de E. distinguenda, MD: machos de E. distinguenda, HP: hembras de E. pacífica y MP: machos de E. pacífica.	69
38	Ordenación espacial de las cargas asociadas a los factores para las mediciones corporales de hembras y machos de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> excluyendo al peso húmedo y al peso seco. LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco.	70
39	Separación espacial de los cuatro grupos (machos y hembras) de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> . ordenados partir de las mediciones corporales. HD: hembras de E. distinguenda, MD: machos de E. distinguenda, HP: hembras de E. pacífica y MP: machos de E. pacífica.	71
40	Promedio y el intervalo de confianza de los valores del índice de diferenciación para machos (M) y hembras (H) de <i>Euphausia pacífica</i> (P) y <i>E. distinguenda</i> (D).	73
41	Distribución de frecuencias del índice de diferenciación de machos (M) y hembras (H) de <i>Euphausia pacífica</i> (P) y <i>Euphausia distinguenda</i> (D).	74

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
I	Ubicación, fecha y hora de muestreo de las estaciones de la Bahía de Todos Santos. B. C.	16
II	Ubicación, hora y fecha de muestreo de las estaciones del pacífico tropical mexicano.	16
III	Valores en pixeles de los diferentes aumentos para los tres tamaños utilizados en la calibración de la reglilla.	18
IV	Resumen de las mediciones corporales de hembras y machos de <i>E. pacifica</i> . LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm) LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg). n= 48 Hembras y 32 Machos.	24
v	Resultado del análisis de correlación entre las diferentes medidas corporales para hembras (H) y machos (M). LT: longitud total, LC: longitud de caparazón, LTE: longitud del telson: LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo.	24
VI	Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales, peso húmedo y seco entre machos y hembras de <i>E. pacífica</i> .	25
VII	Matriz de carga del análisis de componentes principales para <i>Euphausia pacífica</i> .	31
VIII	Resumen de las mediciones corporales de <i>Thysanoessa spinifera</i> . LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).n= 24.	34
IX	Resumen de las mediciones corporales de hembras y machos de <i>Euphausia distinguenda</i> . LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg). n=79 Hembras y n=63 Machos	41
X	Resultado del análisis de correlación entre las diferentes medidas corporales para hembras (H) y machos (M). LT: longitud total, LC: longitud de caparazón, LTE: longitud del telson: LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo.	42

## LISTA DE TABLAS (Continuación)

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
XI	Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales, peso húmedo y seco entre machos y hembras de <i>Euphausia distinguenda</i> .	42
XII	Matriz de carga del análisis de componentes principales para <i>Euphausia distinguenda</i> .	49
XIII	Resumen de las mediciones corporales de hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Thysanoessa spinifera</i> . LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).	52
XIV	Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales, peso húmedo y seco entre hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Thysanoessa spinifera</i> .	52
XV	Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales y el peso húmedo entre hembras de <i>Euphausia distinguenda</i> y <i>Euphausia diomedae</i> .	55
XVI	Resumen de las mediciones corporales de hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> . LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).	60
XVII	Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales entre hembras de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> .	60
XVIII	Resumen de las mediciones corporales de machos de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> . LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm) LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).	63

### LISTA DE TABLAS (Continuación)

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
XIX	Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales entre machos de <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> .	64
XX	Matriz de carga del análisis de componentes principales para <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> incluyendo todas las variables.	67
XXI	Matriz de carga del análisis de componentes principales para <i>Euphausia pacífica</i> y <i>E. distinguenda</i> excluyendo el peso húmedo y el peso seco.	70
XXII	. Resultado de la prueba de t comparando las medidas morfométricas de las especies <i>Euphausia pacífica</i> y <i>Euphausia distinguenda</i> sin separación de sexos. (g. I: 192, p>0.005).	72
XXIII	Análisis de varianza para ID por especie ( <i>Euphausia pacífica</i> y <i>E. distinguenda</i> ) y por sexo.	72
XXIV	Resultado de la prueba de Tukey HSD, H-P: hembras <i>Euphausia pacífica</i> , M-P: machos <i>Euphausia pacífica</i> ; H-D: hembras <i>Euphausia distinguenda</i> ; M-D: machos <i>Euphausia distinguenda</i> (CM: 0.084, g.I:214).	72

**LISTA DE ECUACIONES**

<b>Ecuación</b>		<b>Página</b>
1	Ecuación general del modelo potencial	27
2	Ecuación modelo potencial peso húmedo-longitud total para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	36
3	Ecuación modelo potencial peso húmedo-longitud caparazón para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	37
4	Ecuación modelo potencial peso seco-longitud total para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	38
5	Ecuación modelo potencial peso seco-longitud caparazón para <i>Thysanoessa spinifera</i> .	38

---

## I. INTRODUCCIÓN

---

La alometría en un sentido amplio, describe cómo las características de un organismo cambian con el tamaño. El término originalmente se refería a la relación de escala entre el tamaño de una parte del cuerpo y la longitud total, ya que ambos crecen durante el desarrollo. Sin embargo, más recientemente, el significado del término alometría se ha modificado y ampliado para referirse a relaciones de escala biológica en general, ya sea por las características morfológicas (relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño corporal entre los seres humanos adultos), los rasgos fisiológicos (relación entre la tasa metabólica y tamaño corporal entre especies de mamíferos) o rasgos ecológicos como la relación entre el tamaño de las alas y el rendimiento de vuelo en las aves (Shingleton, 2010). Färber Lorda (1986) estudio la alometría química en el kril antártico, relacionando el contenido en proteínas y lípidos con el tamaño de los organismos. De hecho, las relaciones alométricas pueden describir casi cualquier medida biológica co-variables, lo que resulta en el uso amplio del término (Shingleton, 2010).

Cambios en el tamaño de los organismos por lo general van acompañados de cambios en la estructura corporal. Esto ocurre tanto en la ontogenia y el proceso de crecimiento de un individuo, así como en la filogenia, cuando la modificación evolutiva se refleja por el cambio de tamaño comparable a una etapa de desarrollo, y resulta más evidente o más visible en la etapa adulta (Minelli et al., 2010). Sin embargo, estos autores señalan que en crustáceos, el incremento de la talla a nivel post-embrionario es discontinuo, obteniéndose a partir de una serie de mudas periódicas, y la alometría no logra captar características importantes de la relación entre forma y tamaño. Un enfoque complementario es proporcionado por el estudio de la relaciones entre el tamaño corporal y el número y tamaño de las partes corporales (por ejemplo, segmentos corporales, o artículos de apéndices).

Las relaciones alométricas han sido usadas para explorar cambios de tamaño, de hecho los estudios de mediciones morfométricas son bien reconocidos en crustáceos. Los datos de crecimiento relativo han sido utilizados ampliamente para evaluar estadios de desarrollo y caracteres sexuales secundarios (abdomen y pleópodos) y permiten reconocer tasas de crecimiento diferencial después de la madurez sexual (Färber Lorda, 1986 1990, 1991,1994; Färber Lorda et al., 2010; Fransozo et al., 2002).

### **I.1 Importancia ecológica de los eufásidos**

Los eufásidos son crustáceos holoplácticos marinos cuya relevancia se puede apreciar desde los puntos de vista ecológico y oceanográfico (Mauchline 1980a; Brinton, 1996). Constituyen uno de los grupos dominantes del zooplancton marino siendo un enlace importante entre los productores primarios y los niveles tróficos superiores (Färber Lorda, et al, 2009a; Harvey et al., 2010; Feinberg et al 2010, Nicol y Bierly 2010). Desde el punto de vista oceanográfico se han utilizado como especies indicadoras de masas de agua (Mauchline, 1969, Brinton, 1979). Debido a que es común que formen grandes agregaciones, los eufásidos constituyen una buena parte de la dieta de muchos organismos del medio marino como ballenas, focas, cefalópodos, peces, etc; ya que tienen un alto contenido de proteínas (Baker et al., 1990); la mayoría de las especies son oceánicas y generalmente epipelágicas (0-400 metros de profundidad aproximadamente).

La mayoría de las especies realizan migraciones verticales circadianas de amplio rango, lo cual se traduce en una estratificación de éstos organismos, los cuales se encuentran a ciertas profundidades en el día y en la noche cerca de la superficie, aparentemente para alimentarse. Esto implica una ventaja fisiológica y reproductiva, como evasión a la depredación dado que se hacen menos visibles cuando están en las capas más profundas (Zaret y Zufferen, 1976) y como una estrategia de escape a la radiación solar (Williamson et al., 1996). Una de las evidencias por las cuales se ha detectado la migración vertical de los eufásidos es en el análisis de abundancia y biomasa en muestreos estratificados realizados

durante el día y la noche. Por ejemplo, Brinton (1979) encontró que la biomasa de eufáusidos en los primeros 200 metros se incrementó entre el 20 y el 60% en la noche. Se ha señalado la importancia de estas migraciones dentro de la transferencia de energía de las capas superficiales (0-400m) a las más profundas (Brinton, 1979).

Los factores ambientales influyen en la magnitud del comportamiento migratorio del organismo. Un factor relevante dentro de este comportamiento es la existencia de una capa relativamente somera en el Pacífico tropical o zona de mínimo oxígeno (ZMO), que según Wishner et al., (1990, 1995) y Fernández-Álamo y Färber-Lorda, (2006), puede influenciar la biomasa zooplanctónica, la composición, distribución y concentración de especies. En la base de la ZMO la baja concentración de oxígeno actúa como una barrera durante su migración vertical hacia la superficie. Sin embargo algunas especies (*E. mucronata* y *E. diomedae*) son capaces de migrar verticalmente a través de la ZMO (Brinton, 1979; Antezana, 2002b). Brinton (1979) sugirió que los gradientes de oxígeno y temperatura son importantes para definir la distribución de especies de eufáusidos en el Pacífico Oriental Tropical, pues se ha visto que en otras zonas con mínimos de oxígeno más profundos, la mayoría de los eufáusidos y algunos copépodos la evitan, debido a que están adaptados a condiciones de oxígeno disuelto por encima de 0.1 ml O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> (Sameoto, 1986; Sameoto et al., 1987; Vinogradov et al., 1991).

En el Pacífico trópic oriental se encuentran presentes en la ZMO las especies *Euphausia eximia*, *E. distinguenda* y *E. lamelligera* (Brinton, 1979; Färber-Lorda et al., 1994; Färber-Lorda et al., 2009), mientras que las especies del género *Stylocheiron* solo se encuentra en la capa superficial y no ingresan a la ZMO. La especie dominante en el Golfo de Tehuantepec es *E. lamelligera* con 91,6% del total de eufáusidos registrados (Färber-Lorda et al., 1994), seguida de *E. distinguenda* que presentó una abundancia de 7,3% y una distribución oceánica. Si bien estas especies se encuentran registradas para el Pacífico Tropical mexicano, hay un escaso conocimiento de su morfología y fisiología.

Färber- Lorda et al., (2010) reportaron que *E. lamelligera* fue la especie dominante durante el verano en la boca del Golfo de California. Sin embargo, su distribución se restringe a la zona nerítica o cercana a la plataforma continental, mientras que *E. tenera*, *E. eximia* y *E. distinguenda* fueron importantes en aguas más oceánicas. De acuerdo a las características hidrográficas del área de estudio, se diferenciaron 3 zonas: Norte, Sur y Este, y la composición de especies estuvo asociada a las masas de agua que confluyen en la entrada del golfo. Adicionalmente se encontró que la mezcla de especies en el transecto oceánico fue causada por mezcla horizontal inducida por amplios giros que cubren ambos sectores como se pudo demostrar con los datos de altimetría de las corrientes geostróficas.

En la Corriente de California los eufásidos son un enlace energético clave entre los stocks de plancton y los niveles tróficos superiores (Brodeur y Pearcy, 1992; Robinson, 2000; Färber-Lorda et al, 1994, 2004; Tanasichuk, 2002). Siendo las especies de eufásidos dominantes en la región norte (específicamente en Oregón, Washington, Canadá y Alaska *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera* (Gómez-Gutiérrez et al., 2005), las cuales constituyen el alimento más importante para grandes depredadores marinos en este ecosistema, incluyendo juveniles y adultos de salmonidos (Brodeur y Pearcy, 1992), peces intermareales, (Brodeur y Pearcy, 1984), aves marinas (Ainley et al., 1996), y mamíferos marinos (Schoenherr, 1991; Gendron, 1992). Por otro lado, la dieta de *E. pacífica* la constituyen detritus, diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, tintínidos, foraminíferos, quetognatos, larvas de equinodermos, copépodos y anfípodos (Ponomareva, 1963; Mauchline y Fisher, 1969; Endo, 1981; Nakagawa et al., 2001).

Por lo anterior y debido que es la especie dominante en el noroeste del Pacífico norte (Mauchline y Fisher, 1969), esta especie ha sido quizás una de las más estudiadas debido a su distribución y el papel que juega en la red trófica. En este orden de ideas, se han realizado numerosos estudios tanto de distribución como de fisiología; dentro de los más relevantes y amplios se encuentra el de

Brinton (1962, 1976); Brinton y Townsend (2003); Lasker (1966) y Ross (1982a y b).

Según Brinton (1962), *E. pacifica* se encuentra en toda la cuenca del Pacífico Norte desde la región frontal cerca de Japón hasta las costas de Baja California Norte. Brinton (1962) encontró que es la única especie del género *Euphausia* que vive en la zona de transición subártica del pacifico Norte. Se distribuye desde el Mar del Japón hacia el Este hasta el Golfo de Alaska y el norte de la Corriente de California, también está en el sur del Mar de Okhotsk y el Mar de Bering, encontrando que el límite sur de su distribución está asociado con la isoterma de 9,5 ° C.

En el caso de *T. spinifera*, se encuentra en ambientes neríticos, pero a diferencia de *E. pacifica* su distribución es más restringida ya que no se ha encontrado en el pacifico Occidental o en el Ártico, su rango de distribución se restringe desde la parte del sudeste del Mar de Bering hasta las costas de California y Baja California, se han detectado zonas con altas densidades de esta especie relacionadas con centros de surgencia como el Canal de las Islas (Santa Cruz, Santa Rosa y San Miguel) al sur de Punta Concepción, Isla Guadalupe y la costa alrededor de Punta Eugenia (Brinton 1962).

Al desempeñar un papel tan importante en la red trófica de estos ecosistemas, se han realizado estudios de variaciones poblacionales asociados a eventos climáticos. Tanasichuk (1998) estudió la variación interanual de la población de *T. spinifera* y su productividad en Barkley Sound (Canadá) con énfasis en los años cálidos de 1992-93. Para realizar sus estimaciones tomaron medidas de peso, estado de madurez sexual de los individuos, número de huevos y de todos los estadios larvales. La producción la consideró como el crecimiento de larvas y adultos y la producción de mudas para estos últimos. Posteriormente Pinchuk y Hopcroft (2007) estudiaron la variación estacional en las tasas de crecimiento, reportando dentro de los resultados más relevantes que las mayores frecuencias de muda se observaron en verano y las más bajas en primavera.

Gómez Gutiérrez et al., (2007) estudiaron la variabilidad geográfica e interanual de *E. pacífica* y *T. spinifera* a lo largo de las costas de Oregón desde los años 1999-2004. Midiaron la magnitud del desove de 1259 hembras repartidas en 48 incubaciones encontraron que la variabilidad geográfica y temporal en el tamaño de desove se correlacionó significativamente con medidas in situ de la concentración de clorofila-a pero no con la temperatura superficial del mar. La alta producción de huevos en el verano se asoció a periodos más intensos de surgencia y directamente con el incremento regional de las poblaciones fitoplanctónicas disponibles.

## **I.2 Antecedentes**

Un aspecto importante es la diferenciación morfológica ontogénica, que puede inducir cambios en la fisiología de los organismos, como encontró Färber-Lorda (1986, 1990, 1991, 1994) y Färber-Lorda et al. (2009a, 2010b) para *Euphausia superba* y *Thysanoessa macrura*. Existe por otra parte, una relación entre las condiciones hidrográficas, las condiciones tróficas, la alometría y el coeficiente de condición de estas especies, en este sentido, Färber-Lorda (1994), sostiene que estas diferencias en las condiciones tróficas puede inducir unas diferencias considerables en las alometrías longitud-peso húmedo y el coeficiente de condición de los organismos. Para *T. macrura* encontró que la pendiente de la relación longitud - peso húmedo, muestra diferencias significativas entre las estaciones muestreadas, encontrando un aumento del peso para esta especie en verano. Por otro lado, *T. macrura* muestra grandes diferencias en el contenido de lípidos dentro de la misma zona y durante una misma estación (Färber-Lorda et al., 2010), posiblemente relacionado con diferencias en su capacidad de atrapar otras presas de mayor tamaño y más ricas en lípidos, así como con la madurez sexual.

Hay una variedad de medidas corporales que se han realizado para *E. superba* y para otros crustáceos. Sheard (1953) examinó las relaciones biométricas entre la longitud de varias partes del cuerpo para *Nyctiphanes*

*australis* y encontró que las diferencias en los valores de las mediciones se basaron en las diferencias sexuales. Por otra parte, la interpretación de las medidas corporales de longitud total es complicada porque existen poblaciones del mismo sexo, la misma talla corporal pero de diferente edad y de la misma edad pero con diferentes tallas corporales (Mauchline (1980b) Ettershank, (1983 y 1984) Färber Lorda (1986, 1990, 1991).

Para *E. superba*, Lockyer (1973) realizó mediciones de larvas y adultos y encontró que la relación entre el peso corporal y la longitud fue de tipo alométrico. Siegel (1982) realizó varias mediciones corporales para *E. superba* analizando machos y hembras por separado, las cuales estaban preservadas en formalina, y encontró que la medida de longitud del caparazón no era recomendable para esta especie; esto, debido a que al realizar el cálculo de la regresión lineal entre la longitud total y de caparazón encontró que había mucha dispersión en los datos respecto a los grupos de grandes tallas (mayores a 40 mm), lo cual indicó que este grupo no cumplía con una regresión lineal, esto debido que el caparazón de los machos que pasan a ser adultos está creciendo más lentamente, es decir, al analizar machos en estado IIA, encontró que tienen un caparazón más grande que los machos en estado IIIb, perteneciendo al mismo grupo de tallas.

Para *Meganyctiphanes norvegica* y *Thysanoessa inermis*, Kulka y Corey (1982) encontraron que el peso se incrementó exponencialmente con la longitud pero no encontraron diferencias entre los sexos. Siegel (1982), encontró que la longitud del caparazón puede ser la mejor medición en comparación con la longitud total, debido a que no ocurre un encogimiento por los preservativos ni tampoco es susceptible a daños.

Miller (1983), realizó mediciones corporales para varios estadíos de madurez sexual para *E. superba* y encontró que no hubo diferencias significativas en la relación entre las diferentes medidas de longitud total (incluyendo el telson) y corporal (sin incluirlo) y la longitud de caparazón, adicionalmente en la única medida que encontró una variación fue en la relación entre la longitud estándar y la longitud del urópodo.

Färber-Lorda (1990), trabajó con las relaciones entre la longitudes corporales y la diferenciación morfológica ontogénica para *E. superba* y *T. macrura* y encontró, para *E. superba*, dos grupos de machos (Machos I y Machos II) separados morfológicamente al igual que diferencias entre hembras y sub adultos con juveniles y para *T. macrura* solo identificó tres grupos (hembras, machos y subadultos), un aspecto relevante a destacar en este trabajo fue que no se utilizó ningún fijador sino que se trabajó con animales congelados lo cual hace que no ocurra encogimiento de los organismos.

Färber-Lorda (1991), realizó mediciones corporales del diámetro del ojo, longitud de caparazón, longitud total, peso húmedo en *E. superba* y *T. macrura*, calculó un índice de diferenciación, y todas estas mediciones las relacionó por medio de un análisis de componentes principales, agregando mediciones bioquímicas de contenido lipídico y pigmentos totales; dicho análisis mostró una separación en dos grupos tanto para machos como para hembras; estos grupos fueron Machos I y II, hembras I y II y juveniles. Estas diferencias las relacionó con la longevidad de las especies asumiendo una edad de 4 años para *E. superba* y de 2 para *T. macrura*.

Finalmente, Färber-Lorda (1994), analizó muestras de *Euphausia superba* y *Thysanoessa macrura* y calculó el coeficiente de condición a partir de la variación del peso como una función de la longitud total y del caparazón. Para *Euphausia superba* no encontró diferencias significativas en cuanto a machos y hembras y estadio de desarrollo tanto en longitud total y peso, como en longitud de caparazón y peso, lo contrario sucedió con *T. macrura* donde sí encontró diferencias entre el peso de juveniles, machos y hembras como una función de la longitud total y el peso húmedo como una función de la longitud del caparazón entre adultos y subadultos.

### **1.3 Justificación**

En esta investigación se trabajó con especies de dos ambientes oceanográficos diferentes, por un lado especies de la corriente de California las

cuales están adaptadas a aguas frías y ricas en oxígeno, pero que entran ocasionalmente al Mínimo de oxígeno, y por otro lado especies del pacífico tropical las cuales se encuentran en aguas cálidas y pobres en oxígeno.

Para las especies tropicales como *E. eximia*, *E. tenera* y *E. distingüenda*, no se ha realizado análisis morfométricos de mediciones corporales para encontrar una diferenciación ontogénica. Como se mencionó anteriormente, dichas especies habitan en la zona de mínimo oxígeno y debido que están sometidas a condiciones extremas causadas por el ambiente en el que viven (fuerte gradiente de temperatura y oxígeno), es de suponerse que las medidas corporales y proporciones somáticas serán distintas a las especies que se encuentran en aguas más oxigenadas. Por lo tanto debido al escaso conocimiento que se tiene de las especies tropicales, es relevante realizar estudios de morfología para de esta manera tener una idea de la diferenciación morfológica, como se ha encontrado para otras especies de ambientes templados y fríos, y si ésta diferenciación, está relacionada con la edad y la maduración sexual.

#### **I.4 Hipótesis**

En condiciones de temperatura y oxígeno diferentes las especies del Pacífico tropical mexicano y las especies de la Corriente de California siguen el mismo patrón de crecimiento.

#### **I.5 Objetivos**

##### **I. 5. 1 Objetivo General**

- Estudiar la diferenciación morfológica en especies de eufásidos de la Corriente de California y del Pacífico tropical mexicano.

### **I. 5. 2 Objetivos Específicos**

- Realizar estudios de medidas somáticas: longitud corporal, cefalotórax, abdomen, telson, longitud del primer pleópodo y diámetro del ojo para las especies en ambas localidades geográficas.
- Comparar las diferentes relaciones alométricas entre las medidas somáticas obtenidas, a nivel interespecifico e intraespecifico y para las dos zonas estudiadas.

---

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

---

### II.1 Área de estudio

La colecta de las muestras se llevo a cabo en dos ambientes geográficos diferentes: en la Bahía de Todos Santos, Baja California norte con influencia de la Corriente de California y en el Pacifico tropical mexicano. A continuación se describen las características de cada región.

#### ***Bahía de Todos Santos, Baja California***

La Bahía de Todos Santos está localizada al noroeste de la península de Baja California, México entre los 31°43' y 31°47' de latitud norte y entre las longitudes de 116°35' y 116°45' W. Esta limitada al norte por Punta San Miguel y al sur por Punta Banda. La Isla de Todos Santos divide la boca de la bahía en dos entradas. Es relativamente somera, encontrándose la profundidad entre los 10 y 50 m. Una característica sobresaliente es el angosto cañón submarino entre la Isla y Punta Banda que alcanza una profundidad máxima de 400 m (Argote et al., 1991). Los arrastres y colecta de las muestras para ésta investigación se realizaron en tres estaciones ubicadas en dicho cañón (Figura. 1).

Durante el verano, el sistema de vientos en la Bahía tiene un componente dominante del noroeste. En otoño e invierno el sistema de brisas es interrumpido ocasionalmente por los vientos cálidos provenientes del sureste conocidos en la región como vientos "Santana", los cuales tienen una velocidad de hasta  $12 \text{ ms}^{-1}$  (Trasviña et al., 2003). La circulación superficial de la bahía no se ha medido directamente, pero se ha determinado a partir de distribuciones horizontales de temperatura y salinidad que pueden presentarse corrientes paralelas a la costa (Argote et al., 1991).



**Figura 1. Ubicación de las estaciones muestreadas en la Bahía de Todos Santos, Baja California Norte en el Pacífico Mexicano. Los números indican los puntos de muestreo y se detallan en la tabla I.**

La salinidad superficial presenta un máximo de 33.7 en verano y un mínimo de 33.3 en invierno (Mancilla-Peraza y Martínez 1991). En cuanto a la temperatura, se han registrado valores promedio de 17.4 para junio y de 11.1 para noviembre. La bahía se encuentra influenciada por la Corriente de California (CC), la cual es más intensa y se encuentra más cerca de la costa entre marzo y mayo (Lynn y Simpson, 1987). Agua Subártica (poco salina, fría, con alto contenido de oxígeno y relativamente baja en nutrientes) es transportada hacia el sur por dicha corriente en los primeros 100-200 m de la columna de agua (Reid et al, 1958; Wyllie, 1966; Chelton, 1982; Lynn y Simpson, 1987).

Esta corriente vira hacia el Este al llegar a 31°-32° N de latitud, creando un frente biológico y físico conocido como el Frente de Ensenada (Pelaez y McGowan, 1986; Haury et al., 1993; Chereskin y Niiler, 1994; Espinosa-Carreón et al., 2004). Una vez que la corriente está a unos 200 km de la costa, una rama gira hacia el norte para conformar la Contracorriente de California que fluye hacia el polo cerca de la costa, mientras que la otra rama continúa hacia el sureste a lo largo de la costa de Baja California (Pérez-Brunius et al., 2006). A pesar de que el centro de la Corriente de California se encuentra bastante alejado de la costa, la presencia de aguas subárticas se observa en los primeros 100 m de la columna de agua sobre el talud y plataforma continentales de Baja California (Pérez-Brunius et al., 2006).

Por otro lado la corriente Subsuperficial de California que fluye hacia el polo sobre el talud continental lleva nutrientes a la superficie durante los eventos de surgencia, que son una influencia mas para ésta bahía (Lynn y Simpson, 1987; Badan-Dangon et al., 1989; Lynn y Bograd, 2002). La influencia del agua subsuperficial fría y rica en nutrientes dentro de la bahía se origina por el transporte del agua aflorada por los eventos de surgencia fuera de la bahía (Mancilla-Peraza y Martínez, 1991) los cuales se intensifican en primavera y verano (Gómez-Valdés, 1983).

Particularmente para la Bahía, según Cruz Colin (1997), el balance de calor presenta una ganancia neta en los meses de verano y una pérdida neta en los meses de invierno. Por otro lado, la columna de agua se encuentra totalmente mezclada durante la época de invierno, pero en verano está totalmente estratificada, definiéndose una termoclina durante los meses de Septiembre y Octubre (Espinosa-Carreón et al., 2001).

Respecto a las concentraciones de clorofila a y producción primaria, durante el verano se presentan máximos de  $2.0 \text{ mg m}^{-3}$  y  $>6.5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  respectivamente a las profundidades de 25% y 10% de penetración de luz (Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrego, 1984; Espinosa-Carreón et al., 2001). En cuanto a la concentración de oxígeno para la parte del cañón submarino y la zona

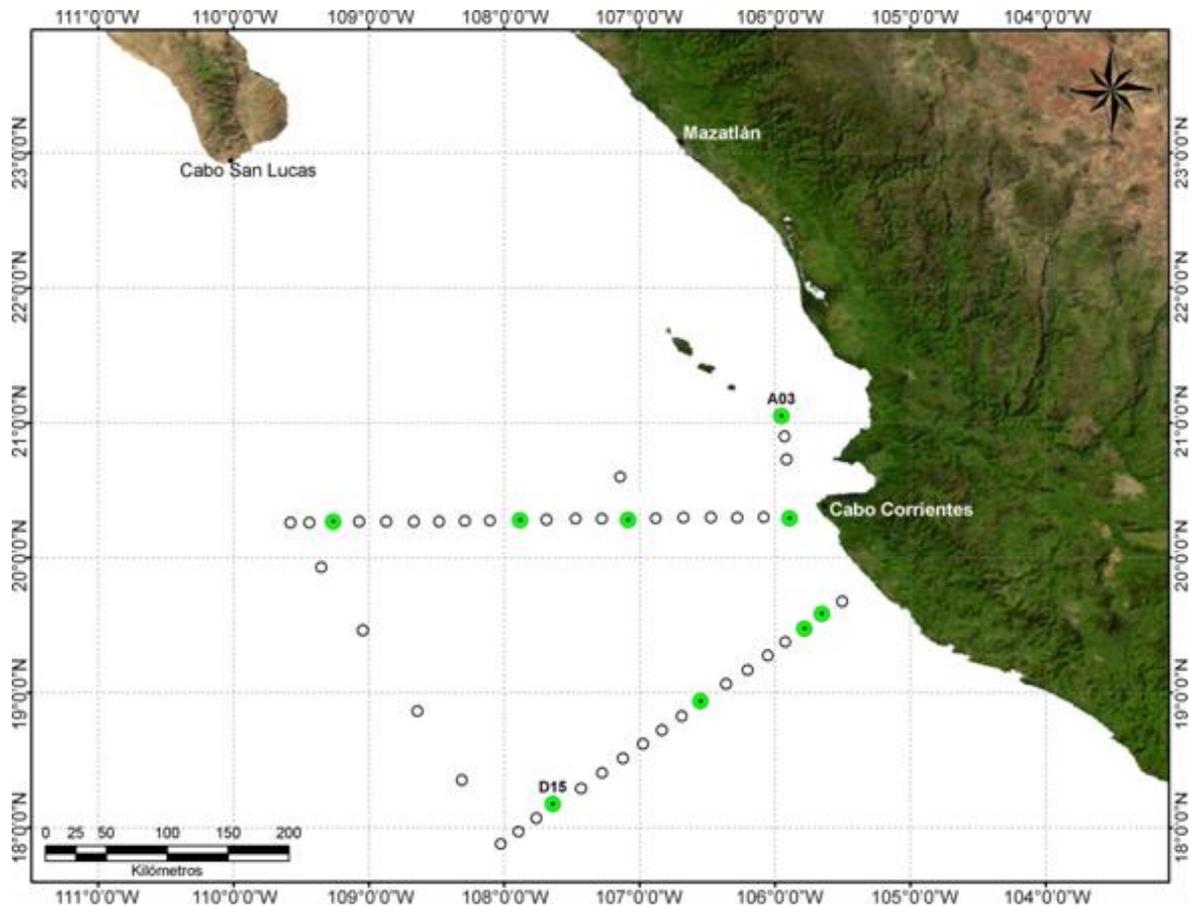
del talud adyacente a la bahía, los valores se encuentran entre 5.1 ml/l y 2.8 ml/l desde la superficie hasta los 50 metros para el mes de enero de 2008, para abril se registraron concentraciones de 3.8 ml/l a 2.2 ml/l y para noviembre del mismo año los valores estuvieron entre 5.4 ml/l y 4.0 ml/l (García-Córdova et al., 2008, 2009 a, 2009 b).

### ***Pacífico Tropical Mexicano***

La colecta de las muestras se realizó en una zona del Pacífico tropical mexicano entre los 22°20' y los 17°51' N y los 109°40' y los 105°29' W (Fig. 2). Dicha zona se caracteriza porque ahí confluyen diferentes masas de agua y corrientes, lo cual la hace altamente dinámica. Por la parte noroeste recibe agua de un brazo de la Corriente de California, con baja temperatura y baja salinidad (Castro et al. 2006, Lavín et al. 2006, Godínez et al. 2010). Del norte recibe agua del Golfo de California con temperaturas y salinidades altas. Por la parte sur recibe agua de la Corriente Costera de Costa Rica (Kessler, 2006) y a nivel subsuperficial de la Corriente Costera Mexicana (Godínez et al., 2010).

Esta zona constituye el límite norteño de la gran alberca de agua cálida del Pacífico oriental tropical en la cual se registra una marcada ZMO, tanto por su espesor (~1000-1200m) como por su superficialidad (~40-120m). Adicionalmente se presenta una fuerte pycnoclina somera siguiendo el patrón de la oxiclina (Fiedler y Talley 2006) y la circulación estacional se ve influenciada por una intensa actividad a meso escala causada por remolinos, frentes y filamentos estando algunos asociados a surgencias costeras (Torres-Orozco et al., 2005 y Zamudio et al., 2007). Posteriormente, Godínez et al., (2010) caracterizaron el sistema de circulación superficial de la región POTM, identificando la Corriente Costera Mexicana, la cual lleva aguas más cálidas y menos salinas hacia la boca del Golfo de California mezclándose con la porción sur de la Corriente de California y masas de agua que descienden del Golfo de California, formando giros de mesoescala que influyen en la productividad de la zona, la variabilidad

interanual de mesoescala llega a ser más importante que la variabilidad estacional.



**Figura 2.** Estaciones muestreadas durante la campaña oceanográfica PROCOMEX IX en Noviembre de 2009 en el Pacífico Tropical Mexicano. Dentro de los círculos de color verde se encuentran las estaciones donde fueron colectados los organismos.

## II.2 Trabajo de Campo

Las muestras se recolectaron en cuatro periodos de tiempo, en octubre y Noviembre de 2009, marzo y abril de 2010.

El muestro de Noviembre se realizo en el trópico a bordo del buque oceanográfico *El Puma* y los demás muestreos se realizaron en la bahía de Todos Santos a bordo de la embarcación menor Rigel.

En la tabla I se detalla las características de los muestreos para la bahía de Todos Santos.

**Tabla I. Ubicación, fecha y hora de muestreo de las estaciones de la Bahía de Todos Santos. B. C.**

Estación	Longitud	Latitud	Hora Muestreo	Fecha Muestreo	Profundidad Estación (m)
1	116°46'34"	31°46'50"	20:35	28/10/2009	280
2	116°46'12.8"	31°46' 04.5"	22:35	19/03/2010	317
3	116°46'44"	31°47' 43"	21:05	15/04/2010	232

Los organismos colectados en la zona del trópico correspondieron a las estaciones enlistadas en la tabla II (figura 2).

**Tabla II. Ubicación, hora y fecha de muestreo de las estaciones del Pacífico tropical mexicano.**

Estación	Latitud	Longitud	Hora Muestreo	Fecha Muestreo	Profundidad Estación (m)
A03	21° 2.66'	105° 57.05'	00:29	19/11/2009	230
B01	20° 16.91'	105° 52.90'	22:30	19/11/2009	2239
B07	20° 16.49'	107° 4.69'	23:02	20/11/2009	3365
B11	20° 16.41'	107° 52.53'	23:34	21/11/2009	3275
B18	20° 16.07'	109° 15.54'	21:18	23/11/2009	2574
D15	18° 10.33'	107° 37.83'	20:39	25/11/2009	3682
D08	18° 55.79'	106° 33.84'	22:02	26/11/2009	3025
D03	19° 28.35'	105° 47.78'	02:07	28/11/2009	2876
D02	19° 35.10'	105° 39.16'	22:14	29/11/2009	1598

La colecta de los organismos se llevo a cabo por medio de arrastres verticales desde una profundidad de 150 metros hasta la superficie utilizando una red cónica simple con tamaño de ojo de malla de 200  $\mu\text{m}$  y de diámetro de boca de 30 cm, en el extremo se le acoplo un copo no filtrante, con el fin de evitar el daño corporal de los animales, los arrastres se realizaron por un tiempo no superior a 10 min, el tiempo que demoró la red en bajar era aproximadamente 5 min. Una vez en cubierta los organismos se pasaban por un tamiz de 2500 micras, el cual estaba sumergido en agua de mar filtrada y aclimatada a la temperatura del

estrato donde se estaban colectando. El propósito de pasarlos por el tamiz era quitar los demás organismos de tallas más chicas que podían enredarse en los apéndices de los eufásidos. Una vez en la hielera se transportaban al laboratorio donde se les extraía la mayor cantidad de humedad y se colocaban en sobres de plástico adherente o en tubos eppendorf, y luego en un sobre de papel aluminio o bolsa de plástico rotulados y se llevaban a un congelador a  $-70^{\circ}\text{C}$ .

Adicionalmente para abril se realizaron cuatro lances con botella niskin para evaluar la temperatura y el oxígeno en diferentes profundidades; el primer lance se realizó a los 150 metros, el segundo lance se realizó a 100 metros el tercer lance fue a los 50 metros y el último en superficie.

### **II.3 Trabajo de laboratorio**

Los organismos que se utilizaron para las mediciones se conservaron en un congelador a  $-70^{\circ}\text{C}$ , esto con el fin de no perder biomasa y no subestimar dichas mediciones. Las mediciones de los organismos y las diferentes partes corporales se hicieron a partir de imágenes digitales, para esto, se utilizó un microscopio estereoscópico Olympus SZX7 acoplado a una cámara digital Olympus Microfire de 7.4 megapíxeles y a una computadora, la captura de las imágenes se realizó por medio del programa Picture Frame, cada fotografía se guardó en formato Tif con un tamaño de 5.6 MB. Se tomó un promedio de 20 fotos por organismos con el fin de seleccionar las que mejor definición tuvieran.

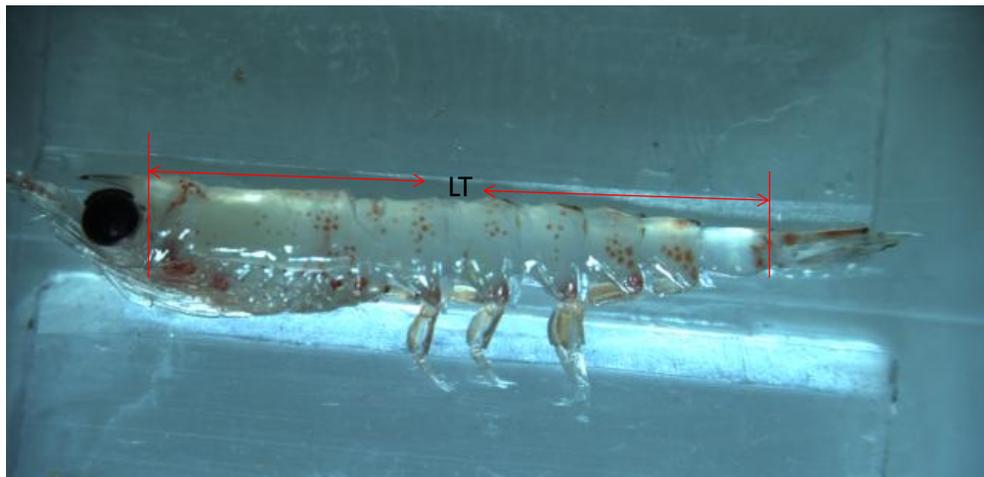
Una vez seleccionada la imagen a medir, se utilizó un sistema de análisis de imágenes, con ayuda del programa Image J 1.43u (Rasband, 2010). Previo a la medición de cada imagen se realizó una calibración del programa utilizando una reglilla micrométrica Wild Heerrbrugg, a la cual se le tomaron imágenes para tres medidas de longitud (10, 5 y 3 mm) para hacer la conversión de milímetros a píxeles y posteriormente a milímetros nuevamente que es como finalmente se reporta en los resultados. La conversión en píxeles para los distintos aumentos se muestra en la tabla III.

**Tabla III. Valores en pixeles de los diferentes aumentos para los tres tamaños utilizados en la calibración de la reglilla.**

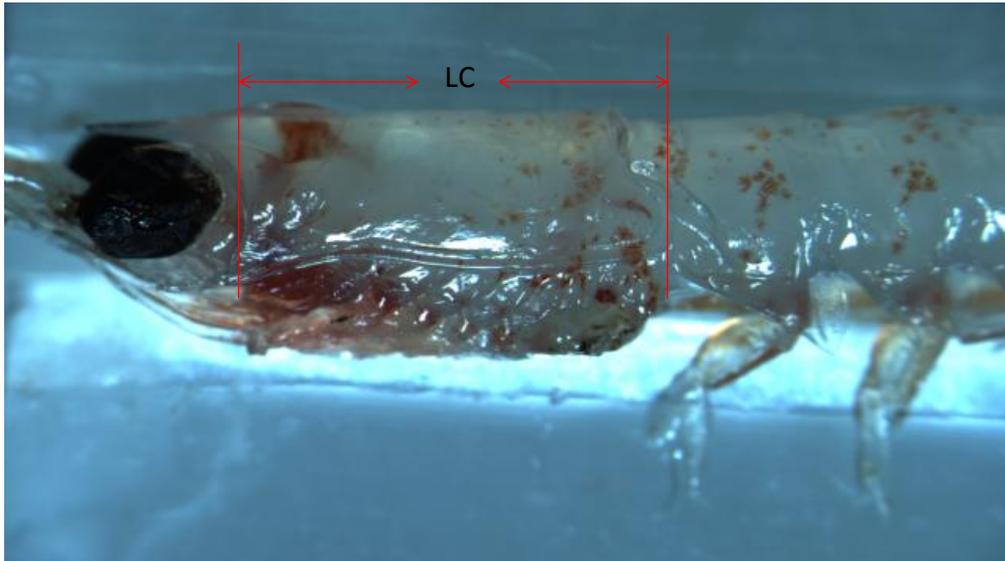
AUMENTOS	TAMAÑO (mm)		
	10	5	3
0.8x	608 pixeles		
1x	738 pixeles		
1.25x	873 pixeles		
1.6x	1098 pixeles		
2x	1371 pixeles		
2.5x		852 pixeles	
3.2x		1089 pixeles	
4x		1353 pixeles	
5x			1017 pixeles
5.6x			1128 pixeles

Se tomaron 5 medidas corporales siguiendo el método de Mauchline (1980b) pero se modificó la longitud total, en la cual no se incluye el urópodo y se incluyeron 2 mediciones más (longitud primer segmento del primer pleópodo y diámetro del ojo).

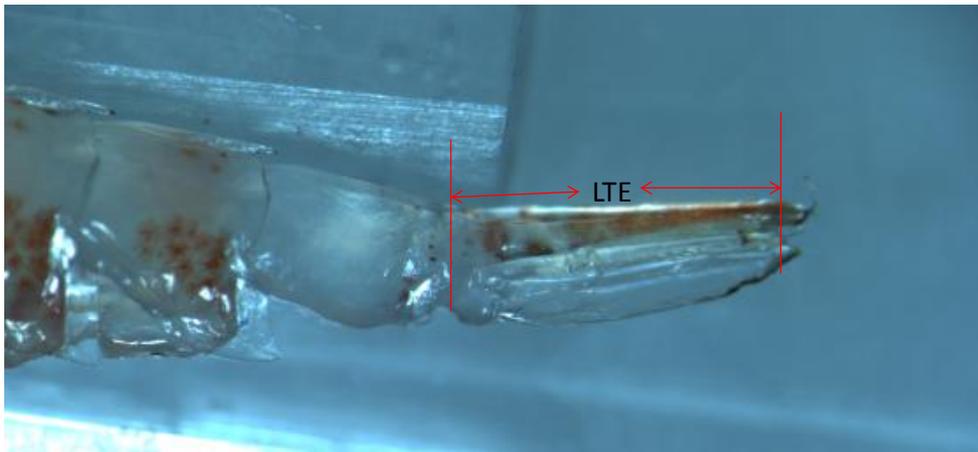
Con el objetivo de que las mediciones hechas en la presente investigación fueran comparables con otros trabajos, se siguieron las mediciones realizadas por Färber-Lorda, (1986, 1990 y 1991), las cuales se ilustran a continuación (Figs. 3-7):



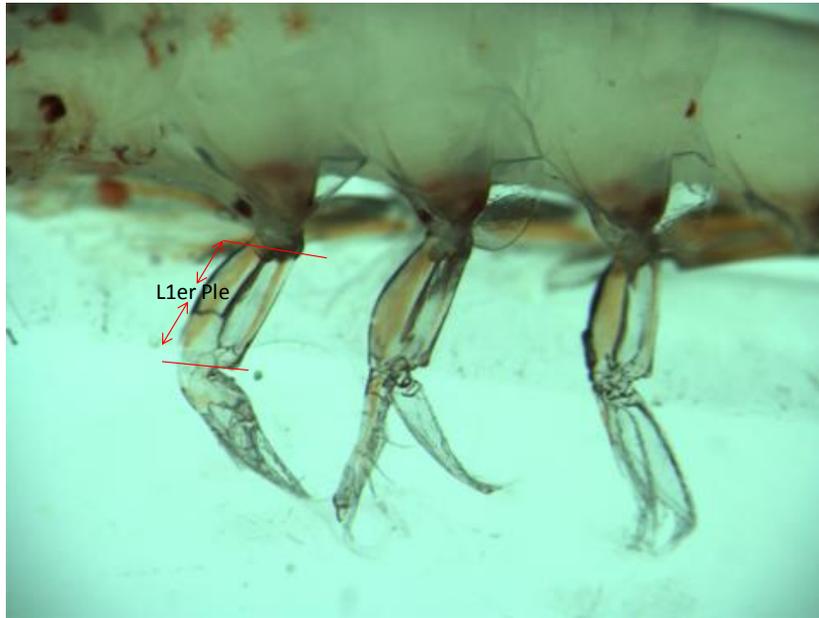
**Figura 3. Longitud total.- Desde el arco ocular hasta la parte anterior del telson**



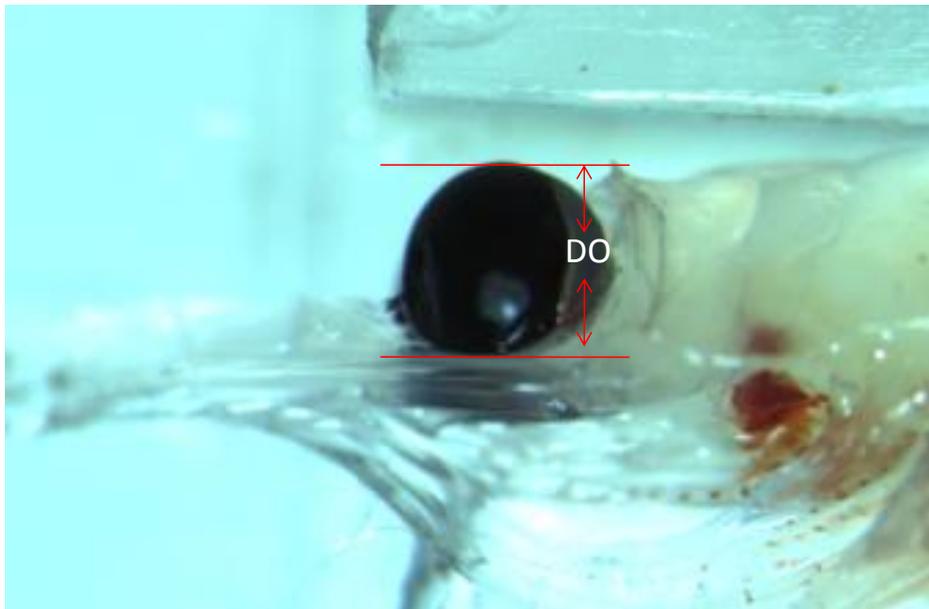
**Figura 4. Longitud del cefalotórax.- Desde el arco ocular hasta el extremo posterior del cefalotórax.**



**Figura 5. Longitud del telson.- Desde el extremo posterior del último segmento abdominal hasta el final del telson.**



**Figura 6. Longitud de la base del primer pleópodo**



**Figura 7. Diámetro del ojo.**

Las medidas se realizaron por triplicado y se promediaron. Con las medidas de longitud total y del cefalotórax, se sacó por diferencia la longitud abdominal y a partir de estas tres medidas se calculó el Índice de diferenciación, utilizando la fórmula:

$$ID = LT/(LA-LC)$$

Ésta fórmula fue planteada por Farber-Lorda (1986, 1990) y se puede utilizar como un indicador de diferenciación morfológica.

Para la identificación de los organismos se utilizaron las claves de Boden et al., (1955). Una vez efectuada la captura de las imágenes se pesaron los organismos en húmedo con una ultra-micro balanza Mettler Toledo (con una precisión de 0.1  $\mu\text{g}$ ). Antes de hacer el pesado de los organismos se dejaban descongelar por 5 minutos aproximadamente y se colocaban sobre un papel absorbente para eliminar el exceso de humedad. Posteriormente se colocaron en un liofilizador Labconco mode freezone 2.5 por un periodo de 48 horas a  $-50^{\circ}\text{C}$ . Una vez transcurrido este tiempo se sacaron y se volvieron a pesar para hacer el registro del peso seco.

#### **II.4 Análisis estadísticos.**

La estadística básica de los datos (media, varianza), para todas las variables estudiadas, y para cada grupo de sexo, o especie, se llevó a cabo con el paquete Statistica 7.1 (StatSoft, Inc. 2005). Por otra parte se presentan datos en forma de polígonos de frecuencia o valores promedio con sus intervalos de confianza, obtenidos con el mismo paquete estadístico.

Con el objetivo de establecer el grado de asociación entre las distintas medias corporales de las especies y entre los sexos, se realizó un análisis de correlación de Pearson. El supuesto de normalidad se comprobó por medio de la prueba de Chi-cuadrada ( $p > 0.05$ ). Se realizó un análisis de regresión lineal entre las siguientes mediciones corporales: longitud total, longitud caparazón, longitud telson, longitud primer pleópodo y diámetro del ojo. El método de mínimos cuadrados fue utilizado para los ajustes lineales antes mencionados. El análisis de residuales corroboró los supuestos (Zar, 1999).

Por otra parte, con el objetivo de comparar el patrón de crecimiento de los organismos, entre las diferentes medidas corporales entre sexos y especies, se obtuvieron modelos alométricos que relacionan dicho crecimiento (para el peso húmedo y el peso seco) en términos de diferentes medidas de longitud (de

longitud somática). Para comparar estadísticamente los parámetros ajustados de los modelos anteriores, y efectuar un análisis de comparación de pendientes, se realizó una transformación logarítmica ( $\ln$ ) y así establecer las diferencias (si existen) en los patrones de crecimiento entre los sexos y entre las especies, para esto se utilizó la rutina de Modelos generales lineales del paquete Statistica 7. 1 (StatSoft, Inc. 2005), los ajustes no lineales se realizaron mediante el método de mínimos cuadrados no lineales y se corroboraron los supuestos de normalidad, aleatoriedad, independencia y homogeneidad de varianzas

Para determinar una separación de grupos morfológicos (sexo y especies) y establecer cuál de las mediciones estaría explicando mejor dicha separación se realizó un análisis de componentes principales, para esto se realizó la extracción de los valores propios realizando rotación varimax, se generaron los gráficos de la matriz de carga en 2 y 3 dimensiones dependiendo del caso.

Se realizó una prueba de t para comparar a nivel general todas las mediciones (longitud total, longitud de caparazón, índice de diferenciación, longitud del telson, longitud del primer pleópodo y diámetro del ojo) entre las dos especies dominantes sin separar machos de hembras.

Para probar la existencia de diferencias significativas en las medias del índice de diferenciación entre especie y entre sexos se realizó un análisis de varianza para, con una prueba a posteriori de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para saber entre cuales especies hubo diferencias.

Finalmente los datos de la distribución de frecuencias del Índice de diferenciación fueron graficados, para las dos especies más abundantes y para cada sexo, como un complemento del resultado de la prueba de tukey.

---

### III. RESULTADOS

---

#### III.1 Bahía de Todos Santos

En la Bahía de Todos Santos se encontraron dos especies pero en momentos diferentes: para Octubre de 2009, la única especie que se capturó fue *Tysanoessa spinifera* predominando las hembras y para Marzo y Abril de 2010 solo se registró *Euphausia pacifica*.

La estación 1 muestreada en Octubre (Figura 1) registró valores de temperatura superficial de 15.6°C y concentración de oxígeno superficial de 6.5 ml/l. En la estación 2 muestreada en Marzo (Figura 1) la temperatura superficial fue de 15.6°C y la concentración de oxígeno de 7.8 ml/l, en Abril (estación 3) en el primer lance, se registro una temperatura de 11.55 °C y oxigeno de 2.65 ml/l, la temperatura fue de 11.99°C y el oxígeno de 3.38 ml/l, a los 50 metros, la temperatura fue de 12.23 °C y el oxígeno de 3.84 ml/l y finalmente en superficie se registro una temperatura de 14.92°C y una concentración de oxígeno de 7.91 ml/l.

#### III.1. 1 Morfometría de *Euphausia pacífica*

Los valores de todas las mediciones corporales se resumen en la tabla IV, de manera general se encontró que el tamaño promedio de las hembras es mayor en relación con los machos a excepción de la longitud del primer pleópodo y el diámetro del ojo, las cuales fueron iguales en términos del promedio en ambos sexos.

**Tabla IV. Resumen de las mediciones corporales de hembras y machos de *E. pacifica*. LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm) LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg). n= 48 Hembras y 32 Machos.**

<b>HEMBRAS</b>	<b>LC</b>	<b>LT</b>	<b>ID</b>	<b>LTE</b>	<b>LP</b>	<b>DO</b>	<b>PH</b>	<b>PS</b>
Promedio	5.8	15.6	3.9	3.7	1.4	1.1	54.0	14.5
Máximo	6.8	17.5	5.0	4.3	1.7	1.3	87.5	22.1
Mínimo	4.5	12.6	3.0	2.8	1.1	0.9	22.3	7.8
Desv. Std.	0.6	1.2	0.5	0.3	0.1	0.1	15.3	3.5
<b>MACHOS</b>								
Promedio	5.2	15.0	3.3	3.6	1.4	1.1	45.2	13.6
Máximo	5.7	16.7	3.7	4.1	1.7	1.2	63.0	20.0
Mínimo	4.0	10.9	2.9	2.7	1.0	0.8	16.4	5.0
Desv. Std.	0.4	1.2	0.2	0.3	0.2	0.1	12.1	3.5

El análisis de correlación entre la longitud total y las diferentes medidas corporales (longitud de caparazón, longitud de telson, longitud del primer pleópodo y diámetro del ojo) se registran en la tabla V. Como tendencia general se encontró que en todas las medidas los valores del coeficiente (R) tuvieron un ajuste lineal alto y significativo ( $p < 0.0001$ ).

**Tabla V. Resultado del análisis de correlación entre las diferentes medidas corporales para hembras (H) y machos (M). LT: longitud total, LC: longitud de caparazón, LTE: longitud del telson: LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo.**

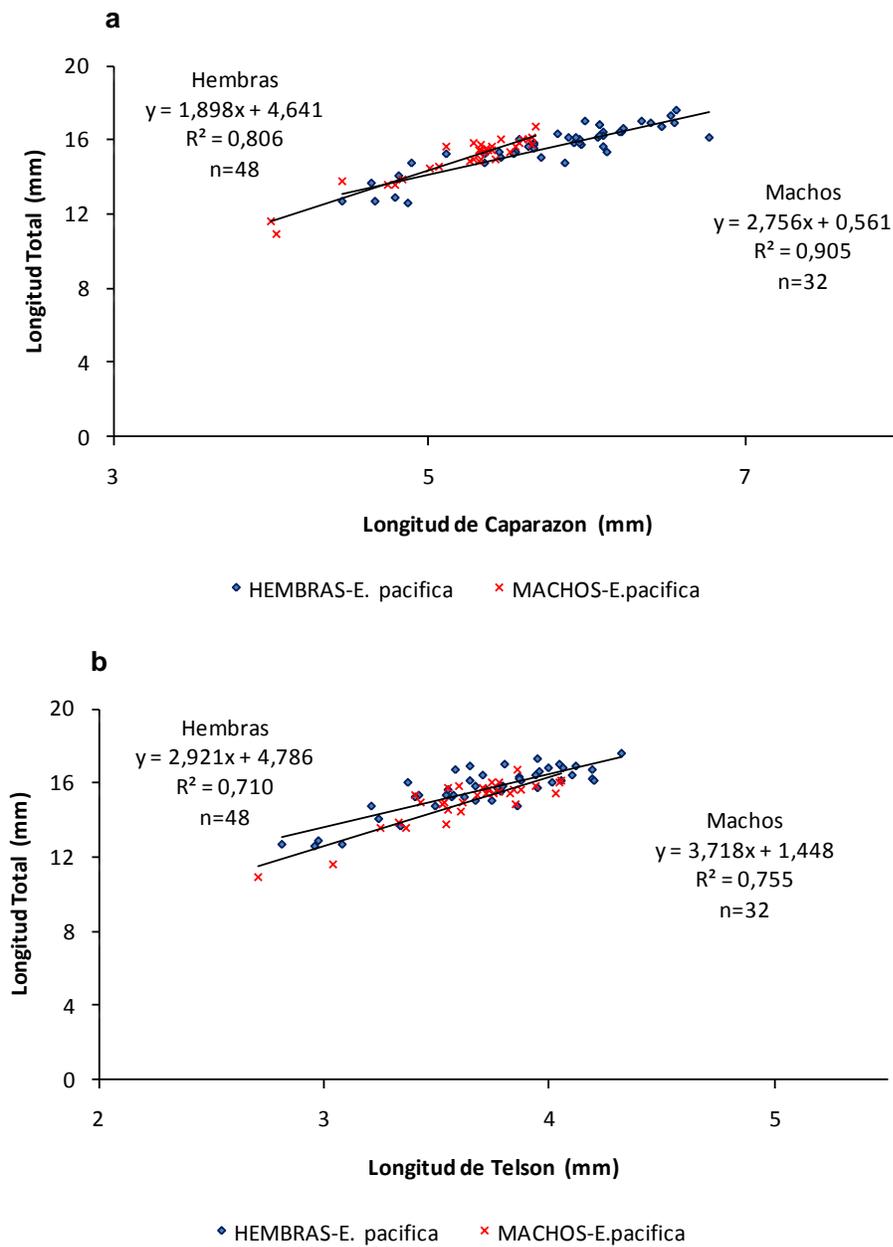
<b>Medida Corporal</b>	<b>R</b>	
	<b>M</b>	<b>H</b>
LT-LC	0.90	0.95
LT-LTE	0.84	0.87
LT-LP	0.90	0.90
LT-DO	0.85	0.85

El análisis de comparación de pendientes entre la longitud de caparazón y la longitud total entre los sexos indicó que existen diferencias significativas entre estos (figura 8a, tabla VI), al igual que para el telson (figura 8b) y el diámetro del ojo (figura 9 b), estas diferencias en los sexos se pude observar en el cruzamiento

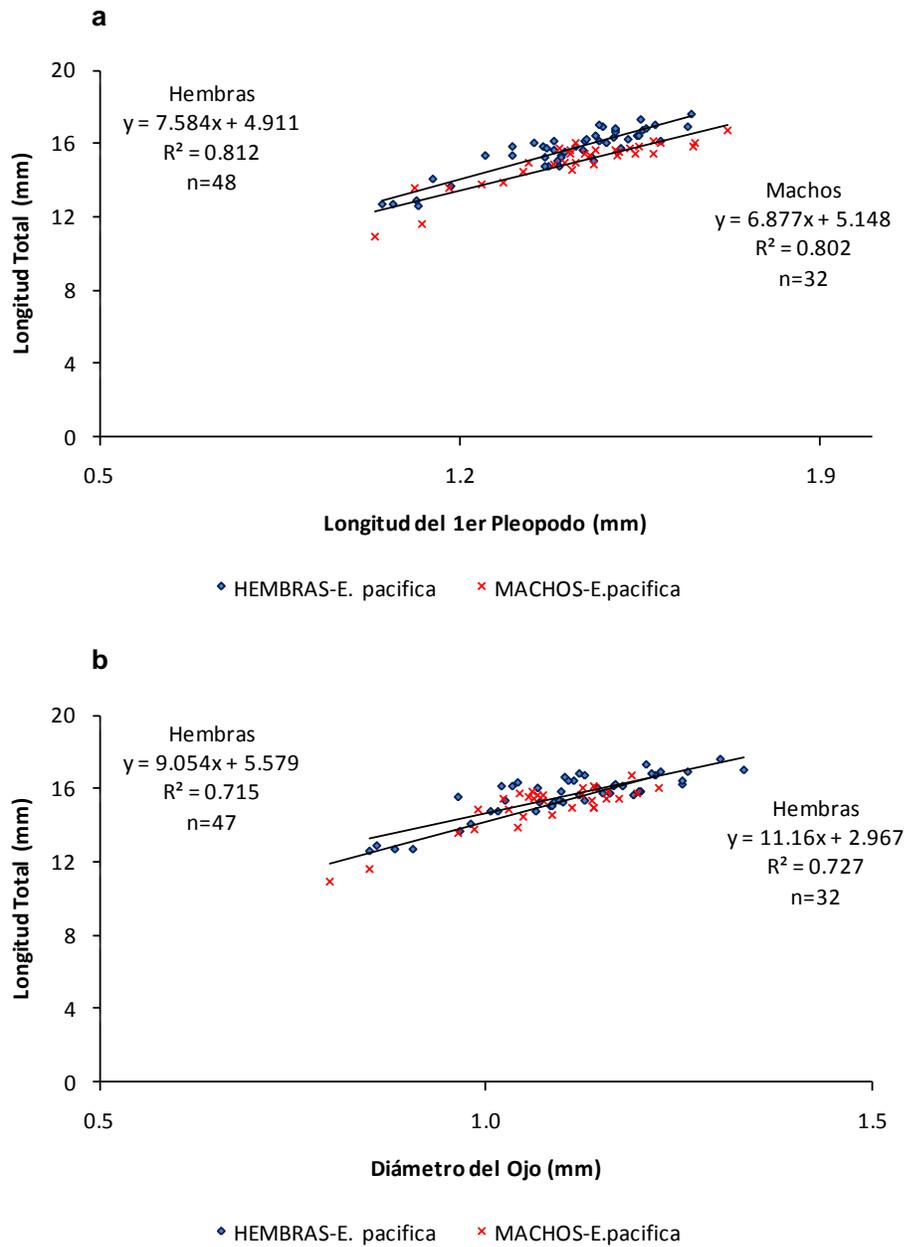
de las líneas de regresión (figura 8b). Para la única medida que no se encontraron diferencias fue entre la longitud total y la longitud del primer pleópodo (figura 9a, tabla VI).

**Tabla VI. Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales, peso húmedo y seco entre machos y hembras de *E. pacífica*.**

<b>Tipo de medida</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Long Total-Long Caparazón	11.061	0.0013
Long Total-Long Telson	4.710	0.0331
Long Total-Long Primer Pleopodo	0.009	0.9856
Long Total-Diámetro del ojo	10.86	0.0015
Peso Húmedo-Long Total	3.912	0.0509
Peso Húmedo-Long Caparazón	142.195	0.0000
Peso Seco-Long Total	17.648	0.0000
Peso Seco-Long Caparazón	10.393	0.0017



**Figura 8.** Regresión lineal entre la longitud total y la longitud de caparazón (a), regresión lineal entre la longitud total y la longitud de telson (b) para hembras y machos de *Euphausia pacífica*.



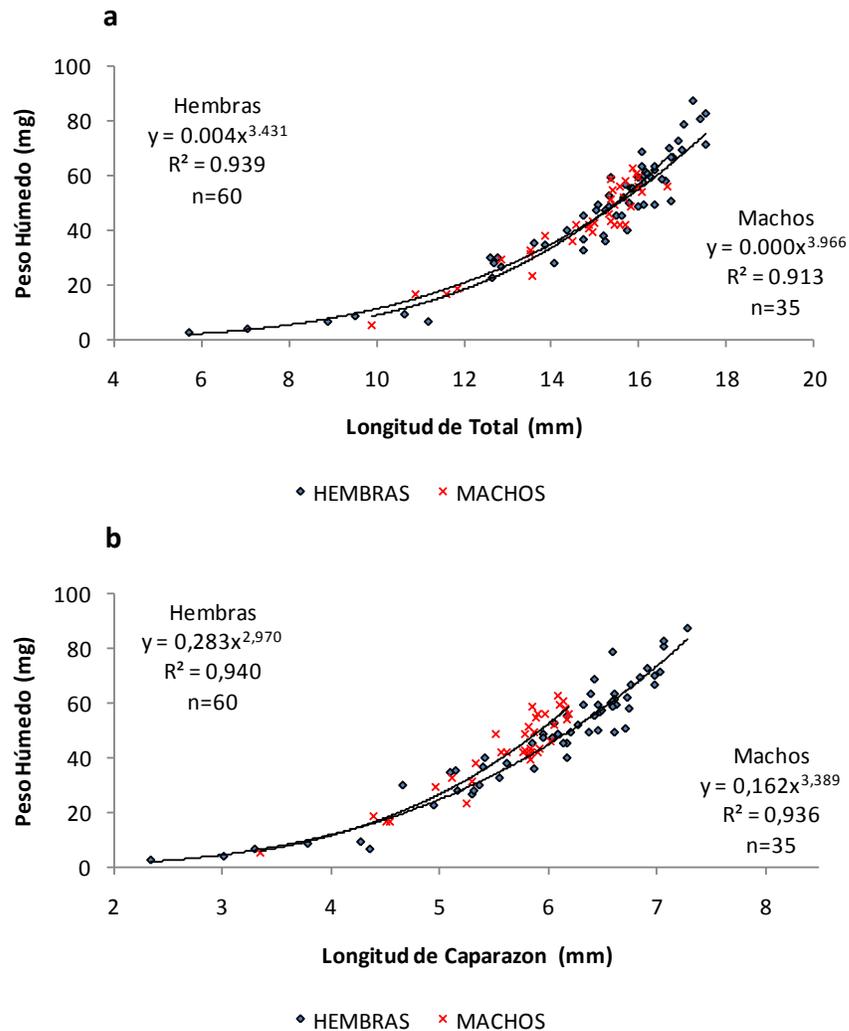
**Figura 9. Regresión lineal entre la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a), regresión lineal entre la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras y machos de *Euphausia pacífica*.**

### *Relación entre peso y longitud*

Al relacionar las mediciones de la longitud total y de caparazón con el peso húmedo se encontró que las mediciones se ajustaron a un modelo de tipo potencial de la forma:

$$Y = aX^b \quad (1)$$

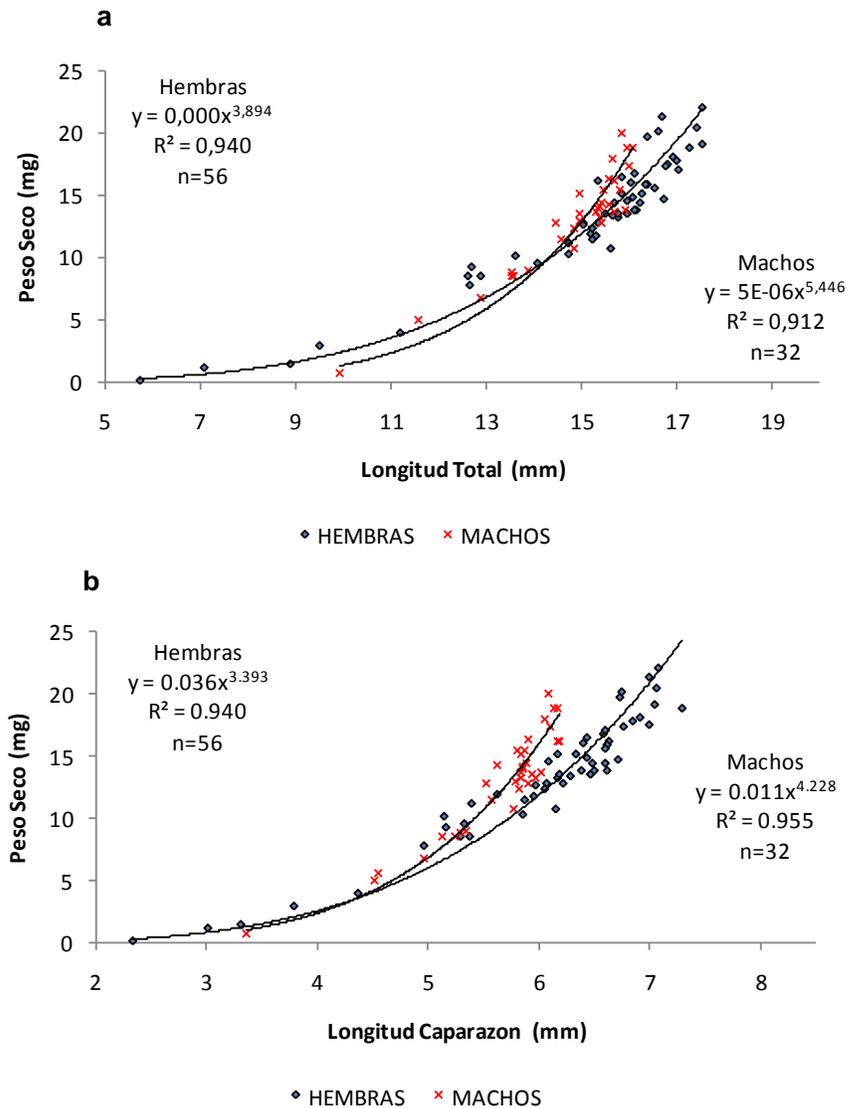
Donde Y es el peso y X es la medida corporal, y a y b serían los parámetros alométricos. Se encontró que la dispersión de los datos fue menor en las hembras que en los machos, al igual que un mayor rango de variación de los datos (figura 10a) encontrándose que el parámetro alométrico de crecimiento (b) fue mayor en los machos tanto en la medida de la longitud total al igual que en el caparazón (Figura 10b). Debido que la prueba de comparación de pendientes entre el peso húmedo y la longitud total estuvo en el límite de aceptación se asume que si existen diferencias significativas entre machos y hembras (tabla VI), de la misma manera, la comparación de pendientes entre el peso húmedo y la longitud de caparazón demostró que existen diferencias entre los sexos (tabla VI).



**Figura 10. Regresión entre el peso húmedo y la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos de *Euphausia pacifica*.**

Al comparar los valores de peso seco, la tendencia fue igual que con el peso húmedo (figura 11 a y b), sin embargo los valores del coeficiente alométrico fueron más altos que los coeficientes del peso húmedo. Adicionalmente el rango de variación es más amplio en hembras que en machos y se presenta un entrecruzamiento de las líneas de tendencia, indicando que en tallas mayores a 14.5 mm las hembras tienen mayor peso que los machos (Fig. 11a). Al igual que con el peso húmedo, el análisis de comparación de pendientes mostró diferencias

significativas entre hembras y machos para la regresión entre el peso seco y la longitud total y entre el peso seco y la longitud de caparazón (tabla VI).



**Figura 11. Regresión entre peso seco y la longitud total (a) y peso seco con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos *Euphausia pacifica*.**

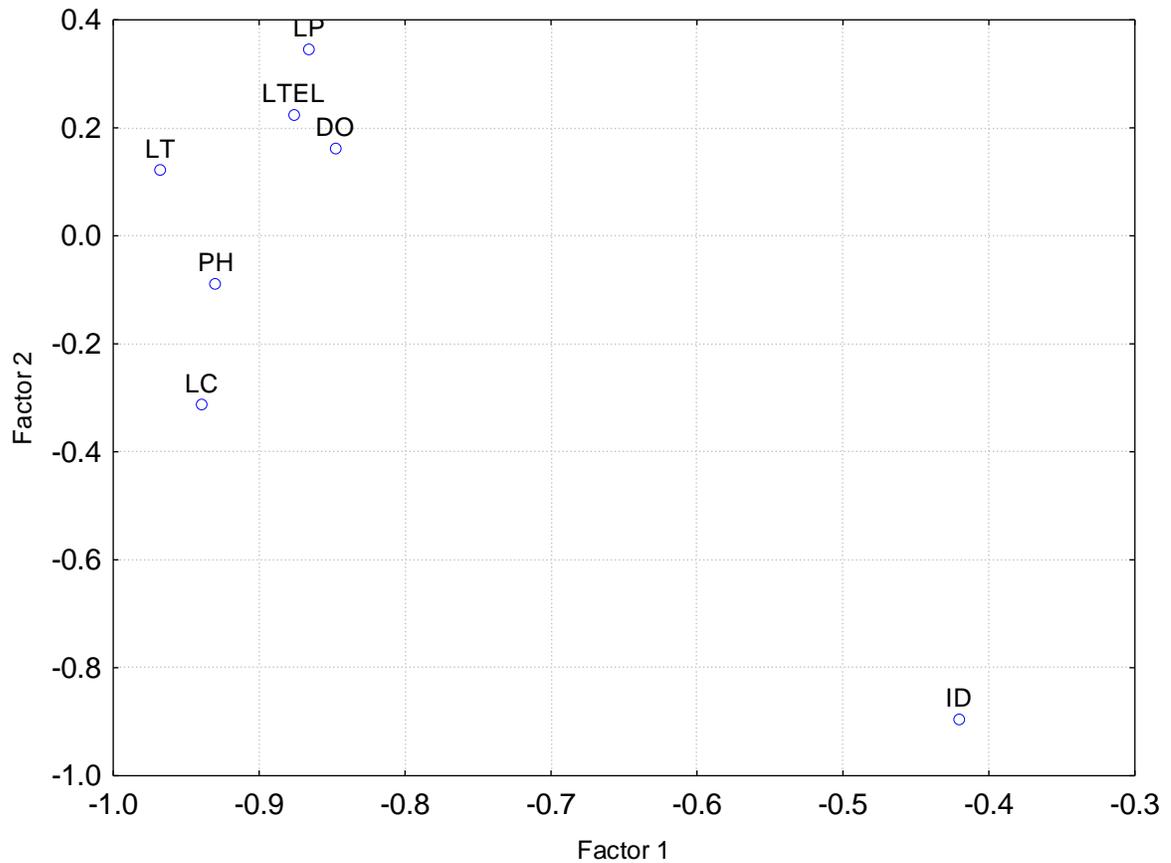
El análisis de componentes principales indicó que el factor uno estuvo determinado por las mediciones corporales y el peso húmedo y el factor dos por el índice de diferenciación. Al hacer la extracción de los valores propios, se encontró que con dos factores se estaría extrayendo el 88.8 % de la varianza explicada. Los

coeficientes (scores) de los factores mostraron que al factor 1 pertenecen seis variables (longitud de caparazón, longitud total, longitud de telson, longitud del primer pleópodo, diámetro del ojo y peso húmedo), el ID al factor 2 (tabla VII). Se sacó el peso seco del análisis porque la contribución fue de 0.7%.

**Tabla VII. Matriz de carga del análisis de componentes principales para *Euphausia pacífica*.**

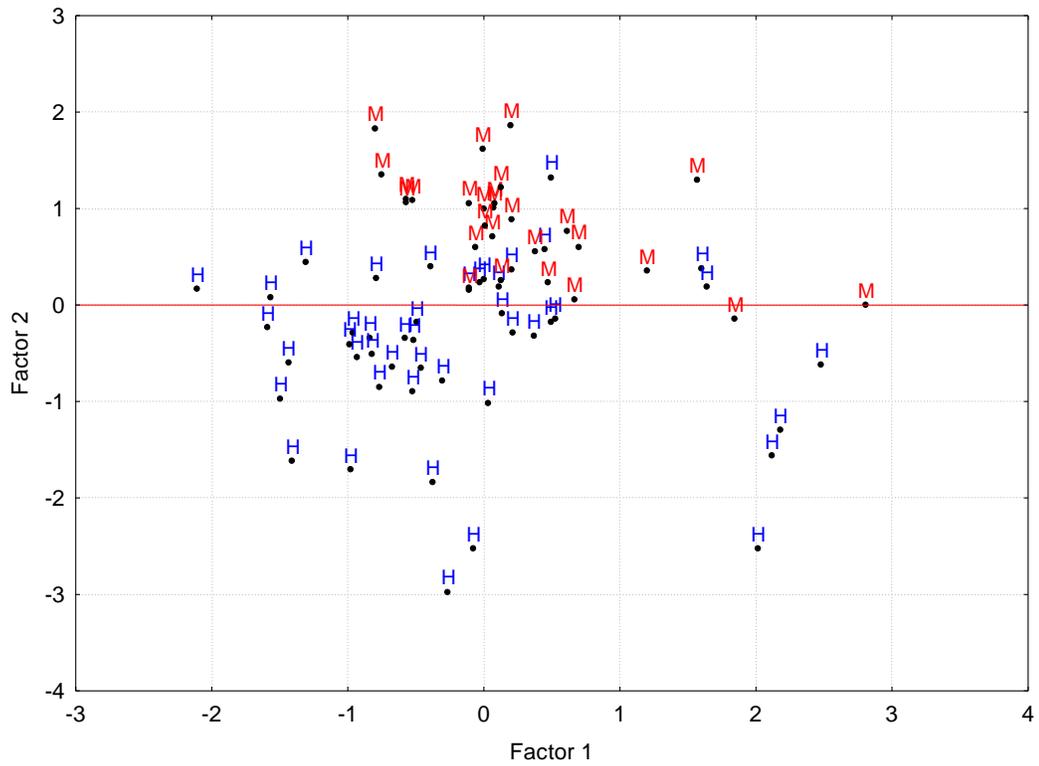
<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
Long Caparazón	-0.9392	-0.3127
Long Total	-0.9675	0.1223
ID	-0.4205	-0.8947
Long Telson	-0.8764	0.2239
Long 1er Pleopodo	-0.8657	0.3463
DO	-0.8479	0.1617
Peso Húmedo	-0.9299	-0.0877
Expl.Var	5.0965	1.1173
Prp.Totl	0.7280	0.1596

Al graficar las cargas de estos dos factores se encontró el mismo tipo de separación. Sin embargo ID al parecer es la medición que estaría determinando el tipo de separación de las demás mediciones (Figura 12).



**Figura 12. Ordenación espacial de las mediciones corporales de hembras y machos de *Euphausia pacifica*. LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo.**

Al realizar el gráfico de los valores de los coeficientes de puntuaciones de los factores, se puede ver que hubo dos grupos; un grupo de hembras y otro de machos (Figura 13). Esta separación estuvo determinada principalmente por el índice de diferenciación y en menor proporción las medidas corporales.



**Figura 13. Separación espacial de los dos grupos (machos y hembras) para *Euphausia pacifica*.**

Al graficar la distribución de frecuencias del índice de diferenciación, se encontró que los mayores valores están en las hembras y en los machos se observó que el rango de variación fue mucho menor (Figura 14).

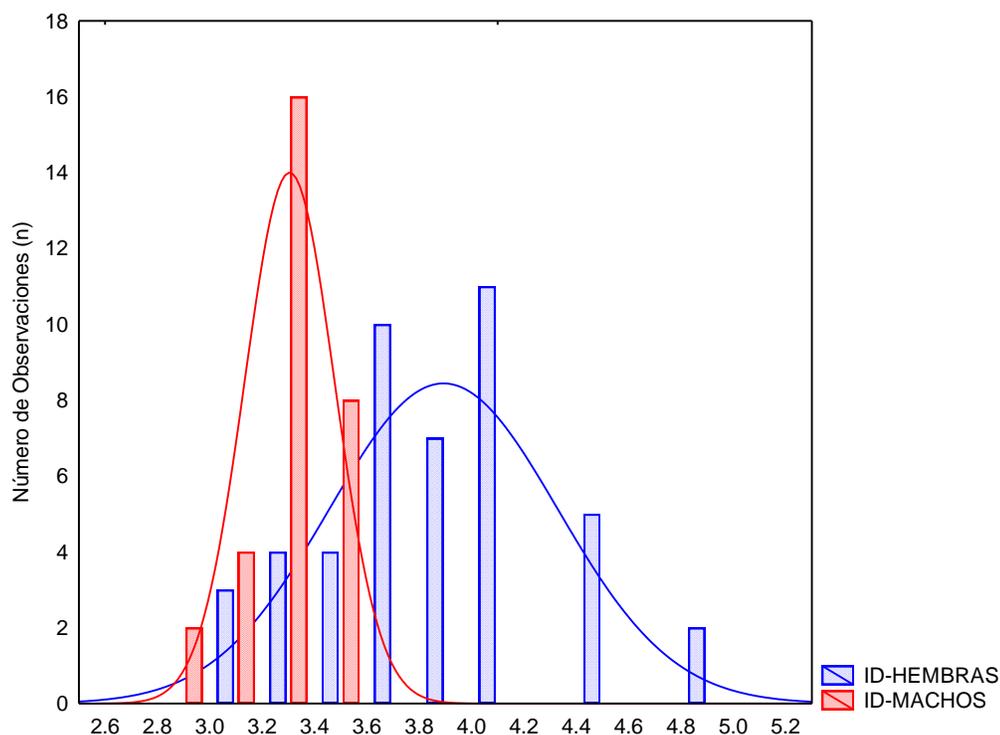


Figura 14. Distribución de frecuencias del índice de diferenciación de machos y hembras de *Euphausia pacifica*.

### III. 1.2 Morfometría de *Thysanoessa spinifera*

Respecto a las mediciones corporales y el registro de peso (tanto húmedo como seco), se encontró que la mayor variación se presentó en el peso corporal, esto indica que hay un amplio rango en el tamaño de los organismos colectados, es de destacar que solo se colectaron hembras (Tabla VIII).

Tabla VIII. Resumen de las mediciones corporales de *Thysanoessa spinifera*. LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).n= 24.

	LC	LT	ID	LTE	LP	DO	PH	PS
Promedio	5.2	14.2	3.9	3.1	1.2	1.3	54.7	13.5
Máximo	7.0	17.7	5.1	3.9	1.6	1.7	117.6	29.8
Mínimo	3.3	9.6	2.9	1.7	0.8	0.9	24.5	4.0
Desv. std.	0.9	2.1	0.5	0.6	0.2	0.2	27.3	7.3

Al relacionar la longitud de caparazón con la longitud total se encontró una regresión altamente significativa (Figura 15a), registrando un valor de  $r^2 = 0.934$  y un valor de  $p < 0.05$ .

En cuanto a la longitud del telson y la longitud de caparazón (Figura 15b) se encontró una tendencia similar a la encontrada para la regresión de la longitud de caparazón aunque el valor de la regresión fue menor ( $r^2 = 0.779$ ,  $p < 0.05$ ).

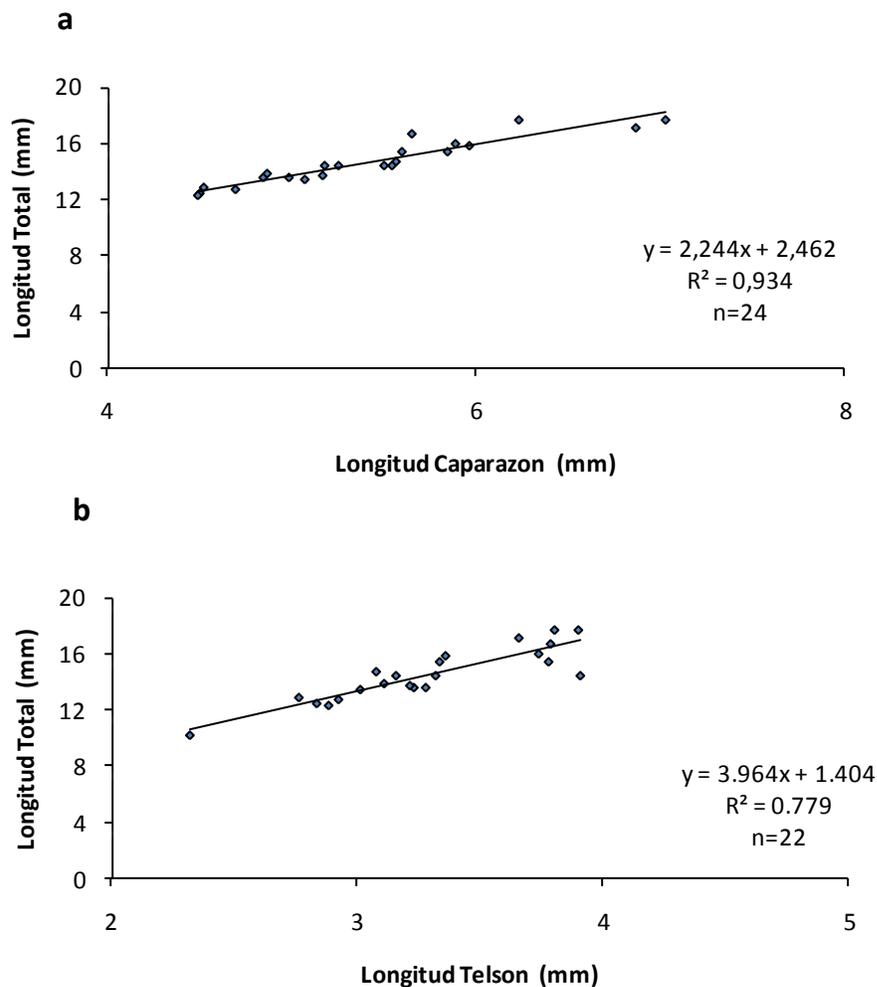


Figura 15. Regresión de la longitud total con la longitud del caparazón (a) y regresión de longitud total con la longitud del telson (b) para *Thysanoessa spinifera*.

Las regresiones entre el diámetro del ojo y la longitud del primer pleópodo con la longitud total dieron valores de  $r^2 = 0.778$ ,  $p < 0.05$  y  $r^2 = 0.823$ ,  $p < 0.05$

respectivamente (Figura 16a y 16b). Es importante destacar que se registraron dos organismos juveniles.

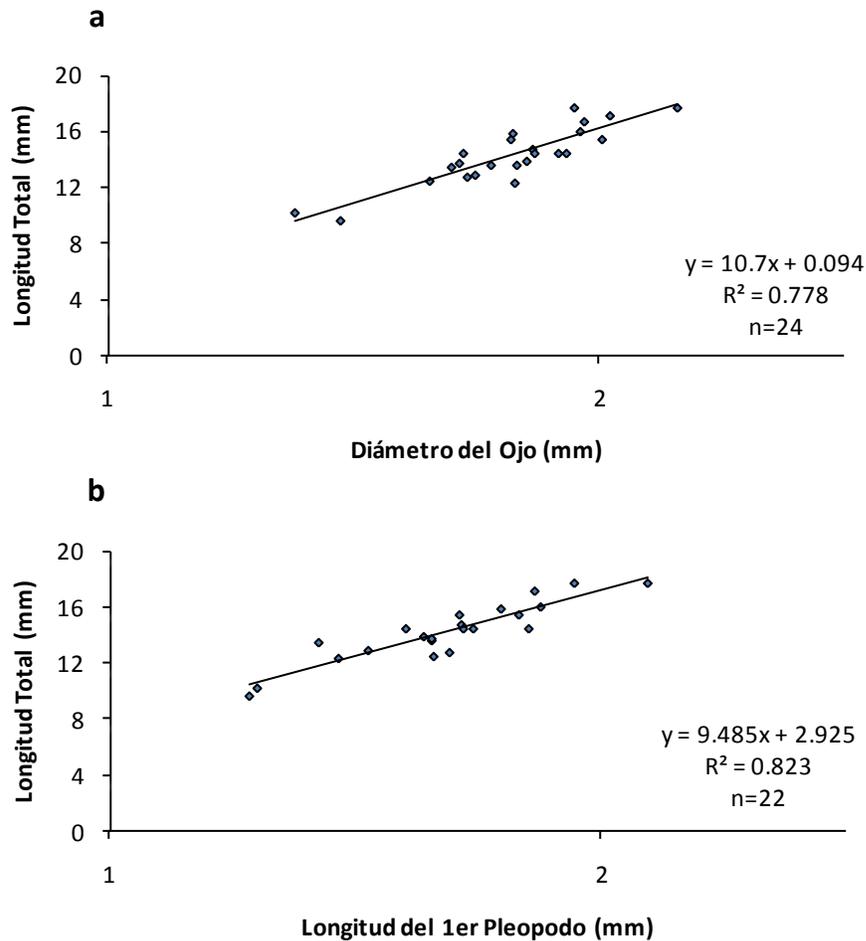


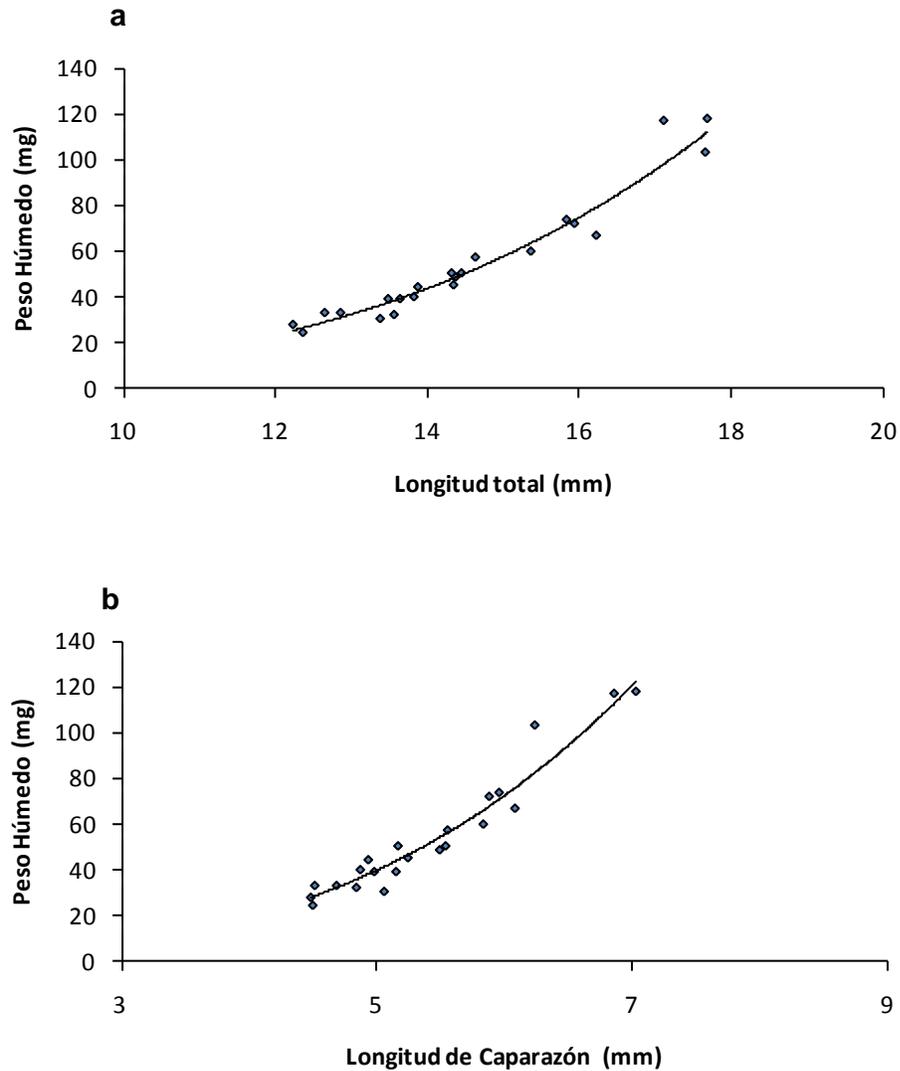
Figura 16. Regresión de la longitud total con diámetro del ojo (a) y regresión de longitud total con la longitud del primer pleópodo (b) para *Thysanoessa spinifera*.

### *Relación entre peso y longitud*

Al relacionar las medidas corporales con el peso húmedo se encontró una alta correlación entre la longitud total y el peso húmedo ( $r^2 = 0.954$ ) (figura 17a) mientras que la correlación de la longitud de caparazón con el peso húmedo fue menor ( $r^2 = 0.926$ ) (figura 17b), sin embargo se considera un buen valor del ajuste de los datos. Los datos se ajustaron a un modelo potencial de la forma.

$$\text{Peso Húmedo} = 0.00105LT^{4.024} \quad (2)$$

$$\text{Peso Húmedo} = 0.17516LC^{3.357} \quad (3)$$



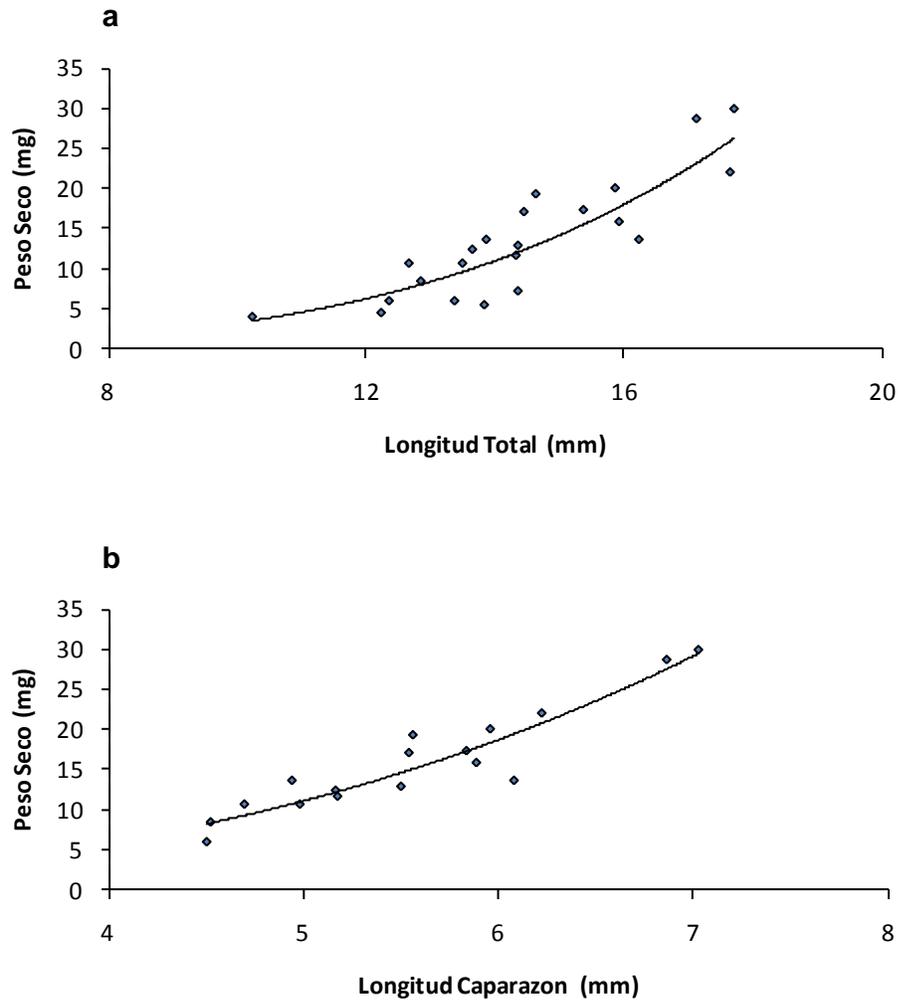
**Figura 17. Regresión del peso húmedo con la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para *Thysanoessa spinifera*.**

En cuanto a la regresión con el peso seco, la dispersión de los datos fue mayor en comparación con el peso húmedo (Figura 18a), por lo tanto el valor de la regresión fue menor ( $r^2 = 0.74$  y  $r^2 = 0.85$ ). Los valores de la longitud de caparazón

y el peso seco tuvieron un mejor ajuste (figura 18b). Las ecuaciones resultantes fueron:

$$\text{Peso Seco} = 0.00053LT^{3.753} \quad (4)$$

$$\text{Peso Seco} = 0.06870LC^{3.084} \quad (5)$$



**Figura 18. Regresión del peso seco con la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para *Thysanoessa spinifera*.**

### III.2 Pacifico Tropical Mexicano

Para la fecha del muestreo la temperatura se caracterizo porque presento una fuerte estratificación en los primeros metros como en el caso de la estación A03 donde se presento la inflexión a los 55 metros aproximadamente, esta estación se caracterizó por presentar una temperatura de 28.8°C en la superficie y registrándose la termoclina a los 50 metros aproximadamente, pasando de 28.24 a 23.36°C. En cuanto a la concentración de oxígeno se encontró que paso de 3.29 a 0.057 ml L<sup>-1</sup>, registrándose la oxiclina entre los 75 y los 100 m (figura 19). Las estaciones localizadas más al sur, como el caso de la D15 se observo una oxiclina más somera, los valores de oxígeno pasaron de 2.41 a los 75 metros a 0.28 en los 100 metros, la temperatura para esta estación también tuvo un comportamiento similar encontrándose un fuerte cambio entre los 75 y los 100 m pasando de 22.8 °C a 15.2°C.

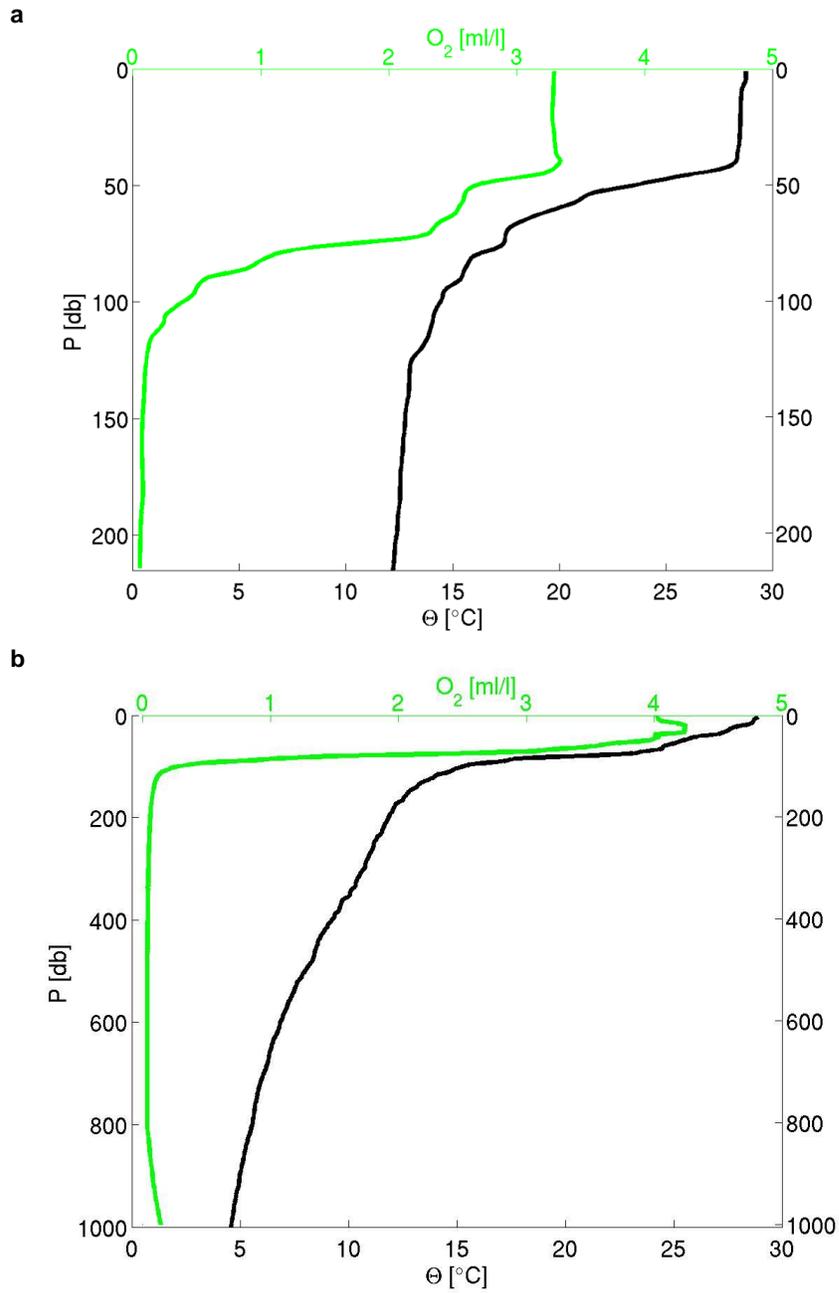


Figura 19. Perfil de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Oxígeno ( $\text{ml/l}$ ) para la estación A03 (a) y para la estación D15 (b) del crucero oceanográfico PROCOMEX XI (ver figura 2 para la ubicación espacial de las estaciones).

### III. 2.1 Morfometría de *Euphausia distinguenda*

Se encontró que los rangos de medidas de *E. distinguenda* es más pequeño comparado con las especies de la Corriente de California; el promedio de la longitud total fue de  $9.1 \pm 1.0$  mm para las hembras mientras que para los machos fue de  $8.3 \pm 1.0$  mm. La longitud de caparazón promedio fue de  $3.0 \pm 0.3$  y  $2.6 \pm 0.3$  mm para hembras (Tabla IX).

**Tabla IX. Resumen de las mediciones corporales de hembras y machos de *Euphausia distinguenda*. LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg). n=79 Hembras y n=63 Machos**

<b>HEMBRAS</b>	<b>LC</b>	<b>LT</b>	<b>LTE</b>	<b>ID</b>	<b>LP</b>	<b>DO</b>	<b>PH</b>	<b>PS</b>
Promedio	3.0	9.1	2.1	3.0	0.8	0.4	10.1	2.4
Máximo	3.8	11.5	2.5	3.2	1.1	0.6	22.5	4.0
Mínimo	2.3	6.7	1.5	2.7	0.5	0.3	2.5	0.7
Desv. Std.	0.3	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	3.7	0.8
<b>MACHOS</b>								
Promedio	2.6	8.3	2.0	2.0	0.8	0.4	8.3	1.8
Máximo	3.2	10.5	2.6	2.6	1.1	0.5	16.4	3.4
Mínimo	1.7	5.7	1.3	1.3	0.4	0.2	1.3	0.5
Desv. Std.	0.3	1.0	0.3	0.3	0.1	0.1	3.3	0.7

En el análisis de correlación entre la longitud de caparazón y la longitud total se encontró que el ajuste de los valores de la correlación ( $r$ ) fueron altos y significativos tanto para hembras como para machos (tabla X,  $p < 0.0001$ ), la misma tendencia se registro para la correlación entre la longitud total y la longitud del telson, longitud del primer pleópodo y diámetro del ojo (tabla X). Aunque el ajuste ha sido alto, se observa una mayor dispersión de los datos en el caso de las hembras.

**Tabla X. Resultado del análisis de correlación entre las diferentes medidas corporales para hembras (H) y machos (M). LT: longitud total, LC: longitud de caparazón, LTE: longitud del telson: LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo.**

Medida Corporal	R	
	M	H
LT-LC	0.98	0.98
LT-LTE	0.89	0.92
LT-LP	0.91	0.90
LT-DO	0.90	0.93

La comparación de pendientes mostró diferencias significativas entre machos y hembras en la longitud de total y de caparazón (figura 20a, tabla XI), Se encontró que los valores de estas mediciones son menores en machos que en las hembras y una mayor pendiente. Es importante mencionar que el menor valor de los machos es probablemente un macho en estadio de madurez sexual temprano. Contrario a las mediciones anteriores, no se encontraron diferencias entre la longitud del telson (figura 20b), longitud del primer pleópodo (figura 21a) y en el diámetro del ojo (figura 21b) (tabla XI).

**Tabla XI. Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales, peso húmedo y seco entre machos y hembras de *Euphausia distinguenda*.**

Tipo de medida	F	p
Long Total-Long Caparazón	13.354	0.0003
Long Total-Long Telson	0.722	0.3972
Long Total-Long Primer Pleopodo	0.154	0.6957
Long Total-Diámetro del ojo	0.163	0.6919
Peso Húmedo-Long Total	0.056	0.8118
Peso Húmedo-Long Caparazón	0.139	0.7093
Peso Seco-Long Total	0.419	0.5186
Peso Seco-Long Caparazón	2.184	0.142

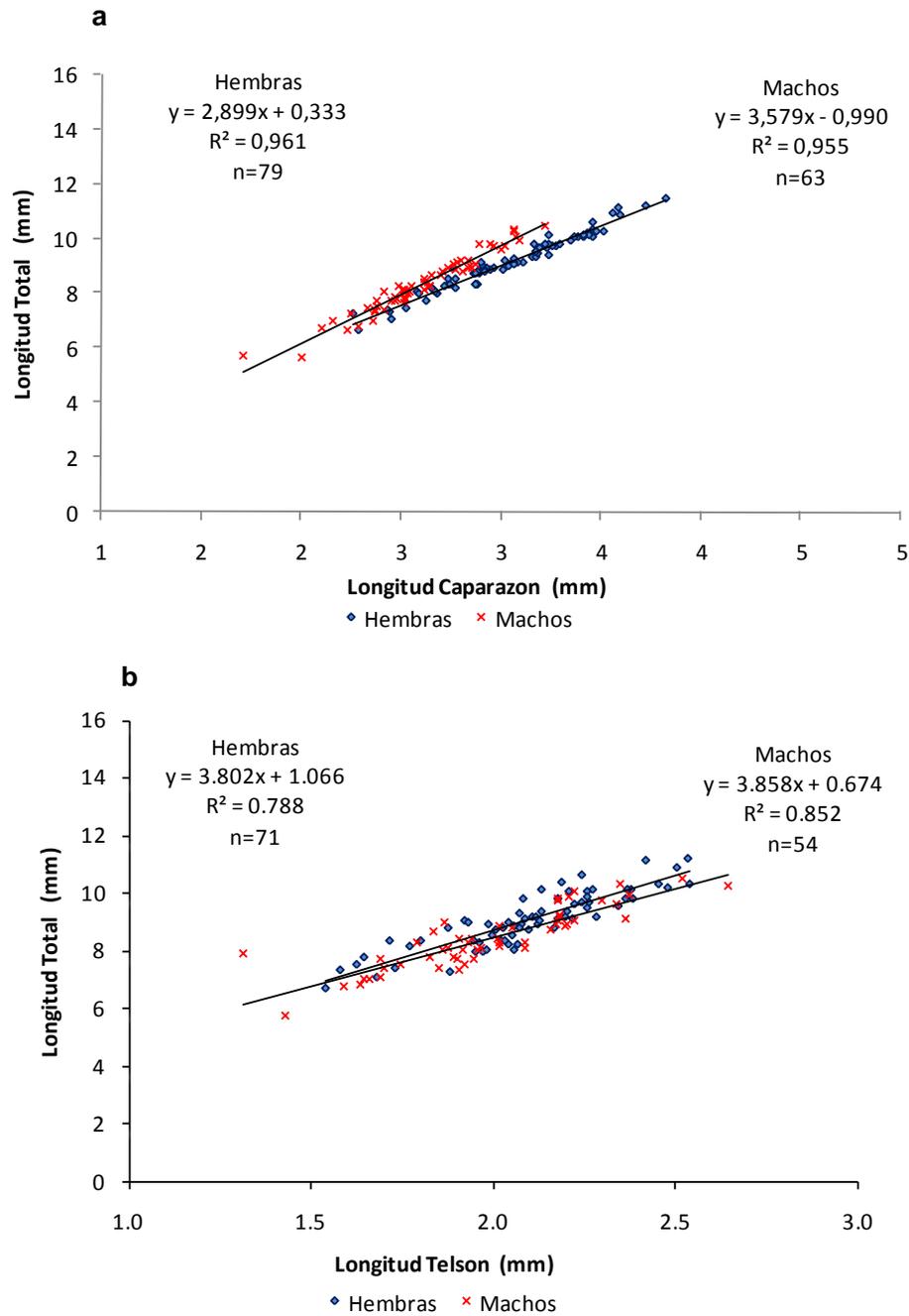


Figura 20. Regresión de la longitud total y la longitud del caparazón (a) y longitud de telson (b) para hembras y machos de *Euphausia distinguenda*.

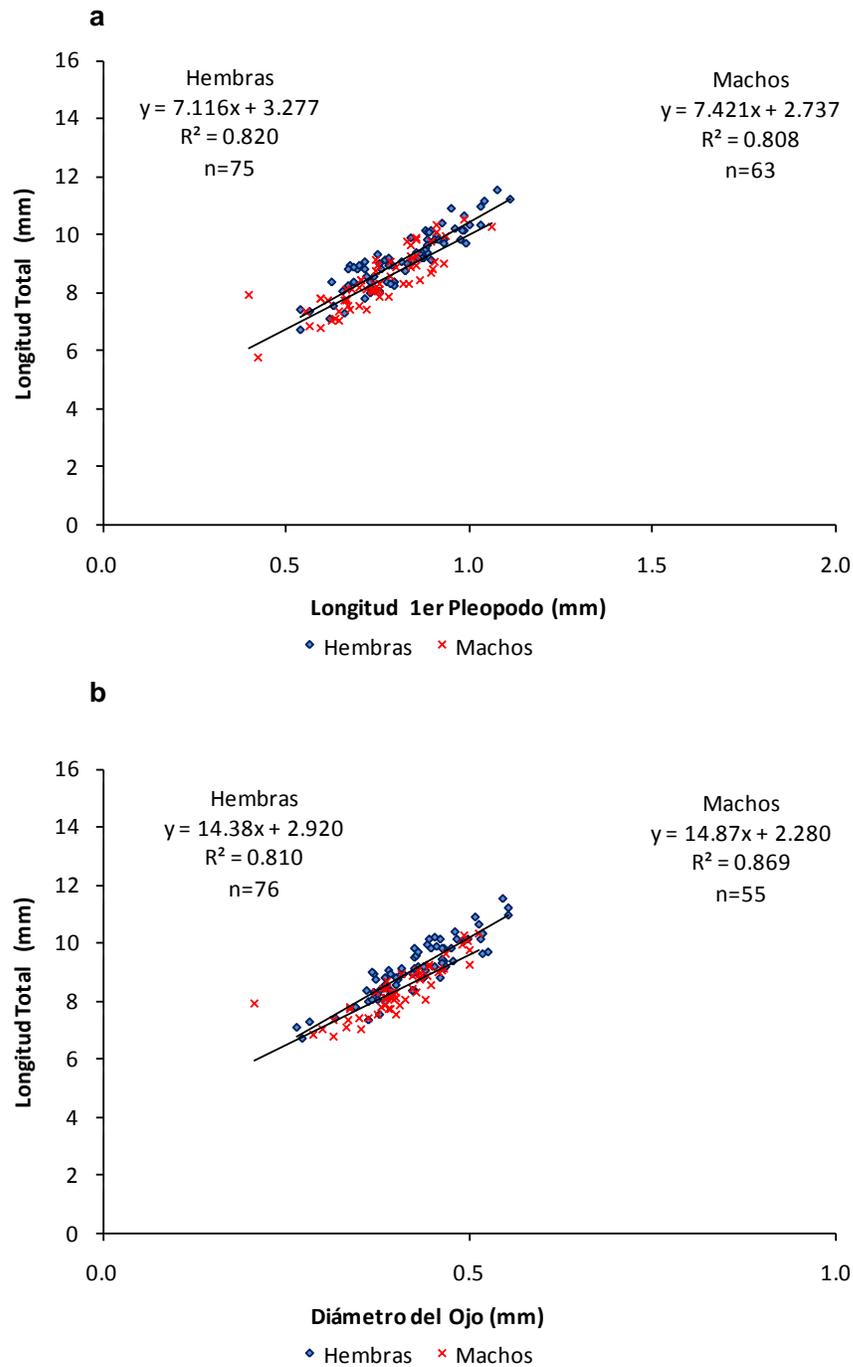
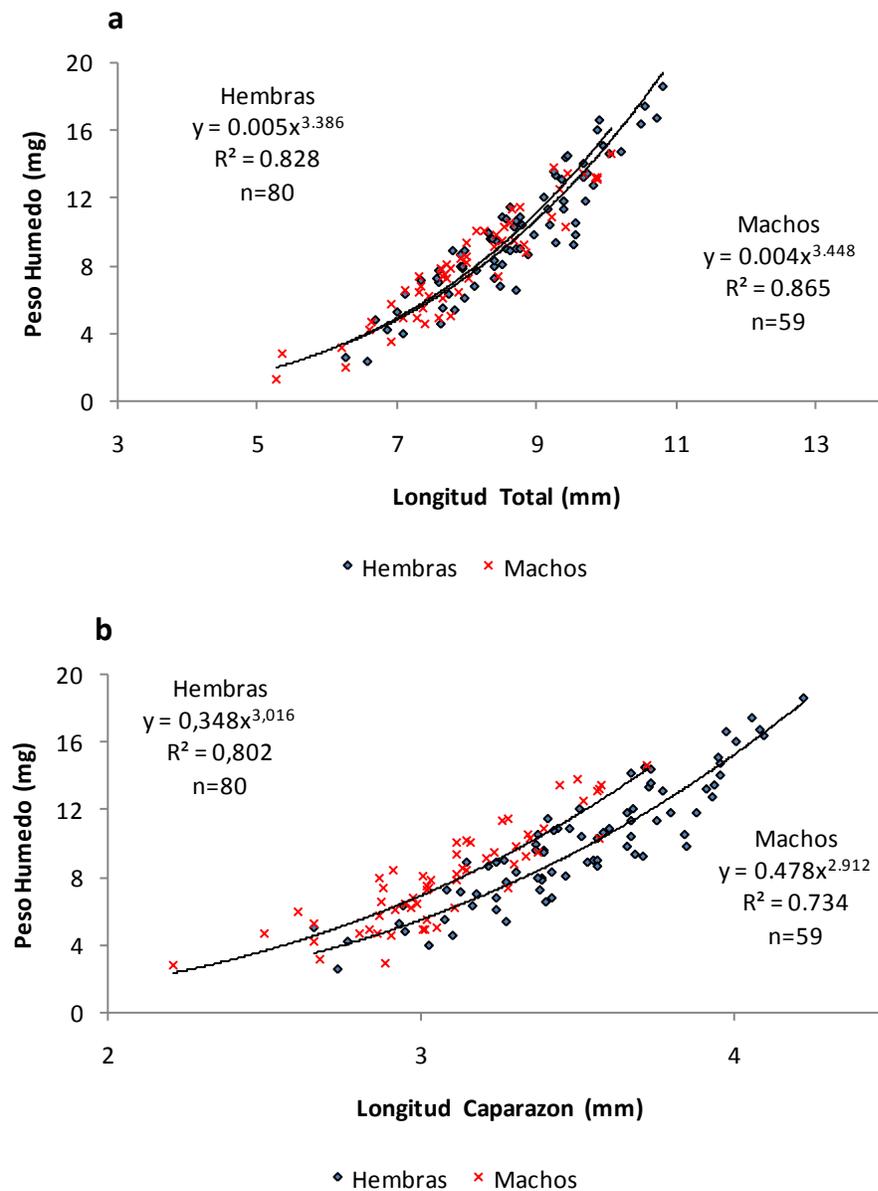


Figura 21. Regresión de la longitud total y la longitud del 1er pleópodo (a) y regresión de la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras y machos de *Euphausia distinguenda*.

### *Relación entre peso y longitud*

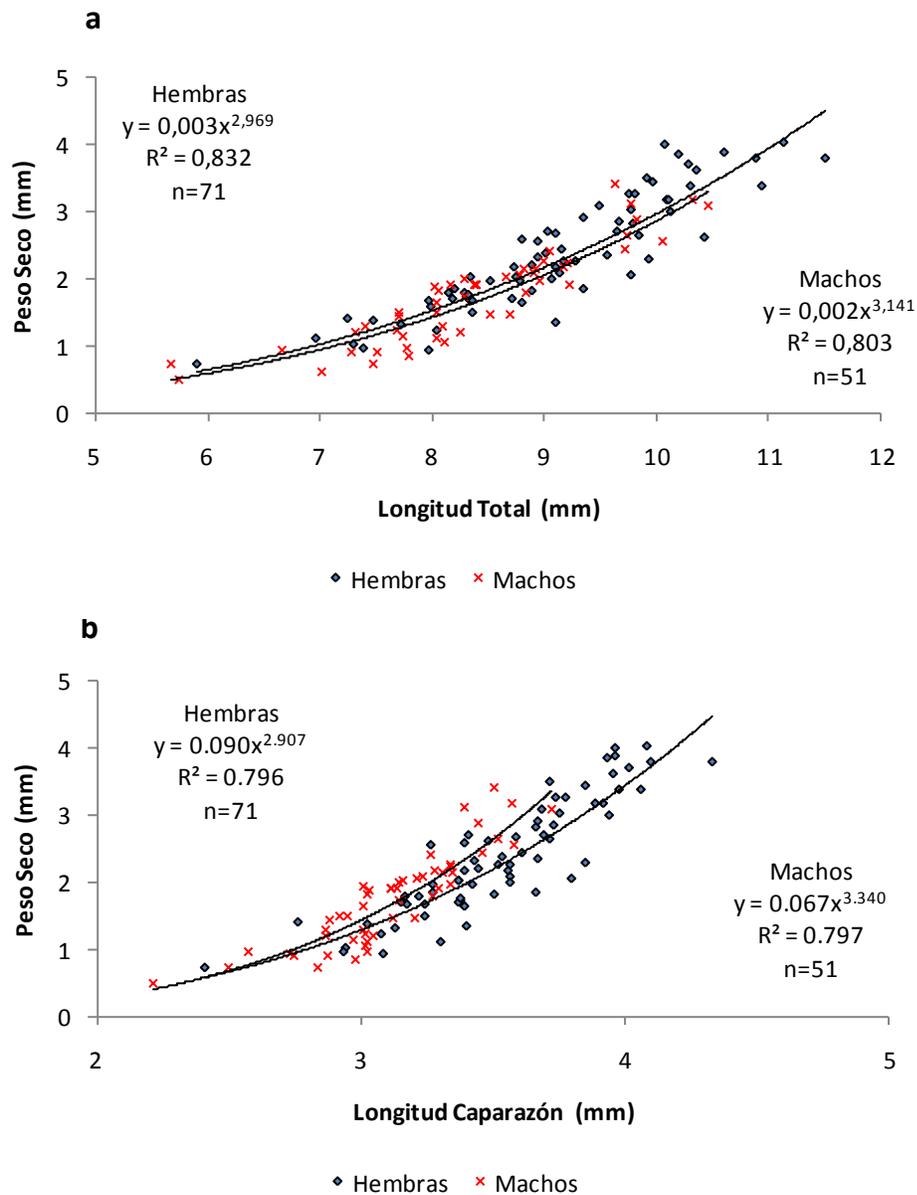
Al relacionar las mediciones de la longitud total y de caparazón con el peso húmedo se encontró que la dispersión es alta en ambos sexos (figura 22a y b), el coeficiente alométrico es similar en ambos sexos tanto en total como en la longitud del caparazón, sin embargo la pendiente de la regresión fue mayor en los machos en la longitud total (tabla XI).



**Figura 22. Regresión del peso húmedo con la longitud total (a) y peso húmedo con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos de *Euphausia distinguenda*.**

El análisis de comparación de pendientes no mostró diferencias entre machos y hembras para la regresión entre peso húmedo y la longitud total. De igual manera no se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos para la regresión entre la longitud del caparazón y el peso húmedo (tabla XI).

En cuanto a la relación con el peso seco, se encontró que hubo un mejor ajuste de los datos en relación con la longitud total (figura 23a) comparándolo con el ajuste de los datos en la longitud del caparazón; otro aspecto importante es que el valor de significancia de la regresión ( $r^2$ ) es igual para machos y hembras pero el valor del parámetro alométrico es mayor en machos (Figura 23b). También es importante destacar que los valores del peso seco para machos son menores comparándolos con los valores de las hembras. No se encontraron diferencias en la comparación de pendientes entre machos y hembras respecto al peso seco y la longitud total, de igual manera, no se encontraron diferencias entre el peso seco y la longitud del caparazón (tabla XI).



**Figura 23. Regresión del peso seco con la longitud total (a) y peso seco con la longitud de caparazón (b) para hembras y machos de la especie *Euphausia distinguenda*.**

El análisis de componentes principales mostró que, igual que para *E. pacifica*, hubo dos factores que explicaron la varianza de los organismos; al hacer la extracción de los valores propios se encontró que con dos factores se estaría extrayendo el 85.59 % de la varianza explicada. Las mediciones que estuvieron explicadas por el factor 1 fueron la longitud total, longitud caparazón, longitud de

telson, longitud 1er pleópodo, diámetro del ojo, peso húmedo y peso seco. Y el factor 2 está definido por el índice de diferenciación (tabla XII).

Tabla XII. Matriz de carga del análisis de componentes principales para *Euphausia distinguenda*.

Variable	Factor 1	Factor 2
Long Total	-0.970965	0.065689
Long Caparazón	-0.952643	-0.226647
ID	-0.242555	-0.952531
Long Telson	-0.899510	0.176309
Long 1er Pleopodo	-0.908907	0.159739
DO	-0.900916	0.201061
Peso Húmedo	-0.906148	0.020530
Peso Seco	-0.765301	-0.157258
Expl.Var	5.762803	1.085177
Prp.Totl	0.720350	0.135647

Al graficar estos factores se encontró el mismo tipo de separación (Figura 24).

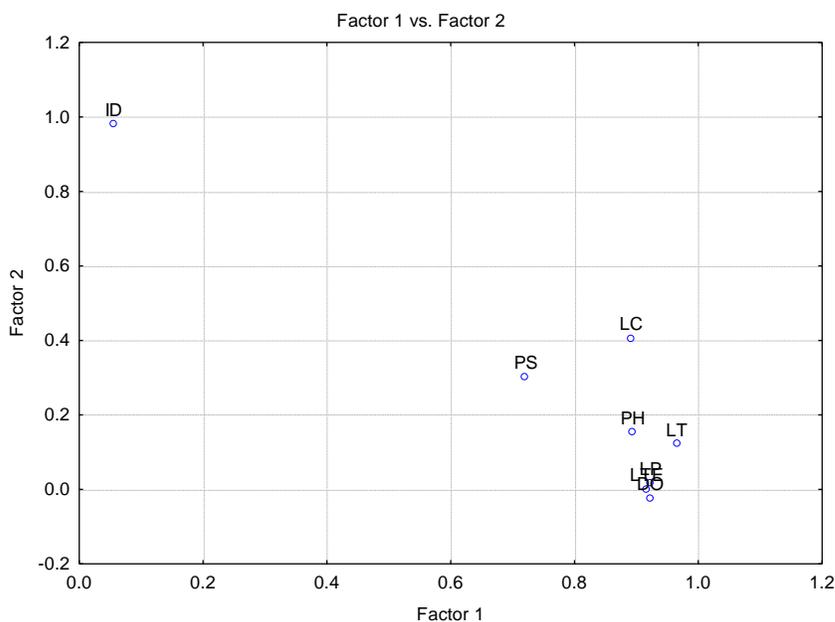
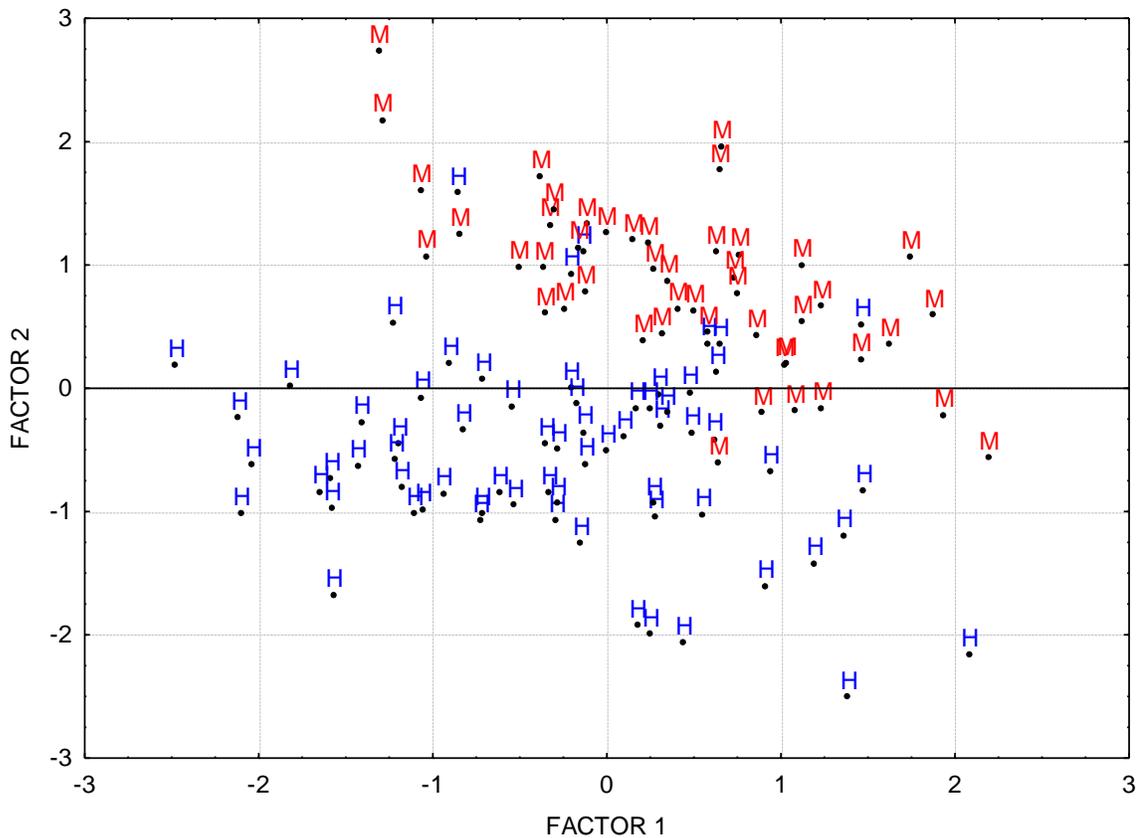


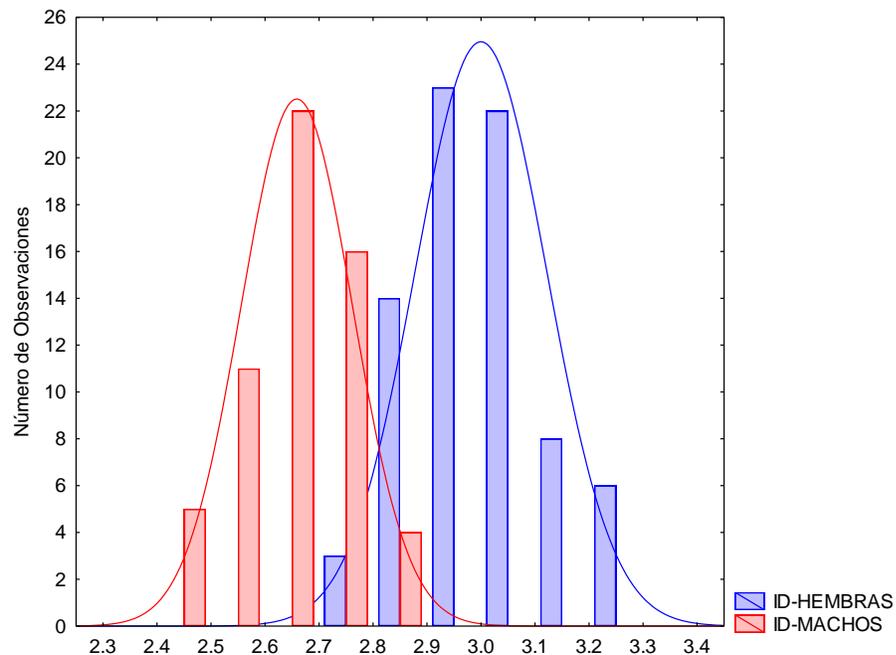
Figura 24. Ordenación espacial de las mediciones corporales de hembras y machos de *Euphausia distinguenda*, efectuando rotación varimax. LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco.

Al realizar el gráfico de los valores de los coeficientes de puntuaciones de los factores ó factor scores, se puede ver que hubo dos grupos; uno de hembras y otro de machos (Figura 27). Esta separación estuvo determinada por el índice de diferenciación.



**Figura 25. Separación espacial de los dos grupos (machos y hembras) para *Euphausia distinguenda***

Al graficar la distribución de frecuencias del índice de diferenciación, se encontró que no hay un traslape de los valores al comparar machos con hembras como sucedió con *E. pacífica* (Figura 26).



**Figura 26. Distribución de frecuencias del índice de diferenciación de machos y hembras de *Euphausia distinguenda*.**

### III. 3 Comparación entre Especies dentro de las Zonas Geográficas

#### III. 3.1 Especies de la Corriente de California: *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera*

Para hacer la comparación en la zona de la bahía de Todos Santos se compararon las dos especies que se registraron en los muestreos utilizando únicamente las hembras, ya que solo se obtuvieron hembras de *T. spinifera*.

En la tabla XIII se resumen las medidas corporales de las dos especies, si bien el tamaño corporal de *T. spinifera* es mayor que el de *E. pacífica*, hay mediciones que dieron exactamente iguales como el valor mínimo del tamaño de caparazón o el valor mínimo del diámetro de ojo. También se destaca que el rango de valores de longitud total de *T. spinifera* es más amplio que el de *E. pacífica*, lo cual podría estar indicando que existen algunos organismos juveniles.

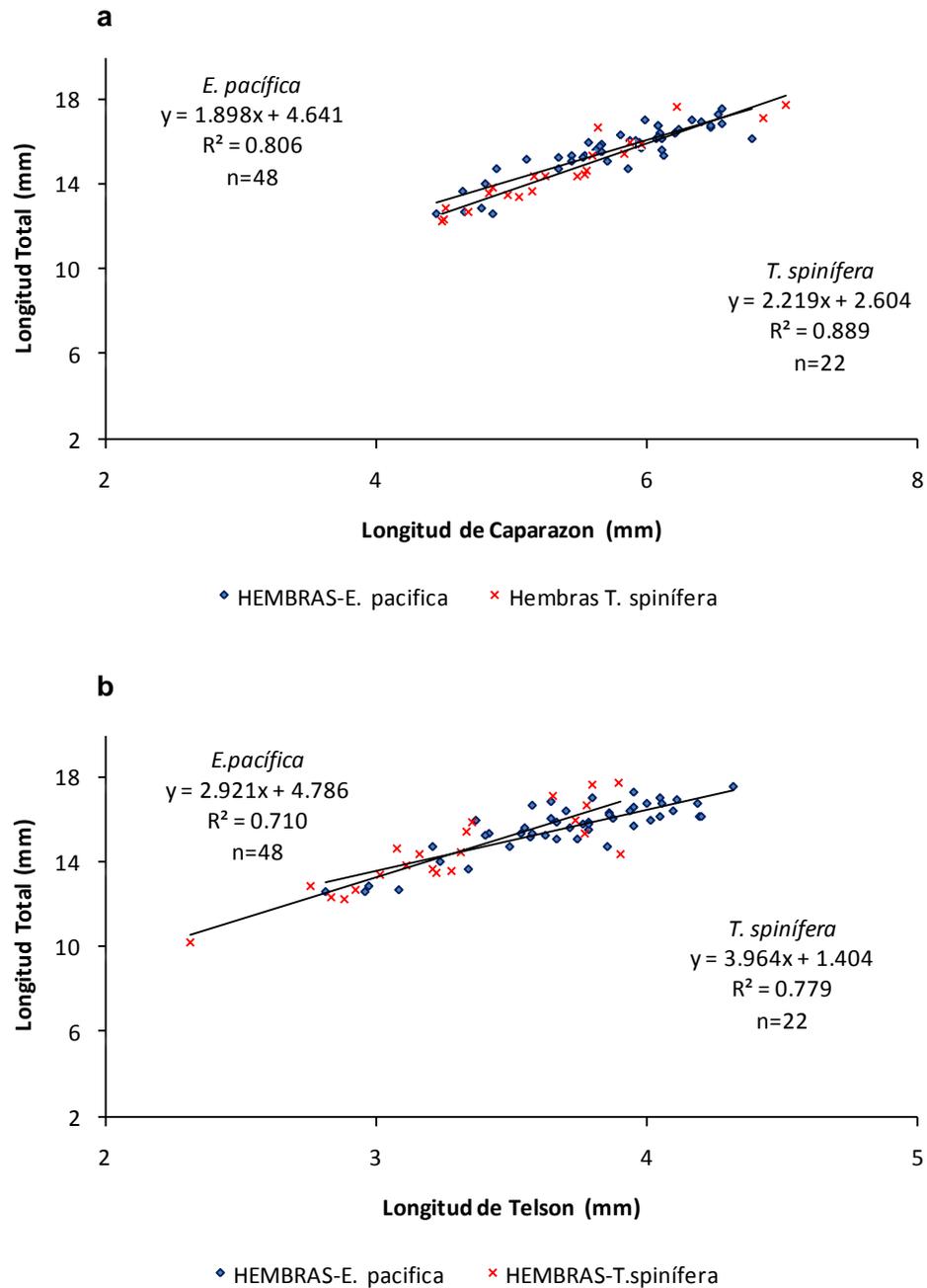
**Tabla XIII. Resumen de las mediciones corporales de hembras de *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera*. LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).**

<i>E. pacífica</i>	LC	LT	LTE	ID	LP	DO	PH	PS
Promedio	5.8	15.6	3.7	3.9	1.4	1.1	54.0	14.5
Máximo	6.8	17.5	4.3	5.0	1.7	1.3	87.5	22.1
Mínimo	4.5	12.6	2.8	3.0	1.1	0.9	22.3	7.8
Desv. Std.	0.6	1.2	0.3	0.5	0.1	0.1	15.3	3.5
<b><i>Thysanoessa spinifera</i></b>								
Promedio	5.4	14.2	3.1	3.9	1.2	1.3	54.7	13.5
Máximo	7.0	17.7	3.9	5.1	1.6	1.7	117.6	29.8
Mínimo	4.5	9.6	1.7	2.9	0.8	0.9	24.5	4.0
Desv. Std.	0.9	2.1	0.6	0.5	0.2	0.2	27.3	7.3

La comparación entre la longitud de caparazón y la longitud total para las hembras muestra que las pendientes fueron similares, no obstante no se encontraron diferencias entre las especies para la regresión entre la longitud de caparazón y la longitud total (figura 27a) (tabla XIV). Probablemente, esto se debió a que el valor mínimo de talla coincidió entre las dos especies. Para la longitud del telson, no se encontraron diferencias significativas entre las dos especies a pesar de que estas se cruzan y el valor de p dio cercano al área de rechazo (Figura 27b, tabla XIV), tampoco se registro diferencias en la longitud del primer pleópodo (figura 28a). Contrario a lo anterior, para el diámetro del ojo, si se encontraron diferencias entre las hembras de estas dos especies (figura 28b, tabla XIV).

**Tabla XIV. Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales, peso húmedo y seco entre hembras de *Euphausia pacífica* y *Thysanoessa spinifera*.**

Tipo de medida	F	p
Long Total-Long Caparazón	2.568	0.1142
Long Total-Long Telson	3.432	0.0683
Long Total-Long Primer Pleopodo	1.490	0.2268
Long Total-Diámetro del ojo	8.460	0.0049



**Figura 27. Regresión la longitud total y la longitud de caparazón (a) regresión de la longitud total y la longitud del telson (b) para hembras de *Euphausia pacífica* y *Thysanoessa spinifera*.**

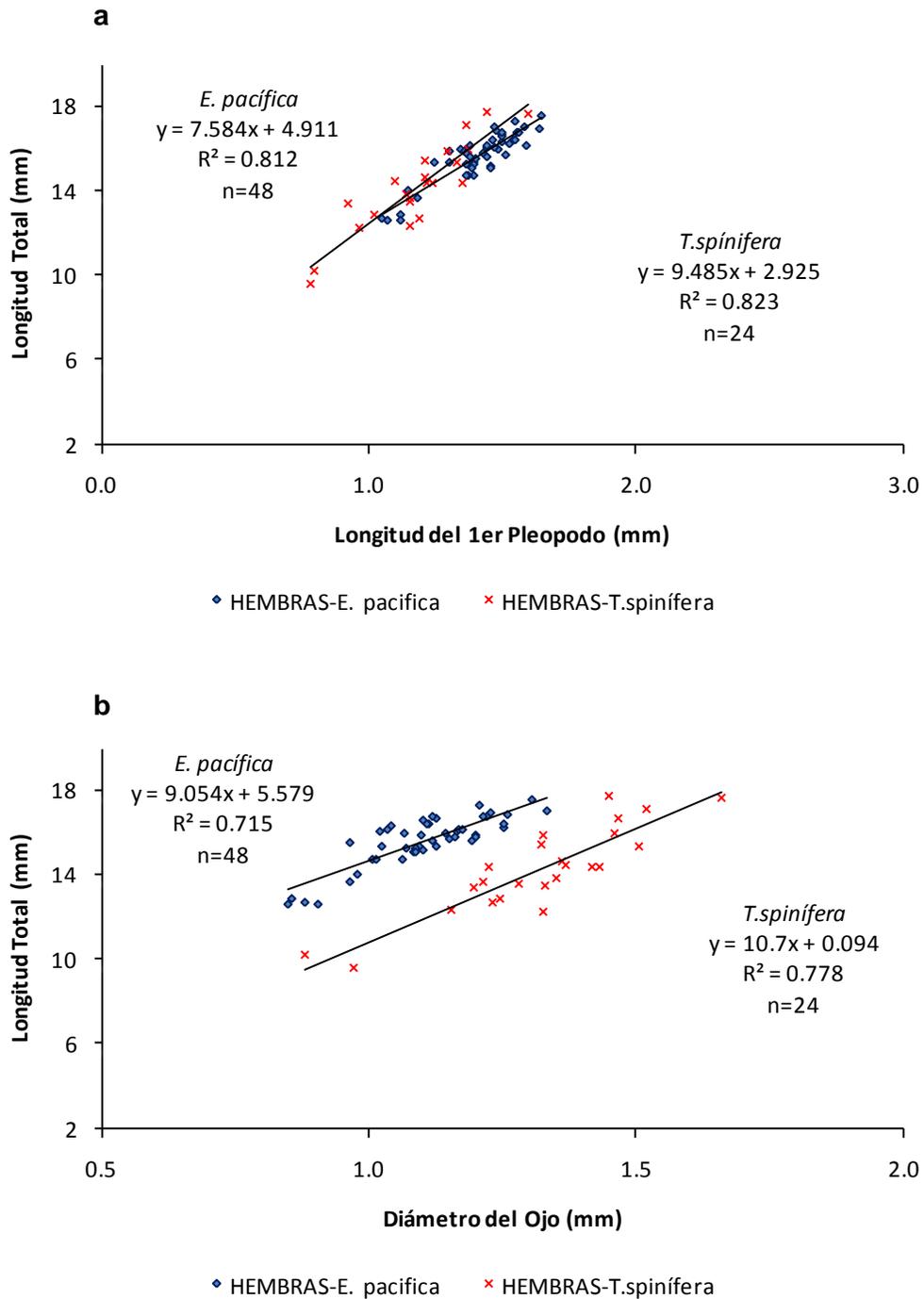


Figura 28. Regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a) regresión de la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras de *Euphausia pacífica* y *Thysanoessa spinifera*.

### III. 3.2 Especies del Pacífico Tropical mexicano: *Euphausia distinguenda* y *Euphausia diomedea*.

Debido al pequeño número de muestras (n=14 para cada sexo) para *E. diomedea*, se decidió comparar solo la medida de longitud de caparazón dado que la dispersión fue alta para las otras medidas corporales.

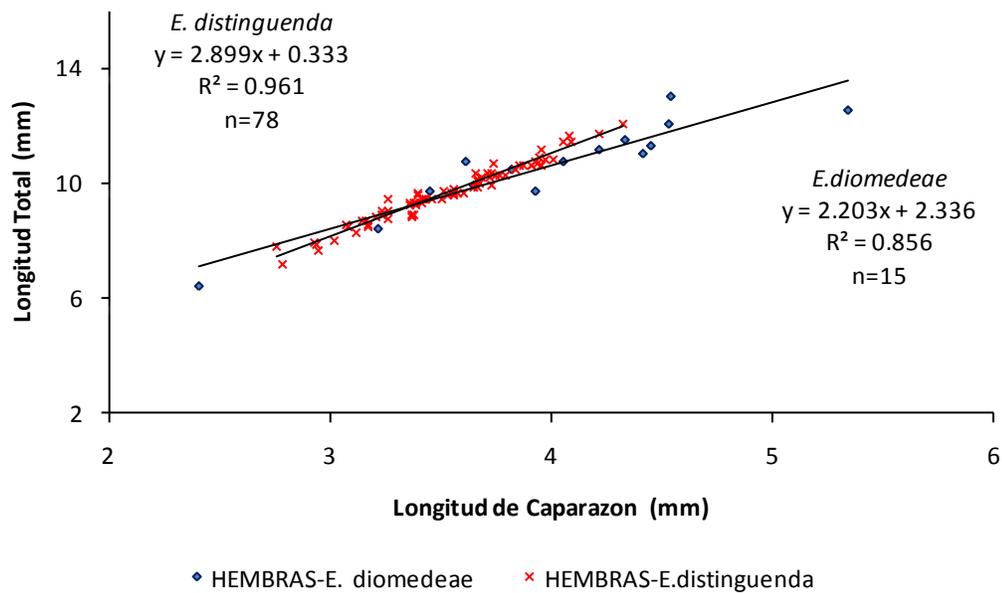
#### Hembras

Al comparar las hembras de las especies colectadas en el pacifico tropical, se encontró que las medidas de longitud total de las hembras de *E. diomedea* fueron mayores (promedio de 1 mm) con un rango que estuvo entre 5.9 y 12.53 mm, comparado con 6.7-11.5 de *E. distinguenda*. En cuanto a la longitud del caparazón se encontró que el promedio fue de 3.5 mm comparado con 3.0 de *E. distinguenda*. No obstante, la prueba de comparación de pendientes entre la longitud total y la longitud de caparazón mostró diferencias significativas para la longitud de caparazón (figura 29, tabla XV).

**Tabla XV. Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales y el peso húmedo entre hembras de *Euphausia distinguenda* y *Euphausia diomedea*.**

Tipo de medida	F	p
Long Total-Long Caparazón	10.647	0.0015
Peso Húmedo-Long Total	6.838	0.0104
Peso Húmedo-Long Caparazón	8.771	0.0039

Debido a la alta dispersión en los datos respecto a las demás mediciones corporales (longitud del telson, longitud del primer pleópodo y diámetro del ojo) no se consideraron para hacer las demás comparaciones de pendientes.



**Figura 29. Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón para hembras de *Euphausia distiguenda* y *Euphausia diomedae*.**

En las relaciones alométricas de las mediciones de la longitud total y de caparazón con el peso húmedo se encontró que la dispersión es alta en ambas especies, sin embargo el coeficiente alométrico fue mayor en *E. distiguenda* (figura 30 a y b). El análisis de comparación de pendientes mostró diferencias entre las dos especies para la regresión entre el peso húmedo y la longitud del cefalotórax y para la regresión entre la longitud de total y el peso húmedo (tabla XV).

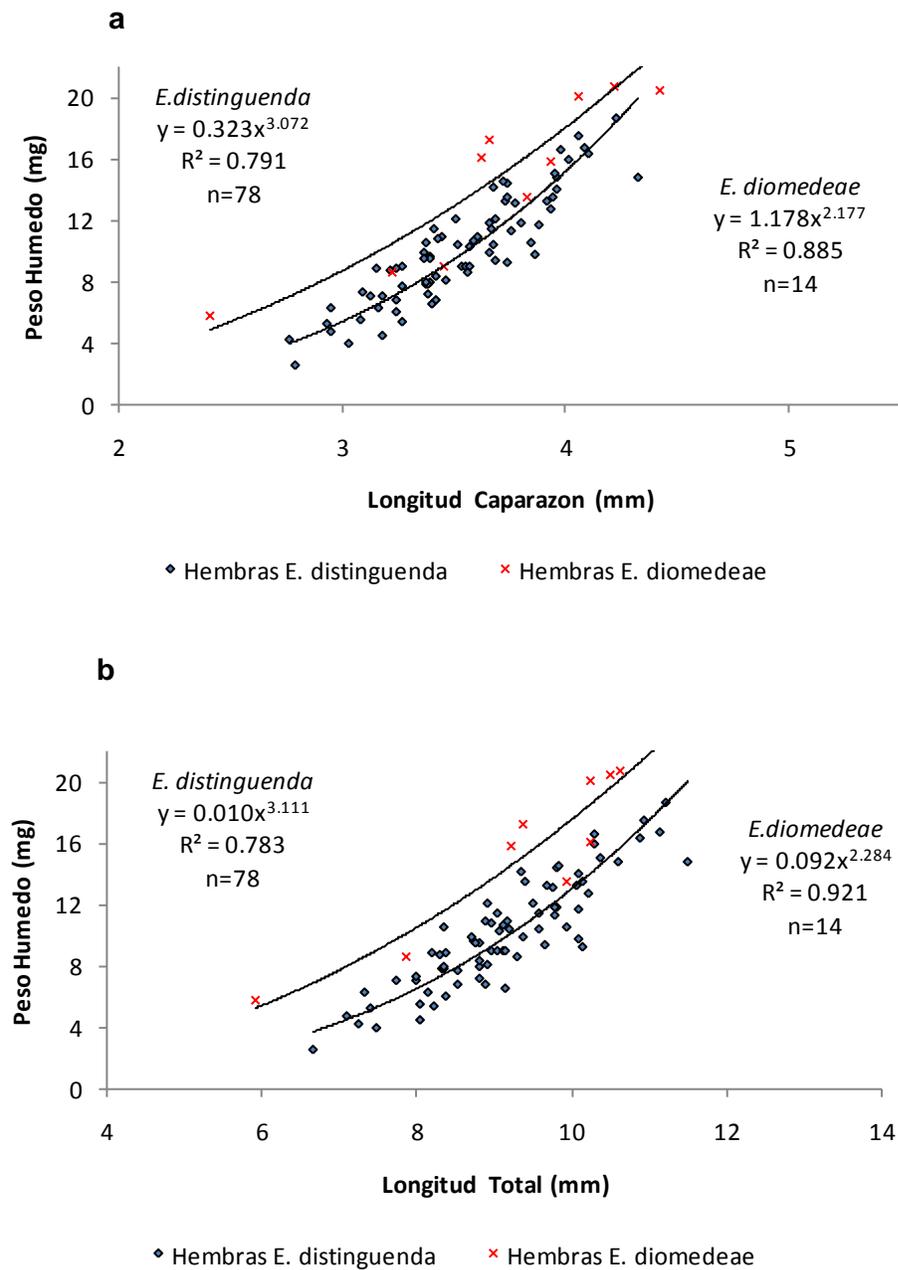
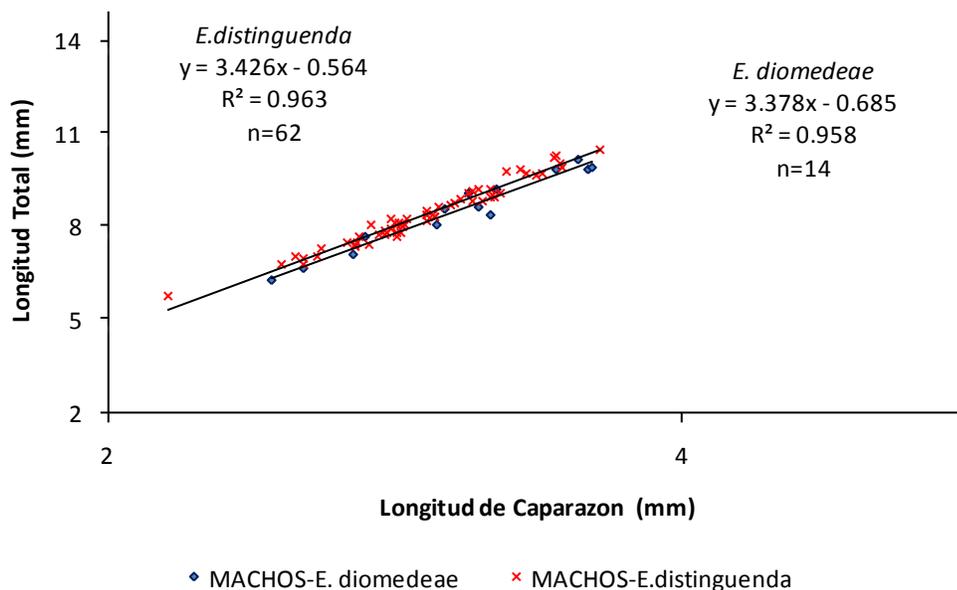


Figura 30. Regresión del peso húmedo con la longitud de caparazón (a) y peso húmedo con la longitud total (b) para hembras *Euphausia distinguenda* y *Euphausia diomedea*.

## Machos

El promedio de la longitud total de los machos de *E. diomedae* (8.5 mm) fue similar al de *E. distinguenda* (8.3 mm), y sus rangos estuvieron traslapados (6.3-10.2 y 5.7-10.5 mm respectivamente) Las longitudes medias del caparazón fueron de 2.73 mm y 2.66 para *E. diomedae* y *E. distinguenda*. Respecto a la comparación de pendientes entre los machos de estas especies, no se registró diferencias para la regresión entre la longitud del caparazón y la longitud total ( $F=0.03$ ,  $p=0.843$ , figura 33).



**Figura 31. Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón para machos de *Euphausia distinguenda* y *Euphausia diomedae*.**

### III. 4 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE LAS DOS ZONAS GEOGRÁFICAS

Se compararon las dos especies más abundantes de cada zona: *Euphausia pacífica* de la Corriente de California y *E. distinguenda* del Pacífico tropical. Se encontró que para el análisis de pendientes tanto en machos como en hembras,

solo en estas últimas hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) solo en la regresión entre la longitud de caparazón y la longitud total.

### Hembras

Se encontró que las mediciones del caparazón de *E. pacífica* fueron casi el doble que las de *E. distinguenda*. Mientras que para la primera el promedio fue de 5.8mm con un rango entre 4.5-6.8 mm, para *E. distinguenda* el promedio fue de 3.0 mm (2.3-3.7mm) (Tabla XVI). Adicionalmente el valor de la pendiente de la regresión entre la longitud del caparazón y la longitud total, fue mayor para *E. distinguenda* y la dispersión de los datos fue menor (figura 32a).

En la longitud del telson el rango de variación de *E. pacífica* fue mayor (1.5 mm) que para *E. distinguenda* (1 mm) (tabla XVI, figura 32b). En cuanto a la longitud del primer pleópodo, el rango de variación es similar para las dos especies y el valor mínimo de *E. pacífica* coincide con el máximo de *E. distinguenda* (tabla XVI, figura 33a). En relación al diámetro del ojo, se destaca que el valor mínimo de *E. pacífica* fue dos órdenes de magnitud mayor, sin embargo los valores de la pendiente fueron prácticamente iguales pero con mayor dispersión de los datos para *E. pacífica* (figura 33b)

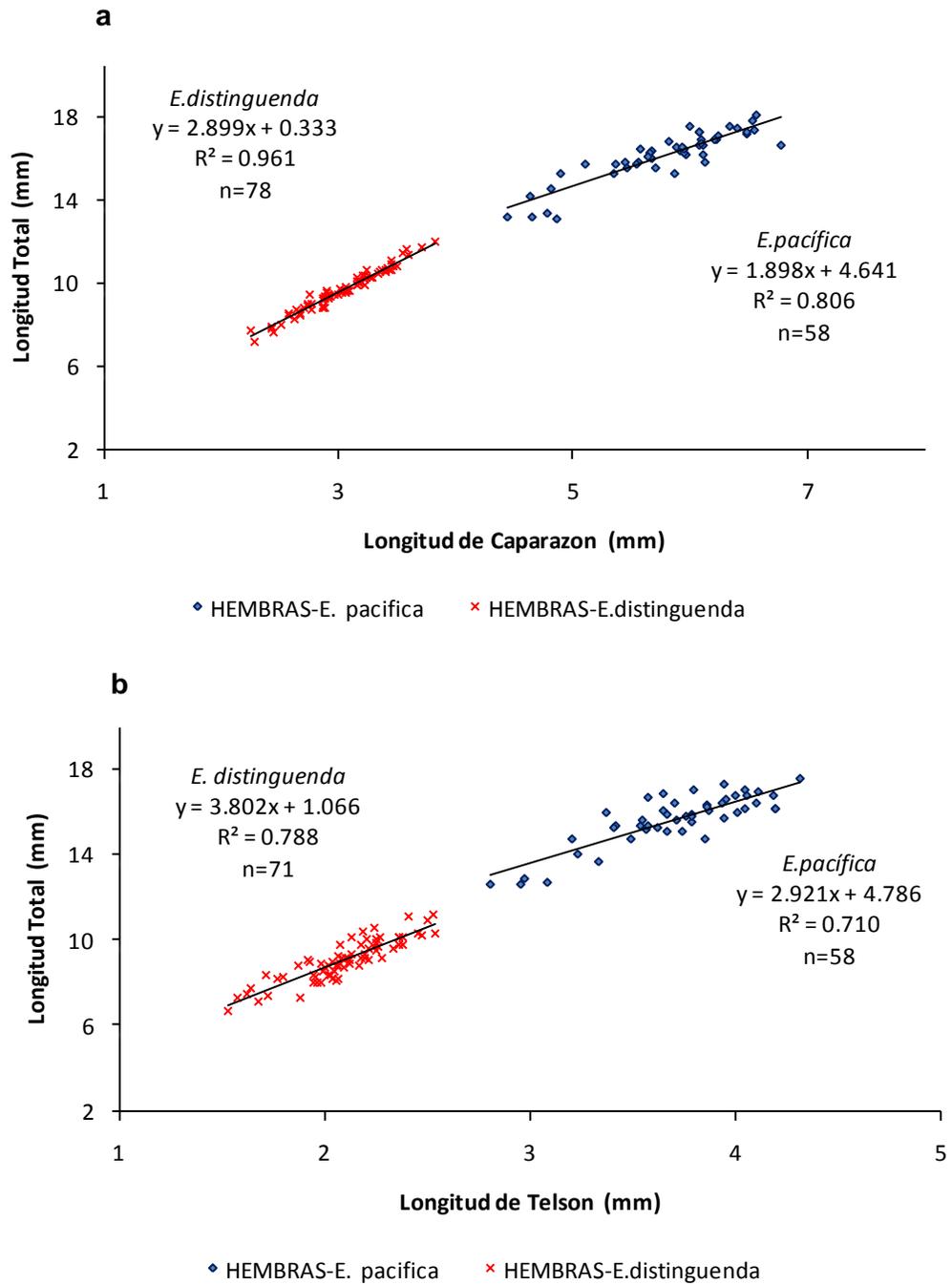
**Tabla XVI. Resumen de las mediciones corporales de hembras de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*. LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm), ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).**

<i>E. pacífica</i>	LC	LT	LTE	ID	LP	DO	PH	PS
Promedio	5.8	15.6	3.7	3.9	1.4	1.1	54.0	14.5
Máximo	6.8	17.5	4.3	5.0	1.7	1.3	87.5	22.1
Mínimo	4.5	12.6	2.8	3.0	1.1	0.9	22.3	7.8
Desv. Std.	0.6	1.2	0.3	0.5	0.1	0.1	15.3	3.5
<b><i>E. distinguenda</i></b>								
Promedio	3.0	9.1	2.1	3.0	0.8	0.4	10.1	2.4
Máximo	3.8	11.5	2.5	3.2	1.1	0.6	22.5	4.0
Mínimo	2.3	6.7	1.5	2.7	0.5	0.3	2.5	0.7
Desv. Std.	0.3	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	3.7	0.8

El análisis de comparación de pendientes entre la longitud total y la longitud de caparazón mostró diferencias significativas entre las dos especies (figura 32a, tabla XVII), respecto a la regresión entre la longitud total y la longitud del telson, aunque el valor de la prueba de significancia dio cercano al área de rechazo, no se encontraron diferencias entre las dos especies (figura 32b, tabla XVII), un resultado similar se registró entre las regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo y el diámetro del ojo (figura 33a y b, tabla XVII).

**Tabla XVII. Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales entre hembras de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*.**

Tipo de medida	F	p
Long Total-Long Caparazón	26.324	0.0000
Long Total-Long Telson	3.235	0.0747
Long Total-Long Primer Pleopodo	0.745	0.3918
Long Total-Diámetro del ojo	0.020	0.9016



**Figura 32. Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón (a) regresión de la longitud total y la longitud de telson (b) para hembras de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*.**

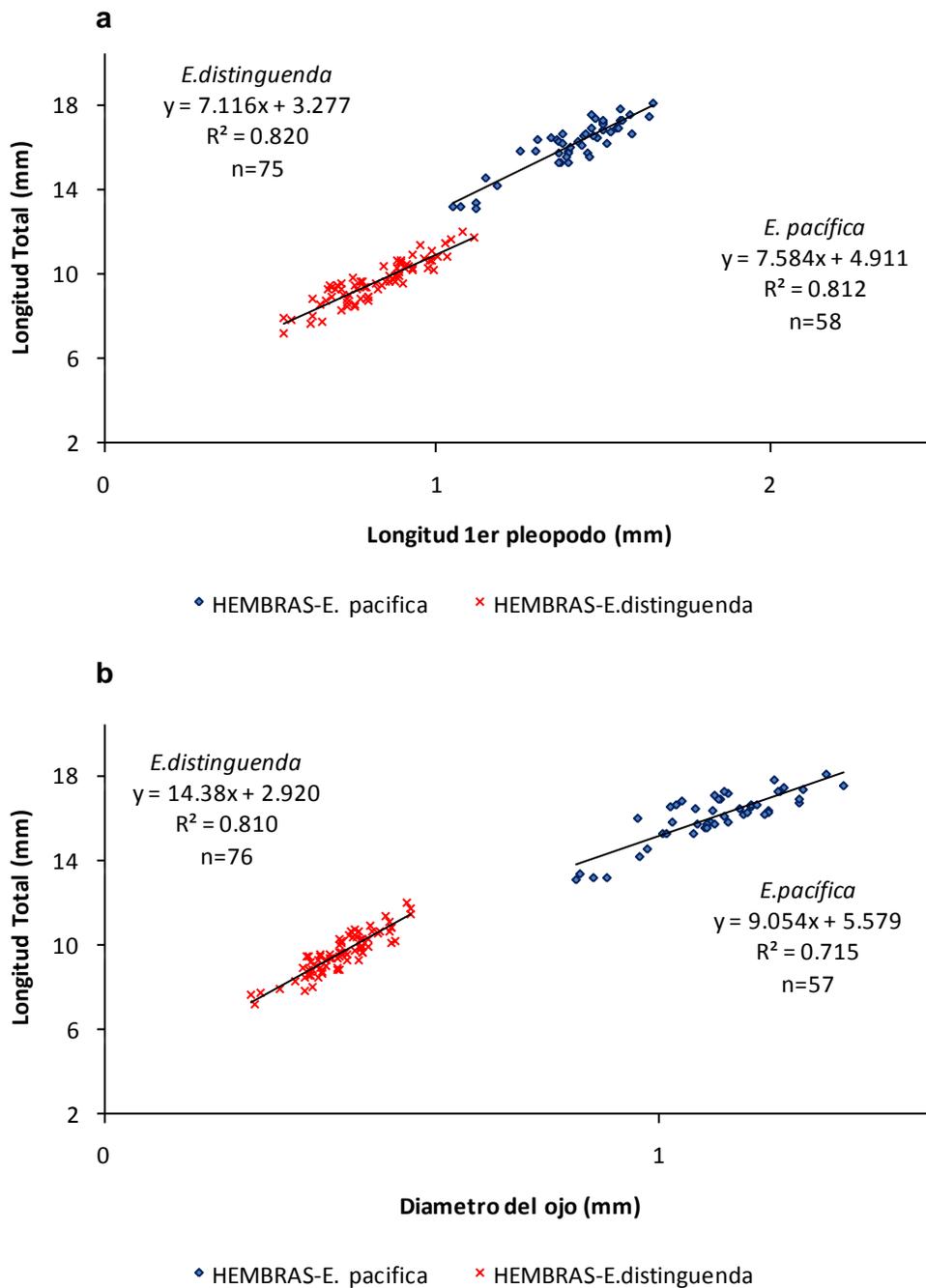


Figura 33. Regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a) regresión de la longitud total y el diámetro del ojo (b) para hembras de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*.

## Machos

En la tabla XVIII se resumen las medidas corporales de las dos especies. Como tendencia general se destaca que el valor mínimo del caparazón de *E. pacífica* fue el doble del mínimo para *E. distinguenda*, otro aspecto importante fueron los valores del diámetro del ojo, los cuales fueron menores para *E. distinguenda* (incluso dos órdenes de magnitud).

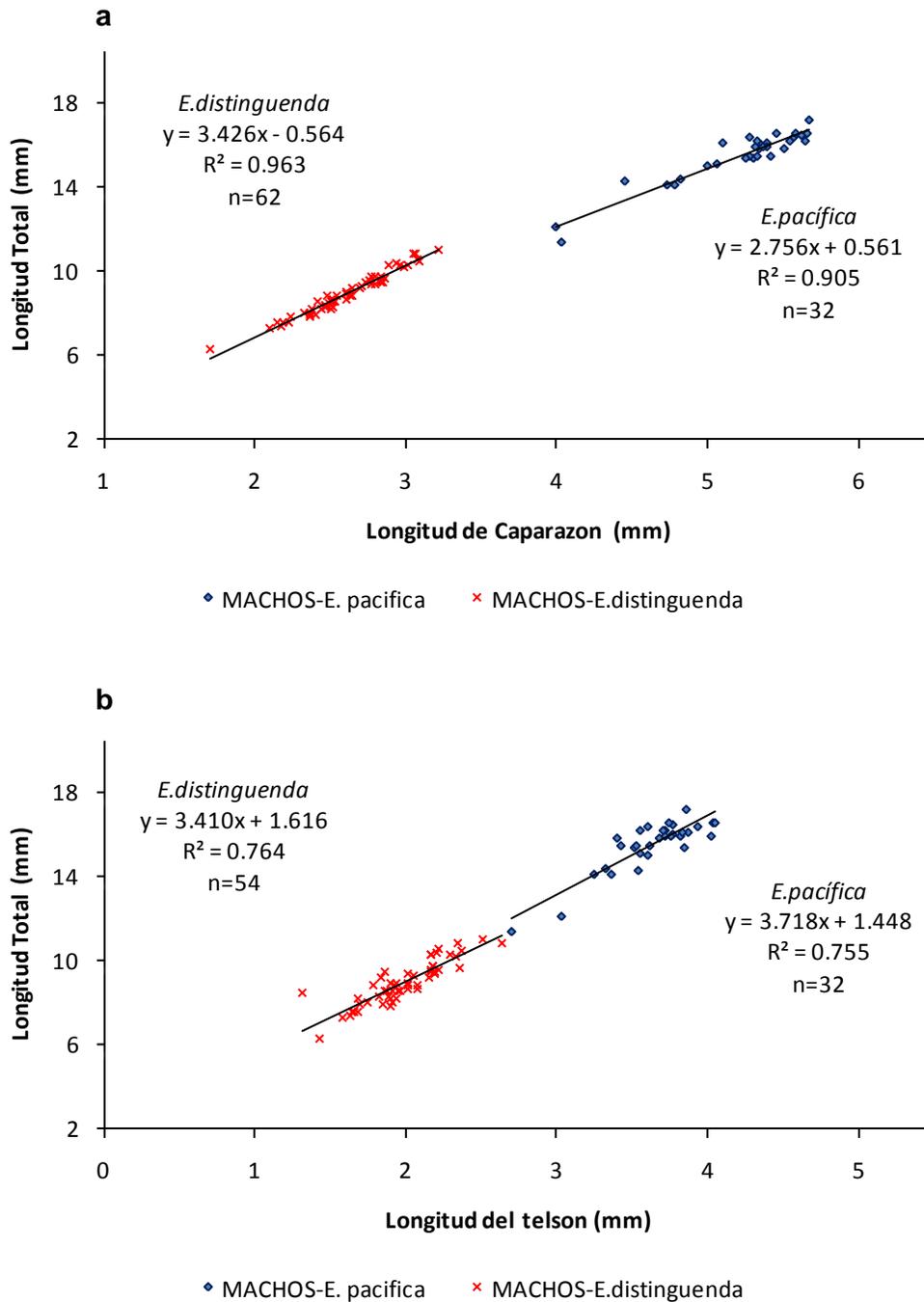
**Tabla XVIII. Resumen de las mediciones corporales de machos de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*. LC: Longitud de caparazón (mm), LT: Longitud Total (mm) LTE: Longitud del telson (mm), LP: Longitud del primer pleópodo (mm), DO: diámetro del ojo, PH: peso húmedo (mg), PS: peso seco (mg).**

<i>Euphausia pacífica</i>	LC	LT	ID	LTE	LP	DO	PH	PS
Promedio	5.2	15.0	3.3	3.6	1.4	1.1	45.2	13.6
Máximo	5.7	16.7	3.7	4.1	1.7	1.2	63.0	20.0
Mínimo	4.0	10.9	2.9	2.7	1.0	0.8	16.4	5.0
Desv. Std.	0.4	1.2	0.2	0.3	0.2	0.1	12.1	3.5
<i>Euphausia distinguenda</i>								
Promedio	2.6	8.3	2.0	2.0	0.8	0.4	8.3	1.8
Máximo	3.2	10.5	2.6	2.6	1.1	0.5	16.4	3.4
Mínimo	1.7	5.7	1.3	1.3	0.4	0.2	1.3	0.5
Desv. Std.	0.3	1.0	0.3	0.3	0.1	0.1	3.3	0.7

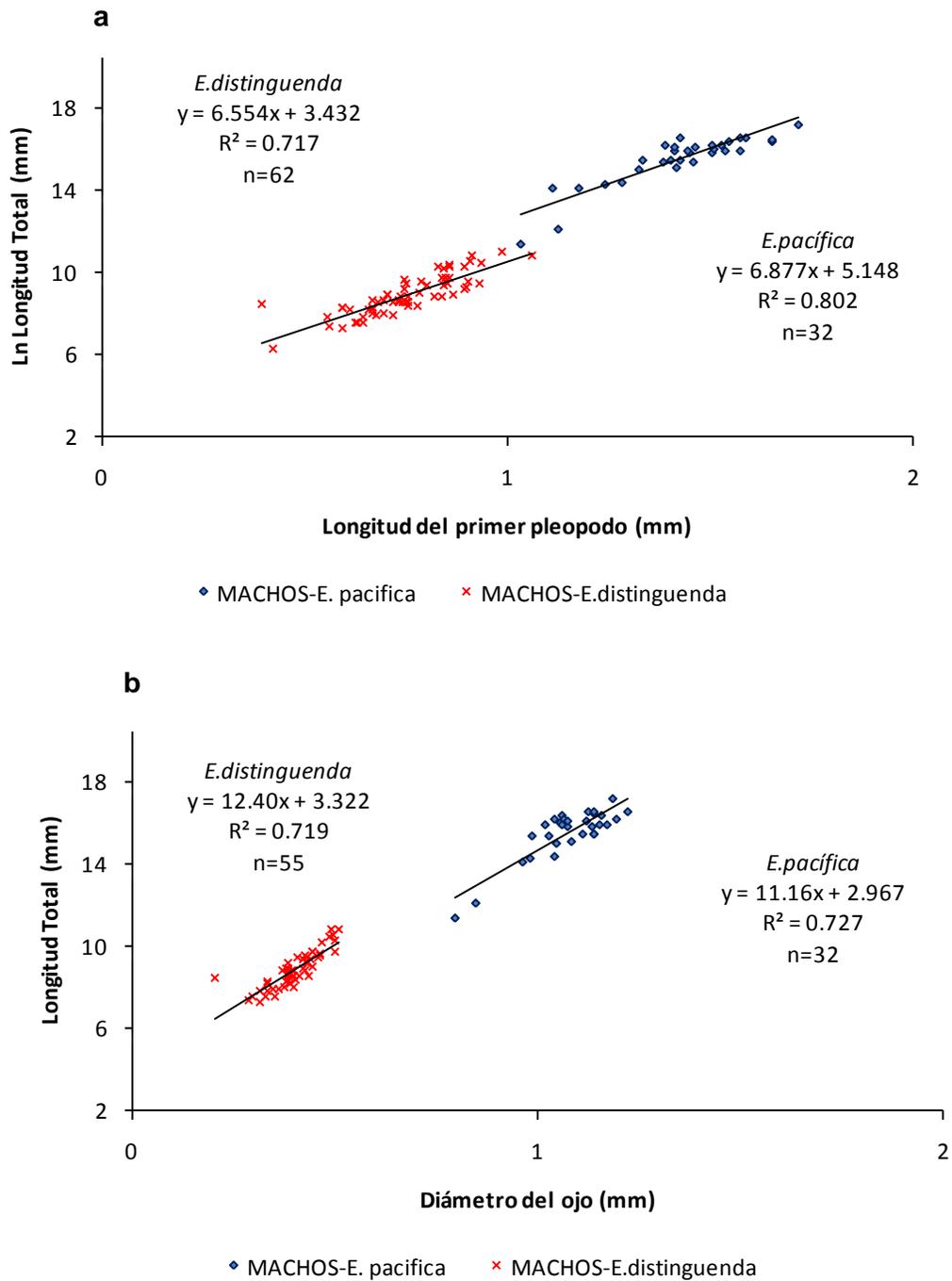
Aunque se registró una mayor pendiente en la regresión entre la longitud total y la longitud de caparazón para *E. distinguenda* y aunque el valor de significancia dio cercano al área de rechazo, no se encontraron diferencias para las pendientes para los machos de las dos especies (figura 34a, tabla XIX), de la misma manera, no se encontraron diferencias para la longitud del telson, longitud del primer pleópodo y diámetro del ojo (figura 34b, 35a y b, tabla XIX).

**Tabla XIX. Resultado de la prueba estadística de la comparación de pendientes de las diferentes mediciones corporales entre machos de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*.**

<b>Tipo de medida</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Long Total-Long Caparazón	3.538	0.0631
Long Total-Long Telson	0.0273	0.8692
Long Total-Long Primer Pleopodo	0.194	0.6633
Long Total-Diámetro del ojo	3.412	0.0684



**Figura 34. Regresión de la longitud total y la longitud de caparazón para (a) regresión de la longitud total y la longitud de telson (b) para machos de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*.**

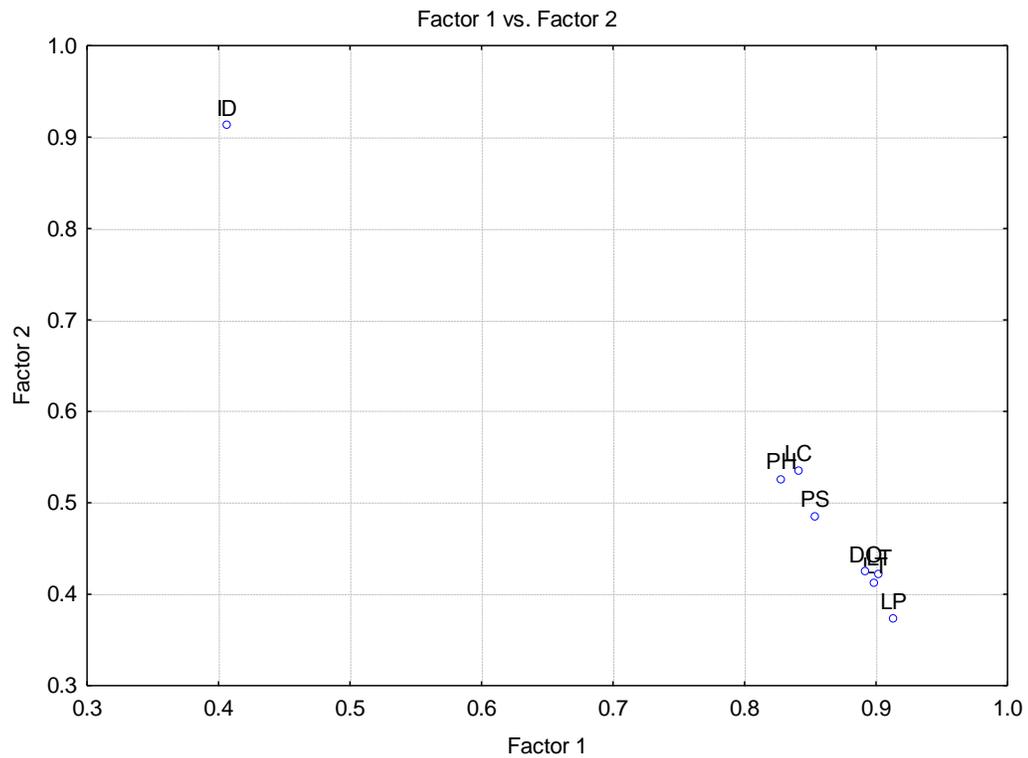


**Figura 35.** Regresión de la longitud total y la longitud del primer pleópodo (a) regresión de la longitud total y el diámetro de ojo (b) para machos de *Euphausia pacifica* y *Euphausia distinguenda*.

Al realizar el análisis de componentes principales con todas las medidas morfométricas, éste mostró que hubo dos factores que explicaron la varianza de los organismos; al hacer la extracción de los valores propios se encontró que con dos factores se estaría extrayendo el 97,96% de la varianza explicada. Las mediciones que estuvieron explicadas por el factor 1 fueron la longitud total, longitud caparazón, longitud de telson, longitud 1er pleópodo, diámetro ojo, peso húmedo y peso seco. Y el factor 2 está definido por el índice de diferenciación (tabla XX). Al graficar estos factores se encontró el mismo tipo de separación (Figura 36).

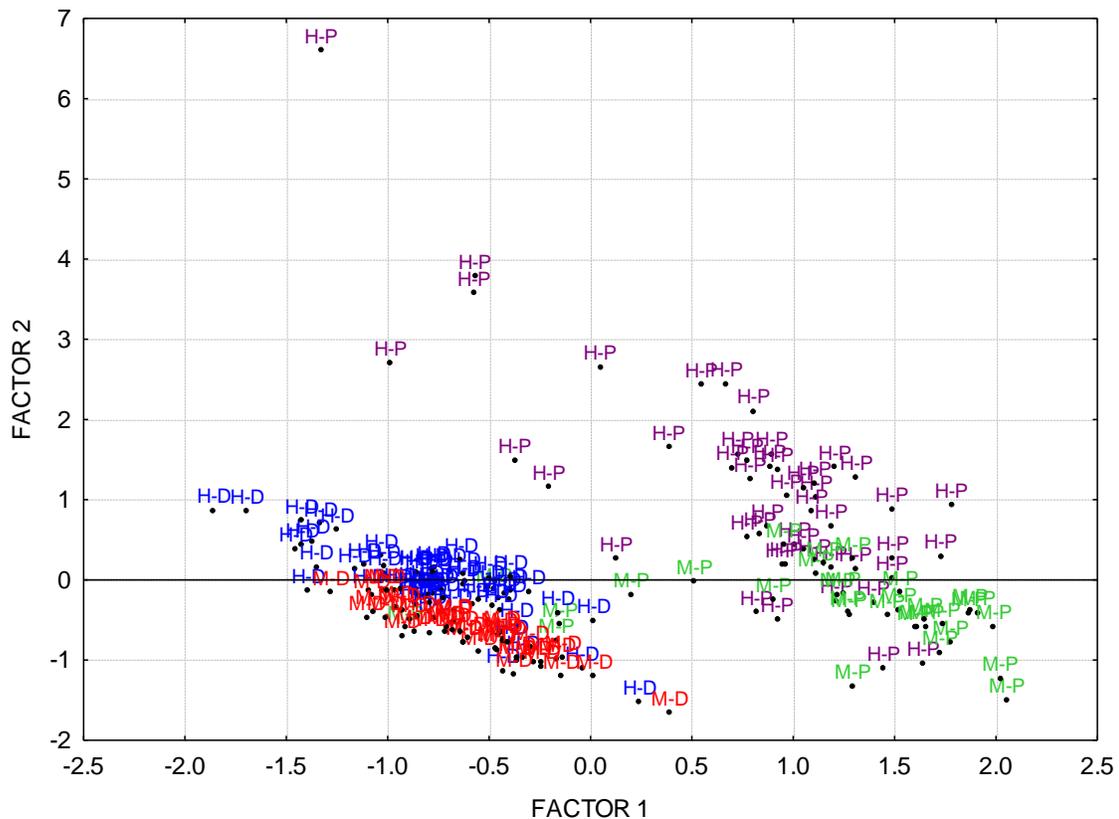
**Tabla XX. Matriz de carga del análisis de componentes principales para *Euphausia pacifica* y *Euphausia distinguenda* incluyendo todas las variables.**

<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
Long Total	0.902432	0.421226
Long Caparazón	0.841154	0.535118
ID	0.406541	0.912146
Long Telson	0.899469	0.411990
Long 1er Pleopodo	0.913426	0.372122
DO	0.892387	0.424111
Peso Húmedo	0.828266	0.525502
Peso Seco	0.853745	0.484800
Expl.Var	5.541851	2.295058
Prp.Totl	0.692731	0.286882



**Figura 36. Ordenación espacial de las mediciones corporales de hembras y machos de *Euphausia pacifica* y *Euphausia distinguenda*. LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco.**

Al graficar cada uno de los valores de los coeficientes de puntuaciones de los factores (scores) se encontró que se formaron cuatro grupos (hembras y machos de *E. pacifica* y hembras y machos de *E. distinguenda*), sin embargo hay algunos individuos de machos de *E. pacifica* que se encuentran dentro de la agrupación que se forma con las hembras de *E. distinguenda* (figura 37).



**Figura 37. Separación espacial de los cuatro grupos (machos y hembras) de *Euphausia distinguenda* y *Euphausia pacífica* ordenados partir de las mediciones corporales. HD: hembras de *E. distinguenda*, MD: machos de *E. distinguenda*, HP: hembras de *E. pacífica* y MP: machos de *E. pacífica*.**

Debido al traslape de los grupos se repitió el análisis pero excluyendo los valores de peso húmedo y peso seco. Al realizar nuevamente el análisis de componentes principales entre las dos especies, éste mostró que hubo dos factores que explicaron la varianza de los organismos; al hacer la extracción de los valores propios se encontró que con dos factores se estaría extrayendo el 98,81% de la varianza explicada. Las mediciones que estuvieron explicadas por el factor 1 fueron la longitud total, longitud caparazón, longitud de telson, longitud 1er pleópodo y diámetro ojo. Y el factor 2 está definido por el índice de diferenciación (tabla XXI). La grafica de estos factores ilustra este tipo de separación (figura 38).

Tabla XXI. Matriz de carga del análisis de componentes principales para *Euphausia pacifica* y *E. distinguenda* excluyendo el peso húmedo y el peso seco.

Variable	Factor 1	Factor 2
Long Total	0.903977	0.420586
Long Caparazón	0.841747	0.535347
ID	0.401612	0.915523
Long Telson	0.901694	0.413316
Long 1er Pleópodo	0.917058	0.367590
DO	0.894303	0.424758
Expl.Var	4.140829	1.788043
Prp.Totl	0.690138	0.298007

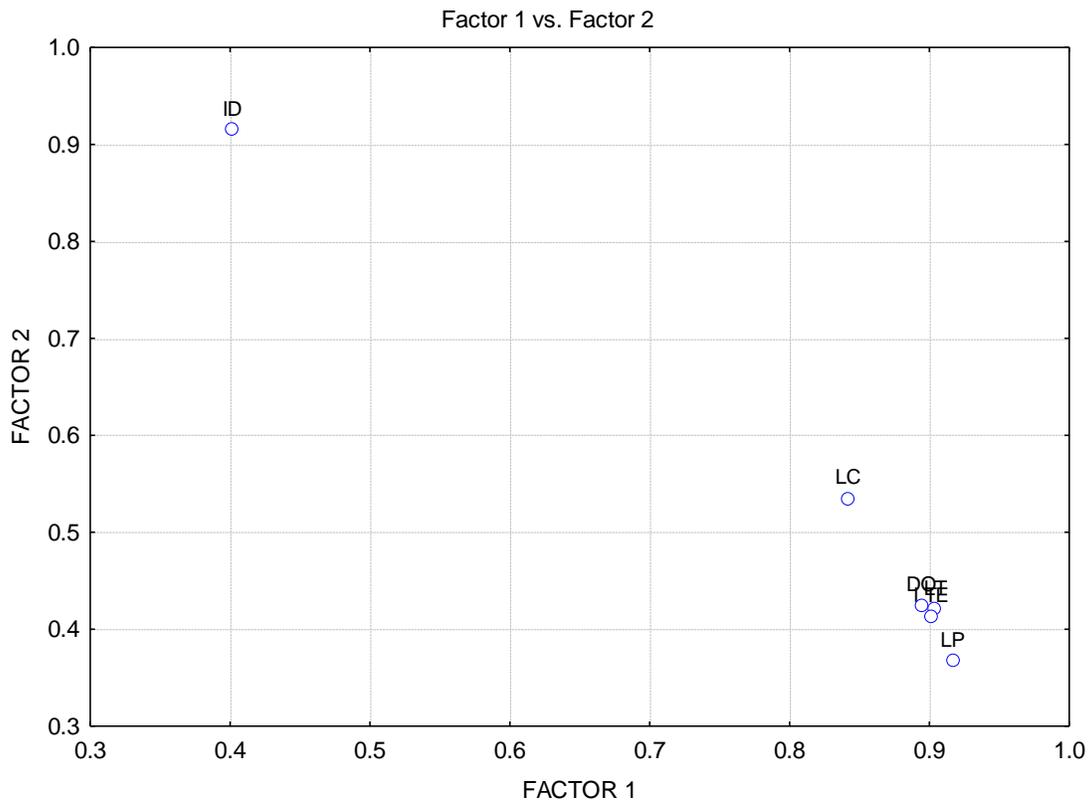


Figura 38. Ordenación espacial de las cargas asociadas a los factores para las mediciones corporales de hembras y machos de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda* excluyendo al peso húmedo y al peso seco. LT: Longitud total, LC: Longitud de caparazón, ID: Índice de diferenciación, LTE: Longitud del telson, LP: longitud del primer pleópodo, DO: diámetro del ojo, PH: Peso húmedo, PS: Peso seco.

Al graficar los coeficientes de puntuaciones de los factores (scores) de cada especie y sexo se encontró una mejor separación de los cuatro grupos (hembras y machos de *E. pacífica* y hembras y machos de *E. distinguenda*). Se puede observar que hay algunas hembras de *E. pacífica* que se encuentran cercanas a los machos e incluso con valores menores, es probable que estas hembras no tengan una madurez sexual tan definida como las demás hembras de la muestra (figura 39).

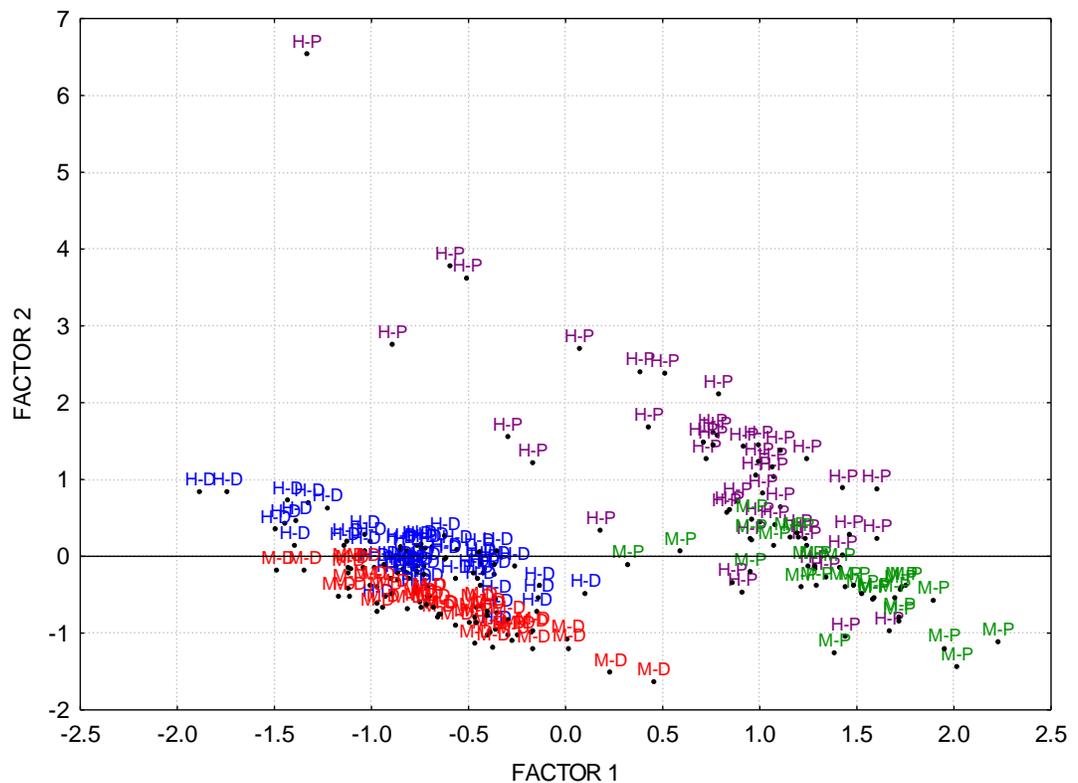


Figura 39. Separación espacial de los cuatro grupos (machos y hembras de *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*, ordenados partir de las mediciones corporales. HD: hembras de *E. distinguenda*, MD: machos de *E. distinguenda*, HP: hembras de *E. pacífica* y MP: machos de *E. pacífica*.

La prueba de t mostró que hay diferencias significativas en todas las mediciones corporales (tabla XXII).

**Tabla XXII. Resultado de la prueba de t comparando las medidas morfométricas de las especies *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda* sin separación de sexos. (g. l: 192,  $p > 0.005$ ).**

<b>variable</b>	<b>t value</b>	<b>p</b>
Longitud Total	40.624	0.0548
Longitud de caparazón	40.505	0.0000
Índice de Diferenciación	14.754	0.0000
Longitud del Telson	40.217	0.0041
Longitud Primer Pleopodo	30.235	0.0339
Diámetro del ojo	56.060	0.0000

El análisis de varianza para el índice de diferenciación mostró que existen diferencias entre machos y hembras (tabla XXIII)

**Tabla XXIII. Análisis de varianza para ID por especie (*Euphausia pacífica* y *E. distinguenda*) y por sexo.**

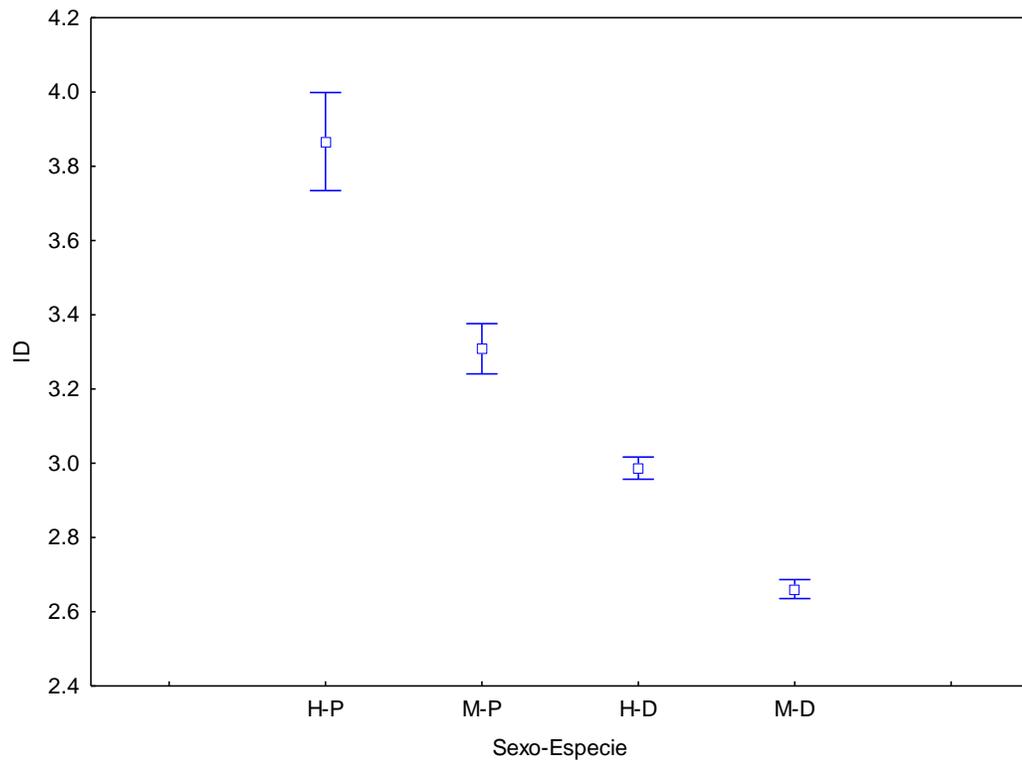
<b>Fuente de Variación</b>	<b>SC</b>	<b>g. l.</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Sexo*Especie	205.87	3	68.624	7.333	0.0001
Error	2011.89	215	9.357		

La prueba de Tukey HSD indicó que los valores del índice de diferenciación de las dos especies tanto en machos como hembras fueron diferentes (tabla XXIV).

**Tabla XXIV. Resultado de la prueba de Tukey HSD, H-P: hembras *Euphausia pacífica*, M-P: machos *Euphausia pacífica*; H-D: hembras *Euphausia distinguenda*; M-D: machos *Euphausia distinguenda* (CM: 0.084, g.l:214).**

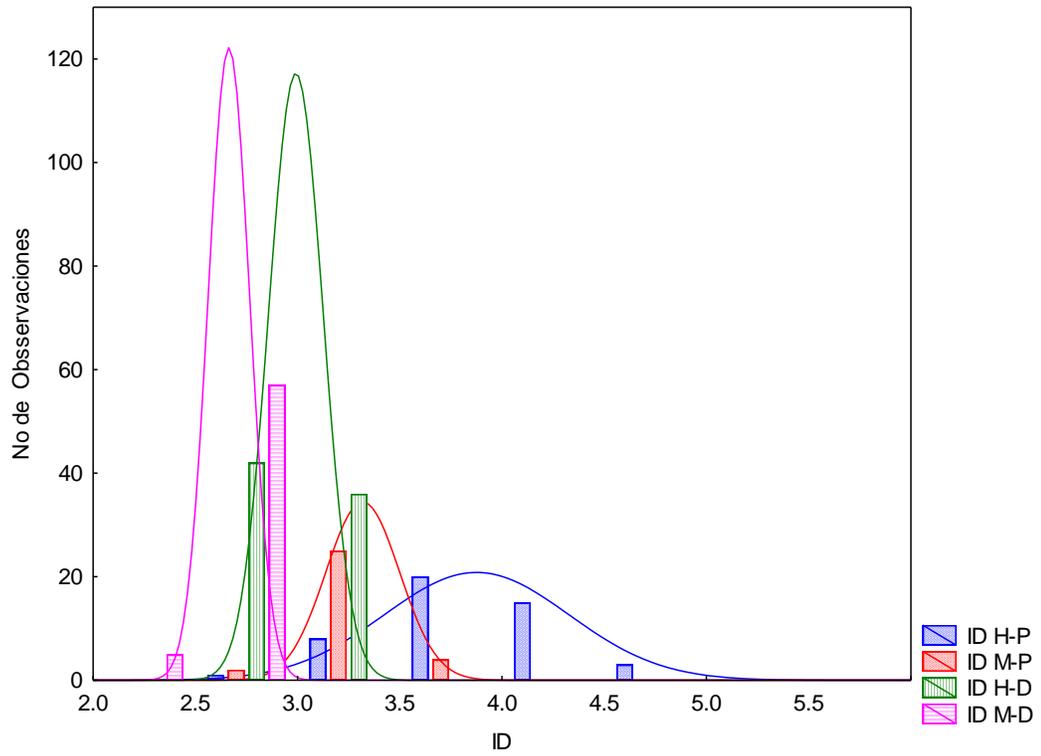
<b>Tratamiento (sexo-especie)</b>	<b>H-P</b>	<b>M-P</b>	<b>H-D</b>	<b>M-D</b>
H-P	<b>3.9170</b>	<b>3.3084</b>	<b>2.9870</b>	<b>2.6610</b>
M-P	0.0000			
H-D	0.0000	0.0000		
M-D	0.0000	0.0000	0.0000	

Se graficaron las medidas del Índice de diferenciación para cada una de las especies y los sexos como un complemento del resultado de la prueba de tukey, encontrando que los mayores valores se registran para hembras de *E. pacífica* mientras que los menores valores se encontraron en machos de *E. distinguenda* (Figura 40).



**Figura 40. Promedio y el intervalo de confianza de los valores del índice de diferenciación para machos (M) y hembras (H) de *Euphausia pacifica* (P) y *E. distinguenda* (D).**

Al graficar los valores del índice de diferenciación en un gráfico de distribución de frecuencias se encontró la misma tendencia que en el gráfico anterior, sin embargo es de destacar que existe un rango más amplio en los valores del índice para hembras de *E. pacifica* (Figura 41).



**Figura 41. Distribución de frecuencias del índice de diferenciación de machos (M) y hembras (H) de *Euphausia pacifica* (P) y *Euphausia distinguenda* (D).**

---

## IV. DISCUSIÓN

---

Se encontró una diferenciación morfológica en las especies estudiadas a nivel intra e interespecífico, es probable que estas diferencias se vean reflejadas en la fisiología, que a su vez condiciona la distribución de especies y la utilización del nicho (Farber et al., 2009b), lo que lleva, adicionalmente, a implicaciones a nivel evolutivo. Se comprobó que existe una diferenciación morfológica determinada a partir de la relación entre las diferentes longitudes somáticas realizadas.

La relación entre la longitud y el peso de los eufásidos es un indicador de las condiciones alimentarias o reproductivas de la especie. En este caso, el crecimiento de tipo alométrico, tanto para hembras como para machos, significa que lo hacen de manera diferente tanto en longitud como en peso, siendo esto lo encontrado para las dos especies más abundantes en el presente estudio. El índice de diferenciación ayudó a la separación de grupos morfológicos a nivel específico y de zona geográfica. Ulteriormente, el análisis multivariado ratificó dichas diferencias. La comparación entre las dos zonas geográficas destaca los diferentes patrones de crecimiento lo cual probablemente esté relacionado con las condiciones físicas del medio.

De acuerdo a las características de cada región, se han identificado especies de eufásidos que son claves, por ejemplo para la corriente de Humbolt se encuentra *Euphausia mucronata* (Antezana, 2010), para la región de la Antártica la especie clave es *Euphausia superba*, por las grandes agregaciones que forma, por su gran talla y por ser fuente de alimento a innumerables especies de mamíferos, aves y peces (Ross y Quentin 1991; Färber Lorda, 1990,1991; Färber Lorda et al., 2009a; Nicol y Brierly, 2010); para la región del Atlántico Norte y mares adyacentes está *Meganctiphanes novergica* (Zane et al., 2000) y para la región subártica y el Pacífico Norte se encuentra *Euphausia pacifica*, la cual tiene una amplia distribución desde las costas de Japón hasta Baja California (Chae et

al., 2005; Wang et al., 2005; Brinton 1962; Brinton et al., 2000; Gómez-Gutiérrez et al., 2005).

En el presente trabajo se investigaron especies de dos ambientes hidrográficos contrastantes, por un lado se colectaron especies características de la Corriente de California (*E. pacífica* y *T. spinífera*) y especies del Pacífico Tropical Mexicano (*E. distinguenda* y *E. diomedea*).

#### **IV. 1 BAHÍA DE TODOS SANTOS**

##### *Euphausia pacífica*

Como se mencionó en el capítulo de resultados, esta especie presentó un promedio de longitud total de 15.6 mm, con un mínimo de 12.6 y un valor máximo de 17.5 mm para hembras, y para machos de 15.0 mm, máximo de 16.7 mm y un mínimo de 10.9 mm. Para hacerlo comparable con trabajos similares, se sumó la longitud del telson; el promedio de longitud para las hembras queda en 19,3 mm y para machos de 18,6 mm por lo que, para el presente trabajo, podemos clasificarlas como de gran tamaño. Estas mediciones son consistentes con las registradas por Ross (1982) quien clasifica a las hembras por tres tipos de tamaños: < 17.0 mm como pequeñas, entre 17 y <19.0 mm como el tamaño medio y entre 19-23 mm como las de gran tamaño, registra el mayor número de organismos entre los 16.3 y 17.1 mm. Si bien se encontraron diferencias a nivel morfológico entre las hembras y los machos, más específicamente entre la relación de la longitud total y la longitud de caparazón y entre la relación de la longitud total con el telson (siendo mayor en machos) al igual que para el diámetro del ojo. En la única medida corporal en la cual no se encontraron diferencias en las pendientes de sus líneas de regresión, fue para la regresión entre la longitud total con la longitud del primer pleópodo. Es de destacar que, aunque las hembras presentaron el caparazón más grande, no se registraron en estado ovígero lo cual indica probablemente que la gran mayoría de estos organismos no estaban en el máximo de su madurez sexual. Cabe destacar que Ross (1982) realiza las

mediciones de los organismos desde el arco ocular hasta el final del telson y en la presente investigación, la longitud total se toma también desde el arco ocular hasta el final del sexto segmento.

Por otro lado, el crecimiento corporal (las tasas de crecimiento) depende de la temperatura ambiental y del régimen alimenticio (Hirst et al., 2003). Bajas tasas de crecimiento y reproducción pueden ser un indicativo de insuficiencia de alimento o estrés ambiental (Färber Lorda, 1994). En consecuencia, cambios relativamente menores en la temperatura y el alimento, pueden causar efectos en la magnitud y en el tiempo de ciclo interanual del zooplancton (Pinchuk et al., 2008). Para el presente trabajo, se registraron temperaturas entre 11.55 y 14.92 °C, para la época de Marzo-Abril, siendo época de primavera, con niveles de clorofila altos y permanentes, debido al evento de surgencia pronunciado y continuo que se presenta en la zona (Soto-Mardonez et al., 2004; Strub y James 2000). Debido a esto, es posible sugerir que si bien los eufásidos no tenían una limitante por alimento tampoco se encontraban en su época reproductiva, debido a que no se registraron hembras ovígeras. Pinchuk et al., (2008), para las costas de Oregón, asoció las poblaciones de *E. pacifica* con temperaturas cercanas a los 5°C entre marzo y mayo; adicionalmente, sostiene que el desove de estas poblaciones se presenta terminándose la primavera cuando la temperatura de la capa de mezcla aumentó.

En este orden de ideas, cambios en la temperatura y el alimento pueden ser a corto plazo (debido a la variabilidad de mesoescala) o largo plazo (debido a las fluctuaciones del clima). Lo primero puede controlar las poblaciones de eufásidos a través de cambios en el alimento disponible, mientras que lo segundo altera las tasas de desarrollo por la temperatura (Swartzman et al., 2005).

Para el presente trabajo se capturó esta especie solo para una estación del año (primavera) lo cual no permite evaluar si la población presente en la zona emplea alguna estrategia para sortear una eventual disminución de alimento en la época de invierno como lo hacen las poblaciones de las costas de Japón. Para poblaciones del ambiente sub-ártico, los organismos emplean diferentes

estrategias de crecimiento y reproducción que les permiten tomar ventaja de las fluctuaciones estacionales (Pinchuk y Hopcroft, 2006, 2007); estos cambios relacionados con el clima pueden ser beneficiosos para algunas especies y negativos para otras, en este caso se muestreo en el límite más al sur de la distribución de *E. pacífica* según Brintón (1962).

Para el presente estudio se observó que hay una diferenciación morfológica en el tipo de crecimiento entre hembras y machos, en el caso de las hembras de *E. pacífica* el exponente de la regresión potencial utilizada para la relación talla-peso húmedo muestra un crecimiento de tipo alométrico, sin embargo fue menor que para los machos. Este resultado es opone a lo registrado para especies sub-antárticas como *E. vallentini* y *T. gregaria*; Perez-Seijas (1987) documentó, que para machos de *E. vallentini*, *E. lucens* y *T. gregaria* y hembras inmaduras de *E. lucens* su crecimiento es de tipo isométrico mientras que hembras maduras de *E. vallentini* y *T. gregaria* presentaron crecimiento alométrico, sin embargo esta autora trabajo con organismos formolados.

Es importante mencionar que en el presente trabajo se incluyeron en el análisis de regresión cuatro juveniles en el grupo de las hembras lo cual podría estar contribuyendo a que el valor del exponente alométrico sean menor que el de los machos. En la relación peso húmedo-longitud de caparazón las diferencias alométricas fueron más evidentes, esto pudo deberse al dimorfismo sexual y al nivel de maduración sexual de las hembras, este resultado es consistente con lo registrado por Miller (1983) para *E. supera*, quien encontró que no hubo variaciones en organismos juveniles pero si registró variaciones en la relación longitud estándar-longitud de caparazón en organismos maduros (machos y hembras), este autor sostiene que dichas diferencias se deben a la variación en la longitud de caparazón de las hembras adultas con ovarios maduros y en machos adultos a las diferentes tasas de crecimiento, esto coincide con lo registrado por Färber Lorda (1986, 1990, 1994). Para la misma especie, Siegel (1989) indicó que el coeficiente alométrico (pendiente) es mayor para machos que para hembras, sin embargo este autor no los comparó en el mismo estadio de desarrollo, mientras

que los machos estaban en etapa adulta, las hembras estaban en un estadio IIIA y B.

En cuanto a la relación con el peso seco, los parámetros de crecimiento fueron mayores a 3 indicando que el crecimiento es alométrico para ambos sexos, sin embargo llama la atención que sea mayor en machos, lo cual podría sugerir que los machos para esta época del año tengan un crecimiento más rápido. Sameoto (1976), determinó la relación entre el peso seco y la longitud total en *Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschii* y *T. inermis* y encontró que el parámetro de crecimiento fue mayor (3.5) en *M. norvegica* y el más pequeño se registró en *T. raschii* (3.1), sin embargo este autor no hace separación por sexos. Adicionalmente registra un mayor rango en el tamaño corporal para *E. norvegica* (6-41 mm) que el registrado para *T. raschii* (10-24 mm), para la presente investigación el rango de medidas fue mayor en hembras que en machos.

En *T. macrura* Färber Lorda (1994) encontró que las diferencias alométricas se debieron a diferencias en las pendientes de las regresiones entre el peso húmedo de juveniles, hembras y machos en función de la longitud total, y el peso húmedo en función de la longitud de caparazón entre adultos y subadultos. También encontró diferencias para las pendientes de las regresiones entre el peso húmedo y la longitud total entre *E. superba* y *T. macrura*.

En cuanto al índice de diferenciación (I.D), se encontró que es mayor en hembras que en machos, este mismo patrón se registró para *E. superba* (Färber-Lorda, 1986, 1990, 1991), indicando que dos grupos de machos (machos I y machos II) tienen un índice de diferenciación menor que las hembras e incluso los organismos subadultos, donde no hay diferenciación sexual, mientras que para *T. macrura* el I. D incrementó con la talla, lo cual hizo que no se pudiera utilizar para estudiar la diferenciación morfológica (Färber Lorda 1990). En este orden, en el análisis de componentes principales se encontraron solamente dos grupos morfológicos (hembras y machos).

Si bien no se cuantificó la presencia de lípidos en las hembras, se sabe que éstas últimas tienen más lípidos (Färber Lorda, 1986, 1991; Färber Lorda et al.,

2009a, 2010), lo que hace que su desplazamiento sea más fácil, ya que son menos densas, por lo que, se asume que el esfuerzo de natación será menor, concentrando el gasto energético en crecimiento y reproducción, probablemente esto permita un mayor crecimiento de las hembras, según Farber-Lorda (1991). Por otra parte, los machos tienen un abdomen más grande y eso les permite nadar más rápido, lo cual hace que tengan un mayor desplazamiento que las hembras, ese desplazamiento puede implicar un mayor gasto energético lo que podría estar relacionado con un menor contenido de lípidos.

Para el presente trabajo se encontró que las hembras presentaron un mayor peso corporal. Generalmente, el mayor peso corporal en las hembras se debe a un mayor contenido de lípidos para organismos de aguas frías, según Vidal y Whitley, (1982), el incremento en el peso corporal es debido a almacenamiento de grandes cantidades de lípidos en estadios de desarrollo tardíos.

Uno de los problemas para determinar la estructura poblacional de *E. superba* es que realiza un encogimiento corporal debido a las condiciones climáticas, que llevan a una reducción en la disponibilidad de alimento (Ikeda y Dixon, 1982), por lo tanto, seguir una cohorte y determinar la edad se hace complicado, aparentemente *E. pacífica* no reduce el tamaño del caparazón, sin embargo, se ha documentado que hay un estancamiento en el crecimiento; según Iguchi et al., (1993) en la Bahía de Toyama, la talla mínima de madurez y el tamaño máximo para machos fue de 11mm y 22mm y para hembras fue de 12 mm y 23 mm. El tiempo de supervivencia estimado es de menos de 21 meses en una zona más fría que la muestreada para este trabajo. Contrastando estas tallas con lo registrado para el presente trabajo, se encontró que si bien los organismos tenían ya la talla de la madurez sexual, no estaban en su máximo desarrollo, teniendo probablemente una población joven, siendo los valores registrados para hembras entre 15.5 y 21.9 mm y machos entre 13.6 y 20.5 mm. Sin embargo no es posible afirmar que las poblaciones de esta especie para esta zona tengan un estancamiento en su crecimiento.

Adicionalmente a la diferenciación morfológica estudiada a partir de relaciones alométricas registradas para el presente trabajo, se han estudiado también las diferencias en los patrones de crecimiento y tasas de mortalidad entre los sexos para *E. pacifica* en el noreste del pacífico (Brinton, 1976; Heath, 1977). Taki (2010) investigó el patrón de crecimiento por sexos en el noroeste de Japón durante tres estaciones (enero, febrero, mayo y octubre) en aguas transicionales de la corriente de Kuroshio-Oyashio. Entre de los resultados más relevantes encontró una gran contribución de biomasa por parte de los organismos de tallas entre los 8 y los 15 mm clasificándolos como adultos pequeños. Es de destacar que en el presente estudio los organismos son de un tamaño mayor, entre 13.6 y 19.3. Este mismo autor, también encontró que la proporción de machos tiende a disminuir con el incremento de la talla, para cada estación, estos resultados coinciden con lo encontrado en la presente investigación donde también se registró un número menor de machos que de hembras.

En la investigación de Taki (2010), él indica que una mayor tasa de mortalidad y una menor esperanza de vida para los machos de *E. pacifica* es común en la zona entre el este y el oeste del Pacífico Norte, sin embargo, las tasas de crecimiento de los machos y la esperanza de vida tiende a ser mayor que en las hembras en el Pacífico oriental comparándolos con resultados para otras regiones Pacífico Norte. Sin bien para la presente investigación no se hizo el cálculo de la esperanza de vida o tasas de mortalidad, los resultados de la alometría indican que la tasa de crecimiento es más elevada en machos que en hembras. Otro resultado relevante que registra Taki (2010) fue que el patrón de crecimiento somático fue idéntico para hembras y machos, este autor argumenta que probablemente se deba a que la tasa de mortalidad aumenta en estos a medida que aumenta su talla, sin embargo este autor registra el crecimiento a partir de la relación longitud-peso a partir de la ecuación obtenida por Iguchi e Ikeda (1998) para esta especie.

### *Thysanoessa spinífera*

En éste trabajo, solo se obtuvieron hembras de esta especie, por lo que no se pueden llevar a cabo comparaciones entre sexos, para su morfología; estas tuvieron una longitud promedio de 17.4 mm, con un valor máximo de 21.6 y un valor mínimo de 11.3. Al comparar la relación corporal entre la longitud total y la longitud de caparazón, se encontró que los datos se ajustan a una regresión lineal, si bien no hay literatura para comparar dichos resultados, Nemoto (1966), comparó la alomorfosis (diferencias morfológicas entre especies) de nueve especies del género *Tysanoessa*; registró la relación entre el sexto segmento abdominal y la longitud de caparazón de todas las especies, encontró que *T spinífera* ocupa junto con *T. inermis* una misma "tribu" alométrica siendo diferentes para machos y para hembras. Este mismo autor registra diferenciación morfológica a través de caracteres como, la relación entre la longitud del telson y la longitud del sexto segmento abdominal, reuniendo en este caso en un mismo grupo a *T. gregaria* y *T. spinífera*.

Para *Thysanoessa inermis*, *T. raschii* y *Meganyctiphanes norvegica*, Falk-Petersen (1981), encontró que la variación en el peso húmedo, peso seco, contenido proteico y de lípidos está relacionado a la dinámica poblacional y las condiciones ambientales, determinando que el incremento del peso y los cambios en el contenido bioquímico estuvieron estrechamente relacionados con el ciclo de la producción primaria. En el caso de las especies de *Tysanoessa* para la época de primavera y verano encontró un aumento en el peso húmedo, seco, el contenido de lípidos y proteínas de 350, 600, 500 y 1200% respectivamente. La disminución de la cantidad relativa de lípidos durante el invierno puede estar relacionada con la baja producción de fitoplancton y una decreciente calidad del alimento, además estos organismos utilizan los lípidos como material de reserva. Por otro lado se encontró que una disminución en los lípidos del grupo I de *T inermis* y *M. norvegica* durante el invierno pudo estar asociado con el uso de energía para soportar el invierno y el crecimiento de las gónadas

Si bien para esta especie no se han realizado muchos estudios a nivel de morfometría, Tanasichuk (1998) trabajó con esta especie en Barkley Sound Canadá a nivel de dinámica poblacional y la relacionó con tallas, encontrando que no hubo diferencias interanuales en la talla de madurez, la proporción de sexos y la duración de la temporada de desove, la mayor frecuencia de tallas la registró entre los 13 y los 19.6 mm. Registró anomalías de temperatura superficial del mar de +2 para verano de 1993 y cercanas a -3 en 1994.

## IV.2 PACÍFICO TROPICAL MEXICANO

### *Euphausia distinguenda*

Los valores de longitud total para hembras tuvieron un promedio de 9.1 mm mientras que para machos el promedio fue de 8.3 mm, contrario a las dos especies anteriormente mencionadas, para las especies del trópico no se han realizado investigaciones a nivel de alometría y relaciones morfológicas, por lo tanto las comparaciones necesariamente se harán con especies de ambientes templados.

Para la presente investigación, a nivel intraespecífico se encontró en la relación alométrica entre la longitud de caparazón y longitud total, que la pendiente o el coeficiente alométrico (b) fue mayor en machos que en hembras lo cual se vio reforzado en el resultado de la prueba estadística, el cual mostró diferencias significativas entre los sexos. Un mayor valor en la pendiente estaría indicando que los machos probablemente estarían alcanzando una madurez sexual más pronto que las hembras. Si bien no hay estudios de relaciones alométricas con organismos del trópico, al compararlo con especies del Antártico como *E. superba* y *T. macrura* Färber-Lorda (1990,1991, 1994); Färber-Lorda et al., (2009a y 2010), se encuentra que hay un patrón similar, donde hay una diferenciación morfológica, evidenciada a partir de las relaciones entre caparazón y longitud total. Es importante destacar que la única relación en la cual se encontraron diferencias de pendiente entre los sexos, fue entre la longitud de caparazón y la longitud total, para las regresiones entre longitud del telson, longitud del primer pleópodo y

diámetro del ojo no se encontraron diferencias en la pendiente, entre machos y hembras. No obstante, al no haber diferencias en la comparación de pendientes, estaría indicando que para estas partes corporales no hay un dimorfismo sexual, contrario a lo que podría creerse en el caso del primer pleópodo, por ejemplo, debido a que los machos poseen su péstasma en esta parte corporal.

Al relacionar las mediciones corporales con el peso, se encontró que hay diferencias significativas en la pendiente de la regresión entre peso húmedo y la longitud de total, y peso húmedo y la longitud del caparazón, siendo mayor en los dos casos en machos. En cuanto al valor del coeficiente alométrico del peso húmedo con longitud total, se encontró que fue mayor en machos, tendiendo a la alometría en ambos casos, esto se deduce a partir del valor del parámetro  $b$  (3.01, hembras y de 3.4 para los machos), sin embargo el valor de la ordenada del origen es más alto en hembras (0.34) que en los machos (0.005), esto podría deberse a la presencia de animales inmaduros.

En cuanto a la regresión entre el peso húmedo y el caparazón, para los machos el valor del coeficiente alométrico está por debajo de 3 en comparación con el de las hembras, que en este caso podría considerarse que tienen un crecimiento alométrico positivo, esto está indicando que, la madurez sexual y el desarrollo es más lento para machos que para hembras, debido a que las hembras se pueden encontrar en diferentes estadios de desarrollo, esto viene soportado, además, por la comparación de pendientes mencionadas anteriormente.

En cuanto al peso seco, la tendencia fue igual, pero se encontró que las diferencias en el coeficiente fueron menos notorias, esto se vio reforzado en el resultado de los análisis estadísticos donde no se encontraron diferencias entre los dos sexos, tanto en la relación peso longitud total como la relación peso longitud de caparazón. Esta medida es relevante para obtener el peso seco del organismo en el caso de tener únicamente la medida de longitud total, sin embargo los datos presentados para esta especie son los primeros reportados para la zona del mínimo oxígeno.

En el análisis de componentes principales se vio una tendencia similar que la encontrada para *E. pacífica*, donde hay una clara formación de dos grupos (machos y hebras) separados específicamente por el I. D. Färber Lorda et al., (1990) encontró valores del I. D. de 3.5 para machos y de 5 para hembras.

#### **IV. 3 COMPARACION DENTRO DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS**

Especies de la Corriente de California: *E. pacífica* y *T. spinífera*

Al comparar las relaciones alométricas entre las hembras de la Bahía de Todos Santos, se encontró que no hay diferencias entre las pendientes en ninguna relación morfológica, si bien *E. pacífica* es más pequeña que *T. spinífera*, es probable que el patrón de crecimiento sea similar en las dos especies, sin embargo en el diámetro del ojo si hubo diferencias; esto se explica por el hecho de que pertenecen a dos géneros diferentes, y si bien no hay una constricción en el ojo de *T. spinífera*, que es la característica del género *Thysanoessa*, el tamaño es mayor que para *E. pacífica*.

Especies del Pacífico Tropical Mexicano: *E. distinguenda* y *E. diomedeeae*

A nivel interespecífico, al realizar la comparación entre las hembras de *E. distinguenda* y *E. diomedeeae*, se encontraron diferencias en la pendiente de la regresión entre la longitud total y la longitud de caparazón, registrándose una mayor pendiente para *E. distinguenda*, este resultado se debe interpretar con prudencia debido a la diferencia en el número de muestra de las dos especies (n=78 y n=15 respectivamente), por otro lado, el rango de longitud total para *E. diomedeeae* es más amplio lo cual está influyendo en dichas diferencias, sin embargo la pendiente es mayor para *E. distinguenda* lo cual podría interpretarse como que su crecimiento y desarrollo sexual es más acelerado. Por otra parte, si bien los tamaños en caparazón y en longitud total son similares, se encontró que el peso es mayor para *E. diomedeeae*, es probable que la composición bioquímica este influyendo en estas diferencias en el peso, una prueba de esto son la

diferencias estadísticas encontradas para estas dos mediciones en relación al peso.

En cuanto a la comparación entre los machos, contrario a las hembras en este caso no se encontraron diferencias entre las dos especies (*E. distinguenda* y *E. diomedeeae*), si bien también existe el problema de la diferencia en la cantidad de muestra, el rango de variación en el tamaño es menor.

#### **IV.4 COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE LAS DOS ZONAS GEOGRÁFICAS**

##### *Euphausia pacífica* y *Euphausia distinguenda*

Finalmente al comparar las especies más abundantes de los dos ambientes geográficos (Bahía de Todos Santos y Pacífico Tropical Mexicano) se encontró que en las hembras hubo diferencias en la relación entre la longitud total y la longitud de caparazón siendo esta la única medida en la cual se encontró un dimorfismo, aunque la talla es menor para *E. distinguenda* en todas las mediciones.

En los machos, no hubo alomorfosis en ninguna medida morfométrica, presentándose, de esta manera, la misma tendencia a nivel interespecífico en las especies del trópico. Este resultado indica que si bien hay diferencias en las tallas, el patrón de crecimiento es similar para las dos especies.

El análisis de componentes principales mostró una separación de los cuatro grupos morfológicos (hembras y machos) de *E. pacífica* y *E. distinguenda*, dicha separación se debe al índice de diferenciación más que a cualquier otra medida morfológica, como se ha mencionado con anterioridad esta medida es adimensional e involucra la longitud de caparazón, la longitud abdominal y la longitud total; según Färber-Lorda (1990, 1991), este tipo de separación también se presentó para *E. superba* siendo el índice de diferenciación determinante para la formación de los grupos morfológicos, sin embargo para este caso particular se tuvo en cuenta organismos juveniles, machos (estadio I y II) y hembras (I y II). Al igual que en el presente trabajo, acá se presentan dos factores siendo el factor uno las mediciones corporales y el factor dos explicando el ID.

El I.D es mayor en las hembras de *E. pacífica*, seguido de los machos de esta misma especie, encontrándose el menor valor en los machos de *E. distinguenda*. De esta tendencia se puede deducir que las especies del trópico presentan un índice de diferenciación menor, lo que está indicando un abdomen proporcionalmente más grande que el de *E. pacífica*; esto podría deberse a que el esfuerzo de natación es mayor, por las temperaturas más del agua elevadas, lo cual implica una menor densidad. Por otro lado, también se puede inferir que ésta especie está realizando un mayor gasto energético para desplazarse. Adicionalmente, las especies del trópico, durante su migración vertical, están sometidas a un fuerte gradiente de temperatura y de oxígeno lo cual también está condicionando el desplazamiento vertical y por lo tanto la alimentación. En este sentido, según Fevolden (1979) las diferencias latitudinales en temperatura pueden afectar el crecimiento, la maduración y el ciclo de vida de estos organismos, lo cual podría estar reflejando en el tipo de crecimiento de estas dos especies de ambientes tan contrastantes.

De acuerdo a Iguchi et al., (1993) en la bahía Tokoyama el crecimiento activo de *E. pacífica* se ve estancado solamente de febrero a junio, dicho estancamiento en el crecimiento, en la época de verano y otoño, es debido a que viven en aguas profundas para evitar las altas temperaturas pero encuentran una limitación de alimento durante esta temporada. *E. pacífica* es un herbívoro típico, por lo que su acceso a la zona eufótica es esencial para lograr un crecimiento normal. Se conoce que tanto la temporada de desove y el patrón de crecimiento de *E. pacífica* difieren considerablemente de un hábitat a otro como un reflejo de las variaciones regionales de las condiciones oceanográficas y el ciclo de producción (Endo, 1984; Iguchi et al., 1993).

Las diferencias en el coeficiente alométrico entre las especies del trópico en comparación con las de la Corriente de California están indicando que el crecimiento de las especies tropicales es más rápido, lo cual indica que estarían alcanzando un desarrollo sexual más pronto, por otro lado esto también indica que su ciclo de vida es más corto y su dinámica poblacional es diferente.

Se propone la hipótesis de que las diferencias en las condiciones tróficas debido al forzante físico estarían actuando como un modulador de las dos poblaciones de eufásidos, por lo tanto el fuerte gradiente de temperatura y oxígeno están condicionando las especies tropicales mientras que la estacionalidad estaría condicionando las especies de la Corriente de California, por otra parte, se espera que las especies del trópico tengan que hacer un mayor esfuerzo natatorio en comparación a las especies de la Corriente de California debido a que están en aguas menos densas, por lo tanto su ID es menor debido a que poseen un abdomen más grande.

---

## V. CONCLUSIONES

---

- Para *E. pacífica* y para *E. distinguenda* el dimorfismo sexual se evidencia en el tamaño del caparazón, esto indica que el patrón de crecimiento a nivel intraespecífico es diferente para machos y hembras.
- Las diferencias en los parámetros (ordenada del origen y pendiente) en las líneas de regresión entre la longitud total y longitud del capazón, entre los sexos se explica por el efecto de la maduración diferencial en el volumen gonadal, que es notablemente mayor en hembras que en machos.
- Las diferencias morfológicas entre los dos géneros de la Corriente de California solo fueron significativas para el diámetro del ojo.
- A nivel inter específico en las especies del trópico solamente se encontró dimorfismo entre las hembras.
- La creación de cuatro grupos morfológicos (dos sexos para dos especies) a partir del análisis de componentes principales, es una evidencia del dimorfismo sexual a nivel intra e interespecífico, esta separación se vio reforzada a partir de mediciones del índice de diferenciación que indica un patrón de crecimiento diferente para las especies de la bahía de Todos Santos (*E. pacífica*) y las del Pacífico Tropical Mexicano (*E. distinguenda*), probando la hipótesis planteada para esta investigación. La prueba de Tukey indica que el índice de diferenciación mostró diferencias significativas en los valores promedio de los cuatro grupos.

---

## VI. LITERATURA CITADA

---

- Ainley, D.G., L. B. Spear y S. G. Allen. 1996. Variation in the diet of Cassin's auklet reveals spatial, seasonal, and decadal occurrence patterns of euphausiids off California, USA. *Marine Ecology Progress Series*.137: 1–10.
- Antezana, T. 2010. *Euphausia mucronata*: A key stone herbivore and prey of the Humboldt Current System. *Deep-Sea Research II* 57: 652–662.
- Antezana, T., 2002b. Vertical distribution and diel migration of *Euphausia mucronata* in the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. En: Färber-Lorda, J. (Ed.), *Oceanography of the Eastern Pacific*, vol. II. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, B. C. México, pp. 29–40
- Argote Espinoza, M.L., A. Amador Buenrostro y C. Morales Zúñiga. 1975. Distribución de parámetros salinidad y temperatura y tendencias de la circulación en la Bahía de Todos Santos bay, B.C. *Memorias del CIBCASIO*. 3(30):3-60.
- Argote Espinoza, M.L., F. J. Gavidia y A. Amador Buenrostro. 1991. Wind-induced circulation in Todos Santos bay, B.C., Mexico. *Atmósfera*. 4:101-115.
- Badan-Dangon, A., J. M. Robles y J. García. 1989. Poleward flows off Mexico's Pacific coast. In S. J. Neshyba, C. N. K. Mooers, R. L. Smith, & R. T. Barber. (Eds.), *Poleward flows along eastern ocean boundaries*. Springer-Verlag, New York, USA. pp. 176–202.
- Baker, A. de C., B. P. Boden y E., Brinton. 1990. A practical guide to the euphausiids of the world. *The British Museum (Natural History)*, London.
- Boden, B.P, M. W. Johnson y E. Brinton. 1955. The euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific. University of California Press. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California*. LaJolla, California. 6:287–400.
- Brinton, E. 1962. The distribution of Pacific euphausiids. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 851-270.
- Brinton, E .1976. Population biology of *Euphausia pacifica* off southern California. *Fish Bull.* 74:733–762.

- Brinton, E. 1979. Parameters relating to the distributions of planktonic organisms, especially Euphausiids in the eastern tropical Pacific. *Progress in Oceanography*. 8:125-189.
- Brinton, E. 1996. Euphausiacea. In *Introducción al estudio del zooplancton marino*, R. Gasca, R. Suárez y E. Suárez, eds. ECOSUR/CONACYT, pp 297–341.
- Brinton, E., M. D. Ohman., A. W. Townsend., M. D. Knight y A. L. Bridgeman. 2000. In: *Euphausiids of the World Ocean*. Expert Center for Taxonomic Identification, Amsterdam.
- Brinton, E y A. Townsend. 2003. Decadal variability in abundances of the dominant euphausiid species in southern sectors of the California Current. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 50 (14-16): 2449-2472.
- Brodeur, R. D. y W. G. Pearcy 1992. Effects of environmental variability on trophic interactions and food web structure in a pelagic upwelling ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 84: 101–119.
- Brodeur, R. D y W. G. Pearcy. 1984. Food habits and dietary overlap of some shelf rockfishes (Genus *Sebastes*) from the northeastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*. 82 (2): 269–293.
- Castro, R., R. Durazo., A. Mascarenhas., C. Collins y A. Trascina. 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion of the Gulf of California. *Deep Sea Research Part I*. 53(1):188–200.
- Chae, J., D. J. Hwang., Y. O. Kim., D. Kim y J. H Lee. 2005. Euphausiid distribution near Uljin with special reference to its importance as a food source of demersal fish and impingement on the cooling water intakes of a power plant. In: *Mechanisms of climate and human impacts on ecosystems in marginal seas and shelf regions*. North Pacific Marine Science Organization (PICES) Fourteenth Annual Meeting. September 29–October 9, 2005, Vladivostok, abstract S2–2497, 21 pp.
- Chelton, D. B. 1982. Large-scale response of the California Current to forcing by the wind stress curl. *CalCOFI Report*, 23: 130–148.
- Chereskin, T. y P. Niiler. 1994. Circulation in the Ensenada Front-September 1988. *Deep-Sea Research I*. 41: 1251–1287.

- Cruz-Colin, M. E. 1997. Variabilidad de la temperatura del mar en la Bahía de Todos Santos, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B. C. México. 98 pp.
- Endo, Y. 1981: Ecological studies on the euphausiids occurring in the Sanriku waters with special reference to their life history and aggregated distribution. Ph. D. Thesis, Tohoku University, Sendai, Japan, 1- 166 (in Japanese with English abstract).
- Endo, Y. 1984. Daytime surface swarming of *Euphausia pacifica* (Crustacea: Euphausiacea) in the Sanriku coastal waters off northeastern Japan. *Marine Biology*, 79: 269-276.
- Espinosa-Carreón, T. L., G. Gaxiola-Castro., J .M. Robles-Pacheco y S. Nájera-Martínez. 2001. Temperatura, salinidad, nutrientes y clorofila a en aguas costeras de la Ensenada del Sur de California. *Ciencias Marinas*. 27(3): 397-422.
- Espinosa-Carreón, T. L., P. T. Strub., E. Beier., F. Ocampo-Torres y G. Gaxiola- Castro. 2004. Seasonal and interannual variability of satellite-derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature off Baja California. *Journal of Geophysical Research*, 109, C03039. doi:10.1029/2003JC002105.
- Ettershank, G. 1983. Age structure and cyclical annual size change in the Antarctic krill, *Euphausia superba* dana. *Polar Biology*. 2 (3):189-193.
- Ettershank, G. 1984. A new approach to the assessment of longevity in the Antarctic krill *Euphausia superba*. *J. Crust. Biol.* 4 (1): 295-305.
- Falk-Petersen, S. 1981. Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: Seasonal changes in body weight and the main biochemical composition of *thysanoessa inermis* (krøyer), *T. Raschii* (M. Sars), and *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) in relation to environmental factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 49 (2-3):103-120.
- Färber-Lorda, J. 1986. Etudes biologiques, energetiques et biochimiques du krill antarctique *Euphausia superba* et *Thysanoessa macrura* recolté au cours de la campagne FIBEX. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille II. Marsella. Francia. 214 pp.
- Färber-Lorda, J. 1990. Somatic length relationships and ontogenetic morphometric differentiation of *Euphausia superba* and *Thysanoessa*

*macrura* of the southwest Indian Ocean during summer (February 1981). Deep-Sea Research. 37 (7): 1135-1143.

- Färber-Lorda, J. 1991. Multivariate approach to the morphological and biochemical differentiation of antarctic krill (*Euphausia superba* and *Thysanoessa macrura*). Deep-Sea Research. 38: 771-779.
- Färber-Lorda, J. 1994. Length Vs, weight relationships and coefficient of condition of *Euphausia superba* and *Thysanoessa macrura* of the SW Indian Ocean during summer. Marine Biology. 118: 645-650.
- Färber-Lorda, J., M. F. Lavín y M. A. Guerrero-Ruiz. 2004. Effects of wind forcing on the trophic conditions, zooplankton biomass and krill biochemical composition in the Gulf of Tehuantepec. Deep-Sea Research II 51: 601–614.
- Färber-Lorda J., R. Gaudy y P. Mayzaud. 2009a. Elemental composition, biochemical composition and caloric value of Antarctic krill. Implications in Energetics and carbon balances. Journal of Marine Systems. 78: 518–524.
- Färber-Lorda, J., E. Beier y P. Mayzaud. 2009b. Morphological and biochemical differentiation in Antarctic krill. Journal of Marine Systems. 78 (4): 525-535.
- Färber-Lorda, J., A. Trasviña y P. Cortes. 2010. Summer Distribution of Euphausiids in the Entrance of the Sea of Cortés in relation to hydrography. Deep-Sea Research II. 57: 631–641.
- Feinberg, L. R., W. T. Peterson y C. T. Shaw. 2010. The timing and location of spawning for the Euphausiid *Thysanoessa spinífera* of the Oregon coast, USA. Deep-Sea Research II. 57: 572–583.
- Fernández-Álamo, M. A y J. Färber-Lorda. 2006. Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography. 69: 318–359.
- Fevolden, S. E. 1979. Investigations on krill (Euphausiacea) sampled during the Norwegian Antarctic Research Expedition 1976-77. Sarsia. 64:189-198.
- Fiedler, P. C y L. D., Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography. 69: 143–180.
- Fransozo, A., M. L. Negreiros-Fransozo y G. Bertini. 2002. Morpho- metric study of the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricus, 1887) (Brachyura,

Ocypodidae) from Ubatuba, Sao Paulo, Brazil, pp. 189-195. In, E. Escobar-Briones and F. Alvarez (eds.), *Modern Approaches to the Study of Crustacea* Kluwer. Academic/Plenum Publishers, New York.

- García- Córdova, J., J. M. Robles Pacheco., J. Candela Pérez., P. Pérez Brunius y J. M. López Mariscal. 2008. Datos de CTD de la región frente a la Bahía de Todos Santos, Baja California. Campaña BTS2. Enero 15 a 19 de 2008. B/O Francisco de Ulloa. Informe Técnico, Depto. Oceanografía Física, CICESE. 116 p.
- García Córdova, J. A., J. M. Robles Pacheco., P. Pérez Brunius., J. Candela Pérez y J. M. López Mariscal. 2009a. Datos de CTD de la región de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Campaña BTS3. Abril 4 a 7 de 2008. B/O Francisco de Ulloa. Informe Técnico, Depto. Oceanografía Física, CICESE. 113 p.
- García Córdova, J. A., J. M. Robles Pacheco., J. Candela Pérez., P. Pérez Brunius y J. M. López Mariscal. 2009b. Datos de CTD de la región de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Campaña BTS6. Noviembre 20 a 23 de 2008. B/O Francisco de Ulloa. Informe Técnico, Depto. Oceanografía Física, CICESE. 110 p.
- Gaxiola-Castro, G y S. Álvarez-Borrego. 1984. Relación fotosíntesis-irradiancia en el fitoplancton de aguas costeras del noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*. 10 (3): 53-66.
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea: Euphausiacea) in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 87: 1-6.
- Gibbons, M.J., V. Spiridinov y G. Tarling. 1999. Euphausiacea. En: D. Boltovskoy (ed.). *South Atlantic Zooplankton*. Backhyus Publishers, Leiden, pp. 1241-1279.
- Godínez, V. M., E. Beier., M. F. Lavín y J. A. Kurczyn. 2010. Circulation at the entrance of the Gulf of California from satellite altimeter and hydrographic observations, *J. Geophys. Res.*, 115, C04007, doi:10.1029/2009JC005705.
- Gómez-Gutiérrez, J., L. Feinberg., C. Shaw y W. Peterson. 2007. Inter annual and geographical variability of the brood size of the euphausiids *Euphausia pacifica* and *Thysanoessa spinifera* along the Oregon coast (1999–2004). *Deep-Sea Research I*. 54: 2145–2169.

- Gómez-Gutiérrez, J., W. T. Peterson y C. B. Miller. 2005. Crossshelf life-stage separation and community structure of the euphausiids off central Oregon (1970–1972). *Deep-Sea Research II*. 52 (1-2): 289-315.
- Gómez-Valdez, J. 1983. Estructura hidrográfica promedio frente a Baja California. *Ciencias Marinas*. 9 (2): 75–86.
- Harvey, H. R., S. J. Ju., S. K. Son., L. R. Feinberg., C. T. Shaw y W. T. Peterson. 2010. The biochemical estimation of age in Euphausiids: Laboratory calibration and field comparisons. *Deep-Sea Research II*. 57: 663–671.
- Haury, L. R., E. L. Venrick., C. L. Fey., J. A. McGowan y P. P. Niiler. 1993. The Ensenada Front: July 1985. *CalCOFI Report*. 34: 69–88.
- Heath, W. A. 1977. The ecology and harvesting of euphausiids in the Strait of Georgia. PhD Thesis. University of British Columbia, Vancouver.
- Hirst, A. G., J. C. Roff y R. S. Lampitt. 2003. A synthesis of growth rates in marine epipelagic invertebrate zooplankton. *Adv Mar Biol*. 44:1–142.
- Iguchi, N. y T. Ikeda. 1998. Elemental composition (C, H, N) of a euphausiid *Euphausia pacifica* in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton Biol. Ecol.* 45: 27–32.
- Iguchi, N., T. Ikeda y A. Imamura. 1993. Growth and life cycle of the euphausiid crustacean (*Euphausia pacifica* Hansen) in Toyama Bay, Southern Japan Sea. *Japan Sea Natl. Fish Res. Inst.* 43: 69-81.
- Ikeda, T y P. Dixon. 1982. Body shrinkage as a possible over-wintering mechanism of the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 62: 143-151.
- Kessler, W. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.* 69: 181–217.
- Kulka, D. W y S. Corey. 1982. Length and weight relationships of euphausiids and calorific value of *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) in the Bay of Fundy. *J. Crustacean Biol.* 2: 239-247.
- Lasker, R. 1966. Feeding, growth, respiration and carbon utilization of a euphausiid crustacean. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 23, 1291-1317.

- Lavín, M F., E. Beier., J. Gómez-Valdés., V. M. Godínez y J. García. 2006. On the summer poleward coastal current off SW Mexico. *Geophys. Res. Lett.* 33, L02601, doi: 02610.01029/02005glo24686.
- Lockyer, C. 1973. Wet weight, volume and length correlation in the antarctic krill *Euphausia superba*. Appendix to N.A. Mackintosh: distribution of post-larval krill in the Antarctic. "Discovery" Rep. 36:152-155.
- Lynn, R y S. Bograd. 2002. Dynamic evolution of the 1997-1999 El Niño – La Niña cycle in the southern California Current System. *Progress in Oceanography*. 54:59-75.
- Lynn, R y J. Simpson. 1987. The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*. 92:12,947-12,966.
- Mancilla, P. M. y G. M. Martínez. 1991. Variación estacional de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la Bahía de Todos Santos, BC, México (marzo de 1986 a junio de 1987). *Rev. Invest. Cient.* 2: 33–45.
- Mauchline, J. 1980a. The biology of rnysiids and euphausiids. *Adv, mar. Biol.* 18: 1-681.
- Mauchline, J. 1980b. Measurement of body length of *Euphausia superba* Dana. *BIOMASS Handbook*, No 4, 9 pp.
- Mauchline, J y L. R. Fisher. 1969: The biology of euphausiids. *Adv. Mar. Biol.* 7: 1-454.
- Miller, D. G. M. 1983. Variation in body length measurement of *Euphausia superba* Dana. *Polar Biol.* 2: 17-20
- Minelli, A., D. Maruzzo y G. Fusco. 2010. Multi-scale relationships between numbers and size in the evolution of arthropod body features *Arthropod Structure and Development*. 39: 468-477.
- Nakagawa, Y, Y. Endo y K. Taki. 2000. Diet of *Euphausia pacifica* Hansen in Sanriku waters off northeastern Japan. *Plankton Biol Ecol.* 48: 68–77.
- Nemoto, T. 1966. *Thysanoessa* euphausiids, comparative morphology, allomorphy and ecology. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 20: 109-155.

- Nicol, S y A. S. Brierley. 2010. Through a glassless darkly—New approaches for studying the distribution, abundance and biology of Euphausiids Deep-Sea Research II. 57: 496–507.
- Pelaez, J. y J. A. McGowan. 1986. Phytoplankton pigment patterns in the California Current as determined by satellite. Limnology and Oceanography. 31: 927–950.
- Pérez-Brunius, P., M. López y J. Pineda. 2006. Hydrographic conditions near the coast of northwestern Baja California: 1997 to 2004. Continental Shelf Research. 26(8): 885-901.
- Pérez-Seijas, G. M. 1987. Relaciones de talla, peso y volumen en *Euphausia vallentini*, *E. lucens* y *Thysanoessa gregaria* (Euphausiacea, Eucarida). Physis, Buenos Aires, Secc. A. 45 (109): 61-68.
- Pinchuk, A. I., K. O. Coyle y R. R. Hopcroft. 2008. Climate-related variability in abundance and reproduction of euphausiids in the northern Gulf of Alaska in 1998–2003. Progress in Oceanography. 77: 203–216.
- Pinchuk, A y R. R. Hopcroft. 2007. Seasonal variations in the growth rates of euphausiids (*Thysanoessa inermis*, *T. spinifera*, and *Euphausia pacifica*) from the northern Gulf of Alaska. Marine Biology. Volume 151 (1): 257-269.
- Pinchuk, A. I y R. R. Hopcroft. 2006. Egg production and early development of *Thysanoessa inermis* and *Euphausia pacifica* (Crustacea: Euphausiacea) in the northern Gulf of Alaska. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 332: 206–215.
- Ponomareva, L. A. 1963: The Euphausiids of the North Pacific, Their Distribution and Ecology. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, Moscow, 1-154 (English translation, I. P. S. T., Jerusalem, 1966).
- Rasband, W. 2010. ImageJ 1.43u. National Institutes of health, USA. <http://rsb.info.nih.gov/ij> Java 1. 6. 0\_10.
- Reid, J. L., G. I. Roden y J. G. Wyllie. 1958. Studies of the California Current System. Contributions from the Scripps Institution of Oceanography, New Series. 998: 28-57.
- Robinson, C. L. K. 2000. The consumption of euphausiids by the pelagic fish community off southwestern Vancouver Island, BC. Journal of Plankton Research. 22 (9): 1649–1662.

- Ross, R. M. 1982. Energetics of *Euphausia pacifica*. II. Complete carbon and nitrogen budgets at 8 and 12 C throughout the life span. *Mar Biol.* 68:15–23.
- Ross, R. M y L. B Quetin. 1991. Ecological physiology of larval euphausiids, *Euphausia superba* (Euphausiacea). *Mem. Queens I. Mus.* 31: 321-333.
- Sameoto, D. D. 1976. Respiration rates, energy budgets, and molting frequencies of three species of euphausiids found in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada.* 33: 2568–2576.
- Sameoto, D. D. 1986. Influence of the biological and physical environment on the vertical distribution of mesozooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. *Marine Biology.* 93: 263-279.
- Sameoto, D., L. Guglielmo y M. K. Lewis. 1987. Day/night vertical distribution of euphausiids in the eastern tropical Pacific. *Marine Biology.* 96: 235-245.
- Schoenherr, J.R., 1991. Blue whales feeding on high concentrations of euphausiids around Monterey Submarine Canyon. *Canadian Journal of Zoology.* 69: 583–594.
- Sheard, K. 1953. Taxonomy, distribution and development of the Euphausiacea (Crustacea). *Rep. B.A.N.Z. antarct. Res. Exped.* 8: 1-72.
- Shingleton, A. 2010. Allometry: The Study of Biological Scaling. *Nature Education Knowledge* 1(9):2.
- Siegel, V. 1982. Relationship of various length measurements of *Euphausia superba* Dana. *Meeresforsch. Rep. mar. Res.* 29: 114-117 (Ber. dt. wiss. Kommn Meeresforsch.)
- Siegel, V. 1989. Winter and spring distribution and status of the krill stock in antarctic peninsula waters. *Arch. FischWiss.* 39: 45-72.
- Soto-Mardones, L., A. Parés-Sierra., J. García., R. Durazo y S. Hormazabal. 2004. Analysis of the mesoscale structure in the IMECOCAL region (off Baja California) from hydrographic, ADCP and altimetry data. *Deep-Sea Research II.* 5: 785–798.
- StatSoft, Inc. 2005. Statistica (Data analysis software system), version 7.1. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

- Strub, P. T y C. James. 2000. Altimeter-derived variability of surface velocities in the California Current System: 2 Seasonal circulation and eddy statistics. *Deep-Sea Research II*. 47: 831–870.
- Swartzman, G., B. Hickey., P. M. Kosro y C. Wilson. 2005. Poleward and equator ward currents in the Pacific Eastern Boundary Current in summer 1995 and 1998 and their relationship to the distribution of euphausiids. *Deep-Sea Research II*. 52: 73–88.
- Taki, K. 2010. Population structure of *Euphausia pacifica* in the Kuroshio–Oyashio transitional waters off northeastern Japan. *Journal of Plankton Research*. 32 (6): 761–771.
- Tanasichuk, R. W. 2002. Implications of interannual variability in euphausiid population biology for fish production along the south-west coast of Vancouver Island. *Fisheries Oceanography*. 11 (1): 18–30.
- Tanasichuk, R. W. 1998. Interannual variations in the population biology and productivity of *Thysanoessa spinifera* in Barkley Sound, Canada, with special reference to the 1992 and 1993 warm ocean years. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 173: 181-195.
- Torres-Orozco, E., A. Trasviña., A. Muhlia-Melo y S. Ortega-García. 2005. Mesoscale dynamics and yellowfin tuna catches in the Mexican Pacific. *Cienc. Mar*. 31: 671–683.
- Trasvina, A., M. Ortiz-Figueroa., H. Herrera., M.A. Cosio y E. González. 2003. 'Santa Ana' winds and upwelling filaments off Northern Baja California. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 37 (2): 113-129.
- Vidal, J. y T. E. Whitledge. 1982. Rates of metabolism of planktonic crustaceans as related to body weight and temperature of habitat. *Journal of Plankton Research*. 4:77–84.
- Vinogradov, M. Y., E. A. Shushkina., A. Y. Gorbunov y N. L. Shashkov. 1991. Vertical distribution of the macro- and mesoplankton in the region of the Costa Rica Dome. *Oceanology*, 31: 559-565.
- Wang, J., Y. Sun., C. Liu., X. Chen y R. Xu. 2005. Quantitative distribution of euphausiids in the East China Sea and the Yangtze Estuary in relation to the environmental conditions. In: *Mechanisms of climate and human impacts on ecosystems in marginal seas and shelf regions*. North Pacific

Marine Science Organization (PICES) Fourteenth Annual Meeting. September 29–October 9, 2005, Vladivostok, abstract S2–2412, p 25.

- Williamson, C. E., R. W. Sanders., R. E. Moeller y P. L. Stutzman. 1996. Utilization of subsurface resources for zooplankton reproduction: implications for diel vertical migration theory. *Limnology and Oceanography* 41, 224–233.
- Wishner, K., L. Levin., M. Gowing y L. Mullineaux. 1990. Multiple roles of the oxygen minimum in benthic zonation on a deep seamount. *Nature*. 346: 51-59.
- Wishner, K. F., C. J. Ashjian., C. Gelfman., M. M. Gowing., L. Kann., L. A. Levin., L. S. Mullineaux y J. Saltzman. 1995. Pelagic and benthic ecology of the lower interface of the Eastern Tropical Pacific oxygen minimum zone. *Deep-Sea Research I*. 42: 93-115.
- Wyllie, J. 1966. Geostrophic flow of the California Current at the surface and 200 m. In *CalCOFI Atlas 4* (pp. 48 and 288 charts). Scripps Institution of Oceanography, San Diego, USA.
- Zamudio, L., H. E. Hurlburt., J. E. Metzger y C. E. Tilburg. 2007. Tropical wave-induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the María Islands, Mexico. *J. Geophys. Res.* 112(C05048), doi: 10.1029/2006jc004018.
- Zane, L., L. Ostellari., L. Maccatrozzo., L. Bargelloni., J. Cuzin-Roudy., F. Buchholz y T. Patarnello. 2000. Genetic differentiation in a pelagic crustacean (*Meganyctiphanes norvegica*, Euphausiacea), from the North East Atlantic and the Mediterranean Sea, *Marine Biology*. 136: 191-199.
- Zaret, T. M J. S. Sufferen. 1976. Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnology and Oceanography* 21, 804–813.
- ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth Edition. International Edition. Prentice-Hall International. 663p