

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

**DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**

**NUEVOS ASPECTOS DE HISTORIA DE VIDA, FORMA Y FUNCIÓN DE
Erichsonella crenulata MENZIES, 1950 (CRUSTACEA: ISOPODA: VALVIFERA).**

TESIS

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

FERNANDO ESCOTO RODRÍGUEZ

Ensenada, Baja California, México. Septiembre de 1999.

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

**DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**

**NUEVOS ASPECTOS DE HISTORIA DE VIDA, FORMA Y FUNCIÓN DE
Erichsonella crenulata MENZIES, 1950 (CRUSTACEA: ISOPODA: VALVIFERA).**

TESIS

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

FERNANDO ESCOTO RODRÍGUEZ

Ensenada, Baja California, México. Septiembre de 1999.

RESUMEN de la Tesis de **Fernando Escoto Rodríguez**, presentada como requisito parcial, para la obtención del grado de **MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA**. Ensenada, Baja California, México. Agosto de 1999.

NUEVOS ASPECTOS DE HISTORIA DE VIDA, FORMA Y FUNCIÓN DE
Erichsonella crenulata MENZIES, 1950 (CRUSTACEA: ISOPODA: V₄ IFERA).

Resumen aprobado por: _____

Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo.
Director de Tesis.

Se estudiaron aspectos morfométricos, reproductivos y conductuales de *Erichsonella crenulata*, un isópodo asociado a las hojas de *Zostera marina*, fanerógama que domina las praderas intermareales de la Bahía de Newport, California y del Estero de Punta Banda y de la Bahía de San Quintín, Baja California.

Se estudiaron 2093 individuos de *E. crenulata* recolectados en la Bahía de San Quintín en los años 1993 y 1994 divididos en cinco categorías: mancás, juveniles, machos, hembras no reproductivas y reproductivas. Se determinó la presencia de las espinas en el dorso en cada categoría. El 36% de las mancás, el 50% de los machos, el 80% de los juveniles y de las hembras no reproductivas y el 94% de las hembras reproductivas tenían espinas. Se digitalizaron imágenes de 565 organismos en proporción a su abundancia por clase para determinar la longitud del cuerpo y el número y tamaño de las espinas. Encontramos un patrón ontogénico en el desarrollo de las espinas: las mancás recién expulsadas del marsupio no tienen espinas, las desarrollan en mudas posteriores, alcanzando su proporción máxima con respecto a la longitud del cuerpo en juveniles. En el desarrollo posterior hay una disminución en la proporción espinas:longitud del cuerpo. Esta proporción es siempre mayor en las hembras y la disminución es más acelerada en los machos. Los machos más grandes pierden las espinas por completo. Una función probable de las espinas es la de defensa mecánica a la depredación, otra podría ser para mejorar las habilidades de afianzamiento a los tallos, por parte de los juveniles.

Para observar en el laboratorio aspectos de comportamiento y reproducción se recolectaron organismos vivos de *E. crenulata* en el Estero de Punta Banda. Por su forma y coloración, *E. crenulata* es un organismo muy críptico en las hojas de *Z. marina*. La mayor parte del tiempo está sujeto, alimentándose o caminando sobre las hojas de este pasto. En amplexus los machos son siempre de mayor talla y montan a las hembras unos días antes de que éstas muden. Las hembras son iteróparas y pueden reproducirse cuando menos dos veces. El tiempo de desarrollo embrionario es alrededor de 30 d. Su estrategia reproductiva indica que a pesar de la abundancia de alimento y refugio (*Z. marina*) es necesaria la producción abundante de crías para la supervivencia de la especie en las praderas de *Z. marina*, un medio periódicamente expuesto por las mareas bajas.

Palabras claves: *Erichsonella crenulata*, historia de vida, morfología, función, reproducción.

ABSTRACT of the Thesis of **Fernando Escoto Rodríguez**, presented as partial requirement to obtain the **MASTER IN SCIENCES** grade in **MARINE ECOLOGY**.
Ensenada, Baja California, México. Agosto 1999.

NOVEL ASPECTS OF LIFE HISTORY, FORM AND FUNCTION IN
Erichsonella crenulata MENZIES, 1950 (CRUSTACEA: ISOPODA: VALVIFERA).

ABSTRACT

Different morphometric, reproductive and behavioural aspects of *Erichsonella crenulata* were investigated. This isopod lives associated to *Zostera marina*, the dominant marine phanerogram in the tidal meadows of Newport Bay, California, and Estero Punta Banda and Bahía San Quintín, Baja California.

We studied 2093 individuals of *E. crenulata* collected between 1993 and 1994; they were divided into five classes: mancas, juveniles, males, and non-reproductive and reproductive females. We recorded the presence of dorsal spines in each class: 36% of mancas, 50% of males, 80% of juveniles and non-reproductive females, and 94% of reproductive females. We digitized images of 565 individuals in proportion to the abundance by class to determine body length, and the number and size of spines. We found an ontogenic pattern in spine development: mancas recently released from the brooding pouch lack spines, but develop them in subsequent stages, reaching the largest spine:body-length ratio in juveniles. In subsequent development there is a reduction of the ratio. This ratio is always larger in females and decreases faster in males. Largest males do not show any spines. The spines probably function as mechanical defense against predation, they could also improve the clinging abilities to *Z. marina* blades by juveniles.

To observe behavioural and reproductive aspects we collected live organisms of *E. crenulata* in Estero Punta Banda and maintained them in the laboratory. Due to form and colour, *E. crenulata* is very cryptic in the *Z. marina* blades; it spends most of its time clinging, feeding, and walking on the blades. During amplexus, males are bigger than females and they guard the females a few days prior to the latter's moult. Females are iteroparous and reproduce at least twice. Development time within the brooding pouch is in the order of 30 d. This reproductive strategy suggests that in spite of abundant food and habitat (*Z. marina*), *E. crenulata* has to reproduce in large numbers to insure its survival in tidal meadows that are exposed during low tides.

Keywords: *Erichsonella crenulata*, life history, form, function, reproduction.

DEDICATORIA

A mis padres, con admiración y respeto:

Jesús Escoto Ramírez y Felicitas Rodríguez de Escoto.

A mis hermanos y hermanas.

A Gabriela.

A toda mi familia.

por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. Horacio J. de la Cueva, por su valiosa colaboración en la realización de esta tesis y por su confianza en mi.

A los miembros del comité de tesis, Dr. Michel Boudrias, Dr. Eugenio Méndez, y en especial al M. C. Vicente Ferreira, por todas sus sugerencias, comentarios e ideas, las cuales fueron substanciales en el desarrollo de la tesis.

A la Dra. Silvia Ibarra por prestarme las muestras de *E. crenulata* del proyecto CONACyT "Estructura y funcionamiento de una pradera de *Zostera marina* por medio de índices y modelos matemáticos" clave: 0263-N9107 y 3875-T9401.

Al Dr. Oscar Sosa, por permitirme usar su equipo óptico para la captura de las imágenes digitales.

Al Dr. Eric Mellink por permitirme usar un espacio en su laboratorio.

A la Dra. Victoria Díaz por prestarme su equipo óptico para tomar las diapositivas.

A Beatriz Contreras y Martín Escoto por su amistad y ayuda en el campo, además por sus atinados comentarios sobre la tesis.

A mi querido amigo Leonardo Inclán, compañero de cubículo, con quien compartí comentarios relacionados con nuestras tesis, y algunos otros sobre temas escabrosos.

A mi buen amigo Rubén Ríos, por su gran ayuda a distancia y por darse el tiempo para responder a mis consultas.

A todos mis compañeros de generación por su amistad, en especial a Adriana Romero por compartir momentos de confusión existencial.

Al Ing. Celerino Montes por sus consejos sobre la redacción de la tesis.

Al Oc. Cesar Almeda por su ayuda, siempre oportuna, en lo relacionado con las computadoras.

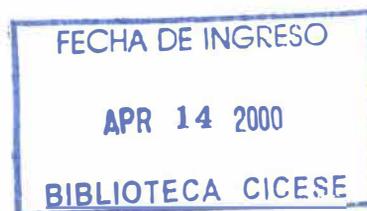
Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por todo el apoyo brindado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el otorgamiento de la beca crédito para financiar la maestría.

Contenido

Página.

I. Introducción.....	1
I.1 Objetivos	2
I.2 Hipótesis	2
I.3 Taxonomía y su distribución geográfica del género <i>Erichsonella</i>.....	2
I.4 <i>Erichsonella crenulata</i>.....	4
I.5 Crecimiento y reproducción en Isópodos.....	4
I.6 Locomoción	6
I.7 Presiones de Selección Natural.....	7
II. Antecedentes.....	9
III Métodos y materiales.	12
III.1 Obtención de las muestras para el estudio de la tuberculación:	12
III.2 Montaje del sistema óptico	13
III.3 Imágenes de Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).	15
III.4 Observaciones en el laboratorio.....	15
III.6 Pruebas Estadísticas.....	16
IV. Resultados	18
IV.1 Morfología.....	18
IV.2 Observaciones en campo y laboratorio.	27
V. Discusión.	32
V.1 Sobre la morfología, en especial la tuberculación.....	32
V.1.1 Tamaño del depredador y de la presa.....	34
V.1.2 Comportamiento del depredador y de la presa.....	36
V.1.3 Polimorfismos de la coloración críptica.....	38
V.1.4 Complejidad del hábitat.....	38
V.2 Sobre los patrones reproductivos.	40
VI. Conclusiones.....	44
Glosario.....	45
Literatura citada:	47



Lista de figuras

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Diferencias de anchura del cuarto y sexto somito en hembras reproductivas y no reproductivas.	19
2	Fotografías del microscopio electrónico de barrido (MEB).	21
3	Frecuencia de organismos con y sin espinas en cada clase de talla y porcentaje de organismos con espinas en cada clase.	22
4	Porcentaje del número de espinas en las diferentes categorías y su relación con la longitud del cuerpo.	24
5	Frecuencia del tamaño relativo de las espinas en cada categoría.	25
6	Tamaño relativo de las espinas contra la longitud del cuerpo.	26
7	Hipótesis sobre el desarrollo ontogénico del tamaño de las espinas.	28

Lista de Tablas

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
I	Especies del género <i>Erichsonella</i> y su distribución geográfica	3
II	Especies del género <i>Erichsonella</i> con espinas en el dorso. Según Ohlin (1901), Brusca y Wallerstein (1977) y Pires (1984). Los números de especímenes son de Pires (1984) excepto los de <i>E. nordenskjöldi</i> .	11
III	Organismos medidos en cada una de las muestras.	14
IV	Comparación de tallas (mm) con las registradas en otros trabajos. Máximas y mínimas de <i>Erichsonella crenulata</i> .	18
V	Número de organismos con espinas.	20
VI	Prueba de comparación múltiple de Tukey. Comparación de las proporciones de organismos con espinas entre todas las categorías.	20
VII	Datos de <i>E. crenulata</i> . En las últimas dos columnas se anota el porcentaje más alto de los organismos con espinas en los pereionitos I-IV ó I-V.	23
VIII	Grupos que se forman entre las categorías al realizar una prueba de Tukey.	27
IX	Observaciones sobre la reproducción en el laboratorio	31
X	Variación de las espinas del dorso en los diferentes estadios de <i>E. filiformis</i> (Tomada de Pires, 1984).	33
XI	Duración en días del desarrollo embrionario en varias especies de Idoteidos.	43

NUEVOS ASPECTOS DE HISTORIA DE VIDA, FORMA Y FUNCIÓN DE
Erichsonella crenulata MENZIES, 1950 (CRUSTACEA: ISOPODA: VALVIFERA).

I. Introducción.

Para entender las relaciones con su medio biótico y abiótico de un organismo cuya forma y tamaño cambia en órdenes de magnitud a lo largo de su vida es necesario considerar todas las etapas de su ciclo de vida, el tiempo de duración y la morfología de cada una de ellas. El estudiar la forma de un organismo nos da información de cómo interactúa con su medio y también de cuáles han sido algunas de las presiones selectivas que han actuado sobre él.

Este trabajo tiene como objetivo elucidar las posibles funciones biomecánicas y de defensa a la depredación, de las espinas presentes en el dorso que son un carácter polimórfico de *Erichsonella crenulata* Menzies 1950. *E. crenulata* es un isópodo que habita en praderas de *Zostera marina*, pasto marino de las costas de California y norte de Baja California. Se valora la influencia del hábitat y de la depredación en la morfología. Se identifica un posible valor adaptativo de la gran variabilidad en número y tamaño de las espinas presentes en la línea mediadorsal del margen posterior de los pereionitos de *E. crenulata*. Se enfatiza el posible significado adaptativo de dichas espinas en la trayectoria evolutiva de la especie, el cual podría extenderse a la escala genérica, ya que este carácter morfológico parece ser un rasgo común en 5 de las 7 especies que se incluyen en el género *Erichsonella* (Pires, 1984; Wägele, 1991). Se consideran las diferentes etapas de desarrollo del isópodo y se discute la posible función de las espinas en cada fase. Por último se

abordan nuevos aspectos relacionados con el patrón de crecimiento y la reproducción de las hembras de *E. crenulata* y que aportan información nueva sobre la reproducción en la especie y posiblemente del género.

1.1 Objetivos.

General: Determinar las funciones biomecánicas y de defensa de las espinas presentes en el dorso del isópodo *E. crenulata*.

Particular: (1) Determinar la proporción entre el largo de las espinas y el largo del cuerpo; (2) su contribución como defensa a la depredación; y (3) describir comportamientos con base en observaciones en el laboratorio.

1.2 Hipótesis.

Las espinas presentes en el dorso de los organismos de menor talla tienen funciones para:

- ⇒ Eludir la depredación
- ⇒ Modificar el arrastre
- ⇒ Mejorar la sujeción a las hojas de *Zostera marina*.

1.3 Taxonomía y distribución geográfica del género *Erichsonella*.

El género *Erichsonella* Benedict in Richardson, 1901, forma parte de la Familia Idoteidae, y del suborden Valvifera. Según Brusca (1984) este es el suborden más distinto entre los isópodos, con dos características únicas:

1) Los urópodos¹ están unidos lateralmente al pleotelson para formar una cámara respiratoria que protege a los pleópodos (Poore y Lew Ton, 1993); y

2) En las coxas de los pereiópodos poseen placas dorsales y ventrales.

Erichsonella se distingue, entre otras características, porque su segunda antena tiene un flagelo uniarticulado; sus palpos maxilopodales están compuestos por cuatro artículos y su pleotelson comprende sólo un somito fusionado y sin líneas de sutura (Wägele, 1991).

Se ha realizado un estudio monográfico sistemático del género *Erichsonella* (Pires, 1984), aunque incluye algunas imprecisiones no resueltas. Según Kensley y Schotte (1999) son siete las especies que se incluyen en este género. Respecto a su distribución geográfica conocida, cinco son del Océano Atlántico (Pires, 1984; Wägele, 1991) y dos se han encontrado en el Océano Pacífico (Brusca y Wallerstein, 1979) (Tabla I).

Tabla I. Especies del género *Erichsonella* y su distribución geográfica.

Especies de <i>Erichsonella</i>	Distribución geográfica conocida	Hábitat
<i>E. filiformis</i> (Say, 1818);	Desde Massachusetts, E.U.A. hasta Sao Paulo, Brasil.	Fondos de arena y grava, algas, pastos
<i>E. attenuata</i> (Harger, 1874);	Desde Nueva Jersey hasta el Sur de Florida y Sureste del Golfo de México.	<i>Enteromorpha</i> , sobre pastos marinos y planicies lodosas
<i>E. floridana</i> Benedict in Richardson, 1901;	Sur de Florida.	Algas y planicies lodosas
<i>E. nordenskjöldi</i> (Ohlin, 1901);	Patagonia (<i>sic</i>).	Desconocido
<i>E. crenulata</i> Menzies, 1950;	Sur de California y Norte de Baja California.	<i>Zostera marina</i>
<i>E. isabelensis</i> Menzies, 1951;	Endémica de las costas de Texas.	Desconocido
<i>E. cortezi</i> Brusca y Wallerstein, 1977	Norte del Golfo de California.	<i>Sargassum</i> sp.

¹ Al final del trabajo se presenta un glosario de términos.

Las especies del género *Erichsonella* habitan en regiones tropicales y templadas del continente americano; se han encontrado sobre algas, en planicies lodosas, entre pastos marinos y sobre bancos de ostiones (Pires, 1984).

1.4 *Erichsonella crenulata*.

A *Erichsonella crenulata* siempre se la ha encontrado formando parte de la fauna asociada a las praderas de *Zostera marina*. Existen registros de esta especie en Newport, California y en la Bahía de San Quintín, Baja California (Menzies, 1950, 1962), también ocupa el mismo ambiente en el Estero de Punta Banda, al Sur de Ensenada, Baja California (Escoto-Rodríguez, 1996). Entre los principales beneficios que las praderas de pastos marinos pueden conferir a la fauna asociada a ellas podemos mencionar la abundancia de las fuentes alimenticias y de los refugios a la depredación (Orth, 1992).

1.5 Crecimiento y reproducción en Isópodos.

El crecimiento en crustáceos, incluyendo a los isópodos, ocurre por una serie de mudas o écdysis, que separan a diferentes estadios. La tasa de crecimiento está determinada por el incremento de talla en cada muda (incremento de muda) y el intervalo de tiempo entre mudas sucesivas (periodo intermuda). Estos factores no se mantienen constantes con el crecimiento sino que generalmente a mayor talla el periodo intermuda se alarga y el porcentaje del incremento de muda decrece. El incremento en talla de los organismos puede continuar indefinidamente, sin embargo también se ha observado que la muda puede cesar en un estadio particular, en el que el organismo entra en un estado llamado anécdysis terminal. El crecimiento frecuentemente es acompañado de cambios en proporciones así

como también en talla, fenómeno conocido como crecimiento alométrico o relativo. Usualmente el cambio en forma es progresivo a través de una secuencia de mudas, pero algunas veces pueden ocurrir cambios particularmente marcados en una sola muda, cambios que en casos extremos son registrados como una metamorfosis (Hartnoll, 1985).

La reproducción en los isópodos, está íntimamente ligada al fenómeno de la muda e involucra los procesos de la cópula, la puesta y la incubación. La cópula sólo es posible cuando la hembra recién ha mudado. La muda ocurre en dos etapas, primero se descarta el exoesqueleto de la parte posterior del cuerpo y después la parte anterior; luego de la primera etapa se lleva a cabo la cópula y como resultado de la segunda etapa, las hembras forman una bolsa incubadora o marsupio dentro del cual se depositan los huevos (Schram, 1986).

Típicamente el macho toma a la hembra en un abrazo precopulatorio (amplexus), la lleva bajo su cuerpo por varios días hasta que la muda copulatoria ocurre y se aparea con ella antes de dejarla libre (Schram, 1986). Los huevos se desarrollan dentro del marsupio (desarrollo marsupial) y los críos son liberados al medio en estadio de mancas, las cuales tienen, en su mayoría, un desarrollo epimórfico (McLaughlin, 1980). Las mancas están listas para alimentarse tan pronto como dejan el marsupio. Este hábito precoz incrementa el éxito reproductivo por minimizar la demanda energética sobre la madre y acelera su potencial de regresar a la población reproductiva. Esto hace también que las mancas entren en cierta competencia con los adultos (Schram, 1986).

El estudio de los patrones reproductivos de isópodos se facilita en particular porque en las hembras se puede identificar fácilmente una muda de pubertad cuando aparecen los osteguitos (laminas que forman el marsupio en los esternitos 1 a 5) (Hartnoll 1985).

Dependiendo del número de estadios de intermuda post-púberes, los isópodos pueden presentar crecimiento determinado o indeterminado, esto es que pueden tener respectivamente solo uno o varios periodos de intermuda post-púberes. *E. crenulata* presenta un crecimiento indeterminado.

De acuerdo a los diferentes patrones reproductivos de crustáceos descritos por Hartnoll (1985), existen hembras de isópodos que presumiblemente ponen huevos en una sola ocasión durante toda su vida y se les llama semélparas; a las que se reproducen más de una vez se les llama Iteróparas.

Kjennerud (1950) y Hartnoll (1985) mencionan que en la Iteróparia parece existir una regla aplicable a los isópodos y a otros crustáceos: cuando las mancas dejan el marsupio, la hembra siempre muda y pasa por un estadio de descanso en el cual los osteguitos no se desarrollan. Aquí presentamos evidencia de un patrón reproductivo iteróparo no alternante, sino más bien continuo.

1.6 Locomoción.

Las formas de locomoción ambulatoria y natatoria en los isópodos, son discretas y están regionalizadas: los pereiópodos son casi exclusivamente ambulatorios excepto para el primer par, el cual es frecuentemente utilizado en la alimentación (Hessler, 1982). El nado se lleva a cabo por los pleópodos, los cuales tienen también una función respiratoria (Schram, 1986). En los valvíferos los pleópodos están protegidos dentro de una cámara formada por el pleotelson y los urópodos modificados (Poore y Lew Ton, 1993). Todo esto sugiere que la capacidad natatoria en los valvíferos es limitada. Sin embargo, mancas y adultos de muchas especies de Idoteidos son capaces de nadar pequeñas distancias (Lee y

Gilchrist, 1972; Wallerstein y Brusca, 1982; y Brusca 1984).

1.7 Presiones de Selección Natural.

El concepto más simple de selección natural es que entre numerosas variaciones individuales aquellas que estén mejor “adaptadas” a las condiciones de vida podrían sobrevivir y reproducirse en mayor proporción que las que no lo están. Una adaptación se puede entender como la aptitud de una estructura o de un organismo a su ambiente o estilo de vida, como un resultado de una selección anterior (Mayr, 1991).

Una definición más precisa es que la selección natural es la capacidad diferencial de distintos genotipos de contribuir al pool de genes de la siguiente generación. Debemos tener en mente que la selección natural actúa solamente sobre el fenotipo (Minkoff, 1983).

La función y la forma de alguna estructura o de un organismo son resultado de presiones de selección natural. La morfología representa aspectos de la relación entre los organismos y su ambiente (Ricklefs y Miles, 1994). Sin embargo, la forma y función no necesariamente son la ideal o la máxima sino la que se ha obtenido por restricciones ontogénicas y de compromisos entre necesidades contradictorias o cuando menos no complementarias.

El hecho de vivir en un fluido hace que la forma de un organismo esté adaptada a confrontar los arrastres propios del medio y de la escala; por lo que la mejor estrategia de estabilidad para un animal depende de dónde viva y cuál sea su hábitat (Denny, 1988).

Existen otras presiones selectivas en la relación depredador-presa, provocando lo que se conoce como carrera evolutiva, la presa evita ser comida y el depredador mejora sus técnicas para atrapar a su presa. Los eventos exitosos de depredación característicamente

siguen una serie de seis pasos o estados: encuentro, detección, identificación, ataque, sometimiento y consumo (Endler, 1991). Las presas tratan de romper esta secuencia tan rápido como sea posible por medio de defensas, mientras los depredadores tratan de llegar a la conclusión rápidamente por medio de contradefensas. La relación depredador-presa se ve afectada por diversos factores tales como el tamaño y forma de la presa y del depredador, los comportamientos de ambos y la complejidad del hábitat. Estos factores influyen sobre la disponibilidad o frecuencia de encontrar a la presa (Werner y Hall, 1974). La habilidad de la presa para evitar a un depredador dependerá de sus rasgos morfológicos y conductuales que han evolucionado en respuesta de la presencia del depredador (Orth *et al.* 1984).

Los isópodos son una fuente abundante de alimento para muchos peces (Lee y Gilchrist, 1972, Wallerstein y Brusca 1982) y se cree que la presión depredativa puede tener efecto sobre la trayectoria evolutiva de los isópodos, la cual puede verse reflejada en sus patrones de comportamientos y en los polimorfismos de color, forma y talla (Wallerstein y Brusca 1982; Ryer y Orth, 1987).

II. Antecedentes.

Son pocos los trabajos que se han hecho sobre *E. crenulata*. Menzies (1950) describió a *E. crenulata* con base en ejemplares de la Bahía de Newport California y también la registró para la Bahía de San Quintín (Menzies, 1962). Bretado (1987) intentó describir las variaciones de las poblaciones de cuatro isópodos en la Bahía da San Quintín, en los que se incluía a *E. crenulata*. El autor recolectó solo 35 organismos (dos machos, tres hembras y 30 juveniles) por lo que no pudo evaluar la dinámica poblacional. Escoto-Rodríguez (1996) estudió algunos aspectos ecológicos y poblacionales de *E. crenulata* en esa misma bahía. En ninguno de los trabajos anteriores se consideran aspectos de presión de selección natural.

Algunos estudios mencionan la relación entre el ambiente físico y la morfología de los Idoteidos. Por ejemplo, Naylor (1955a) menciona que puede haber alguna relación entre la acción de las olas y la morfología de algunas especies de *Idotea*. Apunta que de las siete especies que estudió, aquellas que son tolerantes a la acción de las olas (*I. pelagica* e *I. granulosa*) tienen el cuerpo más robusto y los apéndices más fuertes; los cuales son menos susceptibles a romperse y les permite sujetarse mejor. En ese estudio se encontró a *I. pelagica* sobre percebes, mitílidos y algas cafés y a *I. granulosa* sobre algas; los dos en zonas donde la acción de las olas era importante.

Lee y Gilchrist (1972) mencionan que *I. resecata* está bien adaptada para vivir sobre las hojas de *Zostera* y estipes de *Macrocystis*. Su cuerpo es largo, delgado y altamente flexible y se sujeta fuertemente al sustrato con los apéndices torácicos cuando es sometido a una acción fuerte de las olas.

La mayoría de los estudios sobre aspectos ecológicos y reproductivos de los isópodos de la familia Idoteidae, en la que se han reconocido alrededor de 20 géneros (Poore y Lew Ton, 1993), se han visto restringidos a especies europeas del género *Idotea* Fabricius, 1799 (Howes, 1939; Kjennerud, 1950; Naylor, 1955b; Sheader, 1977; Salemaa, 1979 y 1986; Healy y O'Neill, 1984; Kouwenberg y Pinkster, 1984 y 1985; Kouwenberg *et al.*, 1987; Kroer, 1989 y Guarino *et al.*, 1993b). Pocos han tratado sobre patrones reproductivos de Idoteidos del Pacífico Nororiental, por ejemplo: Lee (1966) y Lee y Gilchrist (1972) sobre *Idotea*; Stebbins (1989) sobre *Colidotea* Richardson, 1905 y Escoto-Rodríguez (1996) sobre *E. crenulata*. Escoto-Rodríguez (1996) menciona que probablemente las hembras sean semélparas.

En relación con las espinas presentes en la línea mediadorsal en el margen posterior de cada uno de los somitos o pereionitos de *E. crenulata*, Brusca y Wallerstein (1977) mencionan que en los especímenes tipo la hembra posee espinas dorsales cortas sobre los pereionitos I-V y una elevación trituberculada sobre el cefalón y que los machos carecen tanto de espinas periales como de los tubérculos sobre la elevación cefálica. También mencionan que parece ser un carácter dimórfico sexual en este isópodo.

Brusca y Wallerstein (1977) mencionan que cinco especies de *Erichsonella* conocidas para Norteamérica poseen espinas dorsales: *E. cortezi*, Brusca y Wallerstein 1977, *E. crenulata*, Menzies 1950, *E. floridana* Benedict (en Richardson, 1901), *E. filiformis tropicalis*, Menzies y Glynn, 1968 y *E. pseudoculata* Boone 1923. Esta última especie Pires (1984) la reubicó en el género *Ronalea* (Tabla II).

Wallerstein y Brusca (1982) mencionan que ornamentaciones similares presentes en

E. cortezi posiblemente contribuyen a los hábitos crípticos del organismo o dificultan la manipulación del isópodo por parte de los depredadores.

Pires (1984) hizo una revisión taxonómica del género *Erichsonella* y en su estudio cladístico consideró a los tubérculos dorsales como un carácter apomórfico. Revisó sólo seis especies y sólo ocho especímenes de *E. crenulata* (Tabla II). Menciona que “el estudio de la tuberculación mostró que las espinas y la elevación cefálica parecen incrementarse en talla con la longitud del animal y son más prominentes en hembras que en machos; las espinas en los pereionitos se van haciendo progresivamente más pequeñas de la parte anterior a la posterior”.

Tabla II. Especies del género *Erichsonella* con espinas en el dorso. Según Ohlin (1901), Brusca y Wallerstein (1977) y Pires (1984). Los números de especímenes son de Pires (1984) excepto los de *E. nordenskjöldi*. J = Juveniles. ND = No determinado.

Especie	Número de especímenes				Presencia de tubérculos			Pereionitos con espinas
	♂	♀	J	Total	Pires, 1984	Brusca y Wallerstein (1977)	Ohlin (1901)	
<i>E. filiformis</i>	16	21	24	61	Sí	Sí		Ver tabla IX
<i>E. attenuata</i>	81	73	22	176	No	No		
<i>E. floridana</i>	ND	ND	ND	148	Sí	Sí		I-IV, I-V, I-VII
<i>E. isabelensis</i>	2	2		4	No	No		
<i>E. cortezi</i>	1			1	Sí	Sí		I-IV, I-V
<i>E. crenulata</i>	3	2	3	8	Sí	Sí		I-V
<i>E. nordenskjöldi</i>				5			Sí	I-VII

III. Métodos y materiales.

III.1 Obtención de las muestras para el estudio de la tuberculación.

Se analizaron 2093 especímenes de *E. crenulata* colectados en la Bahía de San Quintín en los años de 1993 y 1994 durante el proyecto CONACyT "Estructura y funcionamiento de una pradera de *Zostera marina* por medio de índices y modelos matemáticos" (0263-N9107, 3875-T9401) que estuvo bajo la dirección de la Dra. Silvia Ibarra Obando. Los especímenes fueron separados por fecha de colecta siguiendo las cuatro categorías de Stebbins (1989) y agregando una más: hembras reproductivas; ya que éstas son siempre de mayor talla y tienen el cuerpo más ancho que las no reproductivas.

(1) Mancas: individuos recientemente liberados del marsupio; con sólo 6 pares de pereiópodos; sin caracteres sexuales.

(2) Juveniles: individuos pequeños con el séptimo par de pereiópodos apenas desarrollado, pero no funcional; sin caracteres sexuales.

(3) Machos: adultos con los 7 pares de pereiópodos totalmente desarrollados y funcionales; con pene presente.

(4) Hembras no reproductivas: adultos con los 7 pares de pereiópodos totalmente desarrollados y funcionales; sin pene, sin osteguitos.

(5) Hembras reproductivas: adultos con los 7 pares de pereiópodos totalmente desarrollados y funcionales; sin pene, con osteguitos.

Para separar los individuos con espinas pereionales de los que no tenían en cada una de las muestras se utilizó un microscopio estereoscópico Wild M5A.

III.2 Montaje del sistema óptico.

En el laboratorio se montó un sistema óptico-electrónico de captura y análisis de imágenes digitales de *E. crenulata* para determinar el tamaño del animal y de sus espinas. El sistema consta de un microscopio estereoscópico Wild M5A provisto con una cámara de vídeo tipo CCD (Charge-Coupled Device - COHU solid state camera mod. 4815-5000/000) conectada a un monitor monocromático (Electrohome), éste unido a su vez a una computadora. Se hicieron varios ensayos para encontrar la distancia focal y la mejor iluminación para que la imagen fuera lo más nítida posible y resaltando las espinas.

Para medir las estructuras de interés se bajó de la página pública en Internet del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos (NIH, por sus siglas en inglés) el programa de dominio público para procesar imágenes NIH Image V1.62 (<ftp://zippy.nimh.nih.gov/pub/nih-image/>). Además, para calibrar el sistema de medición se capturaron las imágenes de reglillas micrométricas Wild en diferentes aumentos o ampliaciones (12X y 25X) para utilizarlas como referencia en la escala.

Los organismos se colocaron en vista lateral para que en la imagen capturada las espinas dorsales fueran visibles. Se midió el largo del cuerpo desde el extremo distal del cefalón hasta la punta del pleotelson (Sheader, 1977; Salemaa 1979 y 1986; Healy y O'Neill, 1984; Kroer, 1989; y Stebbins, 1989), tratando de seguir el contorno de la imagen. El tamaño de las espinas se midió desde su base hasta el ápice. La base de las espinas se determinó trazando una línea imaginaria de extremo a extremo de cada pereionito con espina, y después se midió desde el ápice de la espina hasta esta línea en forma perpendicular. En las muestras en donde el número de especímenes era mayor a 30, por

conveniencia estadística se tomaron submuestras de 30 organismos. Se trató de mantener la misma proporción de individuos con espinas que en la muestra total (Tabla III). Los especímenes se colocaron en una rejilla enumerada y los 30 organismos fueron seleccionados usando números aleatorios

Algunos autores mencionan que las hembras reproductivas de *Idoteidos* tienen el cuerpo más ancho que las no reproductivas (Naylor, 1955b; Wallerstein y Brusca, 1982; Stebbins, 1989). Si esta diferencia es significativa en las hembras de *E. crenulata*, entonces la categoría de las hembras reproductivas se justifica ya que en realidad habría una diferencia morfológica importante entre ambos grupos. Para poder probar esto, se midió el ancho del cuarto y sexto somito de 15 hembras de cada uno de los estadios. Se eligieron estos somitos porque el cuarto es el más ancho y además forma parte del marsupio y el sexto es el primer somito que no forma parte de éste. Aquí los organismos se colocaron en vista dorsal, para que el ancho de los somitos fuera notorio en las imágenes. Estas hembras también fueron seleccionadas aleatoriamente.

Tabla III. Organismos medidos en cada una de las muestras. C = número de organismos con espinas. S = número de organismos sin espinas. Tot. = número total de organismos y porcentaje total de organismos con espinas en cada una de las muestras. Se reporta también los meses en que fueron tomadas las muestras. Las muestras en que se tomaron submuestras están enmarcadas.

Muestras	Machos				Hembras no reproductivas.				Hembras reproductivas				Juveniles				Mancas			
	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%
Feb. 93	2	27	29	6.9	6	24	30	20	1	4	5	20	0	4	4	0	0	1	1	0
Mar.	3	3	6	50	3	1	4	75	1	0	1	100								
Abr.	4	6	10	40	12	2	14	85.7	0	2	2	0	2	1	3	66.7	1	0	1	100
May.	13	21	34	38.2	18	7	25	72					3	1	4	75				
Jul.	22	7	29	75.9	29	0	29	100	30	0	30	100	22	8	30	73.3	14	16	30	46.7
Sep.	22	12	34	64.7	31	7	38	81.6	27	2	29	93	22	11	33	66.7	12	18	30	40
Nov.					10	20	30	33.3	6	3	9	67	1	4	5	20	0	4	4	0
Ene. 94	2	10	12	16.7	2	10	12	16.7	0	1	1	0	2	2	4	50	0	3	3	0
Total	68	86	154	44.2	111	71	182	61	65	12	77	84	52	31	83	62.7	27	42	69	39.1

III.3 Imágenes de Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

Para poder observar a detalle la morfología e inserción de las espinas se obtuvieron imágenes de dos machos y dos hembras, con acercamientos a las espinas del isópodo con un microscopio electrónico de barrido Jeol 35C. Uno de los machos y una de las hembras con espinas notorias y el otro par con espinas pequeñas. Los organismos se fijaron sobre los portamuestras con una cinta adhesiva. Se dejaron secar por 24 horas a temperatura ambiente. Antes de meter los organismos a la cámara del microscopio, se recubrieron con carbón.

III.4 Observaciones en el laboratorio.

Escudriñando las hojas de *Z. marina* se recolectaron especímenes vivos de *E. crenulata* en el Estero de Punta Banda, B. C., el día Sábado 8 de Mayo de 1999 (día 1) y se mantuvieron en el laboratorio en un acuario de 14 galones de capacidad provisto de un filtro cascada. Se recolectaron también algunos tallos de *Z. marina* para tratar de recrear en el acuario un microhabitat parecido al natural y para que sirvieran como fuente alimenticia para los animales. La temperatura del agua en el acuario varió entre 19 y 22°C. Los animales fueron sexados siguiendo los criterios de Stebbins (1989). El acuario fue continuamente revisado con el fin de encontrar parejas en abrazo de precópula y observar por tamaño y sexo la posición preferida en la planta con respecto al substrato y la capacidad móvil de cada animal. Las parejas fueron extraídas del acuario y colocadas en cajas de Petri. Cuando fue posible se contó el número de mancas liberadas del marsupio y el número de huevos dentro del marsupio en la puesta siguiente. También se midió con un Vernier (de 0.1 mm de resolución) la longitud de los animales desde el extremo distal del cefalón hasta

la punta del pleotelson.

III.5 Pruebas Estadísticas.

Para buscar diferencias significativas en las proporciones, se aplicó una prueba de χ^2 que compara más de dos proporciones (Zar, 1996):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(X_i - n_i \bar{p})^2}{n_i \bar{p} \bar{q}} \quad (1)$$

Donde:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (2) \quad \bar{q} = 1 - \bar{p} \quad (3)$$

Se realizó una prueba de comparación múltiple Tukey, para buscar diferencias significativas entre las proporciones de los organismos con espinas y sin espinas en las diferentes categorías.

Se hicieron ANOVAs de una vía para buscar diferencias significativas en los promedios de las proporciones entre el tamaño de las espinas y la longitud del cuerpo de las diferentes categorías. Se realizaron también pruebas de Tukey *a posteriori* para buscar diferencias significativas entre grupos.

Para obtener la proporción del tamaño de la espina a tamaño del cuerpo se obtuvo el tamaño promedio de las espinas para cada organismo y se dividió entre el largo del cuerpo.

Se hicieron varios ejercicios modificando las categorías para tratar de encontrar un patrón en el tamaño de las espinas. En uno de ellos se agregó una categoría más: machos reproductivos. Aquí se agruparon todos los machos mayores a 11.50 mm. Se eligió esta

talla debido a que en todas las parejas en abrazo de precópula observadas en el laboratorio el macho siempre fue mayor que la hembra y como esta es la talla mínima de las hembras reproductivas, ésta podría ser una buena estimación de la talla mínima para los machos reproductivos, aunque muy probablemente la talla mínima sea mayor en realidad. En otro ejercicio se agruparon las hembras en una sola categoría. En el último ejercicio, se agruparon las categorías hembras reproductivas y machos reproductivos en una sola categoría: adultos reproductivos; y las hembras y machos no reproductivos en otra categoría: adultos.

A los datos se les aplicó una transformación arcoseno. Se hicieron ANOVAs para buscar diferencias en los promedios de las proporciones entre el tamaño de las espinas y la longitud del cuerpo de las diferentes categorías. Se realizaron también pruebas de Tukey *a posteriori* para saber entre que grupos había diferencias significativas.

Se realizó una prueba t para comparar las medias de las diferencias entre los somitos 4 y 6 de las hembras reproductivas y no reproductivas. Se usó un $\alpha = 0.05$ para probar las hipótesis nulas apropiadas.

IV. Resultados.

IV.1 Morfología.

Las longitudes máximas y mínimas del cuerpo de *Erichsonella crenulata* por categoría se presentan en la tabla IV. La mayoría de las longitudes medidas caen dentro del intervalo de medidas obtenidas con otro método en un trabajo previo con las mismas muestras (Escoto-Rodríguez 1996) y son similares a las longitudes reportadas en otros trabajos (Menzies, 1950 y Bretado, 1987). Sólo la longitud máxima de los machos y la longitud mínima de los juveniles están fuera del intervalo.

La longitud del cuerpo de las hembras reproductivas es mayor que la de las hembras no reproductivas. Existe también una diferencia significativa entre el ancho de las hembras reproductivas y no reproductivas (Fig. 1). En las hembras reproductivas la diferencia entre el ancho del cuarto somito, el cual forma parte del marsupio, y del sexto que no forma parte de éste, es mayor que en las hembras no reproductivas.

Tabla IV. Comparación de tallas (mm) con las registradas en otros trabajos. Máximas y mínimas de *Erichsonella crenulata*. Menzies (1950) y Bretado (1987) reportan sólo las tallas máximas y no mencionan la condición de la hembra.

Categoría	Menzies (1950)	Bretado (1987)	N	*Escoto-Rodríguez (1996)	*En este trabajo
Manca			149	2.51-4.21	2.63-3.99
Juvenil			168	3.66-5.67	3.53-5.45
♂	23	17	853	4.42-23.80	4.94-24.1
♀			704	4.87-14.67	5.07-13.7
♀ (reproductiva)	17	15	217	11.33-17.15	12.4-16.91

**Son las mismas muestras.

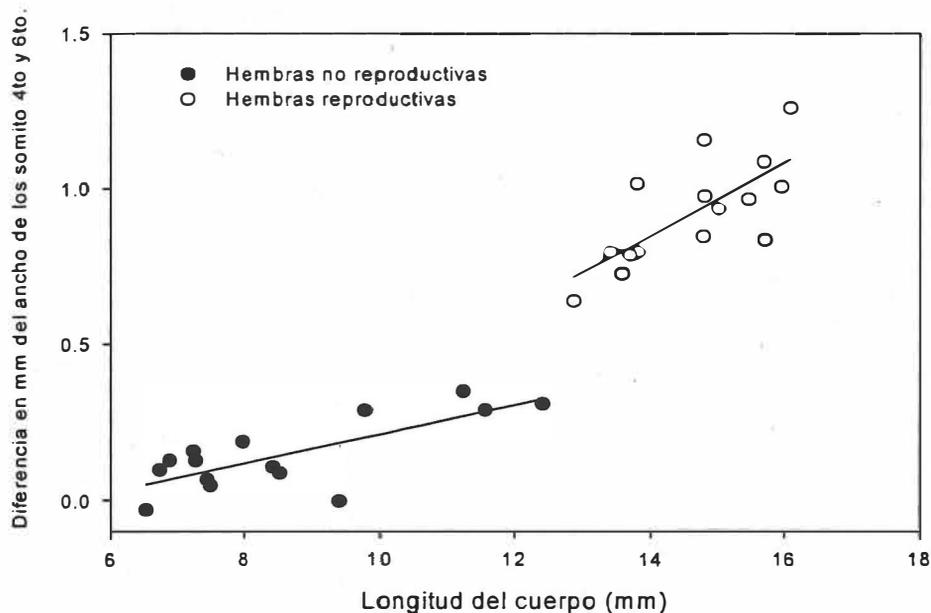


Figura 1. Diferencias de ancho entre cuarto y sexto somito en hembras reproductivas y no reproductivas.

Hembras reproductivas: $y = -.08008 + 0.118x$. $r^2 = 0.526$. $p < 0.002217$.

Hembras no reproductiva: $y = -0.2505 + .0465x$. $r^2 = 0.572$. $p < 0.001098$.

En las imágenes obtenidas del MEB se observó que las espinas presentes en el dorso de *E. crenulata* tienen forma cónica, están insertadas en ángulo recto en relación con el cuerpo del animal y no presentan ninguna articulación en la base (Fig. 2). Además, se muestra, en estas imágenes, una diferencia en el tamaño de las espinas en organismos del mismo sexo. El macho más grande tiene espinas muy pequeñas (Fig. 2 G y H).

En todas las categorías hay organismos con o sin espinas; sin embargo, las mareas de menor tamaño (2.63 – 3.09 mm) y los machos más grandes (15.5 – 24.1 mm) no presentan pereionitos claramente tuberculados (Fig. 3).

Sólo el 36 % de las mareas tienen espinas. En juveniles y hembras, alrededor del 80% de

los especímenes presentan espinas. De las hembras reproductivas el 94 % tienen espinas. El 50% de los machos presentan espinas (Tabla V). Comparando estas proporciones con la prueba de comparación múltiple de Tukey, no se encontraron diferencias significativas entre las proporciones de hembras y juveniles (Tabla VI).

Tabla V. Número de organismos con espinas (C), sin espinas (S), número total, y porcentaje de organismos con espinas en cada una de las muestras. Se reporta también los meses en que fueron tomadas las muestras.

Muestra	Machos				Hembras no reproductivas				Hembras Reproductivas				Juveniles				Mancas			
	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%	C	S	Tot	%
Feb. 93	2	28	30	6.67	6	24	30	20	1	4	5	20	0	4	4	0	0	1	1	0
Mar.	3	3	6	50	3	1	4	75	1	0	1	100								
Abr.	5	7	12	41.7	12	2	14	85.7	0	2	2	0	2	1	3	66.7	1	0	1	100
May.	13	27	40	32.5	18	7	25	72					3	1	4	75				
Jul.	137	86	223	61.4	203	0	203	100	56	0	56	100	87	8	95	91.6	41	49	90	45.6
Sep.	266	147	413	64.4	305	16	321	95	131	2	133	98	39	14	53	73.6	12	40	52	23.1
Nov.	5	122	127	3.94	10	84	94	10.6	6	3	9	67	1	4	5	20	0	4	4	0
Ene. 94	2	10	12	16.7	2	11	13	15.4	0	1	1	0	2	2	4	50	0	3	3	0
Total	433	430	863	50.2	559	145	704	79.4	195	12	207	94	134	34	168	79.8	54	97	151	35.8

Tabla VI. Prueba de comparación múltiple de Tukey. Comparación de las proporciones de organismos con espinas entre todas las categorías.

Comparación	Diferencias	SE	q	q.05, 5	Conclusión
Pb vs Pa	Pb-Pa				
♀ (reproductiva) vs Mancas	39.029	2.165	18.029	3.858	Se rechaza Ho
♀ (reproductiva) vs ♂	30.713	1.566	19.610	3.858	Se rechaza Ho
♀ (reproductiva) vs ♀	12.832	1.600	8.019	3.858	Se rechaza Ho
♀ (reproductiva) vs Juveniles	12.672	2.101	6.032	3.858	Se rechaza Ho
Juveniles vs Mancas	26.357	2.268	11.621	3.858	Se rechaza Ho
Juveniles vs ♂	18.040	1.706	10.575	3.858	Se rechaza Ho
Juveniles vs ♀	0.1595	1.737	0.092	3.858	No se rechaza Ho
♀ vs Mancas	26.197	1.814	14.440	3.858	Se rechaza Ho
♀ vs ♂	17.881	1.028	17.387	3.858	Se rechaza Ho
♂ vs Mancas	8.316	1.784	4.661	3.858	Se rechaza Ho

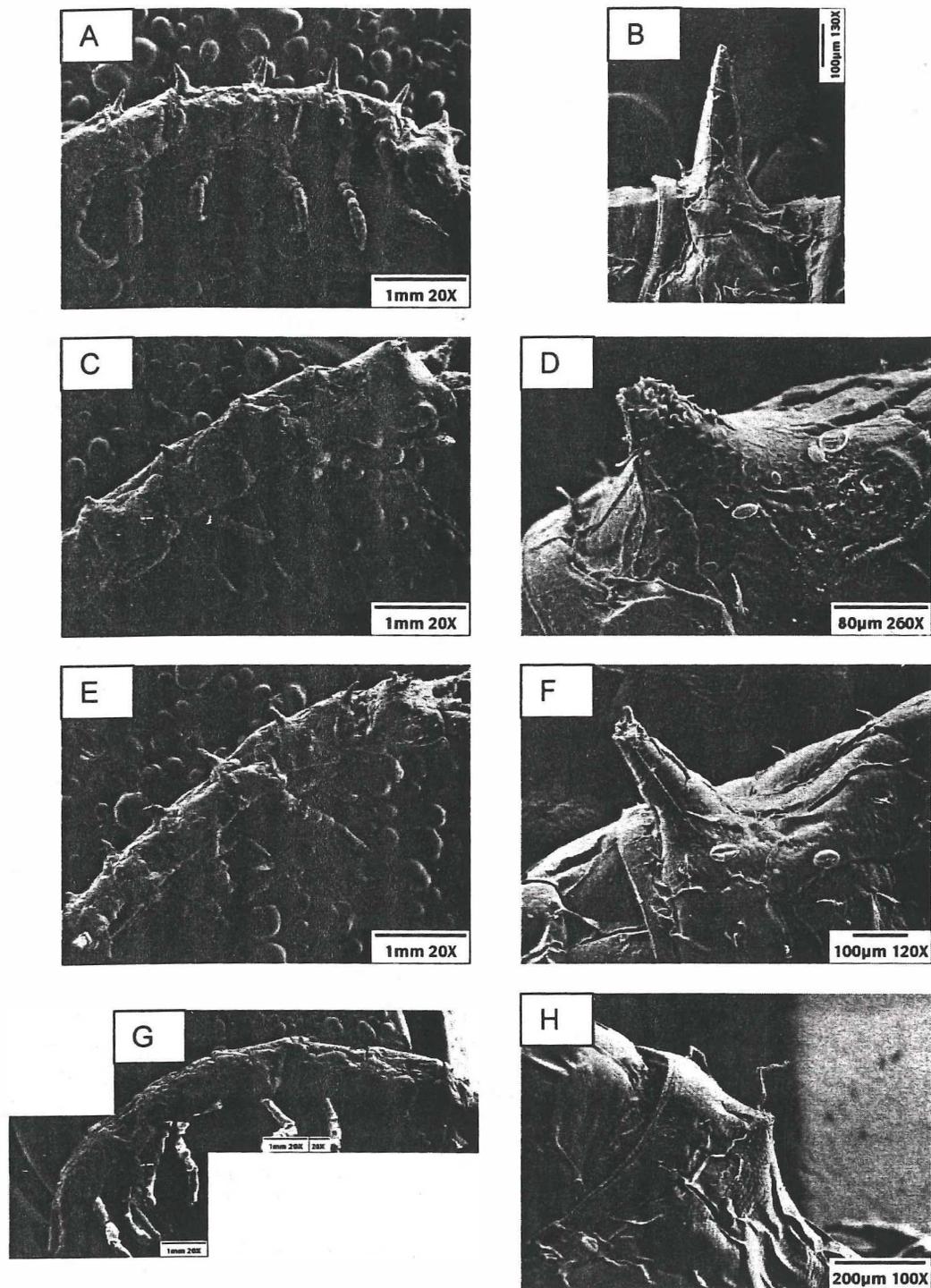


Figura 2. A) Hembra en vista lateral; B) Espina en pereionito 1; C) Hembra en vista lateral; D) Espina en pereionito 3; E) Macho en vista lateral; F) Espina en pereionito 2; G) Macho en vista lateral; H) Espina en pereionito 1. Ningún organismo se muestra completo.

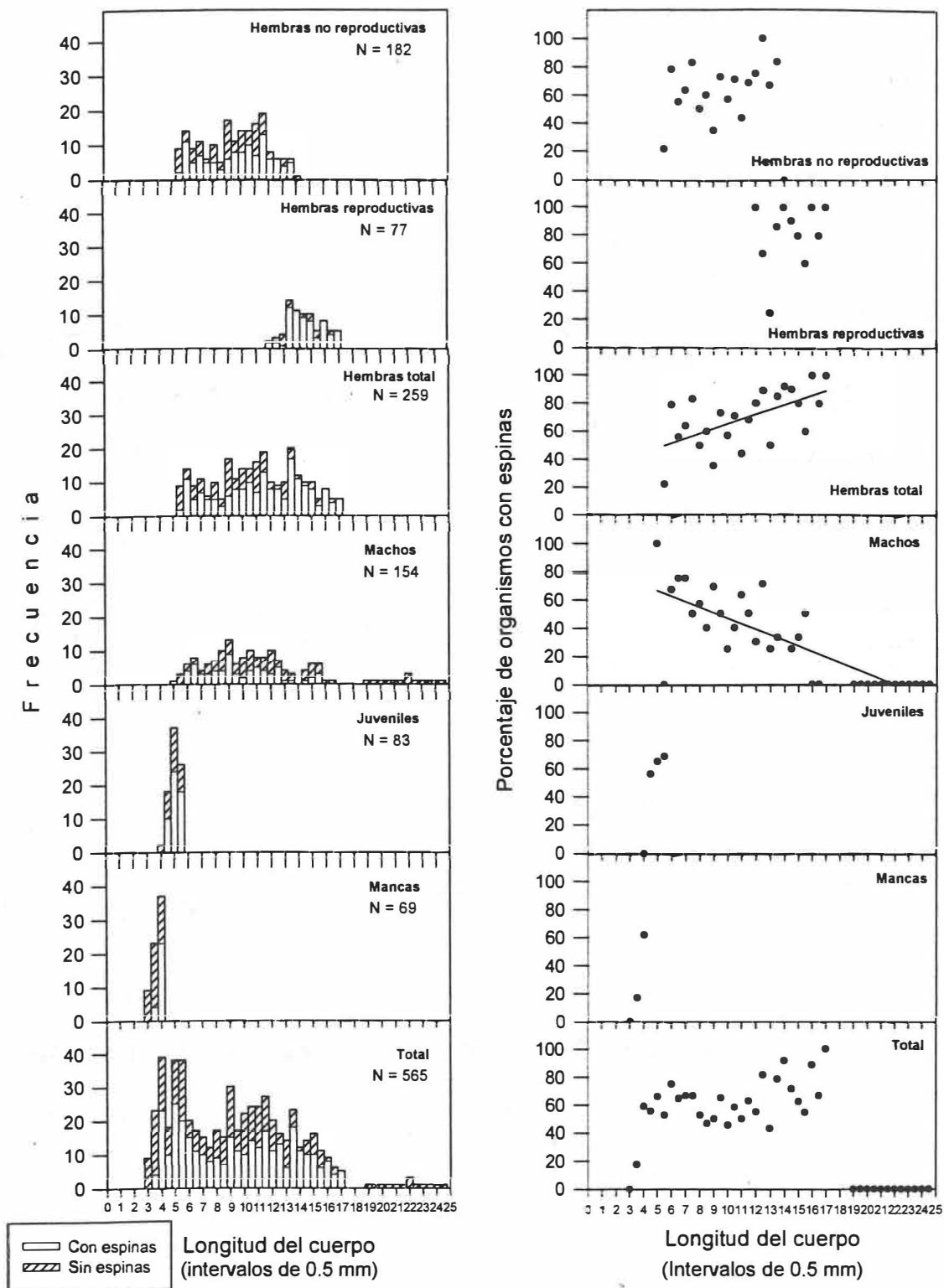


Figura 3. A la izquierda, frecuencia de organismos con y sin espinas en cada clase de talla; a la derecha, porcentaje de organismos con espinas en cada clase.

Para todas las Hembras: $y = 31.25 + 3.4 x$. $r^2 = 0.3523$. $p < 0.00223$.

Para todos los Machos: $y = 85.95 + (-3.92) x$. $r^2 = 0.6462$. $p < 0.000001$.

El porcentaje de hembras y mancás con espinas va aumentando cuando los individuos son más grandes, mientras que para los machos es al contrario; el porcentaje va disminuyendo en clases de mayor talla (Fig. 3).

El número de espinas notorias sobre la línea media dorsal del pereión es muy variable dentro de la especie y puede ser de dos o hasta siete. Las mancás pueden tener de tres a cinco, y todas las demás categorías de tres a siete. Solamente un juvenil tenía dos espinas (Fig. 4). El número más frecuente de espinas perionales es de cuatro ó cinco. Alrededor del 75 % de los especímenes con espinas las tienen en los pereionitos I-IV ó I-V (Fig. 5)(Tabla VII).

Tabla. VII. Datos de *E. crenulata*. N = tamaño de la muestra. Long. Con = longitud de organismos con espinas en mm. Long. Sin = longitud de organismos sin espinas en mm. En las últimas dos columnas se reportan el porcentaje de los organismos con espinas en los pereionitos I-IV ó I-V.

Categoría	N	Long. Con	Long. sin	Pereionitos con espinas	% I-IV	% I-V
Manca	69	3.09-3.99	2.63-3.99	I-III a I-V	70.4	
Juvenil	83	4.12-5.3	3.53-5.45	I-II a I-VII		38.5
♂	154	4.94-15.4	5.09-24.1	I-III a I-VII		39.71
♀	182	5.07-13.46	5.13-13.7	I-III a I-VII	39.64	
♀ (reproductiva)	77	11.59-16.91	12.4-16.2	I-III a I-VII		41.54
Total	565	3.09-16.91	2.63-24.1	I-II a I-VII	38.4	36.2

Los juveniles tienen las espinas proporcionalmente más grandes (0.039), después las hembras (0.034) y mancás (0.028), los machos son los que tienen las espinas proporcionalmente más pequeñas (0.025) (Fig. 6). En los ANOVAs en los que se modificaron las categorías se encontraron diferencias significativas entre los promedios de las diferentes categorías. En la tabla VIII se muestran los grupos que se forman al conocer entre cuales categorías existen diferencias significativas y entre cuales no, con ayuda de las pruebas *a posteriori* de Tukey.

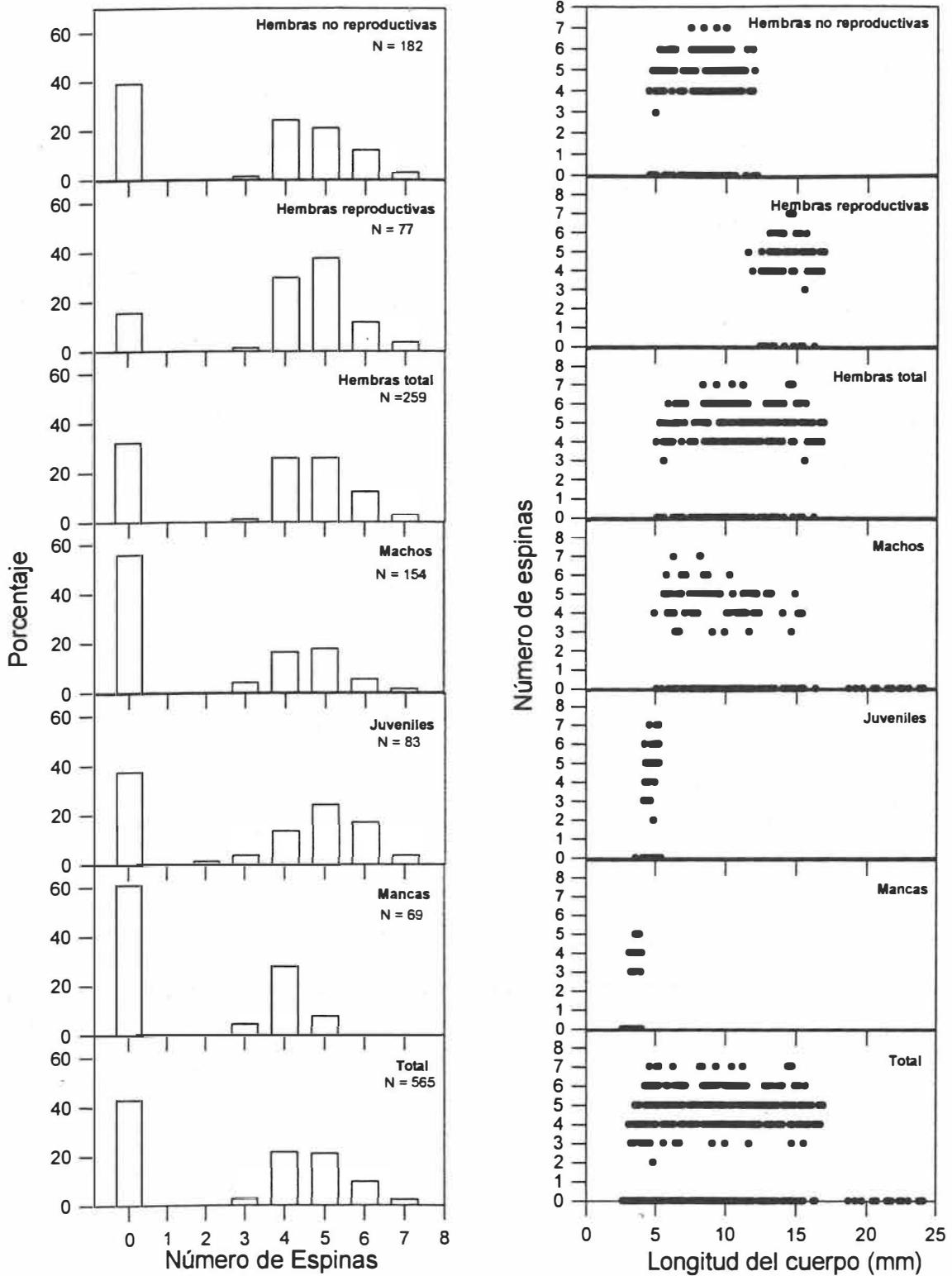


Figura 4. A la izquierda, porcentaje del número de espinas en las diferentes categorías; a la derecha, relación con la longitud del cuerpo.

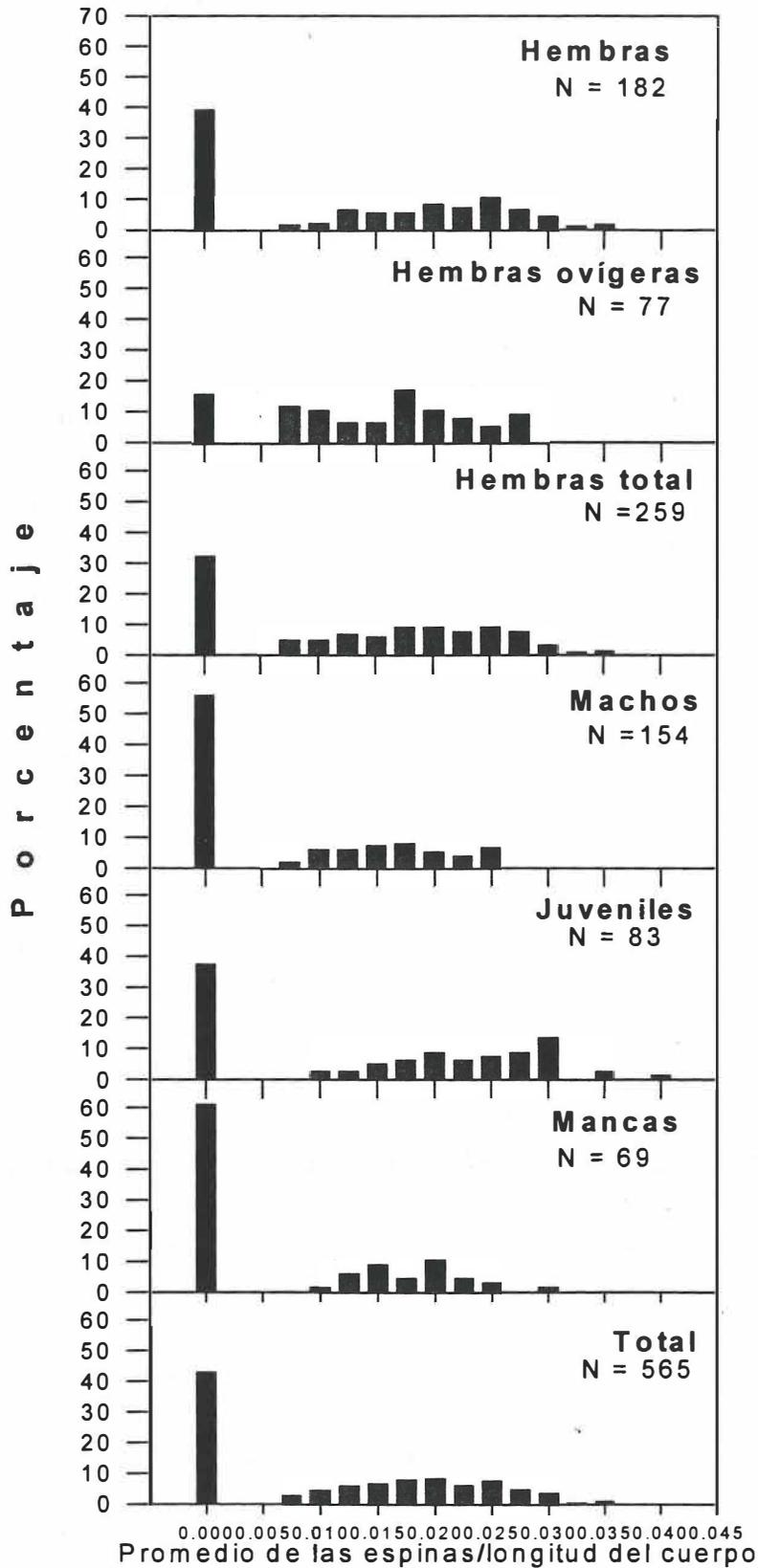


Figura 5. Porcentaje del tamaño relativo de las espinas en cada categoría.

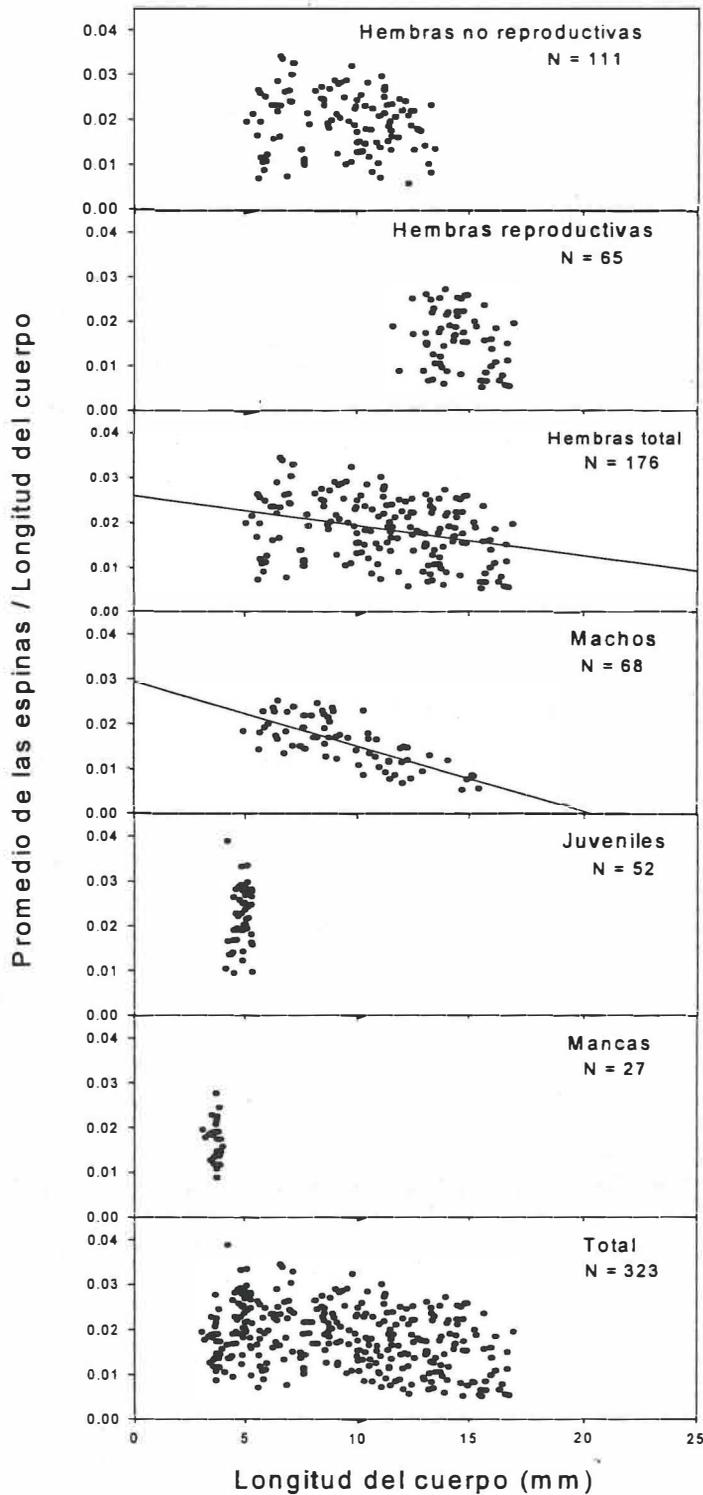


Figura 6. Tamaño relativo de las espinas contra la longitud del cuerpo.
 Para todas las Hembras: $y = 0.0259 + (-0.00068) x$. $r^2 = 0.098$. $p < 0.000024$.
 Para todos los Machos: $y = 0.0294 + (-0.00144) x$. $r^2 = 0.5363$. $p < 0.00001$.

Tabla VIII. Grupos que se forman entre las categorías al realizar una prueba de Tukey. La línea une a las categorías entre las cuales no hay diferencias significativas en el tamaño de las espinas.

Ejercicio	C a t e g o r í a s					
1	Juveniles	Hembras	Mancas	Machos		
	_____	_____	_____	_____		
2	Juveniles	Hembras	Mancas	Machos	Hembras rep	
	_____	_____	_____	_____	_____	
3	Juveniles	Hembras	Mancas	Machos	Hembras rep	<u>Machos rep</u>
	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4	Juveniles	Adultos	Mancas	Adultos rep		
	_____	_____	_____	_____		

Cuando se grafican los promedios del índice de las espinas contra el promedio de la longitud del cuerpo, se observa un posible patrón ontogénico en el desarrollo de las espinas (Fig. 7). Las espinas son más prominentes en los juveniles que en las demás categorías. En general, las hembras tienen espinas más grandes que los machos.

IV.2 Observaciones en campo y laboratorio.

De los 31 organismos colectados, 14 eran machos (14.4 ± 1.2 mm) ($X \pm SE$), 8 hembras (10.9 ± 1.3 mm; las cuatro más grandes tenían crías en el marsupio en el momento de ser colectadas), 2 juveniles (4.25 ± 0.25 mm) y 7 mancás (2.54 ± 0.03 mm). Seguramente, algunas de las mancás fueron liberadas del marsupio de alguna hembra ya en el recipiente de colecta.

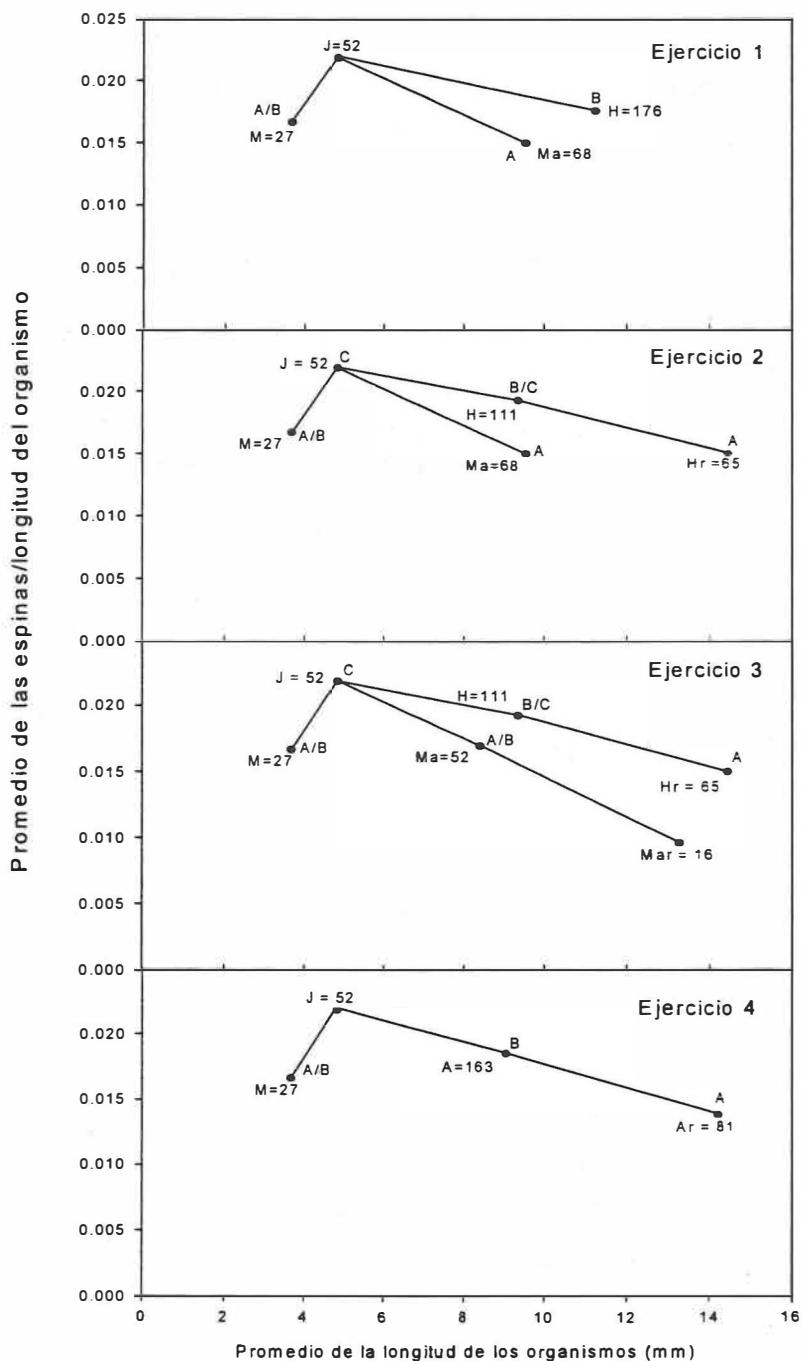


Figura 7. Hipótesis sobre el desarrollo ontogénico del tamaño de las espinas. M= mancas. J= Juveniles. H= Hembras. Hr= Hembras reproductivas. Ma= Machos. Mar= Machos reproductivos. A= Adultos. Ar= Adultos reproductivos. El número cerca del punto indica el tamaño de muestra para cada categoría; las letras iguales, indican entre que categorías no hay diferencias significativas.

De toda la epifauna de *Z. marina*, *E. crenulata* posiblemente sea el organismo más críptico. Es muy difícil observar individuos de esta especie sobre las hojas de este pasto. Los individuos de *E. crenulata* tienen una coloración críptica y presentan un polimorfismo de color que va del verde-pardo al café oscuro, y cubre toda la gama de colores que pueden tener las hojas de *Z. marina*.

Además, *E. crenulata* parece ser un organismo muy adaptado para caminar sobre las hojas de este pasto marino. Casi todo el tiempo los organismos están asidos de las hojas de *Z. marina*. Los más grandes alcanzan a abrazar la hoja completa a lo ancho; los individuos de talla aproximada a 15 mm tienen casi el mismo ancho que la mayoría de las hojas, lo que les permite sujetarse bien a ellas. Los de talla más pequeña, por ejemplo mancas y juveniles, se asen sólo de una de las orillas de la hoja. En el laboratorio se observó que pueden estar en cualquier parte de la planta. No se observó a ningún ejemplar de *E. crenulata* desplazarse vertical u horizontalmente en la columna de agua para moverse en una hoja, de una hoja a otra o entre partes de la planta o las plantas.

Todas las hembras reproductivas mudaron para tener una segunda puesta. La muda de las hembras se lleva a cabo entre los pereionitos IV y V. En todas las parejas observadas el macho fue siempre mayor que la hembra. El macho montó a la hembra de forma similar a la descrita por Kjennerud (1950), Sheader (1977) y Schram (1986).

El día de la colecta (día 1) se encontró a una pareja en precópula. La hembra tenía una longitud 12.5 mm y el macho de 20 mm. Al día 2, ya en el laboratorio, aún estaban en abrazo y del marsupio de la hembra salía una manca. Al día 3 por la mañana ya había mudado la parte posterior y en la tarde la parte anterior. En el día 4 por la mañana ya había cuando menos 17 huevos en el marsupio; el macho ya había soltado a la hembra.

El día 4 se encontró otra pareja de isópodos; la longitud de la hembra fue alrededor de 16 mm y del macho alrededor de 18 mm. Del marsupio de la hembra salieron 31 mancas. La hembra tardó aproximadamente tres días para mudar (día 7), primero la parte posterior y después de unas cinco horas, la parte anterior. Al siguiente día de haber mudado la hembra se pudo contar 29 huevos dentro del marsupio; el macho ya había soltado a la hembra.

El día 8 se encontró otra pareja en abrazo. La hembra medía 15 mm y el macho 17 mm. Del marsupio de la hembra salían los apéndices de una manca. Al siguiente día, se contaron 17 mancas. Seguían en abrazo precopulatorio. La hembra mudó al tercer día (día 11) a partir de que las mancas dejaron el marsupio. En el día 12 se contaron 25 huevos en el marsupio.

En el día 13 se encontró otra pareja de isópodos en precópula. La hembra de 15.5 mm de longitud y el macho de 17.1 mm. Cuando se sacó del acuario, las mancas ya habían dejado el marsupio, se observaron 5 de ellas en la misma hoja en que se encontraba la pareja. Al siguiente día la hembra ya había mudado, se contaron alrededor de 25 huevos dentro del marsupio.

El día 17 se encontró una pareja. La hembra media 15.5 mm y el macho 19.5mm. La hembra era la misma que la del día 8 y los huevos dentro del marsupio no estaban muy desarrollados. Para el día 22 había 9 críos fuera del marsupio. El día 23 la hembra agonizaba, el día 24 murió. Se pudo contar 19 críos fuera y 4 dentro del marsupio, los cuales no estaban completamente desarrollados y no sobrevivieron.

El día 48 se encontró otra pareja, la hembra es la misma del día 13. El día 49 las mancas habían dejado el marsupio (24 mancas). El día 51 la hembra mudó. El día 52 le

conté alrededor de 22 huevos. La hembra medía como 15.5 mm y el macho 21 mm. Como esta hembra puso huevos el día 14 y liberó mancas el día 49, el desarrollo marsupial duró 35 días.

El día 55 se encontraron dos parejas más en abrazo precopulatorio, en las dos el macho era mucho más grande que la hembra. En una el macho medía 19 mm y la hembra 12 mm, la cual mudó el día 56 y no tenía mancas. No puso ningún huevo. En la otra pareja el macho medía 20 mm y la hembra 12 mm, sí tenía mancas (5 solamente). Tal vez se liberaron algunas en el laboratorio. El día 59 se contaron 5 huevos.

El día 83 se encontró otra pareja, la hembra medía 15.5 mm y el macho 22 mm. La hembra ya había liberado algunas mancas, pude contar 22. El día 85 la hembra ya había mudado, había alrededor de 25 huevos en el marsupio. Esta hembra puso sus huevos el día 52 (pareja encontrada el día 48), por lo que el tiempo de desarrollo marsupial se pudo calcular y fue aproximadamente de 31 días. En la tabla IX se muestran algunos de los datos obtenidos de las observaciones en el laboratorio.

Tabla IX. Observaciones en el laboratorio sobre la reproducción. El primer día de observación corresponde al día de recolecta. Los símbolos * y # indican que las observaciones se hicieron sobre la misma hembra.

Parejas	Día de la observación	Long. Macho (mm)	Long. Hembra (mm)	# de mancas	Día de la muda	# de huevos
1	1	20	12.5	-----	3	17 (día 4)
2	4	18	16	31	7	29 (día 8)
3	8	17	15*	17	11	25 (día 12)
4	13	17.1	15.5#	>5	14	25 (día 14)
5	17	19.5	15.5*	23	-----	-----
6	48	21	15.5#	24	51	22 (día 52)
7	55	19	12	0	56	0
8	55	20	12	5		5 (día 59)
9	83	22	15.5#	>22	85	25 (día 85)

V. Discusión.

V.1 Sobre la morfología, en especial la tuberculación.

El cuestionamiento principal que dio origen a este trabajo fue: ¿Cuál es la función de las espinas en el dorso de *Erichsonella crenulata*?

Podemos descartar las hipótesis de las funciones biomecánicas de las espinas con relación a la movilidad del isópodo debido a: (1) que no hay ninguna articulación en la base de éstas que les permita moverse y así regular el flujo del fluido a su alrededor; (2) la forma e inclinación de las espinas, las cuales son cónicas y están en ángulo recto con respecto al dorso del animal, lo cual no es un diseño que provea ventajas hidrodinámicas; además, (3) no presentan un crecimiento alométrico con respecto al cuerpo del animal. También el hecho de que *E. crenulata* este la mayoría del tiempo asido a las hojas de *Z. marina* apoya esta idea. Todo parece indicar que las espinas tienen una función de defensa mecánica a la depredación.

Además, con estos resultados quedan de manifiesto dos aspectos importantes de las espinas: 1) Existe una gran variabilidad en cuanto a presencia-ausencia, número y tamaño en todas las categorías; y 2) parece haber un patrón ontogénico en su desarrollo. Al parecer, las machas cuando recién han dejado el marsupio no presentan espinas. Estas aparecen en mudas subsecuentes. Alcanzando la mayor proporción espina:longitud del cuerpo en el estadio juvenil. A partir de allí esta proporción disminuye con relación al tamaño del animal, hasta desaparecer por completo en los machos más grandes (Fig. 7).

La gran variabilidad en número de las espinas en *E. crenulata* es parecida a la que Pires (1984) encontró en *E. filiformis*. En ese trabajo no se hace mención de una posible ausencia de éstas en las diferentes tallas (Tabla X).

Tabla X. Variación de las espinas del dorso en los diferentes estadios de *E. filiformis*. (Tomada de Pires, 1984)

Estado / Sexo	N	Pereionitos con espinas
Manca 1	9	0
Manca 2	4	I-III
Juvenil 1	8	I-IV
Juvenil 2♂	6	I-IV; I-V
Juvenil 2♀	8	I-III
Pre-Adulto ♂	4	I-II; I-IV; I-VII
Pre-Adulto ♀	4	I-II; I-III; I-IV
Adulto ♂	5	I-II
Adulto ♀(Ovígera)	11	I-II; I-IV; I-V

Si identificáramos los diferentes estadios en la categoría de las mancas, tal vez las recién liberadas del marsupio como las observadas en el laboratorio, son las que no tienen espinas, como ocurre en *Erichsonella filiformis* (Pires, 1984). Esto podría ser explicado, por el limitado espacio dentro del marsupio, además del poco desarrollo de las mancas. Creemos que a partir del segundo estadio, las mancas ya poseen espinas y éstas deben ser proporcionalmente grandes, pues los más pequeños tienen más riesgos de depredación.

Sólo los machos pierden las espinas cuando alcanzan las tallas más grandes. Tal vez la movilidad por la búsqueda y transporte de hembras sea más importante, otra consecuencia de esta movilidad sería un escape activo a la depredación.

Para alcanzar hembras con las cuales copular parece ser más importante para el macho usar su energía en la locomoción, en lugar de usarla para desarrollar espinas. En un ambiente con un número mayor de machos al observado en el acuario, la competencia por

hembras puede ser un factor importante en la adecuación de los machos.

Si la función de las espinas es la de eludir la depredación debemos considerar aspectos tales como la complejidad del hábitat, el tamaño y forma del depredador y de la presa, patrones de comportamientos de los depredadores y de las presas. Los cuales tienen una gran influencia sobre la relación depredador-presa, (Vince *et al.*, 1976; Heck y Thoman 1981; Ryer, 1988; Main, 1985; 1987; Orth *et al.*, 1984). A continuación discutiremos algunos de esos aspectos para tratar de dar una explicación plausible a la gran variabilidad de las espinas dorsales presentes en *E. crenulata*.

V.1.1 Tamaño del depredador y de la presa.

La susceptibilidad a la depredación depende en parte del tamaño o del estado particular del ciclo de vida de la presa en la que es encontrado por un depredador (Orth *et al.*, 1984).

Existen varios trabajos sobre la influencia de los tamaños en la interacción depredador-presa de organismos de comunidades de pastos marinos (Vince *et al.*, 1976; Wallerstein y Brusca, 1982; Orth *et al.*, 1984; Main, 1985, Ryer y Orth, 1987 y Ryer, 1988).

Indudablemente los organismos de *E. crenulata* en sus diferentes estadios de desarrollo se enfrentan a distintas presiones selectivas. Las presiones sobre las mancas o juveniles muy probablemente difieren de las que actúan sobre los adultos *e. g.* termoregulación, fuerza de la corriente, crecimiento *vs* reproducción, depredación, etc. Considerando la depredación, es posible suponer que la diferencia en tamaño del cuerpo

podría provocar que los depredadores fueran distintos o de diferentes tallas en cada etapa de desarrollo y que las espinas fueran favorables en disminuir la depredación y seleccionadas principalmente en organismos de tallas pequeñas, incluyendo todos los tamaños de las hembras.

Vince *et al.* (1976), quienes trabajaron aspectos de la depredación sobre anfipodos, mencionan que la talla máxima de la presa aumenta con el incremento en talla del depredador y que la abertura de la boca es un factor importante. Ryer y Orth (1987) en su estudio sobre la depredación de *Syngnathus fuscus* (Pez pipa) sobre *Erichsonella attenuata* encontraron un patrón ontogénico donde la menor abertura de la boca de peces pequeños les impide capturar y consumir presas grandes. Los peces de mayor talla son capaces de consumir presas grandes, aunque continúan tomando presas pequeñas. Por lo tanto, cuando un pez incrementa su talla, se incrementa la proporción vulnerable de la población de la presa. Hay también un límite de apertura de la boca por lo que los individuos más grandes de *E. attenuata* escapan de la depredación de este pez y por lo tanto solamente consume individuos de las clases de tallas más pequeñas. También mencionan que *S. fuscus* tiene dificultades para ingerir a *E. attenuata* debido al cuerpo alargado del isópodo y a sus pereiópodos. El pez requiere de varios minutos para tragar completamente aún a individuos pequeños.

Debido a que no hay información acerca de los depredadores de *E. crenulata*, es posible suponer que varias especies del género *Syngnathus* pueden ser, entre otras, depredadores de la epifauna de las praderas de *Z. marina* de la Bahía de San Quintín y del Estero de Punta Banda. Se sabe que la especie *S. leptorhynchus* es una de las más comunes entre la ictiofauna de estas dos lagunas costeras (Rosales-Casián, 1997). También existen

registros de *S. arctus* y *S. californiensis* para la Bahía de San Quintín (Rosales-Casián, 1996).

Las tallas de las especies de *Syngnathus* en Bahía de San Quintín; *S. arctus* (117mm), *S. californiensis* (138-196mm) y *S. leptorhynchus* (29-266mm) (Rosales-Casián, 1996) son comparables con la de *S. fuscus* (50-200mm) (Ryer y Orth, 1987). Así, también los individuos más grandes de *E. crenulata* sólo por su tamaño podrían escapar de la posible depredación de estos peces sin necesidad de tener espinas. Las espinas prominentes en tallas chicas de *E. crenulata* podrían tener influencia en la ingestión por parte del depredador, debido a que tal vez se incrementa el tiempo de manipuleo y dificulta la ingestión, además limitaría a los peces chicos por su apertura de la boca, ya que las espinas hacen que el isópodo tenga un diámetro mayor.

V.1.2 Comportamiento del depredador y de la presa.

Los repertorios de comportamientos de depredadores y presas son otros factores que intervienen en la relación depredador-presa. Entre los comportamientos importantes por parte del depredador podemos mencionar: las características del forraje, por ejemplo, si buscan a su presa por medio de emboscadas o si cazan al acecho. También la forma de manipular a su presa, si se la tragan completa o en partes.

Por otra parte, aquí debemos considerar todos los comportamientos de la presa que den como resultado una disminución del éxito depredativo por parte del depredador, como por ejemplo los comportamientos que hacen que bajen la probabilidad de encuentro y de identificación (crípsis). Main (1987) encontró que el camarón *Tozeuma carolinensis* se sujeta a las hojas de *Z. marina* y se mueve alrededor de la hoja en presencia de un pez

depredador, *Lagodon rhomboides*, poniendo una barrera visual entre ellos y evitando así la depredación. Este mismo comportamiento fue observado en individuos de *E. crenulata* en el acuario. La respuesta a un estímulo negativo (tocarlo con una aguja de disección) fue cambiar de lado de la hoja en lugar de una respuesta de escape a través del nado activo. Además, el hecho de que se encuentre casi todo el tiempo sobre las hojas hace que sea menos conspicuo, tal vez por eso raramente se encuentran en la columna de agua. Sin embargo, en el laboratorio se ha visto que sí tiene la capacidad de nadar cuando se encuentra fuera de las hojas de *Z. marina*. Ya sobre las hojas, generalmente *E. crenulata* sólo camina y para cambiarse de una a otra se ayuda del segundo par de antenas. Algunas veces *E. crenulata* se hunde sin moverse, tal vez para asemejar fragmentos de hojas que van hacia el fondo como lo sugieren Wallerstein y Brusca (1982) para otro Idoteido. Wallerstein y Brusca (1982) mencionan que individuos grandes y lentos para nadar pueden tener ventajas al mantenerse inmóviles generando poca atención a su presencia. Main (1985) reportó que tanto *Syngnathus floridae* como *Lagodon rhomboides* concentran sus ataques sobre presas en movimiento más que sobre presas inmóviles. También, Ryer (1988) notó que el movimiento en los anfípodos atrajo frecuentemente el ataque por parte del depredador.

También la elección del microhabitat puede tener una fuerte influencia sobre la vulnerabilidad a los depredadores (Main 1987). En el laboratorio se observó que los organismos de *E. crenulata*, independientemente de tamaño y sexo, pueden estar en cualquier parte de la planta. Sin embargo esta distribución muy probablemente sería diferente en presencia de depredadores. Frecuentemente las presas cambian su microhabitat a un sitio menos vulnerable en la presencia de un depredador, este cambio debe de reducir

la presión de depredación e incrementar la sobrevivencia de la presa (Main, 1987).

V.1.3 Polimorfismos de la coloración críptica.

Polimorfismo es la presencia de dos o más formas distintas en la misma población de una especie (Endler, 1991). El polimorfismo cromático es una característica común en muchos Idoteidos (Kjennerud, 1950; Lee, 1966; Lee y Gilchrist, 1972; Wallerstein y Brusca, 1982; Guarino *et al.*, 1993a). La coloración críptica de las presas reduce la vulnerabilidad a depredadores que cazan visualmente y son sensibles al color y forma (Main, 1987).

La coloración críptica de *E. crenulata* puede ayudar a excluir el mecanismo de natación escapatoria, la cual tiene un alto costo energético de corto plazo. Es posible que estas cantidades de energía no sean fácilmente extraíbles de *Z. marina*, el principal alimento de *E. crenulata*. El polimorfismo y la coloración críptica afectan en los estados de detección e identificación en la secuencia de depredación, por medio de la confusión (Endler, 1991).

V.1.4 Complejidad del hábitat.

La complejidad del hábitat tiene una influencia sobre la relación depredador–presa. Muchos trabajos buscan esclarecer la influencia de la complejidad del hábitat de praderas de fanerógamas marinas en dicha interacción (Vince *et al.* 1976; Heck y Thoman, 1981; Orth *et al.* 1984; Ryer, 1988 y Orth, 1992). Existen diferentes medidas de complejidad del hábitat de las praderas de *Z. marina*, como son: biomasa, densidad de hojas o tallos, área de superficie, proporción superficie a volumen y el ancho de las hojas (Ryer, 1988).

Parece que el aumento en la complejidad del hábitat tiene un efecto negativo mayor sobre la depredación por parte de peces grandes que sobre los pequeños. Vince *et al.* (1976) mencionan que comparativamente el consumo de presas decrece en el caso de peces de mayor talla en marisma alta, que es menos compleja que la con marisma baja. La estructura del hábitat tiene poco efecto sobre la proporción de anfipodos medianos comidos por los peces de clases de tallas pequeñas. Además, Ryer (1988) mostró que el éxito de forraje por peces pipas pequeños sobre anfipodos no fue afectado por la estructura vegetativa, mientras que para peces más grandes decreció con un incremento en la complejidad del hábitat. Esto sugiere que aparte de la limitación de la apertura de la boca por parte del depredador, los individuos más grandes de *E. crenulata* pudieran tener más presión depredativa que los pequeños debido a que la complejidad del hábitat les es más favorable.

El no tener información sobre los depredadores de esta especie impide plantear argumentos más valederos, por lo que generar información referente a esto resulta muy interesante e importante para atribuir una función de defensa a las espinas de *E. crenulata*. Sin embargo podemos inferir que el abanico de depredadores puede ser reducido por *E. crenulata* por medio de la coloración críptica y el polimorfismo de ésta, así como por la talla y el comportamiento. Todo esto puede interrumpir la secuencia depredativa en sus primeras etapas. Las espinas pueden tener un efecto negativo importante en las últimas etapas de esta secuencia.

Por otra parte, no se descarta la posibilidad de que existan otras funciones para las espinas. Como pudiera ser la de mejorar la habilidad de organismos de tallas pequeñas para

sujetarse a las hojas de *Z. marina*. Debido a su tamaño los organismos más pequeños pueden ser más propensos a ser desalojados de las hojas del pasto por los flujos de corrientes. Por lo que tal vez busquen regiones específicas de las plantas para evitar esto. Por ejemplo, probablemente se colocan en las uniones de las hojas, y las espinas podrían servir para “engancharse” en la hoja que queda en el dorso del animal y se sujeta a la otra con los pereiópodos.

V.2 Sobre los patrones reproductivos.

Todas las tallas registradas para las diferentes categorías, el número de manchas liberadas y el número de huevos puestos en el marsupio, están dentro de los intervalos registrados anteriormente (Escoto-Rodríguez, 1996). En el presente estudio, el número de huevos podría estar subestimado, ya que se determinó sin extraerlos del marsupio.

La muda en *Erichsonella crenulata* ocurre en dos fases como en todos los isópodos (Schram, 1986). El viejo exoesqueleto se divide transversalmente entre los pereionitos IV y V, como lo reporta Kjennerud (1950) para *Idotea neglecta*. En todas las parejas de *E. crenulata* en precópula el macho fue siempre de mayor talla que la hembra como ha sido reportado para otros Idoteidos (Howes, 1939; Kjennerud, 1950; Kroer, 1989; Salemaa, 1986).

Las observaciones sobre el patrón reproductivo de las hembras de *E. crenulata* en el laboratorio sugieren otra excepción a la regla de que las hembras iteróparas tengan que pasar por un estado de descanso antes de reproducirse de nuevo (Kjennerud, 1950 y Hartnoll 1985). Heeley (1941, citado por Hartnoll, 1985) ha mostrado que en especies de isópodos terrestres, como *Oniscus asellus*, *Porcellio* spp. y *Trichoniscus pusillus*, la

alternación de estadios ovígeros y estadios no ovígeros no es invariable; ésta puede ocurrir, pero un estadio ovígero puede ocasionalmente mudar a otro igual, o varios estadios no ovígeros pueden separar dos ovígeros.

El hecho que de cuatro hembras reproductivas recolectadas en el campo, todas hayan mudado y sido capaces de tener otra puesta en el laboratorio indica que las hembras pueden tener al menos dos puestas, esto es que son iteróparas. Un análisis poblacional había sugerido previamente la posibilidad de que *E. crenulata* fuera una especie semélpara (Escoto-Rodríguez, 1996), pero dicho estudio no incluyó observaciones en el laboratorio; esa conclusión se ofreció como la más probable en consideración a la ausencia de hembras no reproductivas en las tallas mayores (14.67-17.15 mm) y en consideración a la mencionada regla de la alternancia de estadios ovígeros con no ovígeros.

Muy probablemente las hembras de *E. crenulata* pueden tener más de dos puestas. Esta sugerencia está fuertemente apoyada por el hecho de que no se sabe que número de puesta era el que presentaban las hembras cuando fueron recolectadas; porque las hembras más grandes, a partir de 14.67 hasta 17.15 mm, son todas reproductivas (Escoto-Rodríguez 1996), y además porque una de las hembras liberó crías en tres ocasiones y presentó cuatro puestas.

Se sabe que varios isópodos de la familia Idoteidae pueden tener más de una puesta *v. gr.* *Idotea chelipes* (Howes, 1939; Kroer, 1989); *I. emarginata* (Naylor, 1955b); *I. pelagica* (Sheader, 1977; Healy y O'neil, 1984); *I. baltica* (Salemaa, 1979; Kouwenberg *et al.* 1987; Kroer, 1989); *I. granulosa* (Healy y O'neil, 1984; Salemaa, 1985 Kouwenberg *et al.* 1987). El caso de *I. emarginata* merece un comentario especial ya que Naylor (1955b) menciona que quizá pueda tener más de una puesta, ya que sus especímenes maduraron y

liberaron jóvenes en otoño y continuaron creciendo en los últimos meses del año; por otra parte, todos los machos y hembras recolectados en septiembre y mantenidos en acuarios murieron después de que una puesta había sido producida. El autor destaca que se desconoce lo que en realidad pasa en su hábitat natural. También existen Idoteidos semélparos, v. gr. *Idotea neglecta* (Kjennerud, 1950) *I. viridis* (Matsakis, 1956; citado por Hartnoll, 1985) y *Colidotea rostrata* (Stebbins, 1989).

De todos los trabajos antes mencionados sólo Sheader (1977) y Kouwenberg *et al.* (1987) sugieren que las puestas en las hembras pueden ocurrir en estadios sucesivos, como sucede para *E. crenulata*. Sheader (1977) menciona que las hembras de *Idotea pelagica* ovígeras podían alimentarse, permitiendo que un segundo paquete de ovocitos se desarrollara en los ovarios, los cuales fueron puestos en el marsupio en la siguiente muda. Lo mismo puede suceder en *E. crenulata* ya que su hábitat le sirve como refugio y fuente de alimento a la vez. No tiene la necesidad de desplegar comportamientos diferentes mientras están cargadas, por lo que se sugiere que tienen la suficiente energía para una siguiente puesta. Salemaa (1986) sí menciona que en las hembras de *I. granulosa* hay un periodo de intermuda de descanso en aquellas que tienen dos veces crías. Sin embargo Kouwenberg *et al.* (1987) encontraron en sus experimentos de laboratorio, que a 25 °C las hembras de *I. baltica* e *I. granulosa* que recientemente habían liberado a sus crías fueron directamente fertilizadas después de la siguiente muda. Por lo que concluyeron que en condiciones de campo la mayoría de las hembras son fertilizadas directamente después de liberar a las crías. Este patrón de reproducción en estadios sucesivos podría ser una característica común en algunos de los isópodos Idoteidos.

El tiempo de desarrollo marsupial de 31 y 35 días observados en una sola hembra de

E. crenulata es similar a las reportadas para otras especies de Idoteidos (Tabla XI). Aunque el rango de temperatura (19-22 °C) es muy diferente a las temperaturas que se reportan en los otros trabajos.

Tabla XI. Duración en días del desarrollo marsupial en varias especies de Idoteidos. Los trabajos en los que se realizaron observaciones en el laboratorio están marcados con un asterisco. Los otros sólo estimaron el tiempo de desarrollo marsupial.

Autores	Especie	Tiempo de desarrollo marsupial	Localidad
Kjennerud, 1950	<i>I. neglecta</i>	38-55 (1.5-2meses)	Bergen
*Naylor, 1955b	<i>I. emarginata</i>	30, Temp. 9°C	Port Erin Bay, Inglaterra
*Sheader, 1977	<i>I. pelagica</i>	34, Temp. 8-9°C	Inglaterra
Salemaa, 1979	<i>I. baltica</i>	30 en verano	Mar Báltico
Salemaa, 1986	<i>I. granulosa</i>	30 en verano y en invierno probablemente más largo	Mar de Irlanda
*Kouwenberg <i>et al.</i> , 1987	<i>I. baltica</i>	12.5, 26.5, ---	ages-Sigean, Francia
Temp.: 25, 15 y 7.5 °C.	<i>I. granulosa</i>	12.5, 22.5, 31.5	
*Guarino <i>et al.</i> 1993.	<i>I. baltica</i>	De 30 en invierno, a 10 en verano	Golfo de Nápoles
*Este estudio	<i>E. crenulata</i>	31-35	Estero de Punta banda

VI. Conclusiones.

- Existe una gran variabilidad en la presencia, tamaño y número de las espinas del dorso en *E. crenulata*.
- Se encontró un patrón ontogénico en el desarrollo de las espinas: en las mancas más pequeñas son poco notorias, después en los juveniles son más prominentes y en los adultos parece que hay una tendencia a disminuir en tamaño mientras más grandes son los individuos.
- Las hembras tienen espinas más grandes que los machos.
- Los machos más grandes no tienen espinas.
- Debido a la forma de las espinas y a que no tiene ninguna articulación, las funciones más probables de estas espinas son la de defensa a la depredación o la de mejorar las habilidades de sujeción a las hojas de *Zostera marina*.
- Las hembras de *E. crenulata* son iteróparas: pueden tener dos o más puestas.
- El patrón reproductivo que presentan las hembras de *E. crenulata* parece ser una excepción a la regla mencionada por Kjennerud (1950) y Hartnoll (1985) de que las hembras iteróparas tengan que pasar por un estado no ovígero antes de reproducirse de nuevo.
- El tiempo de desarrollo marsupial es alrededor de 30 días.

Glosario.

1. Alometría: Relación entre las tasas de crecimiento de diferentes partes de un organismo.
2. Carácter apomórfico: De un par de caracteres homólogos, el carácter apomórfico es aquel evolucionado directamente de su homólogo preexistente.
3. Carácter dimórfico sexual: Rasgo morfológico distintivo entre machos y hembras.
4. Cefalón: Tagma más anterior, llevando los ojos, la boca, dos pares de antenas y tres pares de piezas bucales.
5. Coxa: Segmento del apéndice que articula con el esternito, excepto en formas que tienen precoxa. Sinónimo: Coxopodito.
6. Crecimiento alométrico: carácter morfológico o metabólico que no sigue un exponente exacto.
7. Crecimiento isométrico: carácter morfológico o metabólico que sí sigue un exponente exacto.
8. Ecdysis: Muda, desprendimiento de la vieja cutícula o exoesqueleto. Acto de mudar el integumento.
9. Esternito: Superficie ventral esclerotizada del somito
10. Estadio de intermuda: Periodo entre mudas.
11. Iteróparas: Hembras que pueden tener varias puestas huevos.
12. Metamorfosis: Cambio pronunciado de forma y estructura que tiene lugar dentro de un tiempo comparativamente corto.
13. Muda de pubertad: muda en la que la hembra alcanza la madurez sexual.
14. Osteguitos: Placas que forman la bolsa incubadora o marsupio.

15. Pereión: Porción anterior del cuerpo con toracopodos
16. Pereionitos: Somitos del pereión.
17. Pereiópodos: Apéndices torácicos usados en locomoción.
18. Pleópodos: Apéndices pareados de cualquiera de los primeros 5 somitos abdominales en los Malacostracos.
19. Pleotelson: Estructura formada por la fusión de uno o más somitos abdominales con el telson.
20. Semélparas: Hembras que tienen sólo una puesta de huevos.
21. Somito: División del cuerpo, incluyendo el exoesqueleto, usualmente con pares de apéndices.
22. Tagma (pl. Tagmata) División mayor del cuerpo (e. g. Cabeza, tórax y abdomen), cada una compuesto por un número variable de somitos.....Una región distinta del cuerpo de un animal metamérico, formado por el agrupamiento o fusión de somitos
23. Urópodos: Apéndice del sexto somito abdominal de los malacostracos, generalmente en forma de abanico, algunas veces reducidos o modificados.

Literatura Citada.

- Bretado-Aguirre, J. 1987. Variaciones estacionales de los isópodos Marinos (Crustacea: Peracarida) de la Bahía de San Quintín. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior de Ciencias, UABC. Ensenada, Baja California. 60 pp.
- Brusca, R. C. 1984. Phylogeny, evolution and biogeography of the marine isopod Subfamily Idoteinae (Crustacea: Isopoda: Idoteidae). Transactions of the San Diego Society of Natural History 20: 99-134.
- Brusca, R.C. y B. R. Wallerstein. 1977. The marine isopod Crustacea of the Gulf of California. I. Family Idoteidae. American Museum Novitates. 2634:1-17.
- Brusca, R.C. y B. R. Wallerstein. 1979. Zoogeographic patterns of idoteid isopods in the Northeast Pacific, with a review of shallow water zoogeography of the area. Bulletin of The Biological Society of Washington. 3: 67-105.
- Denny, M. W. 1988. Biology and the mechanics of the wave-swept environment. Princeton University Press. 329 pp.
- Endler, J. A. 1991. Interactions between predators and prey. En: Behavioural Ecology. An evolutionary approach. Ed. J. R. Krebs y N.B. Davies. Third Edition. Blackwell Scientific Publications. 169-196 p.
- Escoto-Rodríguez, F. 1996. Aspectos ecológicos y poblacionales de *Erichsonella crenulata* Menzies, 1950 (Crustacea: Isopoda: Valvifera) en la Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UABC. Ensenada, Baja California. 44 pp.

- Guarino, S. M., C. Gambardella, M. Ianniruberto y M. de Nicola. 1993a. Colour polymorphism in *Idotea baltica* from the Bay of Naples and its ecological significance. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 73: 785-794.
- Guarino, S. M., C. Gambardella, y M. de Nicola. 1993b. Biology and population dynamics of *Idotea baltica* (Crustacea, Isopoda) in the Gulf of Naples, the Tyrrhenian Sea. *Vie et Milieu* 43: 125-136.
- Hartnoll, R. G. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. En: A. M. Wenner (ed.), *Crustacean Issues* 3: 101-128. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Healy, B. y M. O'Neill. 1984. The life cycle and population dynamics of *Idotea pelagica* and *I. granulosa* (Isopoda: Valvifera) in South-East Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 64: 21-33.
- Heck, K. L. Jr. y T. A. Thoman. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 53: 125-134.
- Hessler, R. R. 1982. The structural morphology of walking mechanism in Eumalacostracan Crustaceans. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 296: 245-298.
- Howes, N. H. 1939. Observations on the biology and post-embryonic development of *Idotea viridis* (Slabber) (Isopoda, Valvifera) from New England Creek, southeast Essex. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 23: 279-310.
- Kensley, B. y M. Schotte. 1999. World list of marine and freshwater Isopoda. On line.

- Internet (25-7-1996). Ubicador regular de localidad (URL):
<http://www.nmnh.si.edu/gopher-menus/WorldListofMarineandFreshwaterCrustaceaIsopoda.html>
- Kjennerud, J. 1950. Ecological observations on *Idotea neglecta* G.O. Sars. Universitetet I Bergen Arbok. Naturvitenskapelig rekke 7: 1-47.
- Kouwenberg, J. y S. Pinkster. 1984. Population dynamics of brackish isopod (Crustacea) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). I. General aspects and distribution. Vie et Milieu 34: 229-240.
- Kouwenberg, J. y S. Pinkster. 1985. Population dynamics of brackish isopod (Crustacea) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). II. Life cycles, sexual activity and fecundity. Vie et Milieu 35: 79-92.
- Kouwenberg, J., S. Tan, B. Snoek y S. Pinkster. 1987. Population dynamics of brackish isopod (Crustacea) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). III. Reproductive rates of *Idotea baltica* and *Idotea granulosa*. Vie et Milieu 37: 105-114.
- Kroer, N. 1989. Life cycle characteristics and reproductive patterns of *Idotea* spp. (Isopoda) in the Limfjord, Denmark. Ophelia 30: 63-74.
- Lee, W. L. 1966. Color change and the ecology of the marine isopod *Idotea* (*Pentidotea*) *montereyensis* Maloney, 1933. Ecology 47: 930-941.
- Lee, W. L. y B. M. Gilchrist. 1972. Pigmentation, color change and the ecology of the marine isopod *Idotea resicata* (Stimpson). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 10:1-27.
- Main, K. L., 1985. The influence of prey identity and size on selection of prey by two marine fishes. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 88: 145-152.

- Main, K. L., 1987. Predator avoidance in seagrass meadows: prey behavior, microhabitat selection and cryptic coloration. *Ecology* 68: 170-80.
- Mayr, E. 1991. One long argument: Charles Darwin and the genesis of the modern evolutionary thought. Harvard University Press. pp.
- McLaughlin, P. A. 1980. Comparative morphology of recent Crustacea. W. H. Freeman and Company. USA. 177pp.
- Menzies, R. J. 1950. A remarkable new species of marine isopod, *Erichsonella crenulata* n. sp., from Newport Bay, California. *Bulletin Southern California Academy of Sciences* 49: 29-35.
- Menzies, R. J. 1962. The marine isopod fauna of Bahía de San Quintín, Baja California, México. *Pacific Naturalist* 3: 309-318.
- Minkoff, E. C. 1983. Evolutionary biology. Addison-Wesley Publishing Company Inc. USA. 627pp.
- Naylor, E. 1955a. The ecological distribution of British species of *Idotea* (Isopoda). *Journal of Animal Ecology* 24: 255-269.
- Naylor, E. 1955b. The life cycle of the isopod *Idotea emarginata* (Fabricius). *Journal of Animal Ecology* 24: 270-281.
- Ohlin, A. 1901. Isopoda from Tierra del Fuego and Patagonia. Svenska expeditionen till Magallanslanderna. BD. II. N:O 11.
- Orth, R. J. 1992. A perspective on plant-animal interactions in seagrasses: physical and biological determinants influencing plant and animal abundance. En: Plant-Animal interactions in the marine benthos, Ed. D. M. Jones, S. J. Hawkins, y J. H. Price. Press Oxford. Systematics Association Special Volumen No. 46: 147-164.

- Orth, R. J., K. L. Heck, y J. van Montfrans. 1984. Faunal communities in seagrass: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. *Estuaries* 7:339-350.
- Pires, S. A. M. 1984. Taxonomic revision and Phylogeny of genus *Erichsonella* with a discussion on *Ronalea* (Isopoda: Valvifera). *Journal of Natural History*. 18: 665-683.
- Poore, G. C. B. y H. M. Lew Ton. 1993. Idoteidae of Australia and New Zealand (Crustacea: Isopoda: Valvifera). *Invertebrate Taxonomy* 7: 197-278.
- Richardson, 1901.
- Ricklefs R. E. y D. B. Miles, 1994. Ecological and evolutionary inferences from morphology: An ecological perspective. En: *Ecological Morphology: Integrative organismal biology*. (eds) Wainwright P.C. y S. M. Reilly. The University Chicago Press. USA. 367 pp.
- Rosales-Casián, J., 1996. Ictiofauna de la Bahía de San Quintín, Baja California, México, y su costa adyacente. *Ciencias Marinas* 22: 443-458.
- Rosales-Casián, J., 1997. Inshore soft-bottom fishes of two coastal lagoons on of northern pacific coast of Baja California. *CalCOFI Rep.*, Vol. 38.
- Ryer, C. H. 1988. Pipefish foraging: effects of fish size and altered habitat complexity. *Marine Ecology Progress Series* 48: 37-45.
- Ryer, C. H. y R. J. Orth., 1987. Feeding Ecology of the northern pipefish, *Syngnathus fuscus*, in a seagrass Community of the lower Chesapeake Bay. *Estuaries* 10:330-336.

- Salemaa, H. 1979. Ecology of *Idotea* spp. (Isopoda) in the northeast Baltic. *Ophelia* 18: 133-150.
- Salemaa, H. 1986. Breeding biology and microhabitat utilization of the intertidal isopod *Idotea granulosa* Rathke, in the Irish Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 22: 335-355.
- Schram, F. R. 1986. *Crustacea*. Oxford University Press. 606 pp.
- Shedder, M. 1977. The breeding biology of *Idotea pelagica*, (Isopoda: Valvifera) with notes on the occurrence and biology of its parasite *Clypeoniscus hanseni* (Isopoda: Epicaridea). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 57: 659-674.
- Stebbins, T. D. 1989. Population dynamics and reproductive biology of the commensal isopod *Colidotea rostrata* (Crustacea: Isopoda: Idoteidae). *Marine Biology* 101: 329-337.
- Vince, S., I. Valiela, N. Backus y J.M. Teal. 1976. Predation by the salt marsh killifish *Fundulus heteroclitus* (L.) in relation to prey size and habitat structure: consequences for prey distribution and abundance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 23: 255-266.
- Wägele, J. W. 1991. Antarctic Isopoda Valvifera. *Synopses of the Antarctic Benthos*. 2. En: Ronald Fricke (ed.) *Theses Zoologicae* 14: 1-213.
- Wallerstein, B.R, y Brusca, R. C., 1982. Fish predation: a preliminary study of its role in the zoogeography and evolution of shallow water idoteid isopods (Crustacea: Isopoda: Idoteidae). *Journal of Biogeography*. 9: 135-150.
- Warner E. E. y D. J. Hall, 1974. Optimal foraging and the size selection of prey by

bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Ecology* 55:1042-1052.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Inc. Third edition. New Jersey. 662 pp.