

---

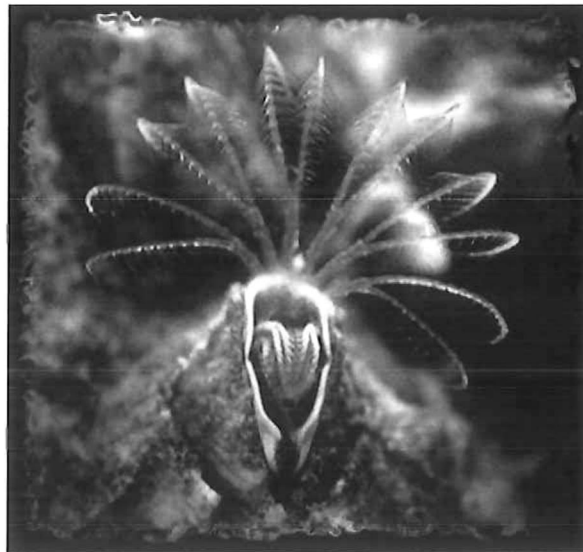
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS



“PATRÓN DE ASENTAMIENTO ESPACIAL DE LOS BALANOS  
(*Balanus spp.* y *Chthamalus spp.*) EN PLAYA SAN MIGUEL,  
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”



TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO

PRESENTA

ILIANA ESPINOSA RODRÍGUEZ

---

Ensenada, B. C., Agosto de 2003

“PATRÓN DE ASENTAMIENTO ESPACIAL DE LOS BALANOS  
(*Balanus spp.* y *Chthamalus spp.*) EN PLAYA SAN MIGUEL,  
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

TESIS

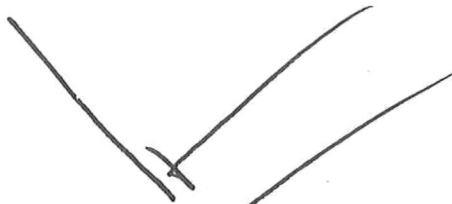
QUE PRESENTA

**ILIANA ESPINOSA RODRÍGUEZ**

APROBADA POR:



DRA. LYDIA BETTY LADAH  
Presidente del Jurado



M.C. ERNESTO CAMPOS  
GONZÁLEZ  
Secretario



DR. FAUSTINO CAMARENA  
ROSALES  
1er. Vocal

## *A mis padres*

*Por darme la vida, y porque siempre me han  
dejado decidir sobre ella.*

*Por darme los valores y las herramientas para  
salir adelante.*

*Por todo su apoyo, comprensión y consejos en  
los momentos fáciles y difíciles de mi camino.*

*Y porque son lo más importante para mi.*

*Gracias por quererme tanto.*

*Los adoro*

## *A mis hermanos*

*Porque la distancia nos unió más.*

*Por su respeto, y porque siempre estuvieron  
atentos de que no me faltara nada.*

*Gracias por su incondicional apoyo.*

*Siempre estaré agradecida por la forma en que  
me demostraron su cariño.*

*Los quiero mucho*

## AGRADECIMIENTOS

A la **Dra. Lydia Betty Ladah**, por su gran amistad, apoyo, confianza y dirección de la tesis.

A mis sinodales: **M.C. Ernesto Campos González** y **Dr. Faustino Camarena Rosales**. Por su gran apoyo y sus buenos y acertados comentarios.

Al **M.C. Fabián Tapia** y al **Dr. Jesús Pineda**, por las fotografías y explicaciones.

Al **ICE-TEAM**, por el buen recibimiento que me dieron. Pero en especial a la **M.C. Florencia Colombo**, por sus buenos comentarios.

A mis tías **Judy** y **Yola**, y a mi prima **Yuritzi**, por su gran apoyo en todo momento. Las quiero mucho.

A mis cuñados, **Steve** e **Iris**, porque me han demostrado el cariño que me tienen. Los quiero mucho, y que bueno que forman parte de esta familia.

A mis sobrinos, **Alejandro** y **Joanna**, por llenar de ternura y alegría mis vacaciones. Los adoro mis chiquitos.

**A mis mejores amigos**, porque sin ellos no hubiera tenido momentos inolvidables en esta ciudad. No anoto los nombres porque ellos saben quienes son, y porque afortunadamente son muchos y no caben. Gracias por compartir conmigo un pedacito de sus vidas. Siempre estarán en mi corazón.

A la familia **Álvarez Coronado**, por el cariño que surgió a partir de la buena amistad con **Carolina**.

## RESUMEN

Los balanos son Artrópodos que en su etapa adulta son parte importante de cualquier costa rocosa, habitando el intermareal alto. Estos organismos, debido a que presentan dos etapas en su ciclo de vida (larvaria y sésil), dependen de muchos factores para que lleguen a ser adultos. Por un lado están los factores de pre-asentamiento, que son los que van a hacer posible la llegada de las larvas a la costa para que éstas se puedan fijar al sustrato. Por otro lado están los factores de post-asentamiento, que son los que permitirán que los balanos lleguen a ser adultos.

En esta investigación se determinó el patrón de asentamiento espacial de los balanos (*Balanus spp.* y *Chthamalus spp.*) en la zona intermareal de playa San Miguel, Baja California. Se hizo un análisis en rocas que presentan balanos y en rocas con ausencia de balanos, colocando placas de asentamiento en ambas rocas. Las placas se recolectaron generalmente cada tercer día, y posteriormente se identificaron y contaron los organismos.

En el género *Balanus* el asentamiento larvario fue muy bajo y los resultados no se consideraron concluyentes. Sin embargo, en el género *Chthamalus* no se encontraron diferencias significativas en el asentamiento de larvas entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Esto sugiere que las diferencias observadas en las rocas de playa San Miguel, B. C. pueden ser debidas a diferencias en sobrevivencia, causadas por: depredación y/o diferencias en el calentamiento de las rocas.

# ÍNDICE

	<i>Página</i>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ASPECTO BIOLÓGICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Anatomía .....	4
2.2. Taxonomía .....	7
2.3. Ciclo de vida .....	8
2.4. Ecología .....	12
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	<b>14</b>
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
4.1. Objetivo general .....	21
4.2. Objetivo particular .....	21
<b>5. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>22</b>
<b>6. METODOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
6.1. Construcción y colocación de los colectores .....	24
6.2. Recolecta .....	25
6.3. Obtención de datos .....	26
6.4. Análisis estadístico .....	27
<b>7. RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
7.1. Promedios de asentamiento .....	30
7.2. Análisis estadístico .....	39

<b>8.</b>	<b>DISCUSIONES</b> .....	<b>45</b>
8.1.	Diferencias en el asentamiento .....	45
8.2.	Análisis estadístico .....	47
8.3.	Causas probables de mortalidad .....	48
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
9.1.	Recomendaciones .....	51
<b>10.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>52</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Organismos adultos del balano *Chthamalus spp.* en la costa rocosa de playa San Miguel, Baja California ..... 1
- Figura 2.** Diagrama de la disposición de las placas que rodean a los balanos: carina (C), carino-lateral (CL), lateral (L), rostro-lateral (RL) y rostro (R). Los tergos y escudos se omitieron. A, *Balanus spp.* y B, *Chthamalus spp.* ..... 4
- Figura 3.** Ejemplar de *Balanus spp.* en el que se muestra el número y posición de las placas del caparazón calcáreo ..... 5
- Figura 4.** Corte vertical del balano donde se presenta la anatomía interna del mismo ..... 7
- Figura 5.** Larvas más destacadas en la etapa larvaria del balano: Nauplio (A) y Cipris (B) ..... 10
- Figura 6.** Larva cipris recién asentada (flecha negra), juvenil temprano (flecha azul) y balano adulto (flecha blanca) ..... 11
- Figura 7.** Mapa de la zona donde se llevó a cabo la recolecta de los organismos. La flecha indica la zona de muestreo ..... 23
- Figura 8.** Placa de asentamiento en una roca con balanos en playa San Miguel ..... 25

<b>Figura 9.</b>	Larva cipris y juvenil temprano de <i>Balanus spp.</i> Las flechas muestran las setas del balano juvenil .....	27
<b>Figura 10.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ) de las larvas cipris asentadas de <i>Balanus spp.</i> por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar .....	33
<b>Figura 11.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ) de los juveniles tempranos encontrados de <i>Balanus spp.</i> por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar .....	34
<b>Figura 12.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ) de las larvas cipris asentadas de <i>Chthamalus spp.</i> por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar .....	37
<b>Figura 13.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ) de los juveniles tempranos encontrados de <i>Chthamalus spp.</i> por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar .....	38

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla I.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los días en que las larvas cypriis de <i>Balanus spp.</i> presentaron el mayor asentamiento ..... 30
<b>Tabla II.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los días considerados como picos de asentamiento en los juveniles tempranos de <i>Balanus spp.</i> ..... 31
<b>Tabla III.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los picos de asentamiento presentados por las larvas cypriis de <i>Chthamalus spp.</i> ..... 35
<b>Tabla IV.</b>	Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los días considerados como picos de asentamiento en los juveniles tempranos de <i>Chthamalus spp.</i> ..... 36
<b>Tabla V.</b>	Valores $p$ de las pruebas t y F de los días considerados como picos de asentamiento en los juveniles tempranos de <i>Balanus spp.</i> ..... 40
<b>Tabla VI.</b>	Valores $p$ de las pruebas t y F de los picos de asentamiento en las larvas cypriis de <i>Chthamalus spp.</i> ..... 42
<b>Tabla VII.</b>	Valores $p$ de la prueba F con los datos sin transformar en los días 12 de julio, 29 de agosto y 12 de septiembre de los picos en los juveniles tempranos de <i>Chthamalus spp.</i> ..... 43

**Tabla VIII.** Valores  $p$  de las pruebas t y F con los datos transformados en los días 12 de julio, 29 de agosto y 12 de septiembre de los picos en los juveniles tempranos de *Chthamalus spp.* ..... 44

# 1. INTRODUCCIÓN

Los balanos son crustáceos principalmente marinos. Los especímenes adultos generalmente habitan la zona intermareal alta de las costas rocosas, donde durante las mareas bajas y las mareas muertas se exponen a condiciones extremas de temperatura, desecación y periodos sin alimento (Carefoot, 1977). Estos organismos presentan dos etapas en su ciclo de vida: una larvaria y otra sésil (Barnes, 1989). Cuando la etapa larvaria está por concluir, éstas buscan un sustrato para asentarse y continuar su ciclo de vida (Figura 1) (McConnaughey, 1970).



Figura 1. Organismos adultos del balano *Chthamalus spp.* en la costa rocosa de playa San Miguel, Baja California (Fuente: Fabián Tapia).



El asentamiento y reclutamiento larvario de especies sésiles bénticas, como los balanos, son importantes para que la comunidad se desarrolle. Sin embargo, algunas veces son limitados o dependen: del abastecimiento de larvas (Caffey, 1985; Connell, 1985; Minchinton y Scheibling, 1991), del transporte hacia la costa en el cual actúan procesos físicos (Le Fèvre y Bourget, 1992; Pineda, 1999, 2000; Roughgarden *et al.*, 1988; Shanks, 1983, 1986; Shanks *et al.*, 2000), de procesos biológicos como la mortalidad (Gosselin y Qian, 1996; Hunt y Scheibling, 1997; Jarrett, 2000) y de la disposición de sustrato adecuado para asentarse (Minchinton y Scheibling, 1993; Pineda y Caswell, 1997).

Muchas investigaciones biológicas en la zona intermareal rocosa tienen como propósito entender la dinámica poblacional, lo cual incluye el descubrir: ¿Qué controla la abundancia y la distribución de las poblaciones? y ¿Cómo las poblaciones o comunidades responden a los cambios físicos del ambiente? (Alexander y Roughgarden, 1996). En una gran variedad de investigaciones de este tipo el balano ha sido un organismo modelo.

En la zona intermareal de playa San Miguel, Baja California se observan rocas cercanas que presentan (con) balanos asentados y otras que no presentan (sin) balanos asentados. El presente trabajo evaluó el patrón de asentamiento espacial de las larvas de los balanos (*Balanus spp.* y *Chthamalus*



*spp.*), observando si el asentamiento es igual o diferente en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos en la playa anteriormente mencionada.

Este patrón de asentamiento espacial podría estar sucediendo debido a que por ciertas razones las larvas se asientan en algunas rocas y en otras no, presentando así, diferencias en el patrón de asentamiento. Pero también existe la posibilidad de que las larvas se asienten igual en las rocas. En este caso, las razones por las cuales algunas rocas no presentan balanos podrían deberse a los procesos que ocurren después del asentamiento larvario, tales como: depredación y/o diferencia en el calentamiento de las rocas.



## 2. ASPECTO BIOLÓGICO

### 2.1. Anatomía

En los balanos, el caparazón larvario envuelve completamente al cuerpo y persiste como cubierta protectora o manto en los especímenes adultos. Este manto es el encargado de secretar la cubierta calcárea protectora una vez que el organismo se fija al sustrato. Así, una pared vertical de placas rodea por completo al organismo (Figura 2), y dentro de las paredes, la región superior del animal está cubierta por un opérculo formado por cuatro placas móviles, dos tergos y dos escudos (Figura 3). Por dicho opérculo el organismo proyecta hacia fuera sus apéndices torácicos (cirros) (Barnes, 1989; McConnaughey, 1970; Newman y Abbott, 1980).

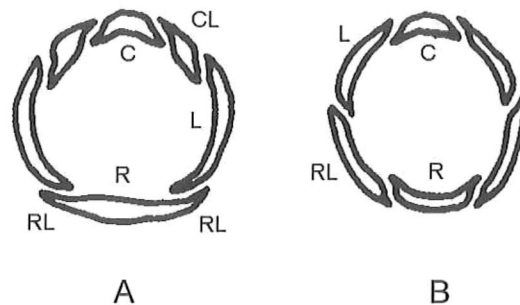


Figura 2. Diagrama de la disposición de las placas que rodean a los balanos: carina (C), carino-lateral (CL), lateral (L), rostro-lateral (RL) y rostro (R). Los tergos y escudos se omitieron. A, *Balanus spp.* y B, *Chthamalus spp.* (Tomados de Hinton, 1969; Johnson y James, 1955).



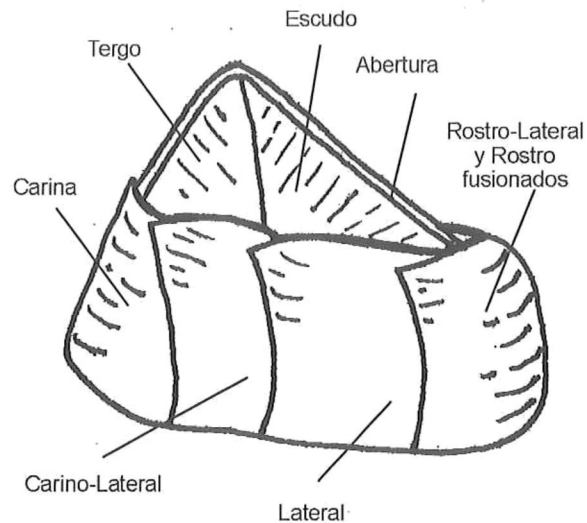


Figura 3. Ejemplar de *Balanus spp.* en el que se muestra el número y posición de las placas del caparazón calcáreo (Tomado de Barnes, 1989).

Las placas que forman la pared se traslapan entre sí y se mantienen unidas gracias al tejido vivo, o debido a la presencia de dientes y alveolos en oposición, e incluso pueden estar parcialmente fusionadas. El lado inferior fijo del balano es llamado base, y puede ser membranoso o calcáreo. Esta es la región preoral del cirripedio, la cual contiene a las glándulas del cemento que permiten la adhesión de las larvas a diversas superficies (Barnes, 1989; Newman y Abbott, 1980).

En la Familia Balanidae el caparazón calcáreo de los organismos puede llegar a medir 57 mm de diámetro en la base y hasta 100 mm de alto. Pero los géneros *Balanus* y *Chthamalus* contienen especies pequeñas, llegando a medir de 14 a 22 mm de diámetro y entre 7 y 8 mm de alto, en el caso del género



*Balanus*. Mientras que las especies del género *Chthamalus* miden de 5 a 8 mm de diámetro y 3 mm de alto (Johnson y James, 1955; Newman y Abbott, 1980).

Dentro del manto, el cuerpo de los balanos se dobla hacia atrás, de modo que los apéndices torácicos se dirigen hacia arriba, en dirección del opérculo (Figura 4). El cuerpo está integrado por dos regiones, una cefálica y otra troncal anterior (torácica). Siempre tienen seis pares de apéndices torácicos birrámeos (cirros) que presentan abundantes setas largas, las cuales son utilizadas para la obtención del alimento, el plancton (Barnes, 1989; Newman y Abbott, 1980).

En estos organismos no existen corazón ni arterias, por lo que la circulación de la hemolinfa (por toda la pared del manto) se facilita mediante una bomba sanguínea que consta de un voluminoso seno localizado entre el esófago y el músculo aductor. Tampoco tienen branquias, lo que sugiere que el intercambio gaseoso es a través del manto y los cirros. Las glándulas maxilares funcionan como órganos de excreción. Los ovarios se encuentran debajo de la cavidad del manto y el par de oviductos desembocan dentro de la misma cavidad. Los testículos se localizan en la región cefálica y los dos espermiductos se unen dentro del pene (Figura 4) (Barnes, 1989; Johnson y James, 1955).



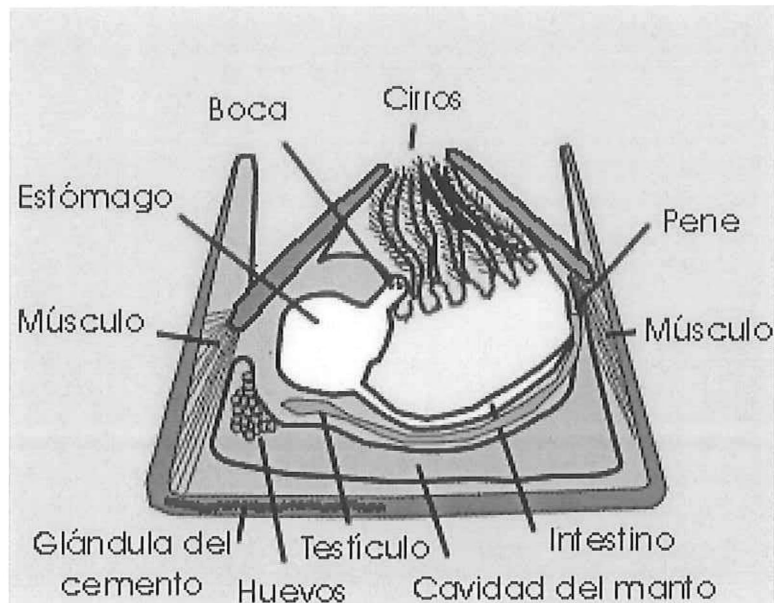


Figura 4. Corte vertical del balano donde se presenta la anatomía interna del mismo (Modificado del [www.mesa.edu.au/friends/seashores/barnacles.html](http://www.mesa.edu.au/friends/seashores/barnacles.html)).

## 2.2. Taxonomía

Por mucho tiempo los balanos estuvieron clasificados dentro del Phylum Mollusca, pero desde que se descubrió que su desarrollo larvario presenta una larva nauplio se clasificaron dentro de los Artrópodos (Barnes, 1989; Hinton, 1969). Estos organismos pertenecen a la Clase Cirripedia, la cual es nombrada así, por los característicos cirros que presentan los apéndices torácicos o pies (Schmitt, 1965).

La clasificación supragenérica (Bowman y Abele, 1982) de estos organismos es:



Phylum: Arthropoda  
Subphylum: Crustacea  
Clase: Maxillopoda  
Subclase: Cirripedia  
Orden: Thoracica  
Suborden: Balanomorpha  
Superfamilia: Balanoidea                      Superfamilia: Chthamaloidea  
Familia: Balanidae                              Familia: Chthamalidae  
Género: *Balanus*                              Género: *Chthamalus*

En la parte norte de la costa oeste de la península de Baja California se han encontrado 13 especies pertenecientes a la Clase Cirripedia, dentro de las cuales están: *Balanus amphitrite amphitrite*, *Balanus glandula*, *Balanus pacificus*, *Balanus regalis*, *Balanus trigonus* y *Chthamalus fissus* (Newman, 1979; citado en Newman y Abbott, 1980).

### 2.3. *Ciclo de vida*

El ciclo de vida de muchos organismos marinos que habitan la zona intermareal es complejo. Lo cual se debe a que tienen una etapa planctónica (larvaria) durante la cual se dispersan, seguida de una etapa sésil en la que continúan con dicho ciclo (Alexander y Roughgarden, 1996; Pechenik, 1999; Pechenik *et al.*, 1998).



Los balanos son organismos hermafroditas cuya fertilización es cruzada (no pueden autofertilizarse). Lo anterior implica que cada balano proyecta su largo pene para alcanzar y depositar espermatozoides en la cavidad del manto de otro balano. Este tipo de fertilización es posible ya que por lo general hay una gran cantidad de individuos adyacentes en cualquier sustrato adecuado (Barnes, 1989; Newman y Abbott, 1980; Little y Kitching, 1996).

Cada uno de los huevos es incubado dentro del ovisaco, y de él eclosiona una larva nadadora llamada nauplio, que se caracteriza por tener tres pares de apéndices y un cuerpo piriforme. Esta larva nadadora experimenta varias mudas y presenta la primer metamorfosis para convertirse en una larva cipris ayunante (Figura 5), la cual se distingue por el caparazón bivalvo y sus seis pares de apéndices torácicos. La larva cipris es la encargada de asentarse sobre el sustrato seleccionado, y esto lo puede hacer porque secreta una sustancia adhesiva a través de las glándulas del cemento que se encuentran localizadas en las primeras antenas (Barnes, 1989; Newman y Abbott, 1980).

Esta etapa larvaria es corta, durando de dos a tres semanas. Sin embargo, en ese tiempo las larvas pueden transportarse a más de 100 km y tienen que buscar un lugar para asentarse, ya que si no lo hacen pueden morir (Gaines y Roughgarden, 1985; Roughgarden *et al.*, 1988). Algunas veces las larvas no se fijan al sustrato en ese periodo de tiempo debido a que las



condiciones físicas no son propicias. Pero el retardo en el asentamiento puede afectar en la segunda metamorfosis de la larva (Gosselin y Qian, 1996; Jarrett y Pechenik, 1997; Pechenik *et al.*, 1993).

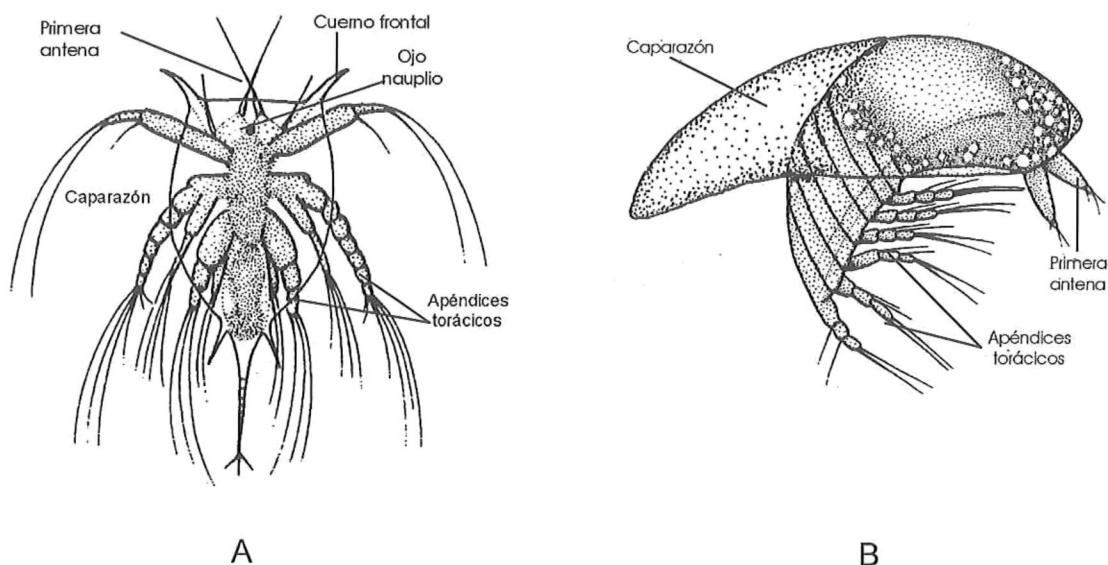


Figura 5. Larvas más destacadas en la etapa larvaria del balano: Nauplio (A) y Cipris (B) (Modificadas de Smith y Johnson, 1996).

A las pocas horas de haberse llevado a cabo el asentamiento, la larva presenta una segunda metamorfosis donde los cirros se prolongan, el cuerpo se flexiona y las placas calcáreas primordiales aparecen, convirtiéndose así, en un balano juvenil temprano (spat) (Figura 6). Esta metamorfosis trae consigo cambios en el modo de vida, además de grandes cambios morfológicos y fisiológicos (Barnes, 1989). El desarrollo de las placas es más o menos continuo e independiente del crecimiento del cuerpo. La maduración sexual se



da aproximadamente a los ochenta días (Johnson y James, 1955). Los balanos que sobreviven después del asentamiento pueden vivir de uno a ocho años en el caso de *Balanus spp.* y tres años en el caso de *Chthamalus spp.* (Chia, 1978; Newman y Abbott, 1980). Jarret (2000) comenta que la intensa mortalidad de las larvas de balanos después del asentamiento puede ocurrir en dos etapas de desarrollo del ciclo de vida: antes de la metamorfosis (larva cipris) y después de la metamorfosis (juvenil temprano).

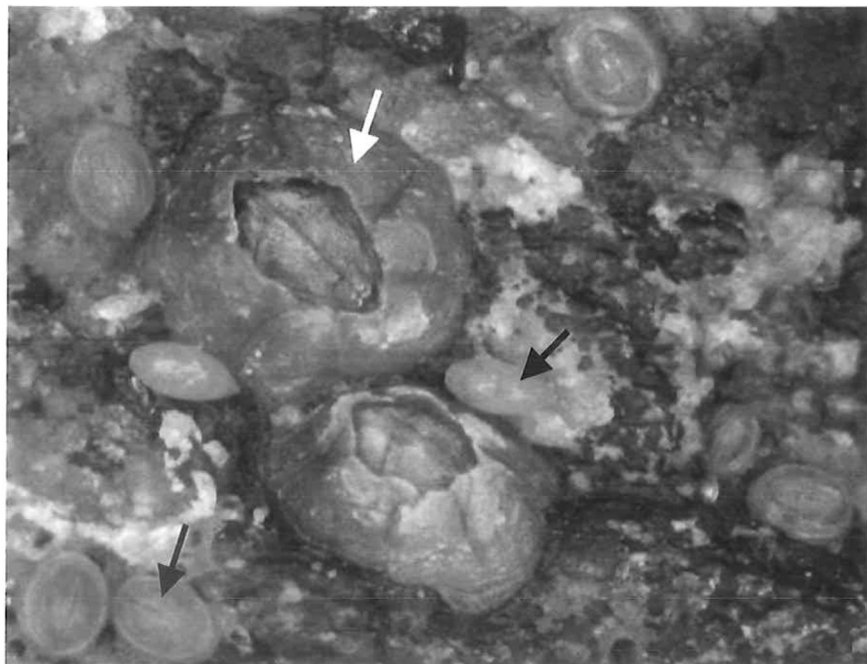


Figura 6. Larva cipris recién asentada (flecha negra), juvenil temprano (flecha azul) y balano adulto (flecha blanca) (Fuente: Jesús Pineda).



La producción de larvas en el género *Balanus* es de invierno a primavera, pero durante el verano se mantienen maduros y en el otoño pueden desovar si el agua es suficientemente fría, ya que las bajas temperaturas inducen la eclosión. En el género *Chthamalus* las larvas eclosionan de primavera a otoño, disminuyendo la actividad en invierno. En ambos géneros esta producción es limitada por la disponibilidad de alimento, y depende del tamaño del progenitor y de la temperatura del agua (Hines, 1978; Newman y Abbott, 1980).

#### 2.4. *Ecología*

Las zonas de litoral rocoso tienen una gran diversidad de organismos. Pero debido a las fluctuaciones de la marea, los rangos de las condiciones físicas (temperatura, vientos, energía del oleaje, etc.) y químicas (oxígeno disuelto, salinidad, sustancias tóxicas, etc.) son muy amplios. Por ende, los organismos que habitan estas áreas poseen una serie de adaptaciones, ya sean morfológicas y/o fisiológicas, que les permiten sobrevivir en este rango de condiciones (Carefoot, 1977; Lewis, 1964; Little y Kitching, 1996; Magre, 1974; Singletary y Shadlou, 1983). Connell (1961) menciona que cada especie dependiendo de sus adaptaciones ocupará cierto rango en la zona intermareal.



También en el litoral rocoso se suele dar una disposición de los organismos en forma de bandas o zonas horizontales, llamada zonación (Stephenson y Stephenson, 1949). Esta zonación es causada por factores físicos (deshidratación, temperatura y radiación solar) y biológicos (competencia y depredación) (Barnes y Hughes, 1982; Carefoot, 1977). En el caso de los balanos, el rango de distribución (zonación) es afectado por factores físicos en la parte intermareal alta y por factores biológicos en la parte intermareal baja, dando como resultado un mayor reclutamiento y menor mortalidad en la zona intermareal media (Connell, 1961; Denley y Underwood, 1979).

Para que las larvas de los balanos y de otros organismos lleguen al litoral rocoso y continúen con su ciclo de vida, se necesitan factores propicios. El factor biológico más importante para que se pueda dar el asentamiento de larvas es el abastecimiento de las mismas (Caffey, 1985; Connell, 1985). Sin embargo, el transporte de las larvas hacia la costa es un factor físico muy importante para que se lleve a cabo dicho asentamiento. Este transporte depende de: ondas internas (internal waves), zonas lisas en la superficie del mar (slicks) y macareos (internal tidal bores), entre otros (Ewing, 1950; Pineda, 1999, 2000; Shanks, 1983, 1986).



### 3. ANTECEDENTES

Muchos de los factores que tienen influencia sobre el asentamiento y reclutamiento larvario han sido ampliamente estudiados y podríamos separarlos en dos grupos: pre-asentamiento y post-asentamiento (Le Tourneux y Bourget, 1988). Los factores que influyen sobre las larvas antes del asentamiento son: abastecimiento de larvas, vientos, surgencias, ondas internas, macareos, zonas lisas en la superficie del mar, hidrodinámica cerca de la costa y sustrato disponible.

El abastecimiento de larvas es muy importante para que se lleve a cabo el asentamiento de organismos marinos (Caffey, 1985; Connell, 1985; Minchinton y Scheibling, 1993; Underwood y Fairweather, 1989), el cual es determinante para la estructura poblacional de los balanos en una comunidad intermareal (Minchinton y Scheibling, 1991). Este abastecimiento larvario es regulado por la producción de larvas de los organismos adultos (Minchinton y Scheibling, 1991), y puede ser limitado por la disponibilidad de alimento y/o depender del tamaño del progenitor y de la temperatura del agua (Newman y Abbott, 1980).

La surgencia es un evento que acarrea a las larvas planctónicas lejos de la zona intermareal (Roughgarden *et al.*, 1988), ya que los constantes y fuertes



vientos costeros empujan el agua superficial (baja densidad) hacia mar adentro y el agua del fondo (densa) es llevada a la superficie (Csanady, 1981; citado en Shanks *et al.*, 2000). Pero cuando estos vientos que favorecen a la surgencia se relajan (vientos débiles o en dirección contraria), el agua superficial se mueve de nuevo hacia la costa, transportando así, a las larvas planctónicas hacia la zona intermareal (Shanks *et al.*, 2000; Wing *et al.*, 1995).

Con relación al patrón de distribución horizontal de las larvas de balanos, se ha observado que la abundancia de las larvas decrece conforme aumenta la distancia hacia la costa (Le Fèvre y Bourget, 1991). Entonces, debido a que la mayoría de las larvas están cerca a la costa, el evento de surgencia puede afectar a éstas en el sentido de que sólo tienen de dos a tres semanas para asentarse, y si la surgencia no cesa las larvas pueden morir mar adentro (Gaines y Roughgarden, 1985; Roughgarden *et al.*, 1988). Farrell *et al.* (1991) hicieron un conteo de larvas asentadas de *Balanus glandula* y *Chthamalus spp.* en placas de asentamiento y encontraron que el transporte y reclutamiento larvario dependen del rango de variación en el movimiento del agua. Además encontraron que el transporte larvario hacia la costa puede depender de la relajación ocasional de los vientos fuertes. Asimismo, Hawkins y Hartnoll (1982) observaron que los vientos locales pueden afectar el asentamiento larvario, el cual provoca sea repentino e irregular.



Las zonas lisas en la superficie del mar son manifestaciones de la superficie debido a las corrientes convergentes que se presentan, y son transportadas lentamente hacia la costa por ondas internas (Ewing, 1950). Las ondas internas son formadas por la interacción de la marea y la topografía del fondo del mar (Shanks, 1995), y éstas pueden transportar larvas hacia la costa. Shanks (1983, 1986) observó que las larvas megalopa del cangrejo *Pachygrapsus crassipes* pueden concentrarse en las zonas lisas de la superficie del mar provocadas por convergencias, y encontró una gran similitud en el asentamiento de larvas de balanos y larvas megalopa. Esto sugiere que ambas larvas son transportadas hacia la costa en las zonas lisas por medio de ondas internas forzadas por la marea. Sin embargo, también comenta que para utilizar este mecanismo de transporte hacia la costa es necesario que los organismos permanezcan cerca de la superficie.

Los macareos se propagan por el rompimiento de las ondas internas dado en la orilla de la playa (Shanks, 1995). Los periodos de macareo junto con los frentes de agua cálida (warm water fronts) también pueden transportar larvas hacia la costa (Pineda, 1991, 1994a, 1999). Sin embargo, el transporte hacia la costa por este medio y el asentamiento larvario están modulados por la estratificación en el agua (Pineda y López, 2002).



La hidrodinámica cerca de la costa (local) suele tener influencia sobre la distribución vertical de las larvas. Además de producir variabilidad espacial, patrones de asentamiento local, o en el peor de los casos puede impedir el asentamiento de las mismas (Eckman, 1983; Minchinton y Scheibling, 1991, 1993; Pineda, 1994b).

La cantidad de sustrato adecuado disponible también es importante. Las investigaciones acerca de este factor se han hecho en el campo y en laboratorio, y se ha observado que la densidad o tasa de asentamiento está directamente relacionada con la disponibilidad de sustrato (Gaines y Roughgarden, 1985; Minchinton y Scheibling, 1993; Pineda y Caswell, 1997). Los estudios en el campo han demostrado que las larvas no se asientan en el límite inferior de su distribución porque la mayoría del sustrato está cubierto por otras especies sésiles (Denley y Underwood, 1979). Esto puede sugerir que a lo mejor los límites de las especies no están dados por la falta de larvas, sino por la competencia por espacio entre las especies.

Con relación a lo anterior tenemos que la reducción del sustrato adecuado puede ser debida a que las poblaciones bénticas de balanos incrementan la tasa de asentamiento causada por el comportamiento o hábito gregario presentado en estos organismos. Este hábito infiere que los balanos asentados atraen a nuevas larvas por medio de estímulos químicos (Barnett y



Crisp, 1979; Barnett *et al.*, 1979; Burke, 1986; Pineda y Caswell, 1997; Wetthey, 1984). Sin embargo, en otras investigaciones además de observar que las larvas tienden a asentarse junto a los adultos de su especie, también se observó que suelen asentarse donde hay otras especies de balanos o de otros organismos, e incluso que las larvas evitan asentarse junto a los adultos de su propia especie (Hui y Moyse, 1982; Larman y Gabbott, 1975; Moyse y Hui, 1981).

El segundo grupo de factores que tienen influencia en el asentamiento y reclutamiento de las larvas son los que actúan sobre las larvas recién asentadas, tales como la depredación, desecación, competencia y complicación en la metamorfosis.

Se ha observado que la depredación y el pastoreo constante de las lapas y litorinas sobre las larvas y juveniles de balanos causan una alta mortalidad (Connell, 1961; Dayton, 1971; Denley y Underwood, 1979; Petraitis, 1983). Además de que los balanos apiñados (alto asentamiento) son más susceptibles a la depredación por estrellas de mar que los balanos dispersos (bajo asentamiento) (Gaines y Roughgarden, 1985).

La desecación es un factor físico provocado por la marea baja, ya que los organismos se quedan expuestos al sol y al viento durante varias horas.



Esto ocasiona la evaporación del agua cercana o interna de los organismos, lo cual hace que se deshidraten (Carefoot, 1977; Connell, 1961). Otro factor físico que afecta a las larvas asentadas y a los balanos juveniles son los ventarrones (Connell, 1961). Foster (1971) comenta que la resistencia a la desecación en los balanos está correlacionada con el rango que ocupa cada especie en la zona intermareal.

La competencia es un factor biológico provocado por la presencia de otras especies en el mismo rango de distribución (Carefoot, 1977). Se han hecho estudios en la parte intermareal baja, donde se raspan algunas partes en las rocas que están cubiertas por algas u otras especies, dejando parches desnudos. En estos estudios se observaron que las larvas de los balanos se asientan en los parches desnudos, pero después mueren asfixiadas por las algas, aplastadas por los gusanos o removidas por las lapas (Caffey, 1985; Dayton, 1971; Denley y Underwood, 1979).

Por otro lado, se ha observado que la mortalidad de las larvas asentadas tiene que ver con retrasos o complicaciones en la metamorfosis, reservas energéticas insuficientes y por micro-depredadores (p. e. protozoarios y nemátodos) (Gosselin y Qian, 1996; Jarrett y Pechenik, 1997; Pechenik *et al.*, 1993). Es importante mencionar que algunas causas como anomalías en el



desarrollo, parasitismo y enfermedades, no han sido bien investigadas y también podrían influenciar la tasa de mortalidad (Hunt y Scheibling, 1997).

En la información anteriormente citada se puede observar que hay varios procesos pre y post-asentamiento que afectan a las poblaciones de balanos o a poblaciones de invertebrados marinos que presentan larvas planctónicas. En este trabajo se evaluó el patrón de asentamiento espacial de las larvas de balanos en la zona intermareal de playa San Miguel, Baja California.



## 4. OBJETIVOS

### 4.1. *General*

Determinar si el patrón de asentamiento de los balanos (*Balanus spp.* y *Chthamalus spp.*) en la zona intermareal de playa San Miguel, B. C. difiere entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos.

### 4.2. *Particular*

Analizar estadísticamente los picos de asentamiento comparando el asentamiento larvario entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos, para observar si hay diferencias significativas en el asentamiento de dichos organismos.



## 5. ÁREA DE ESTUDIO

Los organismos estudiados (*Balanus spp.* y *Chthamalus spp.*) se recolectaron en placas de asentamiento ubicadas en rocas con balanos y en rocas sin balanos, dentro del cinturón de balanos de la zona intermareal de playa San Miguel (31° 55' N y 116° 38' W), Baja California, México.

El área donde se recolectaron dichos organismos está localizada en la zona protegida de la playa anteriormente mencionada, teniendo una superficie de aproximadamente 120 metros (Figura 7).



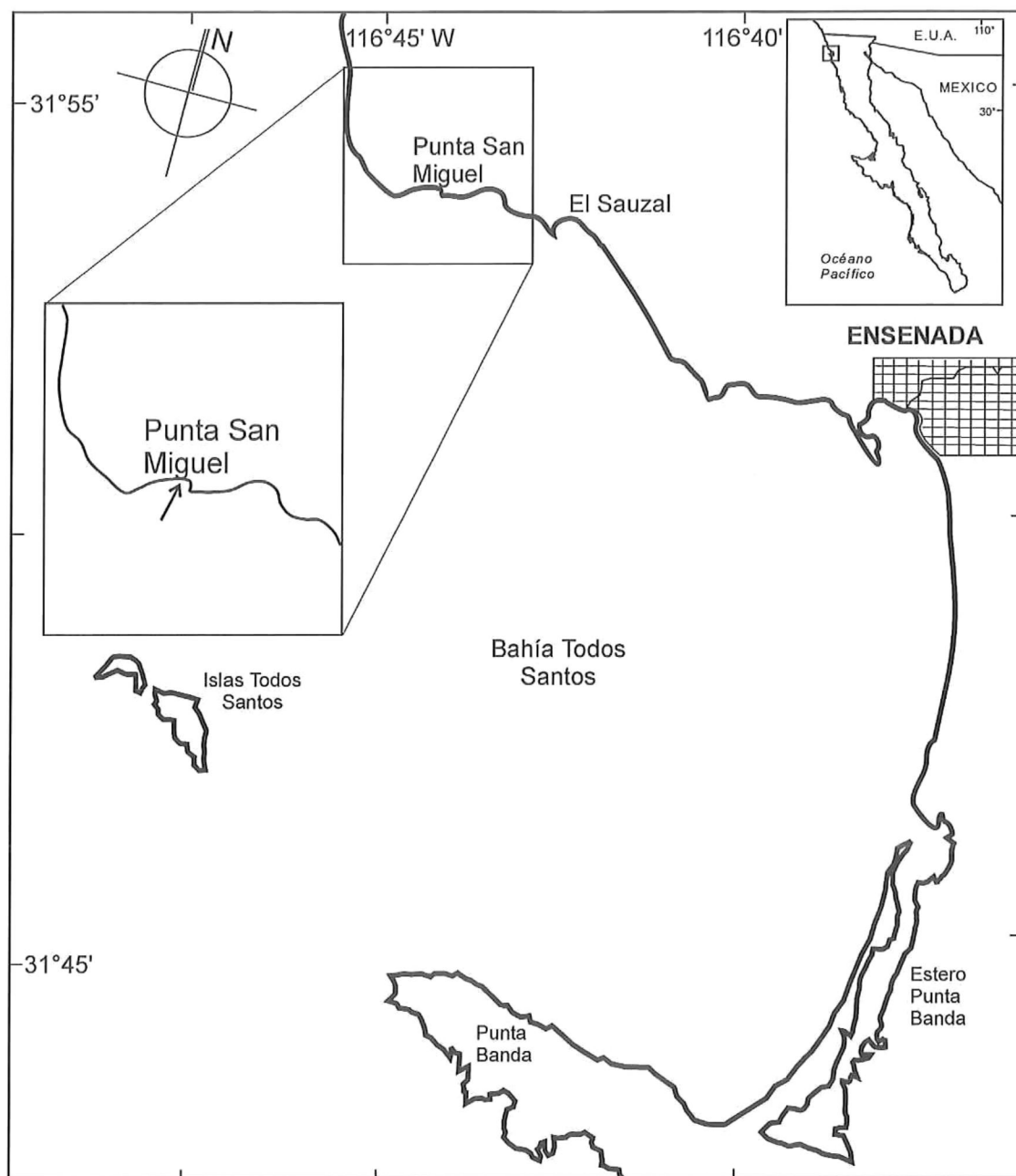


Figura 7. Mapa de la zona donde se llevó a cabo la recolecta de los organismos. La flecha indica la zona de muestreo (Fuente: José María Domínguez).



## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. *Construcción y colocación de los colectores*

Los colectores o placas de asentamiento se construyeron con tubos de PVC de 1" de diámetro y 11 cm de largo. Estos tubos se partieron a la mitad y se les hicieron tres ranuras (por la parte interna) a todo lo largo. Después las mitades se perforaron justo en medio con un taladro (Pineda y López, 2002). Estas placas de asentamiento se dejaron sumergidas en agua de mar durante una semana (curación), con el fin de que se adhirieran microorganismos marinos y que no fueran un sustrato extraño para los balanos (Sousa, 1979).

Para colocar las placas de asentamiento se hizo un orificio con un taladro en cada una de las rocas escogidas (seis rocas), en dicho orificio se metía el tornillo de cabeza y se pegaba con cemento (1/3 de cemento, 1/3 de arena, 1/3 de yeso y agua). Después se insertaba el colector en el tornillo y con la tuerca se ajustaba. Al lado del colector y encima del poco cemento que quedaba sobre la roca, se anotaba la clave para identificar a la misma, siendo: C1, C2 y C3 para las rocas con balanos y S1, S2 y S3 para las rocas sin balanos. Todo esto se hizo durante la marea más baja del mes, para dar tiempo a que se secase el cemento.



## 6.2. *Recolecta*

La serie de muestreos de balanos asentados en colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos en playa San Miguel se llevó a cabo del 11 de junio al 8 de noviembre del año 2002, por el grupo de Ecología Costera Interdisciplinaria (ICE-TEAM, CICESE), bajo la dirección de la Dra. Lydia B. Ladah.

La recolecta de las placas de asentamiento (Figura 8) fue generalmente cada tercer día durante la marea baja, pero algunas veces pasaron más días en ser recolectadas, debido a imprevistos en las condiciones ambientales. Esta recolecta se hizo tomando las placas antes colocadas e instalando unas limpias.



Figura 8. Placa de asentamiento en una roca con balanos en playa San Miguel.



### 6.3. Obtención de datos

Las placas recolectadas se llevaban al laboratorio a cargo de la Dra. Ladah en CICESE, para identificar a nivel género y contar a los organismos asentados, en un perímetro de 6 cm<sup>2</sup> por placa, utilizando un microscopio estereoscópico con un objetivo de 40X. Después de tener los datos de cada colector anotados en la bitácora, las placas se lavaban muy bien con un cepillo y agua de mar, y se guardaban en agua de mar hasta su próxima colocación.

Los dos géneros a estudiar, *Balanus* y *Chthamalus*, se identificaron en dos etapas de desarrollo: estadio de larva cipris y estadio de juvenil temprano, que es cuando la larva cipris asentada metamorfosea y da lugar a un balano juvenil (Chia, 1978).

Las larvas cipris y los juveniles tempranos de ambos géneros se pudieron diferenciar debido a que: las larvas de *Balanus spp.* son más oscuras y grandes que las larvas de *Chthamalus spp.*, y los juveniles tempranos de *Balanus spp.* son obscuro-verdosos y con unas setas en la parte superior, en cambio, los juveniles de *Chthamalus spp.* son blanco-grisáceos y no presentan dichas setas (Figura 9) (Jesús Pineda<sup>1</sup>, comunicación personal).

---

<sup>1</sup> Biology Department, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts.



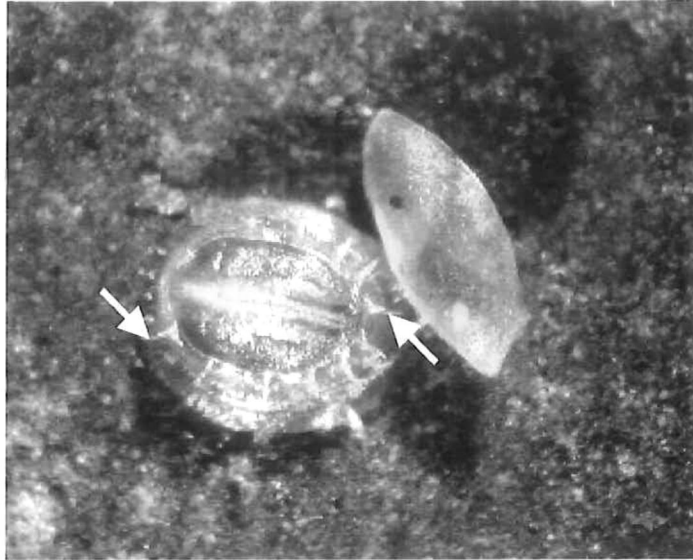


Figura 9. Larva cipris y juvenil temprano de *Balanus spp.* Las flechas muestran las setas del balano juvenil (Fuente: Fabián Tapia).

#### 6.4. Análisis estadístico

Los datos se capturaron registrando el número de larvas cipris de *Balanus spp.*, juveniles tempranos de *Balanus spp.*, larvas cipris de *Chthamalus spp.* y juveniles tempranos de *Chthamalus spp.* Estos a su vez fueron separados en rocas con balanos y rocas sin balanos. Posteriormente se calculó para cada etapa de desarrollo de su respectivo género, por muestreo: la media ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) (Zar, 1996) de los organismos asentados en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos, por separado. Después se graficaron los días de muestreo contra sus promedios ( $\bar{x}$ ) de asentamiento, y con su error estándar, de cada



una de las etapas de desarrollo en ambos géneros, para así obtener los picos de asentamiento y observar el comportamiento del error.

Para el análisis estadístico se consideró un pico de asentamiento cuando por lo menos una de las categorías (colectores en rocas con balanos o en rocas sin balanos) tuvo una media de: 10 o más juveniles tempranos en el caso de *Balanus spp.*, y en el caso de *Chthamalus spp.* 7 o más larvas cipris y 50 o más juveniles tempranos. En las larvas cipris de *Balanus spp.* no se consideró ningún día como pico de asentamiento.

Los días considerados como picos de asentamiento en cada etapa de desarrollo de cada género se analizaron con la prueba t (student) ( $\alpha = 0.05$ ), después de hacer una prueba F ( $\alpha = 0.05$ ). Un supuesto de la prueba t es demostrar la homogeneidad de varianzas. Para este fin se utilizó la prueba F con las tres réplicas ( $n=3$ ) por cada categoría (colectores en rocas con balanos o en rocas sin balanos) en cada uno de los picos. En los días que se obtuvo heterogeneidad de varianzas con dicha prueba, se hizo una transformación en los datos, sugerida para conteos (Underwood, 1997). En los grupos de datos que no presentaron ceros en ambas categorías, la transformación se hizo sacando la raíz cuadrada de cada valor ( $\sqrt{x}$ ). Mientras que los grupos de datos que presentaron por lo menos un cero en alguna categoría, la transformación se hizo sacando la raíz cuadrada del valor más uno ( $\sqrt{x+1}$ ). Con los datos



transformados se corrió por segunda vez la prueba F ( $\alpha = 0.05$ ) para verificar si se eliminaba la heterogeneidad de varianzas, y entonces se corrió la prueba t ( $\alpha = 0.05$ ) para comparar los promedios del asentamiento entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos, y determinar si en cada uno de los picos se presentaron diferencias significativas (Underwood, 1997).

La normalidad, que es otro supuesto de la prueba t, no se llevó a cabo porque las réplicas son pocas ( $n=3$ ). Sin embargo, los resultados de la prueba t son suficientemente robustos, aún con los datos no normales, cuando las réplicas están balanceadas (Underwood, 1997; Zar, 1996). En el caso de esta investigación se tuvieron tres réplicas por cada categoría en todas las comparaciones.



## 7. RESULTADOS

### 7.1. Promedios de asentamiento

Las tablas I y II presentan los cálculos (por muestreo) de la media, desviación estándar y error estándar en los días que presentaron mayor asentamiento las larvas cipris y mayor número de juveniles tempranos encontrados del género *Balanus* en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos.

Tabla I. Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los días en que las larvas cipris de *Balanus spp.* presentaron el mayor asentamiento.

Rocas	FECHA			
	16-Jul	7-Ago	15-Ago	10-Sep
<b>Sin Balanos</b>				
$\bar{x}$	2.0	1.3	*	*
SD	3.4	1.5		
SE	2.0	0.8		
<b>Con Balanos</b>				
$\bar{x}$	*	*	1.3	1.3
SD			1.5	1.5
SE			0.8	0.8

\* Ninguna larva asentada.



Tabla II. Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los días considerados como picos de asentamiento en los juveniles tempranos de *Balanus spp.*

Rocas	FECHA					
	13-Jun	15-Jun	21-Jun	23-Jun	25-Jun	26-Sep
<b>Sin Balanos</b>						
$\bar{x}$	12.0	13.3	11.3	14.0	10.0	13.3
SD	7.8	6.8	7.6	10.4	8.1	3.2
SE	4.5	3.9	4.4	6.0	4.7	1.9
<b>Con Balanos</b>						
$\bar{x}$	18.6	19.3	8.0	8.3	10.0	10.6
SD	17.6	12.7	1.7	2.5	7.9	8.4
SE	10.1	7.3	1.0	1.4	4.5	4.8



Con respecto a los picos de asentamiento en el género *Balanus*, observamos que fue muy bajo el promedio de las larvas asentadas en todos los colectores, y ningún día se consideró pico de asentamiento, ya que se obtuvieron como máximo 2 y 1.3 larvas cipris asentadas en los colectores de las rocas sin balanos, y en los colectores de las rocas con balanos tuvimos un máximo de 1.3 larvas asentadas (Tabla I) (Figura 10). En contraste, Connell (1961) reporta picos de asentamiento larvario que van de 30 a 80 organismos por  $\text{cm}^2$ , durante los meses de abril y mayo.

Sin embargo, con los promedios obtenidos en los juveniles tempranos de este género, varios días se consideraron picos de asentamiento. En los colectores de las rocas sin balanos se observan seis picos, siendo de: 14, 13.3, 11.3, 12 y 10 juveniles, y en los colectores de las rocas con balanos también se presentan seis picos, siendo de: 19.3, 18.6, 10.6, 10, 8.3 y 8 juveniles (Tabla II) (Figura 11).



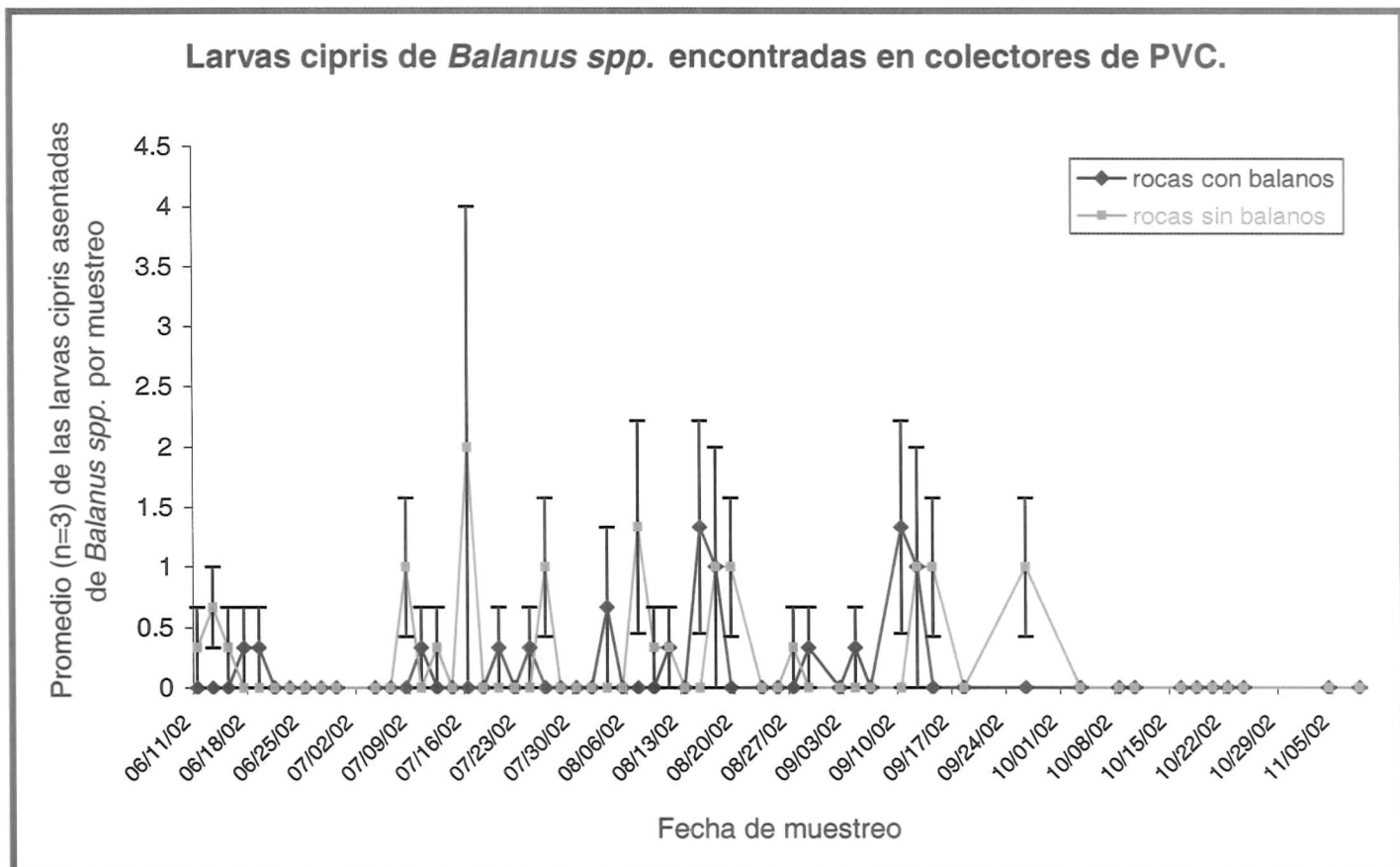


Figura 10. Promedio ( $\bar{x}$ ) de las larvas cypriis asentadas de *Balanus spp.* por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar.

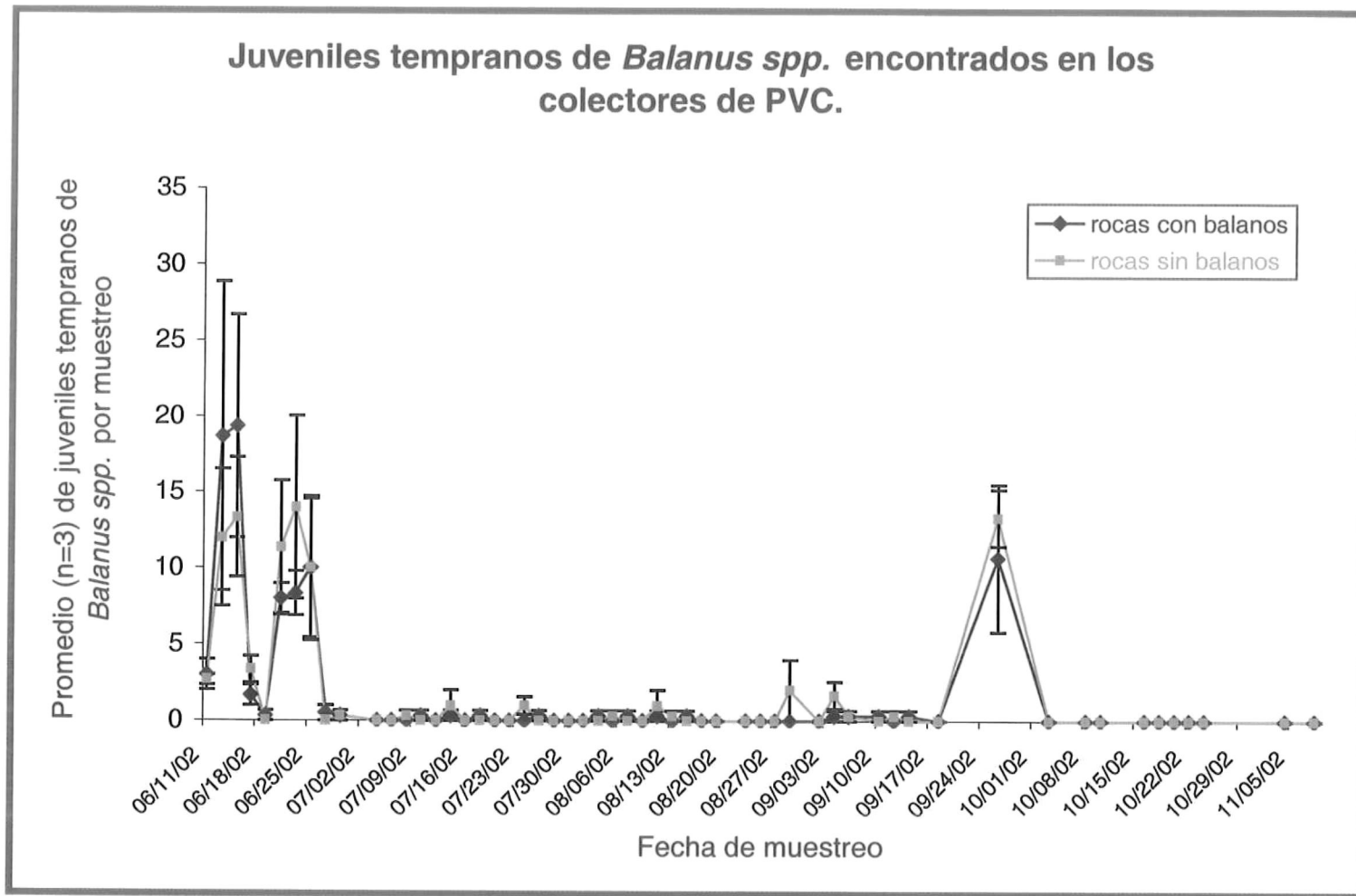


Figura 11. Promedio ( $\bar{x}$ ) de los juveniles tempranos encontrados de *Balanus spp.* por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar.



Las tablas III y IV presentan los cálculos (por muestreo) de la media, desviación estándar y error estándar en los días con picos de asentamiento larvario y picos con el mayor número de juveniles tempranos encontrados del género *Chthamalus* en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos.

Tabla III. Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los picos de asentamiento presentados por las larvas cipris de *Chthamalus spp.*

Rocas	FECHA		
	29-Jun	23-Sep	26-Sep
<b>Sin Balanos</b>			
$\bar{x}$	7.6	7.6	7.6
SD	2.3	2.3	2.3
SE	1.3	1.3	1.3
<b>Con Balanos</b>			
$\bar{x}$	5.0	5.0	10.3
SD	1.0	1.0	6.6
SE	0.5	0.5	3.8



Tabla IV. Promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar (SD) y error estándar (SE) de los días considerados como picos de asentamiento en los juveniles tempranos de *Chthamalus spp.*

Rocas	FECHA										
	17-Jun	29-Jun	4-Jul	12-Jul	16-Jul	24-Jul	9-Ag	29-Ag	4-Sep	12-Sep	26-Sep
<b>Sin Balanos</b>											
$\bar{x}$	72.0	37.3	336.0	27.6	188.3	96.6	106.0	4.0	23.3	27.6	253.3
SD	61.7	7.7	158.1	11.5	117.0	90.8	27.8	6.0	16.4	11.5	149.8
SE	35.6	4.4	91.2	6.6	67.5	52.4	16.0	3.5	9.4	6.6	86.5
<b>Con Balanos</b>											
$\bar{x}$	56.3	59.6	285.6	60.6	80.0	136.0	84.3	53.6	56.3	59.3	344.6
SD	29.5	35.2	155.1	84.2	42.5	98.5	42.7	74.1	88.2	85.4	156.2
SE	17.0	20.3	89.5	48.6	24.5	56.8	24.7	42.8	50.9	49.3	90.2

Con los promedios obtenidos en *Chthamalus spp.* se observaron tres picos de asentamiento de 7.6 larvas en los colectores de las rocas sin balanos, y en los colectores de las rocas con balanos sólo tenemos un pico de 10.3 larvas (Tabla III) (Figura 12). Mientras que los promedios de los juveniles tempranos encontrados aumentó considerablemente, teniendo en los colectores de las rocas sin balanos seis picos, siendo de: 336, 253.3, 188.3, 106, 96.6 y 72 juveniles, y en los colectores de las rocas con balanos se obtuvieron once picos, siendo de: 344.6, 285.6, 136, 84.3, 80, 60.6, 59.6, 59.3, 56.3 y 53.6 juveniles (Tabla IV) (Figura 13).



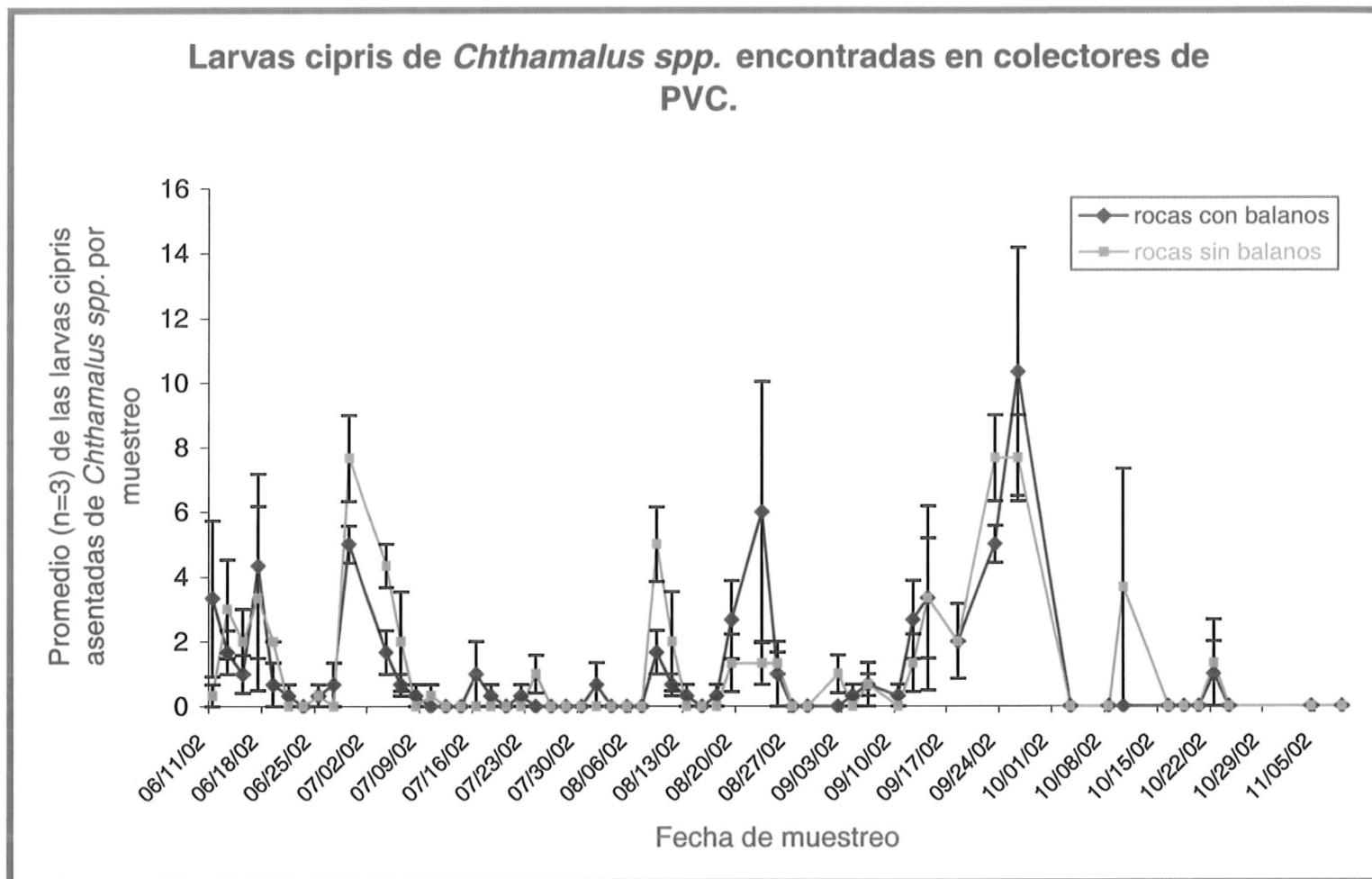


Figura 12. Promedio ( $\bar{x}$ ) de las larvas cripis asentadas de *Chthamalus spp.* por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar.



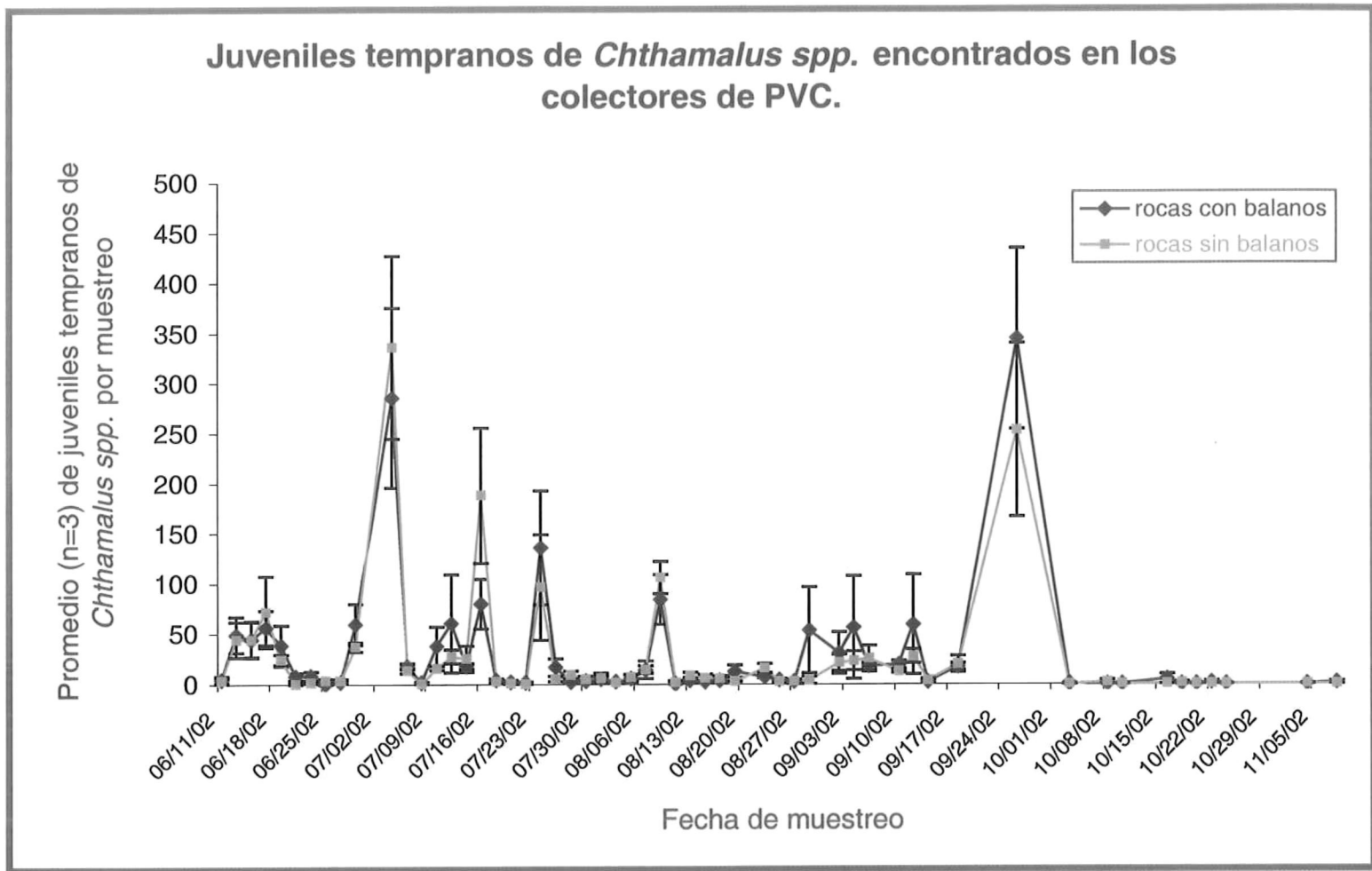


Figura 13. Promedio ( $\bar{x}$ ) de los juveniles tempranos encontrados de *Chthamalus* spp. por muestreo en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Las barras verticales indican el error estándar.



## 7.2. Análisis estadístico

### *Balanus spp.*

Las larvas cipris asentadas de este género no se analizaron estadísticamente con la prueba t, debido a que ningún día fue considerado como pico de asentamiento, por el bajo número registrado de las mismas.

En cambio, los juveniles tempranos del mismo género presentaron seis picos de asentamiento con un promedio considerable de organismos. En dichos picos se hizo el análisis estadístico con las pruebas t y F. La prueba F mostró homogeneidad de varianzas, y los valores  $p$  estuvieron por arriba de 0.05. También los valores  $p$  de la prueba t fueron mayores a 0.05, lo que indica que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de juveniles recolectados en las placas de asentamiento ubicadas en rocas con balanos y en rocas sin balanos (Tabla V).



Tabla V. Valores  $p$  de las pruebas  $t$  y  $F$  de los días considerados como picos de asentamiento en los juveniles tempranos de *Balanus spp.*

Pico de asentamiento	$p$ varianza (prueba $F$ )	$p$ (prueba $t$ )
13 = Junio	0.328	0.581
15 = Junio	0.444	0.511
21 = Junio	0.097	0.501
23 = Junio	0.109	0.412
25 = Junio	0.969	1
26 = Septiembre	0.256	0.634



*Chthamalus spp.*

En cuanto a las larvas cipris de este género tenemos que presentaron solo tres picos de asentamiento, en los cuales la prueba F mostró una homogeneidad de varianzas, donde los valores  $p$  fueron mayores a 0.05. Con la prueba t no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de larvas asentadas en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Los valores  $p$  en ésta fueron más altos que 0.05 (Tabla VI).

Sin embargo, los picos de los juveniles tempranos fueron once, pero la prueba F presentó una heterogeneidad de varianzas (Tabla VII), y para obtener la homogeneidad de varianzas se tuvo que hacer una transformación en los datos que presentaron valores  $p$  menores a 0.05. Después de hacer la transformación en los mismos, se corrió la prueba F por segunda vez, la cual mostró una homogeneidad de varianzas, donde todos los valores  $p$  estuvieron por encima de 0.05. Con la prueba t no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de juveniles tempranos encontrados en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Los valores  $p$  en esta prueba fueron mayores a 0.05 (Tabla VIII).



Tabla VI. Valores  $p$  de las pruebas t y F de los picos de asentamiento en las larvas cypriis de *Chthamalus spp.*

Pico de asentamiento	$p$ varianza (prueba F)	$p$ (prueba t)
29 – Junio	0.315	0.140
23 – Septiembre	0.315	0.140
26 – Septiembre	0.210	0.547



Tabla VII. Valores  $p$  de la prueba F con los datos sin transformar en los días 12 de julio, 29 de agosto y 12 de septiembre de los picos en los juveniles tempranos de *Chthamalus spp.*

Pico de asentamiento	$p$ varianza (prueba F)
17 – Junio	0.371
29 – Junio	0.092
4 – Julio	0.981
12 – <i>Julio</i>	0.036
16 – Julio	0.233
24 – Julio	0.919
9 – Agosto	0.594
29 – <i>Agosto</i>	0.013
4 – Septiembre	0.067
12 – <i>Septiembre</i>	0.035
26 – Septiembre	0.958



Tabla VIII. Valores  $p$  de las pruebas  $t$  y  $F$  con los datos transformados en los días 12 de julio, 29 de agosto y 12 de septiembre de los picos en los juveniles tempranos de *Chthamalus spp.*

Pico de asentamiento	$p$ varianza (prueba F)	$p$ (prueba $t$ )
17 – Junio	0.371	0.712
29 – Junio	0.092	0.344
4 – Julio	0.981	0.713
12 – Julio	0.076	0.694
16 – Julio	0.233	0.206
24 – Julio	0.919	0.637
9 – Agosto	0.594	0.502
29 – Agosto	0.131	0.229
4 – Septiembre	0.067	0.558
12 – Septiembre	0.072	0.746
26 – Septiembre	0.958	0.505



## 8. DISCUSIONES

Es evidente que en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos en playa San Miguel, B. C. las larvas cypri asentadas y los juveniles tempranos encontrados de *Chthamalus spp.* fueron mucho mayor que las larvas asentadas y los juveniles encontrados de *Balanus spp.* Sin embargo, en la comparación de los promedios de larvas asentadas y juveniles tempranos encontrados entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos de dicha playa, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los géneros. Estos resultados indican que no se presentaron diferencias significativas en el asentamiento larvario entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos. Lo cual sugiere que las diferencias observadas entre las rocas con balanos y las rocas sin balanos no son debidas a un asentamiento diferente de larvas en las rocas, sino que podrían ser debidas a procesos de post-asentamiento.

### 8.1. *Diferencias en el asentamiento*

Las diferencias observadas en el asentamiento larvario y conteo de los juveniles tempranos entre los balanos *Balanus spp.* y *Chthamalus spp.* recolectados en las placas de asentamiento ubicadas en rocas con balanos y en rocas sin balanos en playa San Miguel, B. C. pudieron deberse al



abastecimiento larvario (Caffey, 1985; Connell, 1985; Minchinton y Scheibling, 1991), ya que la temporada de producción de larvas es diferente en cada género. Siendo en *Balanus* de invierno a primavera y en *Chthamalus* de primavera a otoño (Hines, 1978).

Se observaron grandes diferencias en el asentamiento larvario y conteo de los juveniles tempranos de ambos géneros. El género *Balanus* fue el que presentó un menor asentamiento de larvas, lo cual coincide con que los datos para esta investigación fueron tomados de junio a noviembre (finales de primavera y principio de otoño), cuando la producción de larvas ya había terminado. Pineda y López (2002) comentan que los mayores picos de asentamiento en *Balanus spp.* ocurren a finales de invierno y principios de primavera. Sin embargo, en los juveniles tempranos del mismo género se observa un leve incremento en el número de organismos encontrados. Probablemente esta observación se deba a que las larvas cipris se metamorfosean a las pocas horas de haberse asentado (Chia, 1978), y como las placas se recolectaban por lo menos cada tercer día, entonces esa podría ser la razón por la cual se encontraron más juveniles que larvas.

Por otro lado, el género *Chthamalus* también presentó picos de asentamiento larvario con menor cantidad de organismos que los picos presentados por los juveniles tempranos, lo que probablemente sea por lo



anteriormente mencionado de que las larvas cypri asentadas en poco tiempo se metamorfosean y se convierten en juveniles tempranos (Chia, 1978). Entonces, debido a la metamorfosis rápida de las larvas y a que en este género coincide la temporada de producción de larvas con la fecha en que se llevó a cabo la recolecta de organismos, se presentan once picos de juveniles tempranos con una gran cantidad de organismos.

## 8.2. Análisis estadístico

Los resultados estadísticos obtenidos con la prueba  $t$  ( $\alpha = 0.05$ ) en los juveniles tempranos de *Balanus spp.* y en las larvas cypri y juveniles tempranos de *Chthamalus spp.* no presentaron diferencias significativas en el asentamiento larvario entre los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos de la zona intermareal en playa San Miguel, Baja California.

Sin embargo, en el género *Balanus*, por lo mismo de que no estaba en su periodo reproductivo (Hines, 1978), la cantidad de larvas asentadas y de juveniles tempranos encontrados fue muy baja. Por lo cual, los resultados son representativos para esa época (junio a noviembre), pero no se consideraron concluyentes.



### 8.3. *Causas probables de mortalidad*

Debido a que no se encontraron diferencias significativas en el asentamiento larvario entre los colectores de ambas rocas, se sugiere que las variaciones de presencia o ausencia del balano *Chthamalus spp.* en las rocas de la zona intermareal de playa San Miguel pueden ser causadas por diferencias en la sobrevivencia de las larvas después del asentamiento.

Las diferencias en la sobrevivencia post-asentamiento del género *Chthamalus* en las rocas podrían ser por: depredación y/o diferencias en el calentamiento de las rocas.

La depredación es causada por el constante pastoreo de lapas y litorinas, las cuales afectan las comunidades intermareales de balanos. Dayton (1971) comenta que las lapas causan la mortalidad de los balanos ya que se alimentan de ellos, pero también los aplastan, empujan y desalojan del sustrato. Además observó que donde hay baja densidad de lapas, la supervivencia de los balanos aumenta. Podría ser que en las rocas con ausencia de balanos haya más lapas que en las rocas que presentan balanos, o las rocas que presentan balanos no tengan lapas. Connell (1961) observó que los gasterópodos carnívoros como *Thais* causan una alta mortalidad en los balanos juveniles, ya que se alimentan de ellos. Petraitis (1983) también observó que las litorinas afectan la abundancia de las larvas asentadas de



balanos. Por otro lado, Gosselin y Qian (1996) sugieren que los microdepredadores como los protozoarios o nemátodos pueden causar alta mortandad en estos organismos.

Las diferencias en el calentamiento de las rocas debidas a la diferente composición de las mismas puede ser importante para el reclutamiento de las nuevas larvas. Raimondi (1988) observó que la supervivencia de los balanos juveniles de *Chthamalus anisopoma* fue menor en rocas basálticas comparadas con rocas graníticas, ya que las rocas basálticas alcanzan mayores temperaturas. Por otro lado, Moore y Kitching (1939; citado en Raimondi, 1988) también observaron que el tipo de roca influye fuertemente en la distribución del balano *Chthamalus stellatus*. Sin embargo, Caffey (1982) comenta que el tipo de roca no afecta la supervivencia de los balanos juveniles de *Tesseropora rosea* en Australia.



## 9. CONCLUSIONES

En el asentamiento larvario del balano *Chthamalus spp.* en los colectores ubicados en rocas con balanos y en rocas sin balanos no se encontraron diferencias significativas. Lo cual sugiere que no se presenta una diferencia en el asentamiento de larvas entre las rocas y que factores de post-asentamiento podrían estar actuando sobre los organismos asentados, dejando así, algunas rocas sin balanos en la zona intermareal de playa San Miguel, Baja California.

En el género *Balanus* los resultados no se consideraron concluyentes porque la cantidad de organismos asentados fue muy baja.



### 9.1. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda:

- Analizar más réplicas en la zona protegida, o cubrir toda la playa San Miguel, para observar las diferencias que se presenten en las tres zonas (expuesta, media y protegida).
- También convendría hacer la recolecta de placas todos los días durante un año, aunque implique una gran inversión en tiempo. Esto con el fin de observar cuándo se presentan los picos de asentamiento de las larvas cypis, y así determinar el ciclo de vida en estas latitudes.
- Sería muy interesante hacer un estudio donde se combinen recolectas del intermareal con recolectas de plancton, para medir el abastecimiento de larvas y observar si se presenta asentamiento de las mismas.
- Realizar un trabajo sobre la composición de las rocas estudiadas y determinar si se relaciona con la mortalidad de los organismos.
- Analizar qué organismos están depredando a los balanos recién asentados y cuál es su distribución en las rocas con balanos y en las rocas sin balanos.



## 10. LITERATURA CITADA

**Alexander, S. E. y J. Roughgarden.** 1996. Larval transport and population dynamics of intertidal barnacles: a coupled benthic/oceanic model. *Ecol. Monogr.* 66(3):259-275.

**Barnes, R. D.** 1989. Zoología de los invertebrados. Quinta edición. Editorial Interamericana. México. 627-639 pp.

**Barnes, R. S. K. y R. N. Hughes.** 1982. An introduction to marine ecology. Blackwell Scientific Publications. London. 339 pp.

**Barnett, B. E. y D. J. Crisp.** 1979. Laboratory studies of gregarious settlement in *Balanus balanoides* and *Elminius modestus* in relation to competition between these species. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 59:581-590.

**Barnett, B. E., S. C. Edwards y D. J. Crisp.** 1979. A field study of settlement behaviour in *Balanus balanoides* and *Elminius modestus* (Cirripedia: Crustacea) in relation to competition between them. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 59:575-580.

**Bowman, T. E. y L. G. Abele.** 1982. Classification of the recent Crustacea. **En:** Bliss, D. E. (ed). 1982. The Biology of Crustacea. Vol. 1. Abele, L. G. (ed). 1982. Systematics, the fossil record and biogeography. Academic Press. New York. 8 pp.

**Burke, R. D.** 1986. Pheromones and the gregarious settlement of marine invertebrate larvae. *Bull. Mar. Sci.* 39(2):323-331.

**Caffey, H. M.** 1982. No effect of naturally-occurring rock types on settlement or survival in the intertidal barnacle, *Tesseropora rosea* (Krauss). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 63:119-132.

**Caffey, H. M.** 1985. Spatial and temporal variation in settlement and recruitment of intertidal barnacles. *Ecol. Monogr.* 55(3):313-332.

**Carefoot, T.** 1977. Pacific seashores: A guide to intertidal ecology. University of Washington Press. U.S.A. 10-11 pp.

**Chia, F.** 1978. Perspectives: Settlement and metamorphosis of marine invertebrate larvae. **En:** Chia F. y M. E. Rice (eds). 1978. Settlement and



metamorphosis of marine invertebrate larvae. Elsevier North-Holland, Inc. New York. 283-285 pp.

**Connell, J. H.** 1961. Effects of competition, predation by *Thais lapillus*, and other factors on natural populations of the barnacle *Balanus balanoides*. *Ecol. Monogr.* 31(1):61-104.

**Connell, J. H.** 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post-settlement mortality in rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 93:11-45.

**Dayton, P. K.** 1971. Competition, disturbance and community organization: The provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* 41(4):351-389.

**Denley, E. J. y A. J. Underwood.** 1979. Experiments on factors influencing settlement, survival, and growth of two species of barnacles in New South Wales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 36:269-293.

**Eckman, J. E.** 1983. Hydrodynamic processes affecting benthic recruitment. *Limnol. Oceanogr.* 28(2):241-257.

**Ewing, G.** 1950. Slicks, surface films and internal waves. *J. Mar. Res.* 9(3):161-187.

**Farrell, T. M., D. Bracher y J. Roughgarden.** 1991. Cross-shelf transport causes recruitment to intertidal populations in central California. *Limnol. Oceanogr.* 36(2):279-288.

**Foster, B. A.** 1971. Desiccation as a factor in the intertidal zonation of barnacles. *Mar. Biol.* 8:12-29.

**Gaines, S. y J. Roughgarden.** 1985. Larval settlement rate: A leading determinant of structure in an ecological community of the marine intertidal zone. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 82:3707-3711.

**Gosselin, L. A. y P. Y. Qian.** 1996. Early post-settlement mortality of an intertidal barnacle: a critical period for survival. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 135:69-75.

**Hawkins, S. J. y R. G. Hartnoll.** 1982. Settlement patterns of *Semibalanus balanoides* (L.) in the isle of Man (1977-1981). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 62:271-283.



**Hines, A. H.** 1978. Reproduction in three species of intertidal barnacles from central California. *Biol. Bull.* 154:262-281.

**Hinton, S.** 1969. Seashore life of southern California. University of California Press. U.S.A. 120-122 pp.

**Hui, E. y J. Moyse.** 1982. Settlement of *Elminius modestus* cyprids in contact with adult barnacles in the field. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 62:477-482.

**Hunt, H. L. y R. E. Scheibling.** 1997. Role of early post-settlement mortality in recruitment of benthic marine invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 155:269-301.

**Jarrett, J. N.** 2000. Temporal variation in early mortality of an intertidal barnacle. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 204:305-308.

**Jarrett, J. N. y J. A. Pechenik.** 1997. Temporal variation in cyprid quality and juvenile growth capacity for an intertidal barnacle. *Ecology* 78(5):1262-1265.

**Johnson, M. E. y H. James.** 1955. Seashore animals of the pacific coast. Dover Publications, Inc. New York. 257-270 pp.

**Larman, V. N. y P. A. Gabbott.** 1975. Settlement of cyprid larvae of *Balanus balanoides* and *Elminius modestus* induced by extracts of adult barnacles and other marine animals. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 55:183-190.

**Le Fèvre, J. y E. Bourget.** 1991. Neustonic niche for cirripede larvae as a possible adaptation to long-range dispersal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 74:185-194.

**Le Fèvre, J. y E. Bourget.** 1992. Hydrodynamics and behaviour: Transport processes in marine invertebrates larvae. *TREE* 7(9):288-289.

**Le Tourneux, F. y E. Bourget.** 1988. Importance of physical and biological settlement cues used at different spatial scales by the larvae of *Semibalanus balanoides*. *Mar. Biol.* 97:57-66.

**Lewis, J. R.** 1964. The ecology of rocky shores. The English Universities press. London. 323 pp.

**Little, C. y J. A. Kitching.** 1996. The biology of rocky shores. Oxford University Press. New York. 240 pp.



**Magre, E. J.** 1974. *Ulva lactuca* L. negatively affects *Balanus balanoides* (L.) (Cirripedia, Thoracica) in tidepools. *Crustaceana* 27(3):231-234.

**McConnaughey, B. H.** 1970. Introduction to marine biology. The C. V. company. U. S. A. 449 pp.

**Minchinton, T. E y R. E. Scheibling.** 1991. The influence of larval supply and settlement on the populations structure of barnacles. *Ecology* 72(5):1867-1879.

**Minchinton, T. E. y R. E. Scheibling.** 1993. Free space availability and larval substratum selection as determinants of barnacle population structure in a developing rocky intertidal community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 95:233-244.

**Moyse, J. y E. Hui.** 1981. Avoidance by *Balanus balanoides* cyprids of settlement on conspecific adults. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 61:449-460.

**Newman, W. A. y D. P. Abbott.** 1980. Cirripedia: The Barnacles. **En:** Morris R. H., D. P. Abbott y E. C. Haderlie (eds). 1980. Intertidal invertebrates of California. Stanford University Press. U.S.A. 504-521 pp.

**Pechenik, J. A.** 1999. On the advantages and disadvantages of larval stages in benthic marine invertebrate life cycles. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 177: 269-297.

**Pechenik, J. A., D. Rittschof y A. R. Schmidt.** 1993. Influence of delayed metamorphosis on survival and growth of juvenile barnacles *Balanus amphitrite*. *Mar. Biol.* 115:287-294.

**Pechenik, J. A., D. E. Wendt y J. N. Jarrett.** 1998. Metamorphosis is not a new beginning. *BioScience* 48(11):901-910.

**Petraitis, P. S.** 1983. Grazing patterns of the periwinkle and their effect on sessile intertidal organisms. *Ecology* 64(3):522-533.

**Pineda, J.** 1991. Predictable upwelling and the shorewards transport of planktonic larvae by internal tidal bores. *Science* 253:548-551.

**Pineda, J.** 1994a. Internal tidal bores in the nearshore: Warm-water fronts, seaward gravity currents and the onshore transport of neustonic larvae. *J. Mar. Res.* 52:427-458.



**Pineda, J.** 1994b. Spatial and temporal patterns in barnacle settlement rate along a southern California rocky shores. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107:125-138.

**Pineda, J.** 1999. Circulation and larval distribution in internal tidal bores warm fronts. *Limnol. Oceanogr.* 44(6):1400-1414.

**Pineda, J.** 2000. Linking larval settlement to larval transport: Assumptions, potentials and pitfalls. *Oceanography of the Eastern Pacific* 1:84-105.

**Pineda, J. y H. Caswell.** 1997. Dependence of settlement rate on suitable substrate area. *Mar. Biol.* 129:541-548.

**Pineda, J. y M. López, 2002.** Temperature, stratification and barnacle larval settlement in two Californian sites. *Cont. Shelf. Res.* 22:1183-1198.

**Raimondi, P. T.** 1988. Rock type affects settlement, recruitment and zonation of the barnacle *Chthamalus anisopoma* Pilsbury. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 123:253-267.

**Roughgarden, J., S. Gaines y H. Possingham.** 1988. Recruitment dynamics in complex life cycles. *Science* 241:1460-1466.

**Schmitt, W. L.** 1965. Crustaceans. University of Michigan Press. U.S.A. 66-74 pp.

**Singletary, R. L. y R. Shadlou.** 1983. *Balanus balanoides* in tide-pools: A question of maladaptation?. *Crustaceana* 45(1):53-70.

**Shanks, A. L.** 1983. Surface slicks associated with tidally forced internal waves may transport pelagic larvae of benthic invertebrates and fishes shoreward. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 13:311-315.

**Shanks, A. L.** 1986. Tidal periodicity in the daily settlement of intertidal barnacle larvae and an hypothesized mechanism for the cross-shelf transport of cyprids. *Biol. Bull.* 170:429-440.

**Shanks, A. L.** 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. **En:** McEdward Larry (ed). 1995. Ecology of marine invertebrate larvae. CRC Press. U. S. A. 323-367 pp.



**Shanks, A. L., J. Largier, L. Brink, J. Brubaker y R. Hooff.** 2000. Demonstration of the onshore transport of larval invertebrates by the shoreward movement of an upwelling front. *Limnol. Oceanogr.* 45(1):230-236.

**Smith, DeBoyd L. y K. B. Johnson.** 1996. A guide to marine coastal plankton and marine invertebrate larvae. Segunda ed. Kendall-Hunt publishing company. U.S.A. 116 pp.

**Sousa, W. P.** 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecol. Monogr.* 49:227-254.

**Stephenson, T. A. y A. Stephenson.** 1949. The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts. *J. Ecol.* 37:289-305.

**Underwood, A. J.** 1997. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press. Reino Unido. 504 pp.

**Underwood, A. J. y P. G. Fairweather.** 1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblages. *TREE* 4(1):16-20.

**Wethey, D. S.** 1984. Spatial patterns in barnacle settlement: day to day changes during the settlement season. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 64:687-698.

**Wing, S. R., J. L. Largier, L. W. Botsford y J. F. Quinn.** 1995. Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. *Limnol. Oceanogr.* 40(2):316-329.

**Zar, J. H.** 1996. Biostatistical analysis. Tercera ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey. 33-38 pp.

