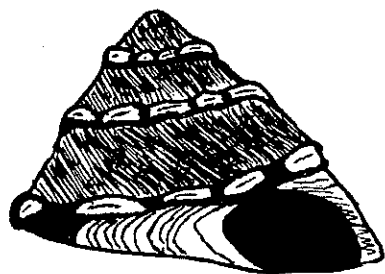




# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INFLUENCIA DE LA SALINIDAD, DIAMETRO Y UBICACION DE LA  
LESION Y TAMAÑO DEL ORGANISMO EN LA REPARACION DE LA  
CONCHA EN EL CARACOL MARINO *Astraea undosa*.



**TESIS**

que para obtener el Titulo de

**OCEANOLOGO**

presenta

**ANTONIO PEREZ ROLON**

Ensenada, Baja California, Junio 1992

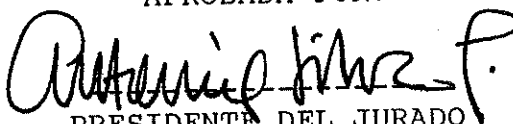
INFLUENCIA DE LA SALINIDAD, DIAMETRO Y UBICACION DE  
LA LESION Y TAMAÑO DEL ORGANISMO EN LA REPARACION DE LA  
CONCHA EN EL CARACOL MARINO Astraea undosa.

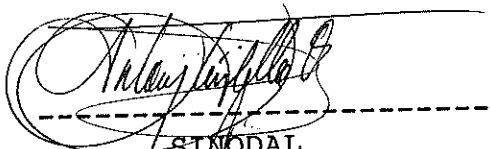
TESIS

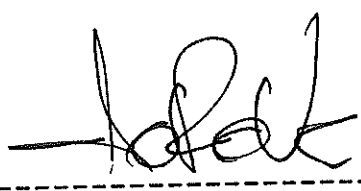
QUE PRESENTA:

ANTONIO PEREZ ROLON

APROBADA POR:

  
PRESIDENTE DEL JURADO  
M.C. ANTONIO SILVA LOERA

  
-----  
SINODAL  
M.C. ANTONIO TRUJILLO ORTIZ

  
-----  
SINODAL  
DR. JORGE DE LA ROSA VELEZ

## DEDICATORIA

A mis Padres José y Enriqueta; porque gracias a su esfuerzo tengo la mejor herencia que el ser humano puede recibir: Educación.

A ambos por su abnegación, constante estímulo y ofrecerme siempre lo mejor.

A mis hermanos y cuñados:

Beatriz y Héctor  
Enriqueta  
José y Leticia  
Guadalupe y Octavio  
Mauricio y Alejandra  
Enrique

A mis sobrinos

Héctor, Alvaro, Alejandra, Oscar, José, Daniel, Mónica y Mauricio.

A mis abuelitos

Anthoni y Maria

## AGRADECIMIENTO

Al M.C. Antonio Silva Loera por su tiempo y dedicación que me brindo en la dirección de esta tesis.

Al Dr. Jorge de la Rosa Velez y al M.C. Antonio Trujillo Ortiz por sus acertadas sugerencias y criticas para el mejoramiento de la presente.

A todos mis compañeros y amigos.



Este trabajo de tesis forma parte del proyecto de investigación "Evaluación integral de los recursos con potencial económico de la costa Oeste de Baja California, del caracol Astraea undosa (Mollusca: Gastropoda)", correspondiente a la etapa de fisiología que se desarrolló en la Facultad de Ciencias Marinas, con el apoyo de la Universidad Autónoma de Baja California y la Secretaría de Educación Pública convenios número C 87-01-0136 y 88-01-0077.

## RESUMEN

En relación al proceso de reparación de la concha en el caracol marino Astraea undosa, se investigó el efecto de la variación de la salinidad, el tamaño y ubicación de la lesión, así como del tamaño del organismo. El proceso de reparación se caracterizó por la aparición de tres estructuras: membrana, concha blanda y concha dura. En salinidad de 34<sup>0</sup>/oo y 17°C, la primer estructura apareció en la zona de la gonada al cuarto día después de practicar la lesión. La concha blanda, a los quince días, y la última a los 22-23 días. En la parte del pie y fuera del pie tardó más del doble de tiempo en generar la primer estructura, con respecto a la zona de la gonada. El tamaño de la lesión (2 y 4 mm), tanto en organismos grandes como chicos, no tuvo efecto sobre el tiempo de aparición de la membrana y concha dura. En salinidad de 40<sup>0</sup>/oo, el tiempo que tardó en aparecer la membrana se duplicó de 4-5 a 9-11 días y la concha dura no apareció durante los 25 días del experimento. En general del tamaño experimental no se observó efecto sobre el tiempo de aparición de las estructuras en el proceso de la reparación de la concha. Se observó que en salinidades de (25<sup>0</sup>/oo) no se modificó el tiempo de reparación de la concha y en 40<sup>0</sup>/oo sí se afectó éste proceso. En la región dañada durante el mecanismo de reparación, el engrosamiento de la concha es un proceso lento, y oscilante.

## CONTENIDO

|                                                         |      |
|---------------------------------------------------------|------|
| Resumen.....                                            | v    |
| Lista de Figuras.....                                   | vii  |
| Lista de Tablas.....                                    | viii |
| 1.- Introducción.....                                   | 1    |
| 1.2.- Objetivo.....                                     | 6    |
| 2.- Materiales y Método.....                            | 6    |
| 2.1.- Experimento I.....                                | 10   |
| 2.2.- Experimento II.....                               | 10   |
| 2.3.- Experimento III.....                              | 11   |
| 2.4.- Experimento IV.....                               | 13   |
| 3.- Resultados.....                                     | 15   |
| 4.- Discusión.....                                      | 32   |
| 4.1 Del experimento I.....                              | 34   |
| 4.2 Del experimento II.....                             | 36   |
| 4.3 Del experimento III.....                            | 37   |
| 4.4 Reparación de la concha en la zona de la gónada.... | 39   |
| 4.5 Engrosamiento de la concha.....                     | 40   |
| 5.- Conclusión.....                                     | 40   |
| 6.- Recomendaciones.....                                | 41   |
| 7.- Literatura citada.....                              | 42   |

## Lista de figuras

- Figura 1.- Vista lateral del caracol marino Astraea undosa mostrando las diferentes zonas donde se le practicó la lesión y medida considerada de tamaño (lado mayor)..... 8
- Figura 2.- Parte basal de la concha de Astraea undosa señalando las zonas de marcado en los organismos grandes y chicos..... 9
- Figura 3.- Sistema cerrado utilizado en salinidad de 25 y 40<sup>o</sup>/oo con filtro biológico externo..... 12
- Figura 4.- Grosor de la concha reparada en función de tiempo en el caracol marino Astraea undosa. Valor promedio de 2 organismos, a 35<sup>o</sup>/oo y 19°C..... 31
- Figura 5a.- Incremento absoluto del grosor (mm) de la concha en función del tiempo (días).....32
- Figura 5b.- Tasa instantanea de engrosamiento (log. mm) de la concha en función de tiempo (días).....32

## Lista de tablas

Tabla I.- Tiempo promedio (días y  $\pm$  S) de aparición de las estructuras de reparación de la concha en Astraea undosa, en las regiones de la gónada, pie y expuesta al contraerse el pie (4 mm de diámetro de la lesión) en dos grupos de tamaño a 34°/oo y 17°C..... 17

Tabla II.- Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de la perforación sobre la reparación en la concha en Astraea undosa en tres regiones de la concha (gonadal, pedal y región expuesta al contraerse el pie) a 34°/oo y 17°C..... 18

Tabla III.- Tiempo promedio (días y  $\pm$  S) de aparición de las estructuras del proceso de reparación de la concha en Astraea undosa en la región de la gónada, con dos diferentes diámetros de lesión: 2 mm y 4mm en dos grupos de tamaño: grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm) a 25°/oo y 19°C..... 21

Tabla IV.- Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de perforación sobre la reparación de la concha en Astraea undosa en la parte de la gónada con dos diámetros de lesión (2 y 4 mm) y dos grupos de tamaño, grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm) a 25°/oo y 19°C..... 22

Tabla V.- Tiempo promedio (días y  $\pm$  S) de aparición de las estructuras del proceso de reparación de la concha en Astraea undosa en las regiones de la gónada y pie (diámetro de lesión de 4 mm) en dos grupos de tamaño :grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm), a 40°/oo y 19°C..... 24

Tabla VI.- Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de la perforación sobre la reparación de la concha de Astraea undosa en dos regiones de la concha (gónada y pie) con un diámetro de la lesión de 4 mm, en dos grupos de tamaño: grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm) a 40°/oo y 19°C..... 26

Tabla VII.- Comparación en el proceso de reparación de la concha en Astraea undosa en la región de la gónada con un diámetro de lesión de 4 mm con dos grupos de tamaño grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm) en tres diferentes salinidades y temperaturas 25, 34 y 40 °/oo y 17°, 19° y 17°C respectivamente..... 28

Tabla VIII.- Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de la perforación sobre la reparación de la concha en Astraea undosa en la región de la gónada a tres salinidades (25, 34 y 40 ‰) y temperatura (17°, 19° y 17°C) respectivamente..... 29

## 1. INTRODUCCION

Los moluscos son organismos que se caracterizan por tener gran diversidad de formas y tamaños en su concha, la cual le sirve principalmente como estructura de protección y sostén del cuerpo (Dance, 1976).

La concha de estos organismos está compuesta por tres capas: una externa o periostraco delgado, compuesto de una sustancia orgánica córnea, conocida como conquiolina. La segunda, la capa media prismática compuesta de carbonato de calcio, mineral dispuesto en cristales que adoptan posiciones verticales rodeados cada uno de ellos por una delgada matriz de proteínas. La tercer capa o cara interna nacarada, se encuentra dispuesta en láminas o vainas brillantes depositadas cada una de ellas sobre una matriz orgánica también muy pequeña (Barnes, 1977).

La capa interna y externa de la concha de los moluscos parecen tener la misma apariencia en una sección pulida. La concha de Astraea olfersi presenta 2 capas claramente visibles: una externa homogénea formada de aragonita y calcita y otra interna nacarada constituida solamente de aragonita (Jurberg, 1970).

El proceso de formación de la concha consiste en la depositación de cristales de carbonato de calcio en la matriz orgánica la cual en su mayor parte está formada por proteínas

y es llamada conchiolina. El tejido responsable para la formación de la concha es el manto, el cual cubre el interior de la superficie del crecimiento de la concha. Entre el manto y la concha se encuentra el fluido extrapalial. Este fluido es el medio a partir del cual se forma la matriz orgánica y la cristalización de los compuestos de la concha (Wilbur, 1964).

La formación de la concha en los moluscos es una actividad característica del manto. Este proceso tiene un doble propósito: crecimiento lineal y engrosamiento de la concha. El crecimiento lineal es un proceso de depositación de cristales con orientación diferente que le da un aspecto bandeado (Wilbur, 1964).

Estos organismos son capaces de reparar el daño a la concha. Este proceso se puede llevar a cabo una o varias veces en el mismo lugar generando una nueva concha. Los procesos de reparación pueden ser o no similares al de la formación de la concha, variando las características de regeneración de acuerdo a la zona de la concha que se encuentre dañada (Wilbur, 1964).

La regeneración de la concha es un fenómeno importante en la fisiología de moluscos. En algunos grupos la rápida regeneración de la concha es vital, especialmente para los caracoles terrestres pulmonados, ya que pierden fluidos corporales al existir una lesión (Saleuddin, 1969).



En los caracoles marinos pueden ser presa fácil, por ejemplo, de estrellas de mar.

La respuesta inmediata al lesionarse la concha es la contracción del manto, que posteriormente se relaja para situarse por abajo de la lesión iniciando la reparación de la concha (Beedham, 1965).

El inicio de la reparación de la concha se distingue claramente ya que sucede la formación de una membrana o matriz orgánica transparente, la cual cubre la parte interna de la superficie de la concha en la zona dañada, seguida de la depositación de cristales calcáreos hasta la formación de la nueva concha (Hyman, 1967).

Andrews (1934), observó durante la reparación de la concha del caracol Helix sp fluidos en la región dañada. Estos fluidos formaron una membrana orgánica que gradualmente se calcificó, engrosándose la capa. La cubierta inicial es común que se forme en las primeras horas, aunque la reparación total requiera de un período mayor.

Saleuddin (1969), observó que en la reparación de la concha en Ampollarius glaucus (Gasteropoda), con un diámetro de lesión de 5mm x 5mm, formó una membrana traslúcida delicada presentándose ésta al segundo día posterior a la lesión y adquiriendo una pigmentación normal de la concha entre los seis u ocho días siguientes.

Entre los factores físico-químicos que modifican el proceso de reparación de la concha en organismos marinos, la salinidad es uno de los factores que afectan este proceso (Boggild, 1930).

Dodd (1963), encontro que en numerosos bivalvos al aumentar la salinidad decrece el contenido de aragonita en la concha.

La depredación es un factor importante que determina la distribución de muchas especies de organismos dentro de la estructura comunitaria intermareal. Esta depredación puede tener el mismo efecto en la estructura poblacional de algunas especies de gasterópodos intermareales, aumentando en los niveles más bajos de la costa (Connell, 1972). Los gasterópodos ocasionalmente han sido considerados como componentes importantes de la dieta de predadores marinos (Schmit, 1982). Muchos gasterópodos carnívoros atacan balanos, bivalvos y otros moluscos mediante la horadación de pequeños agujeros en la concha de sus presas a través de la cual se alimentan de su tejido (Carriker, 1981). Existe otro tipo de daño a la concha por parte de sus depredadores, que es la fractura de la concha. Un mecanismo de defensa o protección a estos ataques es la capacidad de reparación de su concha. En estudios realizados en laboratorio utilizando como predador al cangrejo Calappa sp y como presa a gastrópodos tropicales del Pacífico, estos organismos, al ser

fracturada la concha inmediatamente inician su mecanismo de reparación a manera de defensa (Vermeij, 1982).

La intensidad de predación por parte de gastrópodos perforadores sobre el caracol marino Astraea undosa en la Bahía de Todos Santos Baja California, frente a las instalaciones de la Facultad Ciencias Marinas de la UABC, es alta. Robledo (1988) la estimó en 82% . Esta predación es ocasionada por Ceratostoma foliatum, Acanthina spiral y Ocenebra sp, con un diámetro de perforación menor a 2 mm (com. pers. Torres-Moye).

Con el propósito de contribuir al conocimiento fisiológico del caracol marino Astraea undosa, el presente trabajo está orientado a proporcionar información primaria de la capacidad de reparación de la concha.

---

MC Guillermo Torres-Moye Facultad de Ciencias Marinas, UABC,  
Ensenada. B.C.

### 1.1 OBJETIVO

Determinar la capacidad de reparación de la concha de Astraea undosa, modificando los factores de salinidad, sitio y tamaño de la lesión en función del tamaño de los caracoles.

### 2. MATERIALES Y METODO

Durante este estudio se utilizaron 156 caracoles marinos Astraea undosa. La condición de estos organismos se caracterizó por actividad normal y capacidad de respuesta ante estímulos externos (luz, manipulación, busca de alimento, desplazamiento de escape).

La colecta de los organismos se hizo mediante buceo autónomo en la zona de Punta Banda, en la Bahía de Todos Santos, B.C. Para su transporte a las instalaciones del laboratorio de acuicultura de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC se colocaron en recipientes cerrados con agua de su propio medio.

En el laboratorio se limpió la concha para eliminar los epibiontes, con un cepillo de alambre de acero y se verificó que la concha no tuviera ninguna fisura. Se colocaron en tanques de fibra de vidrio hasta el momento de marcado y separación en grupos. Se les mantuvo con flujo de agua y aireación continuos. Diariamente se les proporcionó Macrocyctis sp. a discreción como alimento. Se retiró

diariamente lo no consumido el día anterior, así como las heces depositadas en el fondo.

Para estimar la capacidad de reparación de la concha en función del tamaño, se consideraron dos grupos de tamaños llamados grandes y chicos. Cada grupo fue de 63 organismos, y el intervalo de talla fue de 71 a 100 mm y 40 a 70 mm, respectivamente. Estas medidas se realizaron con un vernier con precisión de 0.1 mm. La medición del organismo fue la longitud entre el ápice y el extremo inferior de la espiral de mayor crecimiento (lado mayor) (Fig 1).

Para llevar un control por organismo, se les marcó a cada uno de la siguiente forma: para los organismos grandes se desvaneció el valle de las ondulaciones del borde de la base mayor, con una y hasta nueve marcas (Fig 2). A los organismos chicos se les marcó en la cresta de las ondulaciones del borde, con una o hasta nueve marcas (Fig 2).

Para los experimentos se utilizaron tanques redondos de fibra de vidrio con fondo plano y capacidad de 600 l.

Se les perforó con un taladro eléctrico de 15,000 rpm, teniendo cuidado de no lastimar el tejido del organismo. Lo anterior se realizó en regiones distintas que se detallan en cada experimento.

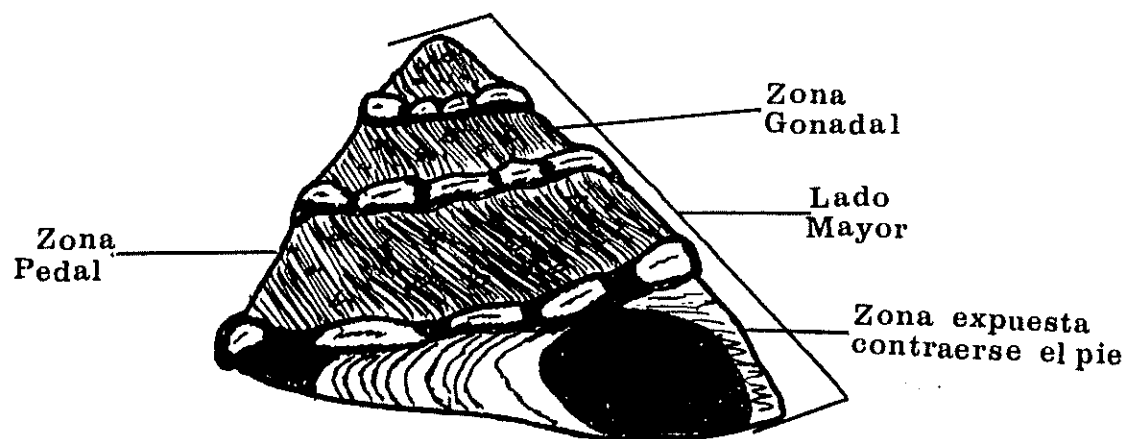


Figura 1.- Vista lateral de *Astraea undosa* señalando las zonas donde se practico la lesión en la concha y medida considerada de tamaño.

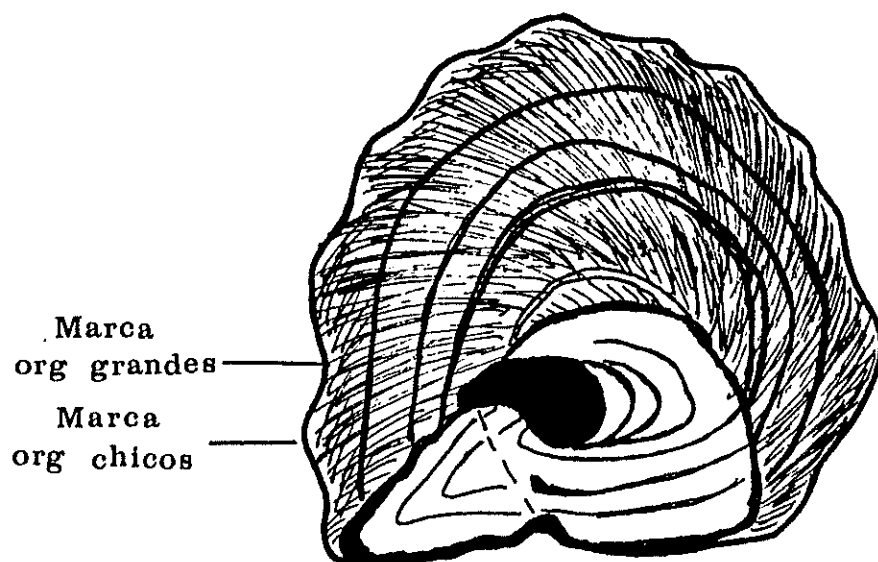


Figura 2.- Parte basal de la concha de Astraea undosa señalando las zonas de marcado en los organismos grandes y chicos.

## 2.1 Experimento I

En este experimento se trató de promover la respuesta diferencial en la reparación de la concha en sitios distintos. Se hicieron tres grupos de 18 caracoles cada uno. Cada grupo estuvo formado por nueve caracoles grandes y nueve chicos. A los organismos del primer grupo se les perforó la región de la concha coincidente con la región gonadal. Al segundo grupo la región pedal y al último, la parte que queda expuesta al retraerse el pie (Fig 1). El diámetro de la perforación fue de 4 mm.

Este experimento se efectuó durante 25 días a partir de la perforación de la concha. En este tiempo se les mantuvo con flujo abierto y aireación, a 34<sup>0</sup>/oo y 17°C. Se les alimentó diariamente con Macrocyctis sp a saciedad, retirando lo no consumido del día anterior y las heces diariamente.

Para la identificación individual se marcaron de acuerdo a lo antes descrito.

## 2.2 Experimento II

Este experimento se diseñó para estudiar el efecto del tamaño de lesión en la capacidad de reparación de la concha, en la región correspondiente a la zona gonadal (Fig 1), a 25<sup>0</sup>/oo y 19°C. Para lograr esta salinidad se diluyó agua de mar, con agua dulce corriente. La salinidad se verificó con un refractómetro de bolsillo. Este experimento se realizo



paralelo al anterior, de tal manera que pudiese ser comparable en cierta medida el efecto de la salinidad sobre la capacidad regenerativa de la concha en la región gonadal en condiciones del experimento I.

Posteriormente se hicieron dos grupos de caracoles de 18 cada uno. Cada grupo estuvo formado por nueve caracoles grandes y nueve chicos. Al primer grupo se le practicó una lesión de 2 mm de diámetro; al segundo, la lesión que se propició fué de 4 mm.

La duración del experimento fue de 25 días, contando a partir de la fecha en que se perforó la concha.

En esta fase fue necesario mantener un sistema cerrado, para lo cual se efectuaron cambios de agua cada cinco días. Se construyó un filtro biológico para oxidar metabolitos nitrogenados (Fig 3). Los organismos se mantuvieron con aireación continua y alimentación diaria a base de Macrocyctis sp. a discreción, retirando lo no consumido del día anterior y las heces diariamente.

El marcado para identificación fue según lo descrito anteriormente.

### 2.3 Experimento III

Este experimento se efectuó para estudiar la respuesta de reparación de la concha en función de la región lesionada, bajo un efecto osmótico a 40<sup>0</sup>/oo y 19°C. La concentración se

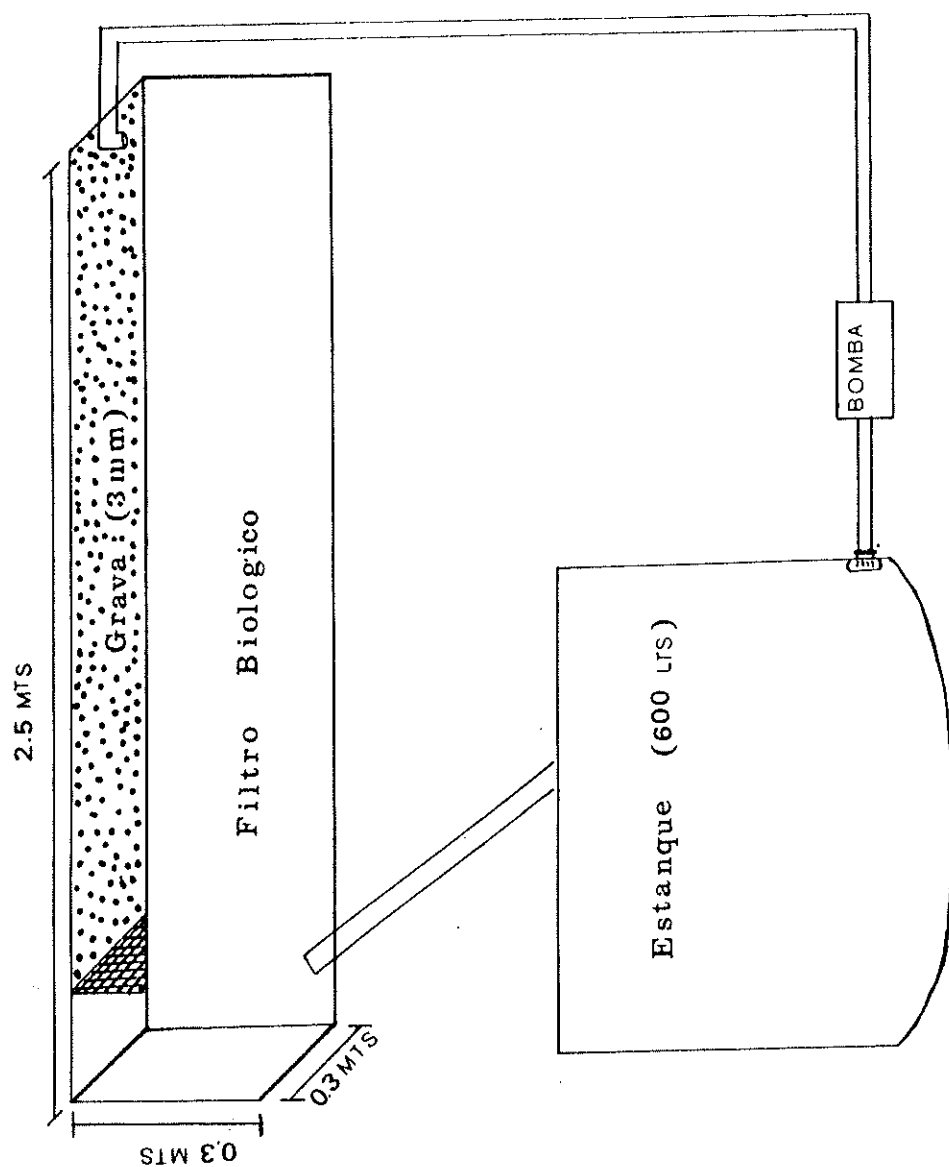


Figura 3.- Sistema cerrado utilizado en salinidad de 25 y 40‰, con filtro biológico externo.

obtuvo añadiendo sal de la marca "Instant Ocean" al agua de mar hasta obtener la salinidad deseada. La verificación se hizo con un refractómetro de bolsillo. Este experimento se llevó a cabo 30 días después de iniciado el experimento II, utilizando el mismo sistema cerrado, así como las condiciones de mantenimiento de los caracoles.

Se formaron dos grupos de 18 caracoles cada uno. Cada grupo a su vez estuvo formado por nueve grandes y nueve chicos, el primer grupo fueron animales a los que se les perforó la zona de la concha correspondiente a la región gonadal (4 mm diámetro) en tanto que al segundo grupo se les perforó la parte de la concha correspondiente a la región pedal (4 mm diámetro) (Figura 1).

#### 2.4 Experimento IV

Con el propósito de obtener el grosor de la concha reparada en función del tiempo, se colocaron 30 caracoles perforados en la región gonadal con base en los resultados previos (4 mm diámetro), con un intervalo de tamaño de 50 a 70 mm de longitud (lado mayor). Los organismos se mantuvieron a 35 ‰ y 19°C. Las condiciones de mantenimiento fueron similares a las descritas en el experimento I.

De estos animales se tomaron dos al azar cada cinco días a partir de su perforación. Posteriormente, se

sacrificaron para retirar la estructura formada en el lugar de la lesión y medir su grosor. Esto se hizo cada cinco días durante cincuenta y cinco días. El grosor se midió en un microscopio compuesto con reglilla ocular.

Los resultados obtenidos en los experimentos (I, II y III), fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de dos factores no paramétrico de Kruskal-Wallis (Zar, 1984); lo anterior en virtud que no cumplieron con una distribución normal.

En los resultados del experimento IV se realizó una prueba de linialidad para los datos (Zar, 1984). Con el propósito de estimar el incremento del grosor de la concha en función del tiempo se estimaron los parámetros de incremento absoluto y tasa instantánea de crecimiento (Ricker, 1975).

### 3. RESULTADOS

Los caracoles que al momento de practicarles la perforación se les dañó el tejido, mostraron un comportamiento característico: escasa movilidad, inapetencia y retracción o semiretracción del pie la mayor parte del tiempo. A los dos o tres días, perdieron el equilibrio. La capacidad de respuesta a la manipulación se perdió poco a poco, hasta que murieron, lo cual sucedió entre los cinco y seis días. Lo anterior resultó de un ensayo preliminar, lo cual permitió tener la seguridad de que los caracoles en los experimentos (I, II, III y IV) estuvieron sin daño en el tejido al no mostrar este comportamiento.

Posteriormente a la perforación de la concha de Astraea undosa, invariablemente se presentó la secreción de un fluido altamente viscoso, el cual no se disolvió en el agua de mar y se mantuvo en la zona de la perforación. Esta secreción fue abundante en las primeras horas y desapareció cuando se formó una membrana translúcida, la cual cubrió el orificio de la concha por la parte interna, iniciándose así el proceso de reparación de la concha. Este se caracterizó por la formación de tres estructuras claramente distintas: la membrana, la concha blanda y la concha dura.

La membrana fue la primer estructura que aisló la parte interna de la concha del medio ambiente. Se definió

esta fase como una membrana translúcida y flexible lo suficiente resistente al ser presionada con la punta de un lápiz.

La concha blanda se caracterizó por la pérdida de la flexibilidad, aunque la apariencia translúcida persistió, en tanto que la concha dura se caracterizó por mostrar bandeamientos opacos, perdiéndose el aspecto translúcido.

En la tabla I se presentan los resultados de la reparación de la concha de Astraea undosa en tres regiones distintas (gonadal, pedal y la parte expuesta al retraerse el pie). Se mantuvo constante el diámetro del orificio (4 mm).

La primera estructura (membrana) en el proceso de reparación apareció al cuarto día en la región de la gónada, no habiendo diferencia significativa en días ( $P > 0.05$ ), tanto en caracoles grandes como en chicos (Tabla II). La perforación que se realizó en la región pedal y la parte que queda expuesta durante la retracción del pie, tanto en organismos grandes como en chicos, tardó en aparecer diez días (Tabla I). No existió una diferencia significativa del tiempo ( $P > 0.05$ ) para la formación de la membrana, debido al efecto de las regiones del pie y fuera del pie ni de los dos grupos de tamaño, pero sí la hubo ( $P < 0.05$ ) respecto a la que se formó en la gónada. Además, de la interacción entre el tamaño del organismo y la posición de la lesión (Tabla II), no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

TABLA I Tiempo (días promedio y  $\pm$  S) que tardaron en aparecer las estructuras características durante el proceso de reparación de la concha de Astraea undosa. En las regiones de la gónada, pie y fuera del pie, en dos grupos de tamaño: grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm). Diámetro de la lesión 4 mm, a 34°/oo y 17°C.

| ESTRUCTURA         | GONADA       |            | PIE            |            | FUERA DEL PIE |                |
|--------------------|--------------|------------|----------------|------------|---------------|----------------|
|                    | Grandes      | Chicos     | Grandes        | Chicos     | Grandes       | Chicos         |
| Membrana           | 4 $\pm$ 0    | 4 $\pm$ 0  | 10 $\pm$ 0     | 10 $\pm$ 0 | 10 $\pm$ 0    | 10.7 $\pm$ 1.6 |
| Concha blanda      | 15 $\pm$ 0   | 15 $\pm$ 0 | 19.4 $\pm$ 2.9 | 21 $\pm$ 2 | 15 $\pm$ 0    | 17.5 $\pm$ 2.3 |
| Concha dura        | 22 $\pm$ 1.6 | 23 $\pm$ 0 | 23 $\pm$ 0     | 26 $\pm$ 0 | *             | *              |
| Organismos muertos | 0            | 0          | 0              | 0          | 0             | 0              |

\* no se formó a los 25 días posteriores de la lesión

TABLA II Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de la perforación sobre la reparación en la concha en Astraea undosa en tres regiones de la concha (gonadal, pedal y región expuesta al contraerse el pie) a 34 °/oo y 17°C.

| MEMBRANA                                                           |           |    |       |    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----|-------|----|
| Fuente de Variación                                                | SC        | gl | fc    |    |
| Grupos                                                             | 8,748     | 5  |       |    |
| Factor posición de la lesión                                       | 8,748     | 2  | 35.34 | ** |
| Factor tamaño del organismo                                        | 20,418.75 | 1  | 0     | NS |
| Posición/tamaño                                                    | 20,418.75 | 2  | 0     | NS |
| CONCHA BLANDA                                                      |           |    |       |    |
| Fuente Variación                                                   | SC        | gl | fc    |    |
| Grupos                                                             | 9,579.5   | 5  |       |    |
| Factor posición de la lesión                                       | 8,251.0   | 2  | 32.77 | ** |
| Factor tamaño del organismo                                        | 21,475.0  | 1  | 2.845 | NS |
| Posición/tamaño                                                    | 20,146.5  | 2  | 64.63 | ** |
| CONCHA DURA                                                        |           |    |       |    |
| Fuente de variación                                                | SC        | gl | fc    |    |
| Grupos                                                             | 1,080     | 5  |       |    |
| Factor posición de la lesión                                       | 432       | 2  | 53.83 | ** |
| Factor tamaño del organismo                                        | 20,742.75 | 1  | 0.872 | NS |
| Posicion/tamaño                                                    | 20,094.75 | 2  | 50.34 | ** |
| NS-no significativa      *-significativa      **-muy significativa |           |    |       |    |



La concha blanda fue la segunda estructura que apareció durante la reparación de la concha. Esta se presentó a los quince días desde su perforación, siendo este mismo tiempo para la zona de la gónada en organismos grandes y chicos, que para la zona fuera del pie en los organismos grandes (Tabla I). En la zona del pie para organismos grandes fue de diecinueve días y para chicos de veintidós días (Tabla I). Para los organismos chicos en la zona de fuera del pie fue de diecisiete días (Tabla I). Existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los días que tarda la formación de la concha blanda debido a la posición de la perforación, en tanto que no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) debido al tamaño del organismo. Debido a la interacción tamaño-posición de la lesión, sí hubo efecto significativo ( $P < 0.05$ ) (Tabla II).

La estructura concha dura apareció en la región de la gónada en los organismos grandes a los veintidós días y a los veintitrés días apareció en organismos chicos. En la región del pie se presentó a los veintitrés días para los grandes y a los ventiseis días para los chicos. En la región de fuera del pie no se formó esta estructura (Tabla I). Los resultados mostraron que para la formación de la concha dura existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) debido a la posición de la lesión, pero no hay diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) debido a los grupos de tamaño. Existió efecto significativo

( $P < 0.05$ ) debido a la interacción entre la posición de la lesión y el tamaño del organismo sobre la capacidad de reparación de la concha.

En la tabla III se exhiben los resultados de la capacidad de Astraea undosa, en caracoles grandes y chicos, para reparar la concha con lesiones de 2 y 4 mm de diámetro, lo anterior en la región de la gónada, salinidad de 25<sup>0</sup>/oo y 19°C.

La membrana se produjo al mismo tiempo, cinco días, en todos los grupos de caracoles: grandes y chicos con lesiones de 2 y 4 mm de diámetro. El efecto del tamaño, el diámetro de la lesión y el efecto combinado de estos sobre la capacidad de reparación de la concha en Astraea undosa a de 25<sup>0</sup>/oo y 19°C no fue significativo ( $P > 0.05$ ) (Tabla IV).

La concha blanda apareció en los caracoles grandes a los veinte días posteriores a la lesión, tanto en 2 y 4 mm de diámetro. En tanto que en los caracoles chicos apareció a los 16 y 17 días respectivamente con perforación de 2 y 4 mm, en cambio, sí existió un efecto altamente significativo ( $P < 0.05$ ) debido al tamaño, durante la formación de la concha blanda.

La concha dura apareció a los 24 días sin haberse registrado efecto del tamaño, ni del tamaño de la lesión.

En la tabla V se exponen los resultados del tiempo (días promedio) que tardó en reparar la concha Astraea undosa

TABLA III Tiempo (días promedio y  $\pm S$ ) que tardaron en aparecer las estructuras características del proceso de reparación de la concha de Astraea undosa, con lesiones de 2 y 4 mm de diámetro en la región gonadal en dos grupos de tamaño grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm) a 25°/oo y 19°C.

| Estructuras        | Lesion 2 mm Ø |              | Lesion 4 mm Ø  |              |
|--------------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
|                    | Grandes       | Chicos       | Grandes        | Chicos       |
| Membrana           | 5 $\pm$ 0     | 5 $\pm$ 0    | 5 $\pm$ 0      | 5 $\pm$ 0    |
| Concha blanda      | 20 $\pm$ 1.2  | 16 $\pm$ 1.4 | 20.6 $\pm$ 1.4 | 17 $\pm$ 2.3 |
| Concha dura        | 24 $\pm$ 0    | 24 $\pm$ 0   | 24 $\pm$ 0     | 24 $\pm$ 0   |
| Organismos muertos | 3             | 2            | 3              | 3            |

TABLA IV Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de perforación sobre la reparación de la concha en Astraea undosa en la parte de la gónada. Diámetros de la lesión: 2 y 4 mm. En dos grupos de tamaño grandes y chicos, a 25 °/oo y 19°C.

| CONCHA BLANDA                  |      |    |        |     |
|--------------------------------|------|----|--------|-----|
| Fuente de variación            | SC   | gl | fc     |     |
| Grupos                         | 2729 | 4  |        |     |
| Factor tamaño de lesión        | 64   | 3  | 0.576  | NS  |
| Factor tamaño del organismo    | 2601 | 1  | 23.432 | * * |
| Tamaño lesión/tamaño organismo | 65   | 1  | 0.576  | NS  |

NS-no significativa \*-significativa \* \*-muy significativa

al perforarse ésta con una lesión de 4 mm de diámetro, sometido a un estrés osmótico, a salinidad de 40<sup>0</sup>/oo. La lesión se efectuó en la región de la gónada y el pie en dos, grupos de tamaño: grandes y chicos.

La primer estructura de reparación (membrana) en la región de la gónada de los organismos grandes apareció a los  $10.7 \pm 2.1$  días (promedio) y en los chicos a los  $9.8 \pm 0.4$  días (promedio). En la región del pie en organismos grandes ésta apareció a los  $9.8 \pm 0.4$  días (promedio) y en chicos a los  $11.5 \pm 2.5$  días (promedio) (tabla V). indicó que sí existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) debido a la posición de la lesión, pero no hubo efecto significativo ( $P > 0.05$ ) causado por el tamaño del organismo. Se tiene que debido a la interacción de la posición de la lesión y el tamaño del organismo sí existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) sobre los días de aparición de la membrana (Tabla VI).

La concha blanda apareció solamente en organismos chicos en la parte de la gónada y plé a los  $17.5 \pm 1.5$  y  $18 \pm 0$  días promedio, respectivamente (Tabla V). Existió diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) causado por posición de la lesión. Respecto al efecto del tamaño del organismo sí existió diferencia muy significativa ( $P < 0.05$ ) para la formación de la concha blanda. Debido al efecto combinado de la posición de la lesión y el tamaño del organismo tampoco existió

TABLA V Tiempo (días promedio y  $\pm$  S) que tarda en aparecer las estructuras características del proceso de reparación de la concha de Astraea undosa. En las regiones de la gónada y pie en dos grupos de tamaño: grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm). Diámetro de lesión 4 mm, a 40<sup>0</sup>/oo y 19°C.

| Estructura         | Gonada         |                | Pie           |                |
|--------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
|                    | Grandes        | Chicos         | Grandes       | Chicos         |
| Membrana           | 10.7 $\pm$ 2.1 | 9.8 $\pm$ 0.4  | 9.8 $\pm$ 0.4 | 11.5 $\pm$ 2.5 |
| Concha blanda      | *              | 17.5 $\pm$ 0.5 | *             | 18 $\pm$ 0     |
| Concha dura        | *              | *              | *             | *              |
| Organismos muertos | 4              | 6              | 2             | 3              |

\* no se formó a los 25 días posteriores de la lesión

diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el tiempo de aparición de la concha blanda (Tabla VI).

La concha dura, tercer estructura en la reparación de la concha, no apareció en organismos grandes ni chicos en las dos zonas de perforación en la concha durante los veinticinco días que duró el experimento.

En la tabla VII se resume la información del trabajo de manera comparativa. Se presenta el tiempo (días promedio) que tardaron en aparecer las estructuras características de la reparación de la concha en Astraea undosa. Se presentan los dos grupos de tamaño (grandes y chicos) sometidos a 25, 34 y 40 ‰. Se visualiza claramente el efecto de la salinidad a 40 ‰: casi duplica el tiempo para la formación de la membrana, en tanto que a 25 y 34 ‰ es muy semejante (4 a 5 días promedio). Asimismo, a 40 ‰ nunca se presentó la concha dura, lo cual sí sucedió a 25 y 34 ‰ con un tiempo promedio muy similar de  $22.1 \pm 1.6$  a  $24 \pm 0$  días. La concha blanda únicamente se presentó a salinidades de 25 y 34 ‰, pero con una diferencia de tiempo de casi dos a cinco días promedio.

El factor de salinidad presentó un efecto muy significativo ( $P < 0.05$ ) sobre la capacidad de formación de la membrana, en contraste, el tamaño, así como el efecto combinado de tamaño-salinidad, no mostró efecto significativo ( $P > 0.05$ ) sobre la capacidad de formar la membrana (Tabla VII).

TABLA VI Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de la perforación sobre la reparación de la concha de Astraea undosa en dos regiones de la concha (gonada y pie). Diámetro de la lesión 4mm, a 40<sup>0</sup>/oo y 19°C. En dos grupos de tamaño: grandes y chicos.

| MEMBRANA                     |      |    |       |    |
|------------------------------|------|----|-------|----|
| Fuente de variación          | SC   | gl | fc    |    |
| Grupos                       | 1158 | 3  |       |    |
| Factor posicion de la lesion | 529  | 1  | 4.765 | *  |
| Factor tamaño del organismo  | 4    | 1  | 0.036 | NS |
| Posicion/tamaño              | 625  | 1  | 5.630 | *  |

| CONCHA BLANDA                |      |    |        |     |
|------------------------------|------|----|--------|-----|
| Fuente de variación          | SC   | gl | fc     |     |
| Grupos                       | 2988 | 3  |        |     |
| Factor posicion de la lesion | 36   | 1  | 0.324  | NS  |
| Factor tamaño del organismo  | 2916 | 1  | 26.270 | * * |
| Posicion/tamaño              | 36   | 1  | 0.324  | NS  |

NS-no significativa    \*-significativa    \* \*-muy significativa



Con referencia a la aparición de la concha blanda la salinidad mostró influencia muy significativa ( $P < 0.05$ ) durante la formación de la concha, presentándose falta de significación ( $P > 0.05$ ) de la influencia del tamaño sobre la formación de la concha blanda. En cambio el factor de interacción salinidad-tamaño sí influyó muy significativamente ( $P < 0.05$ ) en la aparición de la concha blanda (Tabla VII).

En el caso de la formación de la concha dura, el efecto de tamaño no mostró influencia significativa, en cambio la salinidad mostró ser altamente significativa ( $P < 0.05$ ) sobre la formación de la concha dura (Tabla VII).

En la figura 4 se presentan los resultados del grosor de la concha reparada en función del tiempo a  $35^{\circ}/00$  y  $19^{\circ}\text{C}$  con una duración de cincuenta y cinco días. El grosor de la primera muestra obtenida fué de 0.175 mm promedio, siendo éste el tiempo en que se formó la membrana; dicho valor se duplicó a los veinte días, tiempo en que se apareció la concha dura. La última muestra obtenida fué a los cincuenta y cinco días y tuvo un grosor de 0.750 mm promedio.

Los datos de la figura 4 no cumplieron con la prueba de linealidad (Zar, 1984) por lo que se estimó la ecuación polinomial siguiente:

$$Y = 0.1309 + 0.009 X + 0.0017 X^2 - 0.0001 X^3 + 2.47 \times 10^{-6} X^4 - 1.88 \times 10^{-8} X^5$$

TABLA VII Tiempo (días promedio y  $\pm$  S) que tardaron en aparecer las estructuras características durante el proceso de reparación de la concha de Astraea undosa en la región de la gónada en dos grupos de tamaño: grandes (71-100 mm) y chicos (40-70 mm). Con 4 mm de diámetro la lesión, a 25, 34 y 40 °/oo y 19°, 17° y 19°C, respectivamente.

| Estructura         | GRANDES        |                |                | CHICOS       |            |                |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------|----------------|
|                    | 25%            | 34%            | 40%            | 25%          | 34%        | 40%            |
| Membrana           | 5 $\pm$ 0      | 4 $\pm$ 0      | 10.7 $\pm$ 2.1 | 5 $\pm$ 0    | 4 $\pm$ 0  | 9.2 $\pm$ 0.4  |
| Concha blanda      | 20.6 $\pm$ 1.5 | 15 $\pm$ 0     | *              | 17 $\pm$ 2.3 | 15 $\pm$ 0 | 17.5 $\pm$ 0.5 |
| Concha dura        | 24 $\pm$ 0     | 22.1 $\pm$ 1.6 | *              | 24 $\pm$ 0   | 23 $\pm$ 0 | *              |
| Organismos muertos | 3              | 0              | 4              | 3            | 0          | 6              |

\* no se formó a los 25 días posteriores de la lesión

TABLA VIII Análisis de varianza no paramétrica de dos factores de Kruskal-Wallis del efecto de la perforación sobre la reparación en la concha en Astarea undosa en la región de la gónada a 24 , 34 y 40 °/oo y 17°, 19° y 17°C respectivamente.

| MEMBRANA            |           |    |        |     |
|---------------------|-----------|----|--------|-----|
| Fuente de variación | SC        | gl | fc     |     |
| Grupos              | 11,744.22 | 5  |        |     |
| Factor salinidad    | 11,664.0  | 2  | 47.127 | * * |
| Factor tamaño       | 26.74     | 1  | 0.100  | NS  |
| Salinidad/tamaño    | 6,752.75  | 2  | 0.2160 | NS  |

| CONCHA BLANDA       |            |    |        |     |
|---------------------|------------|----|--------|-----|
| Fuente de variación | SC         | gl | fc     |     |
| Grupos              | 10,256.555 | 5  |        |     |
| Factor salinidad    | 5,686.777  | 2  | 22.976 | * * |
| Factor tamaño       | 1,944.0    | 1  | 3.841  | NS  |
| Salinidad/tamaño    | 2,625.778  | 2  | 10.609 | * * |

| CONCHA DURA         |          |    |        |     |
|---------------------|----------|----|--------|-----|
| Fuente de variación | SC       | gl | fc     |     |
| Grupos              | 11,664.0 | 5  |        |     |
| Factor salinidad    | 11,664.0 | 2  | 47.127 | * * |
| Factor tamaño       | 0        | 1  | 0      |     |
| Salinidad/tamaño    | 0        | 2  | 0      |     |

NS-no significativa    \*-significativa    \* \*-muy significativa

con un coeficiente de determinación ajustado  $R^2 = 0.9754$  y la prueba de ajuste mostró falta de significancia ( $P > 0.05$ ) de las variables.

En la figura 5a se presenta el incremento absoluto del grosor de la concha en función del tiempo. Se observa un comportamiento oscilativo con tendencia hacia valores positivos en el eje de las abscisas.

La tasa instantánea de crecimiento del grosor de la concha se presenta en la figura 5b en donde resalta que dicha tasa disminuye en función del tiempo, pero esto se presenta de manera oscilante, lo cual se puede correlacionar a lo encontrada en la figura anterior.

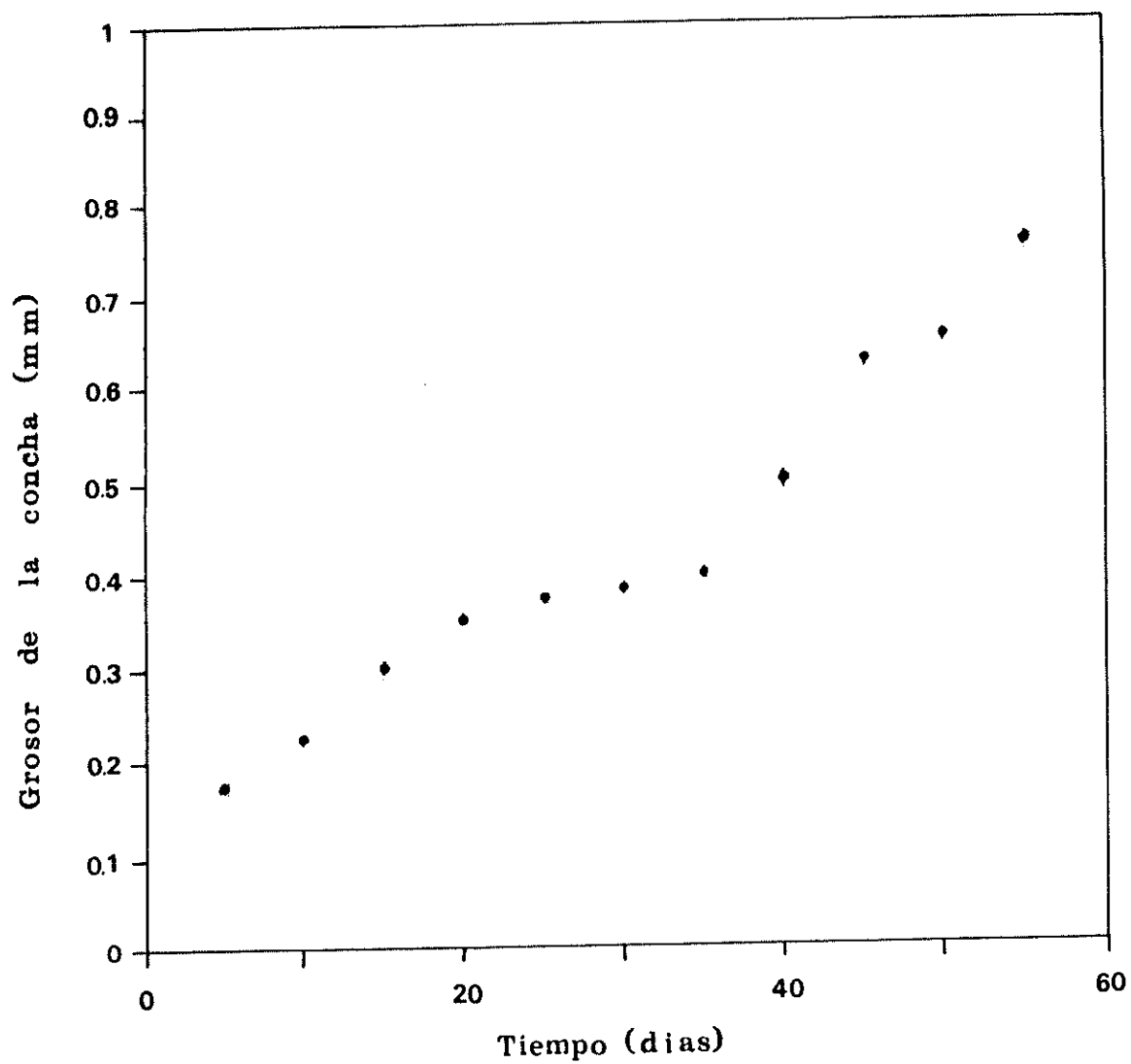


Figura 4.- Grosor de la concha reparada en función de tiempo en el caracol marino Astrae undosa. Valor promedio de 2 organismos, en 35‰ y 19°C.

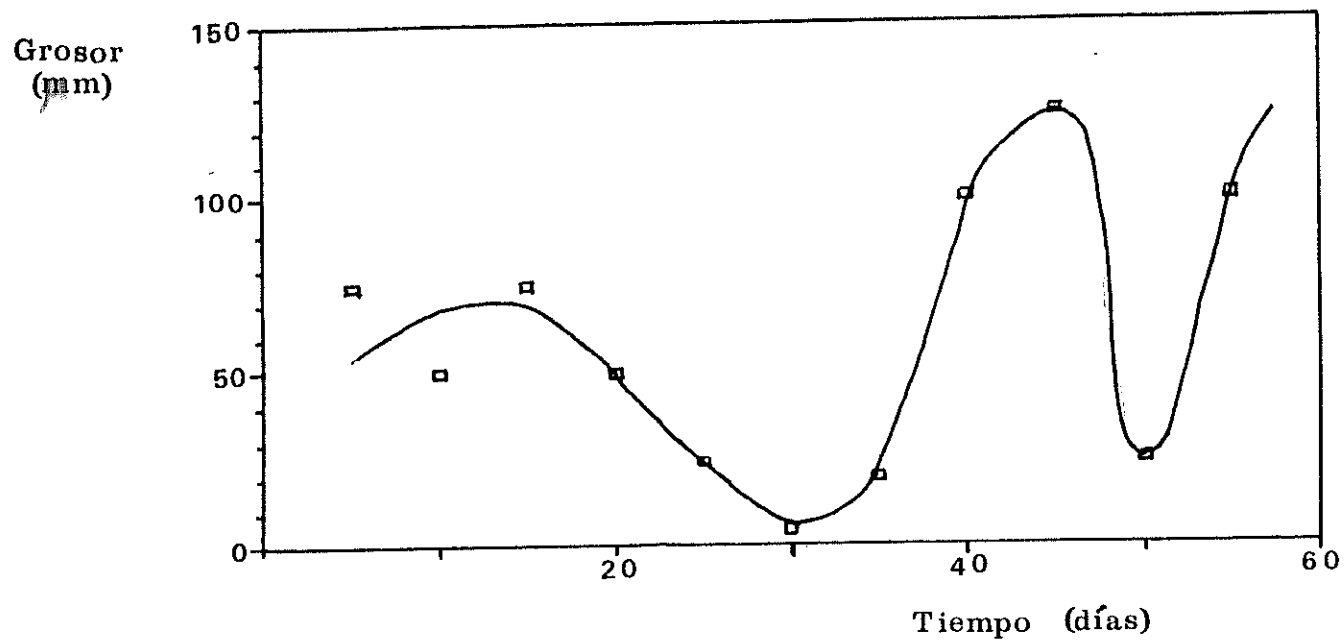


Figura 5a.- Incremento absoluto del grosor (mm) de la concha en función del tiempo (días)

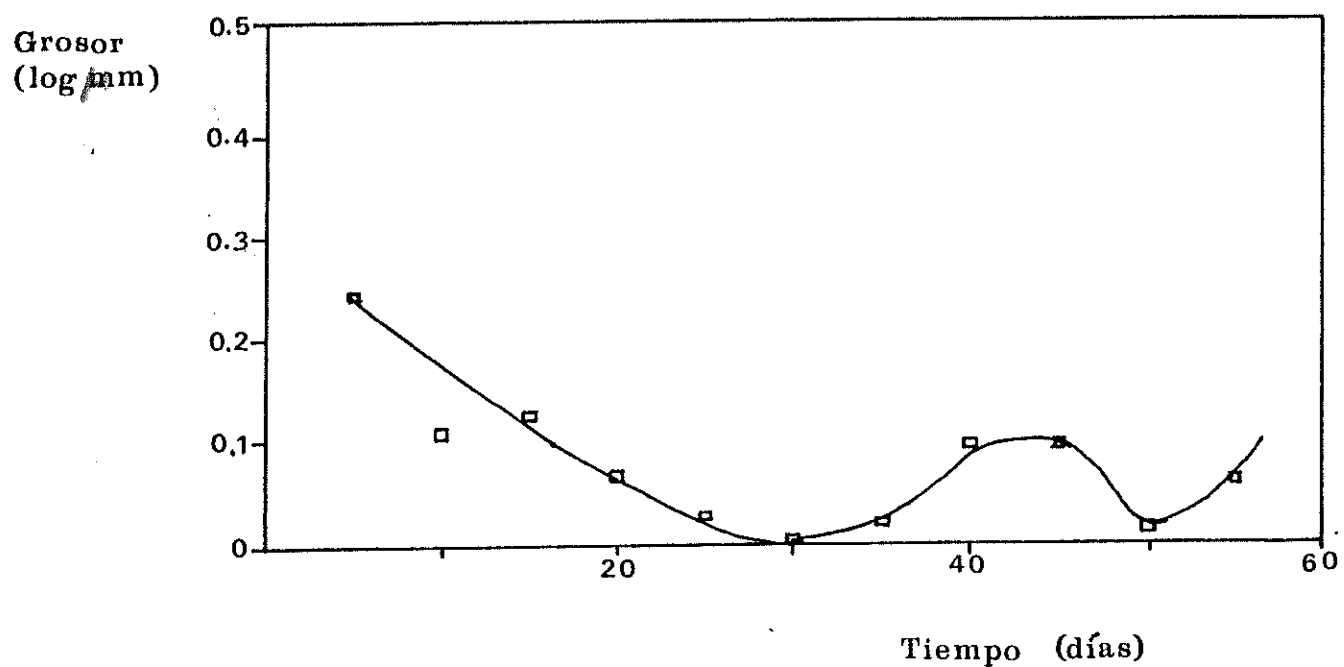


Figura 5b.- Tasa instantanea de crecimiento del grosor (log mm) de la concha en función del tiempo (días).

#### 4. DISCUSION

Hyman (1967) menciona que el proceso de reparación de la concha se inicia con la formación de una membrana orgánica en la región de la lesión, donde posteriormente se depositan los cristales de calcio, lo cual apoya lo referido por Wilbur (1964), que propone que la matriz orgánica es secretada por el manto. Se considera que el fluido viscoso observado en Astraea undosa en el lugar de la lesión es parte de la matriz orgánica en una fase inicial y la "membrana" en sí, es la matriz sobre la cual se depositan los primeros cristales de calcio para formar la "concha blanda". El bandeamiento de la capa dura puede ser debido a los cristales de nácar que se depositan en láminas, engrosando la concha. Esto corresponde a lo descrito por Nakahara (1981) quien trabajó con Calliostoma unicum, y encontró que la depositación de la concha está dispuesta en laminas separadas por una matriz orgánica.

La respuesta al lesionarse la concha en Anodonta sp es inmediata: sucede la contracción del manto, posteriormente se relaja éste para situarse por abajo de la lesión, empezando la reparación de la concha (Beedham, 1965). Tal comportamiento siempre se observó en Astraea undosa; posteriormente siguió la secreción del fluido viscoso.

Se consideró que la muerte de los caracoles al

lesionarse la concha fue posiblemente debida al daño del epitelio corporal, lo cual causó pérdida de hemolinfa. Se podría pensar también el efecto de la acción bacteriana en la lesión, aunque el tejido no mostró cambios de coloración.

#### 4.1 Del experimento I

Del análisis global de los resultados (Tabla I), la falta de efecto del tamaño sobre la capacidad de reparación de la concha en el caracol Astraea undosa, se atribuye principalmente a que los organismos usados en el experimento fueron de un tamaño (intervalo 40 a 100 mm lado mayor) en el cual su actividad metabólica debió ser muy semejante. Ramade (1989), encontró que el metabolismo específico del peso en Astraea undosa a partir de un peso seco de 3 g (40 mm, aproximadamente) tiende a variar muy poco debido a la influencia del tamaño.

Para estimar la capacidad de reparación de la concha, se seleccionaron tres regiones con características aparentemente diferentes: la porción superior de la concha (región donde se aloja la gónada) la parte intermedia (donde se encuentra el pie) y la región de crecimiento (fuera del pie) la cual llega a quedar expuesta cuando se contrae el pie. No se cumplió la expectativa que la región fuera del pie fuese la de mayor capacidad de reparación dada su función intrínseca: segregar concha para crecer. Kabayoshi



(1951) realizó varias perforaciones alrededor de la concha de la ostra Pictada martensi, observando que la zona donde se reparaba con mayor rapidez, concidia con la zona de crecimiento.

La región de la gónada fue la que mostró un menor tiempo en la reparación de la concha, en constraste con las demás regiones. Esto coincide con lo descrito por Saleuddin y Wilbur (1969), los cuales trabajaron con Helix sp y Otala sp (organismos terrestres), observando que en la parte media de la concha (región gonadal) la reparación tuvo un menor tiempo con respecto a las demás regiones. Esto mismo lo reporta Timmermans (1973), el cual trabajo con Lymnaea stagnalis, observando que el manto cubre más rápidamente la parte de la lesión en la parte central de la concha.

El diseño de este experimento se considera preliminar para poder tratar de explicar cuál puede ser la causa o el factor que promueve la reparación de la concha con mayor rapidez en la región, de la gónada respecto a las regiones del pie y de crecimiento, es decir, la región expuesta al retraerse el pie. Una posible explicación es que el caracol al contraerse frecuentemente, debido al movimiento natural y a la manipulación experimental, causó que el manto no permaneciera sobre la lesión todo el tiempo, lo cual sí sucedió en la región gonadal.

Esto se considera una desventaja ya que algunos

predadores practican su lesión en la región del pie, y al tardar más tiempo la reparación, más oportunidad tiene el predador de dañar al músculo.

Robledo (1988), encontró que la mortalidad por predación en Punta Morro, Bahía de Todos Santos, B.C., en el caracol marino Astraea undosa es de un 82% (total de muestras obtenidas), siendo la parte basal de la concha el lugar de ataque a estos organismos.

Otra posible causa en la no formación de concha dura en la región de crecimiento (región que queda expuesta al contraerse el pie) pudo ser el movimiento frecuente del opérculo, que haya desprendido dicha estructura, ya que al engrosar la concha blanda pudo presentar mayor fricción al movimiento del opérculo.

Por lo anterior, se piensa que el manto secretor de concha se encuentra activo potencialmente en todas las partes internas del caracol.

#### 4.2 Del experimento II

Los diámetros de la lesión (2 y 4 mm) no tuvieron efecto sobre la capacidad de reparación, lo cual es atribuido a que los diámetros experimentales en la lesión están por debajo de la capacidad que posee Astraea undosa para reparar lesiones en la concha.

Se tuvo la evidencia experimental de un solo caracol

el cual sufrió una fractura en la concha, este organismo selló la fractura con concha nueva en un lapso de 40-50 días, por lo que se considera que lesiones mayores que las experimentadas pueden influir en la capacidad de reparación en función del tiempo. Esto representa una ventaja al caracol sobre sus predadores, quienes llegan a tener perforaciones de un diámetro entre <1 y 2 mm (com. pers Torre-Moye), los cuales son menores a los experimentados.

La falta de influencia del tamaño se atribuye a que los tallas de los caracoles del experimento presentaron un metabolismo homogéneo, según lo encontrado por Ramade (1989) y explicado en el experimento I.

#### 4.3 Del experimento III

El efecto de aumentar la salinidad de 34<sup>0</sup>/oo a 40<sup>0</sup>/oo en la región de la gónada y pie sobre la capacidad de reparación de la concha, fue la inhibición del proceso de producción de concha.

Boggild (1930), refiere que el proceso de reparación de la concha en organismos marinos se altera al modificar la salinidad. Al respecto, Dodd (1963) reportó que en la mayoría de los bivalvos, al someterlos a salinidad mayores a la normal, el contenido de aragonita en la concha disminuye.

El planteamiento hipotético de que, a mayor cantidad de solutos mayor depositación de concha, no se dió. Por los

resultados se cree que el estrés osmótico fue mayor e inhibió dicho proceso, y no sólo esto, ya que también se afectó la sobrevivencia (58%) la cual es atribuible al estrés osmótico experimental.

Se piensa que el organismo utilizó la energía metabólica para compensar el estrés osmótico. Aunque los moluscos son considerados osmoconformes con su ambiente (a nivel ambiente-hemolinfa) (Prosser y Brown, 1968), poseen mecanismos de regulación iónica a nivel célula-hemolinfa (Pang, 1977), y el costo energético para sostener la concentración de los niveles internos se estima fue prioritario sobre la reparación de la concha.

Durante la formación de la membrana no se observó efecto del tamaño sobre la reparación de la concha, lo que se considera es debido a una homogeneidad de la tasa metabólica para caracoles de una talla de 40 mm en adelante (Ramade 1989). Sin embargo, contrasta el hecho de que la concha blanda sí se formó en el grupo de caracoles chicos en un tiempo semejante a lo sucedido a 35<sup>0</sup>/oo, lo cual sugiere que en esta talla existe alguna capacidad de compensar el efecto de la salinidad a 40<sup>0</sup>/oo. No obstante, este comportamiento es difícil de explicar claramente dadas las características del diseño experimental, donde no fue posible incluir caracoles con mayor diversidad de tamaño.

#### 4.4 Reparación de la concha en la zona de la gónada.

Siendo la región de la gónada la que posee mayor capacidad de reparación; si se compara el efecto del tamaño y de la salinidad sobre esta capacidad, se obtiene más información que explica la respuesta de Astraea undosa ante lesiones en la concha (Tabla VII). La falta de efecto del tamaño, al menos dentro del intervalo de talla experimentada, es atribuible a que en estas longitudes el efecto del tamaño corporal sobre el metabolismo en Astraea undosa es muy parecido (Ramade, 1989). Sin embargo, el efecto más fuerte es el de la salinidad.

De acuerdo a Prosser y Brown (1968), los invertebrados son osmoconformes por lo que al aumentar la concentración del medio también tiende a aumentar la concentración de los fluidos corporales de los osmoconformes. Sin embargo, a nivel célula-hemolinfa existe un sistema de control osmótico-iónico (concentración celular de 42.8 mM Na, y de la hemolinfa 486 mM Na) (Pang, 1977). El efecto inhibitor en el proceso de reparación de la concha se atribuye a la presencia de una mayor cantidad de solutos del tipo del Sodio.

Se asume que fue prioritario el proceso de conservación de la concentración interna de la célula por lo cual se cree que el gasto energético se canalizó al transporte activo del Sodio hacia el exterior de la célula y

se desatendió el proceso de reparación de la concha.

Al disminuir la concentración del medio ambiente hasta 25<sup>0</sup>/oo no se tuvo un efecto tan marcado como a salinidades de 40<sup>0</sup>/oo; sin embargo, se requirió de un poco más de tiempo para formar las estructuras. Lo anterior indica que Astraea undosa es un organismo con poca capacidad de regular la salinidad superior a 35<sup>0</sup>/oo aunque está mejor capacitado para soportar salinidades menores de 35<sup>0</sup>/oo (hasta 25<sup>0</sup>/oo según este experimento). Pedroza (tesis en proceso) encontró que el metabolismo de Astraea undosa a 45<sup>0</sup>/oo, es menor que a 24<sup>0</sup>/oo (0.11 a 0.16mgO<sub>2</sub>/l/h y 0.12 a 0.25mgO<sub>2</sub>/l/h, respectivamente). Estos a su vez, son valores menores que los obtenidos a 35<sup>0</sup>/oo (0.38 a 0.62 mg O<sub>2</sub>/l/h).

#### 4.5 Engrosamiento de la concha.

Muchos de los procesos del crecimiento animal se caracterizan por tener un comportamiento alométrico (Teissier, 1948). El engrosamiento de la concha en Astraea undosa no presentó tal comportamiento; esto se puede atribuir al factor tiempo que debió haber sido poco en este experimento. El proceso de engrosamiento de la concha lesionada en la ostra Pinctada martensii se mantuvo activo durante un año (Kobayashi, 1951). Tiempo en el cual se estima que en 55 días no se alcanzó el grosor final, lo cual se caracterizó como un proceso lento.

Se considera que el incremento del grosor de la concha presenta dos características: primero, el incremento absoluto sucedió de manera oscilante y durante el periodo experimental se presentó una tendencia positiva en el eje de las abscisas, con una duración de 25 a 30 días lo cual semeja un ciclo lunar. En algunos moluscos el ciclo lunar influye en procesos metabólicos como la expulsión de gametos (Prytherch, 1929) y el apareamiento en animales marinos (Korrinya, 1947). En segundo término la tasa instantánea de crecimiento también es oscilante respecto al tiempo, es decir la concha sigue creciendo pero lo hace cada vez más lentamente.

## 5. CONCLUSIONES

1. El proceso de reparación de la concha en Astraea undosa se caracterizó en la formación de tres estructuras distintas: membrana (matriz orgánica flexible), concha blanda (matriz calcárea flexible) y concha dura (cara interna nacarada).

2. El efecto de la salinidad en el intervalo de 25 a 34 ‰, no alteró el proceso de reparación de la concha.

3. A salinidad de 40 ‰ la reparación de la concha fue fuertemente inhibida.

4. La ubicación de la lesión (regiones: gónada, pie y fuera del pie) sí tuvo efecto sobre la capacidad de reparación de la concha.

5. El tamaño del caracol en el intervalo de 40 a 100 mm (lado mayor), o más grandes, no influyó en la capacidad de reparación de la concha.

6. El diámetro de la lesión, hasta 4 mm no tuvo ningún efecto adverso sobre la capacidad de reparación de la concha.

7. El proceso de reparación de la concha se mantuvo casi constante durante los cincuenta y cinco días del experimento.



## 6. RECOMENDACIONES

De este trabajo se consideran la implicaciones que puede tener en Acuicultura.

Primer punto, la identificación del sexo para obtención de gametos. Ibarra-Preisser (1990) perforó la concha de Astraea undosa, lo cual aparentemente no repercutió en la obtención de gametas. Y aunque sugiere que hasta con adelgazar la concha para identificar la gonada, se recomienda que se perfore para que se inicie el proceso de reparación y engrosamiento de lo contrario esa región quedaría adelgazada y no sería engrozada.

Segundo punto, con la implicaciones de algunas técnicas inofensivas para la extracción de gametos a través de la perforación de la concha se podrá investigar el desarrollo gonadal y conocer el momento en el cual el caracol esté maduro y muy probablemente estimar la fecundidad.

## 7. LITERATURA CITADA

- Andrews, E. A., 1934. Shell repair by the snail Pleurodonte rostrata Pfr. Biol. Bull (Woods Hole Mass). 67: 254-299.
- Barnes, R. S. K., 1977. Zoología de los invertebrados. 2a edición, Editorial Interamericana Mexico: 826
- Beedham, G. E., 1965. Repair of the shell in species of Anodonta. Proc. Zool. Soc. London 145: 107-125.
- Boggild, O. B. 1930. The shell structure of the mollusks. Hgl. Danske Videnskab. Selskabs, Skrifter Naturvidens Kab. Matb. Afdel. 2: 232-325
- Carriker, M.R., 1981. Shell penetration and feeding by naticean an muricacean predatory gastropods; A. synthesis. Malacologia. 20: 403-422
- Connell, J.H., 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores Ann Rev. Ecol. and Syst. 31: 169-192.
- Dance, S.P., 1976. The collector's Encyclopoedia of shell. second edition, McGraw-Hill. 288.
- Dodd, J.R., 1963. Paleoecological implications of shell mineralogy in two pelecypod species. J. Geol. 71: 1-11.
- Hyman, L. H., 1967. The Invertebrates: Mollusca I (vol VI) McGraw-Hill Book Company. New York: 762.
- Ibarra-Preisser, F. A. 1990. Uso de estímulos biológicos, físicos y químicos para promover la expulsión de gametos en el caracol marino Astraea undosa. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada B.C. 49.
- Jurberg, P., 1970. The shell structure of Astraea olfersi (gastropoda: Turbinidae). Malacologia. 10(2): 415-421.
- Kobayashi, S., 1951. "Shinju-no-Kenkyu" Studies of Pearls (S. Kobayashi and N. Watabe). pp 119-120 Gihodo press, Tokyo.

Korringa P. 1947. Relations between the moon and periodicity in the breeding of marine animals. Ecol. Monogr. 17: 347-381.

Nakahara, H., 1981. The formation and fine structure of the organic phase of the nacreous layer in mollusc shell. In "study of Molluscan Paleobiology", pp 225-230. Niigata Univ., Japan.

Pang, R.K.T., R.W. Griffith and J.W. Atz, 1977. Osmoregulation in Elasmobranchs. Amer. Zool. 17: 365-377.

Pedroza-Medina, J.M., (en proceso). Fisiología de *Astraea undosa* (Molusca: gastropoda): Variación de la tasa metabólica en función de cambios en temperatura, salinidad, tiempo de exposición. Tesis de licenciatura (en proceso) Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada B.C.

Prosser C. L. y F. A. Brown Jr, 1968. Fisiología Comparada. segunda edición. Editorial Interamericana S.A. Mexico 728pp.

Prytherch, H. F. 1929. Investigation of the physical conditions controlling spawning of oyster and the occurrence distribution and setting of oyster larvae in Milford Harbor, Connecticut. Bull. U.S. Bur. Fish., 44; 429-503.

Ramade-Villanueva, M. R. (1989). Efecto del tamaño corporal, temperatura y sexo sobre la tasa metabólica del caracol marino *Astraea undosa* (Mollusca: Gastropoda). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. 47p

Ricker, W. E., 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bull. Fish. Res. Board. Can. 191: 382p

Robledo, R.D., 1988. Aspectos sobre la depredación del caracol *Astraea undosa* (Wood, 1828). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada B.C. 38pp

Saleuddin, A.S.M., 1969. Izoenzymes of alkaline phosphatase in *Anodonta grandis* (Bivalvia; Unionidae) during shell regeneration. Malacologia. 9, 501-508.

Saleuddin, A.S.M. and Chan W., 1969. Shell regeneration in *Helix*: shell matrix composition and crystal formation. Can. J. Zool. 43: 1107-1111.

Saleuddin, A.S.M. and Wilbur, K.M., 1969. Shell regeneration in Helix pomata. Can J. Zool 47: 51-53.

Saledin, A. S. M. and Wilbur, K. M., 1983. The mollusca, volumen IV Physiology Part 1. Academic Press. USA. 522pp

Schmitt, R.J., 1982. Consequences of dissimilar defenses against predation in subtidal marine community Ecology 63(5): 1588-1601.

Teissier, G., 1948. La relation d' allometrie Signification Statistique et biologique. Biometrics. 4(1):14-50.

Timmermans, L.P., 1973. Mantle activity following shell injury in the pond snail, Lymnaea stagnalis L. Malacologia 14, 53-61.

Vermeij, GJ, 1982. Gastropod shell form, breakage and repair in relation to predation by the crab Calappa. Malacologia. 23, (1): 1-12.

Wilbur, K.M., 1964. Shell formation and regeneration. In "Physiology of Mollusca" (K.M. Wilbur, and C.M. Yonge, eds) Vol I: 243-282 Academic Press, N.Y..

Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. Second edition Prentice-Hall: 718.