

00344  
26ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**"BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *Cyphoma gibbosum*  
(Linneo, 1758) EN PUERTO MORELOS,  
QUINTANA, ROO"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
(BIOLOGIA DE SISTEMAS Y RECURSOS  
ACUATICOS)

**P R E S E N T A .**

FRANCISCO JAVIER PIZAÑA ALONSO

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. CARLOS ANTONIO GARCIA SAEZ DE NANCLARES

MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo se realizó gracias a la ayuda que varias personas e Instituciones brindaron. Quiero expresar mi agradecimiento a:

El Dr. Carlos García Saez, Director de la tesis por todas las facilidades brindadas. A los Dres. Carlos Cordero y Constantino Macías quienes enriquecieron con sus evaluaciones semestrales el contenido de este documento.

A los miembros del Comité de Sinodales: M. en C. Martha Reguero, M. en C. Cluadia Padilla, Dr. Virgilio Arenas, Dr. César Domínguez, Dr. Constantino Macías y M. en C. Mario Lara por el tiempo dedicado a revisar el trabajo y sus valiosas sugerencias.

A todo el personal académico y administrativo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación Puerto Morelos, y Ciudad Universitaria, de quienes siempre obtuve la ayuda solicitada.

A todos los compañeros estudiantes de la Estación Pto. Morelos por su enorme ayuda durante el período que se realizó el trabajo, sobre todo de campo. En particular a mi amigo Rogelio Macías por sus escasas pero sustanciales contribuciones. A el M. en C. Juan José Espejel por sus comentarios sobre la historia natural de *Cyphoma gibbosum*.

A la Dirección General de Apoyo al Personal Académico por la beca otorgada a través del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología para realizar mis estudios de maestría.

Mi más profundo agradecimiento es para mi familia y para todos aquellos amigos, por su afecto y de quienes siempre he recibido el más sólido apoyo. A Elisa, por su cariño y solidaridad.

## RESUMEN

En este trabajo se describen aspectos de la conducta reproductiva del gasterópodo *Cyphoma gibbosum* (Linneo, 1758) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Quintana Roo (20 52'07"N, 86 51'98"W), en un ciclo anual que comprende de octubre de 1991 a septiembre de 1992.

Se describen algunas características de su historia de vida asociadas a la biología reproductiva.

Los caracoles utilizaron en mayor proporción tres especies de gorgonáceos de las 16 disponibles para alimentarse, copular y ovipositar (*Pseudoplexaura acerosa*, *Plexaurella dichotoma* y *Eunicea tourneforti*). La longitud de la concha difirió significativamente entre las hembras y los machos, siendo éstas de mayor tamaño.

La proporción sexual y la proporción sexual operacional observadas no difirieron significativamente de 1:1.

La mayor actividad reproductiva se observó en el mes de mayo y la menor de octubre a febrero. Se encontró que los machos cortejaron a las hembras en el 81% de las cópulas.

Se encontró que el tamaño de las hembras se correlacionó con el número de larvas, por lo que puede ser considerado como un estimador confiable de su éxito reproductivo. En los machos, el efecto del tamaño en el éxito reproductivo fue parcial pues sólo el promedio del ancho de los siete machos con más cópulas fué superior a la media poblacional de su sexo.

# INDICE

I. INTRODUCCION. . . . .	1
1.1. Conducta Reproductiva de Gasterópodos. . . . .	1
1.2. Biología de <i>Cyphoma gibbosum</i> . . . . .	3
1.3. Selección Sexual. . . . .	5
II. AREA DE ESTUDIO. . . . .	7
III. MATERIAL Y METODOS . . . . .	9
3.1. Colecta de los caracoles. . . . .	9
3.2. Sexado y Marcaje. . . . .	9
3.3. Censo de Gorgonáceos. . . . .	10
3.4. Registro de la Actividad de los Caracoles. . . . .	10
3.5. Trabajo en Acuarios. . . . .	12
3.6. Análisis de la Información. . . . .	13
IV. RESULTADOS. . . . .	15
4.1. Horario de Registro. . . . .	15
4.2. Censo de Gorgonáceos. . . . .	15
4.3. Número de Caracoles. . . . .	15
4.4. Proporción y Dimorfismo Sexual. . . . .	16
4.5. Distribución de los Caracoles en los Gorgonáceos. . . . .	19
4.6. Cópulas. Cópulas por Mes. . . . .	20
4.7. Exito Reproductivo de Ambos Sexos. . . . .	25
A) Número de Cópulas. . . . .	25
B) Número de Parejas. . . . .	28
4.8. Oviposición. . . . .	30
4.9. Exito Reproductivo de las Hembras. . . . .	32
A) Frecuencia de Oviposición. . . . .	32
B) Número de Cápsulas por Puesta. . . . .	33

C) Número de Larvas por Cápsula. . . . .	35
4.10. Embriogénesis. . . . .	36
4.11. Movimientos entre Colonias. . . . .	39
4.12. Acuarios. . . . .	39
 V. DISCUSION. . . . .	 41
5.1. Preferencias por Gorgonáceos. . . . .	41
5.2. Proporción y Dimorfismo Sexual. . . . .	42
5.3. Distribución de los Caracoles en los Gorgonáceos. . . . .	43
5.4. Exito Reproductivo en Ambos Sexos. . . . .	43
A) Cópulas. . . . .	43
B) Varianza en el Exito Reproductivo. Inversión Parental. . . . .	45
C) Proporción Sexual Operacional. . . . .	46
5.5. Oviposición. . . . .	47
5.6. Exito Reproductivo en las Hembras. . . . .	48
A) Frecuencia de Oviposición. . . . .	48
B) Número de Cápsulas por Puesta. . . . .	49
C) Número de Larvas por Cápsula. . . . .	49
5.7. Movimientos entre Colonias. . . . .	50
5.8. Acuarios. . . . .	50
 VI. CONCLUSIONES . . . . .	 52
 VII. REFERENCIAS. . . . .	 54
 VIII. APENDICE	

# I. INTRODUCCION

Cuando se estudia la biología reproductiva de una especie es preciso observar, cuantificar y describir algunas características de su historia de vida tales como la frecuencia de cada sexo, la edad de la primera reproducción, diferencias de tamaño en cada sexo, la periodicidad de la actividad reproductiva, fertilidad, etc. Además, es necesario describir de qué modo los individuos adquieren pareja(s), qué proporción de los individuos sexualmente maduros se aparean, cuántas parejas adquieren, por cuánto tiempo, y cómo se distribuye el cuidado parental cuando éste existe (Emlen & Oring, 1977).

En biología evolutiva, es importante determinar cómo las características morfológicas y/o conductuales influyen en el éxito reproductivo de los individuos. Este se puede estimar a través del número de apareamientos obtenidos, huevos fecundados, descendientes fértiles que produce cada individuo, etc. (Howard, 1979).

## 1.1. Conducta reproductiva de gasterópodos

La conducta reproductiva de los gasterópodos es poco conocida. En algunas especies se han descrito conductas de reconocimiento sexual, agrupaciones para aparearse, cortejos y cuidado parental que hacen que este grupo sea de interés para estudios de ecología conductual de la reproducción. La información que se cita a continuación proviene de las revisiones elaboradas por Fretter & Graham, 1964; Purchon, 1977; Webber, 1977, y Hughes, 1986.

---

Además de feromonas que las hembras secretan al madurar sexualmente, el reconocimiento sexual en gasterópodos opera a través del rastro de moco que dejan los individuos y posiblemente también del tamaño relativo de los individuos (las hembras son de mayor talla que los machos en muchas familias). Se ha encontrado que en muchas especies, los machos maduran a menor edad y que el tamaño de las hembras está relacionado directamente con su fecundidad.

Las agrupaciones previas a la cópula ocurren aún en especies de individuos solitarios que forman parejas o grupos sólo durante la temporada reproductiva. Otras especies viven en grupos o parejas la mayor parte del tiempo. Se supone que en algunos casos las agregaciones pueden implicar migraciones hacia aguas más someras en donde el apareamiento tiene lugar. Se sabe que en algunas especies factores físicos como la temperatura y las mareas activan o regulan la actividad reproductiva.

La información sobre las cópulas es escasa y en algunos casos anecdótica. Su duración varía de minutos a horas. Se tienen registros de que las hembras de algunas especies son capaces de almacenar esperma por períodos hasta de un año.

En varias especies se ha detectado un cortejo previo a la cópula; éste consiste en movimientos que efectúa generalmente el macho cerca de la hembra.

Se ha reportado inversión parental en hembras de muchas especies. En algunos casos, envuelven los huevos ya fecundados con cápsulas, cuya síntesis implica una alta inversión de energía. En cada cápsula se distribuye albumen que sirve como alimento para los embriones. En otros, protegen activamente sus puestas contra bacterias, parásitos, depredadores. Algunas especies mantienen sus huevos en el manto hasta que las larvas emergen y migran al plancton, o hasta que son juveniles.

La variedad de características biológicas y conductuales de los sistemas de apareamiento en gasterópodos es muy diversa. En muchas especies se desconocen estas características, una de ellas es *Cyphoma gibbosum* (Ovulidae) que por las características de su historia de vida se han estudiado su conducta alimenticia y preferencias por determinados hospederos. Esta especie habita sólo sobre colonias de gorgonáceos alimentándose exclusivamente de ellos (Birkeland y Gregory, 1975; Hazlett y Bach, 1982; Harvell y Suchanek, 1987; Lasker *et al.*, 1988; Lasker y Coffroth, 1988). La interacción caracol-coral constituye un sistema de estudio interesante pues las colonias que *C. gibbosum* utiliza como alimento también le sirven como sitios de protección, apareamiento, oviposición y desarrollo de juveniles (Gerhart, 1986; Harvell y Suchanek, 1987; Lasker *et al.*, 1988; Lasker y Coffroth, 1988).

## 1.2. Biología de *Cyphoma gibbosum*.

La concha de *C. gibbosum* es de forma elongada y mide de 1 a 3 cm de longitud y de 1 a 1.8 cm de ancho. Es lisa y sólida, de color naranja a blanco y brillante. La apertura es estrecha y corre a lo largo de toda la concha. La superficie dorsal muestra un anillo o callo transversal cerca del centro, que se hace más delgado hacia los lados de la concha. El interior es de color blanco a rosado.

El manto es suave y al extenderse cubre gran parte de la concha, dejando descubierta de manera irregular la superficie dorsal. El manto es de color naranja pálido y tiene anillos negros de forma irregular con color naranja más intenso que el resto. El pie tiene coloración similar a la del manto y presenta líneas negras en su borde externo (Colin, 1978).

*Cyphoma gibbosum* es una especie dioica, de fecundación interna; no existen datos de la proporción sexual y se ignora si existe dimorfismo sexual. El pene del macho se encuentra sobre el lado derecho del cuerpo y es posible observarlo detrás del tentáculo derecho; es de color blanco a hialino. En las hembras el gonoducto corre paralelo al recto, por el

---

techo del manto y se abre al exterior detrás de la base del tentáculo derecho (Ghiselin & Wilson, 1966).

La mayoría de los individuos de *C. gibbosum* se encuentran formando parejas y/o grupos (Birkeland y Gregory, 1975; Hazlett y Bach, 1982; Gerhart, 1986; Harvell y Suchanek, 1987; Lasker *et al.*, 1988; Lasker y Coffroth, 1988). Se guían siguiendo un rastro de moco secretado por el pié (Birkeland y Gregory, 1975; Hazlett y Bach, 1982) reduciendo así el tiempo de búsqueda de alimento (Gerhart, 1986).

La reproducción ocurre durante todo el año en Florida, Bermuda (Bandel, 1973; Crovo, 1974) y el Caribe Mexicano (Espejel, 1983). No existen datos sobre la edad o tamaño a la primera reproducción.

Para copular, el macho monta a la hembra por el dorso de la concha; la cópula dura aproximadamente 3 horas y media (Ghiselin y Wilson 1966). Se ha descrito lo que pareció ser una pelea entre cuatro machos por una hembra en acuario (Ghiselin y Wilson 1966).

Se han observado puestas en el laboratorio y las cápsulas con huevos se han mantenido hasta su eclosión (Bandel, 1973; Crovo, 1974). La oviposición ocurre cuatro días después de la cópula, la hembra invierte en promedio 4 hrs en depositar sus cápsulas en las ramas de algún gorgonáceo. Cinco días más tarde, pueden verse dentro de las cápsulas a las larvas trocóforas, que al octavo día pasan al estadio de véliger; al décimo día eclosionan y se incorporan al planctón. Las cápsulas pueden ser atacadas por microorganismos o no resultar viables, lo que ocasiona que se desintegren los huevos o embriones. Se desconoce cuánto tiempo se requiere para que las larvas planctónicas se fijen al sustrato y se desarrollen como juveniles, así como los mecanismos que regulan su asentamiento. Tampoco se sabe en cuánto tiempo los juveniles pasan al estado adulto (Bandel, 1973; Crovo, 1974).

---

En este trabajo se hacen algunas descripciones de la biología reproductiva de una población de *C. gibbosum* en Pto. Morelos, Q. Roo, para lo cual se plantearon en particular los siguientes objetivos:

- **determinar si existe dimorfismo sexual y estimar la proporción sexual.**
- describir la conducta reproductiva de la especie en el campo a lo largo de un ciclo anual.
- determinar si existe algún estimador confiable del éxito reproductivo para los individuos de esta población (tamaño, número de cópulas, de parejas, frecuencia de oviposición, número de cápsulas, número de larvas).

### **1.3. Selección Sexual.**

La conducta reproductiva de los organismos se puede analizar teniendo como marco la teoría de la selección sexual. Este trabajo puede ser el primer paso en el estudio de *C. gibbosum* en este contexto, por lo que es necesario describir algunas de las ideas básicas que la sustentan.

Dado que cada individuo trata de maximizar su éxito reproductivo, es común encontrar características fuertemente competitivas en muchos aspectos de la conducta reproductiva, mismas que Darwin (1859) describió con el término de selección sexual. "La selección sexual depende del éxito de ciertos individuos sobre otros de su mismo sexo, en relación a la propagación de la especie; mientras que la selección natural depende del éxito de ambos sexos, en todas las edades en relación a las condiciones generales de vida. La selección sexual es la lucha entre los individuos de un sexo, generalmente los machos, por la posesión del otro sexo. El resultado no es la muerte de los competidores menos exitosos sino su baja o nula descendencia" (Darwin, 1859; cap IV, pag. 64).

---

Se ha sugerido que la ocurrencia de la selección sexual puede ser explicada en función de tres eventos que no se excluyen entre sí necesariamente: la asimetría entre sexos en la inversión parental (Trivers, 1972); la proporción sexual operacional (PSO), la cual se define como el cociente de hembras receptivas respecto al número de machos sexualmente activos (Emlen & Oring, 1977); y la varianza en el éxito reproductivo (ER) entre los miembros de un mismo sexo (Wade & Arnold, 1980). Sutherland (1985) propuso que la varianza en éxito reproductivo no es un estimador adecuado de selección sexual y consideró que el éxito reproductivo está restringido por el tiempo necesario para aparearse y el dedicado al cuidado de las crías. Dado que la PSO puede variar de acuerdo al grado de agrupamiento espacial o temporal del sexo limitante, las variaciones pueden ser aleatorias, lo que le resta confiabilidad como un estimador de la selección sexual.

Así, esta primera aproximación a la biología reproductiva de *C. gibbosum* tal vez permita determinar si existe algún efecto de la selección sexual en esta población, y sugerir cómo estimar confiablemente el éxito reproductivo de cada sexo.

## II. AREA DE ESTUDIO.

La población de estudio se encuentra en una sección de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo (20°52' 07"N; 86°51'98" W). Esta se ubica frente a la Estación Pto. Morelos del Instituto de Ciencias de Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México, a menos de 50 m de la línea de playa (Figura 1).

La mayor parte del fondo de la laguna arrecifal está cubierto por pastos marinos (*Thalassia testudinum* y *Siringodium sp.*) y bancos de arena donde abundan algas de los generos *Halimeda*, *Caulerpa*, *Dictyota* entre otras. En la zona cercana a la playa aflora roca caliza que permite la implantación de corales (Merino y Otero , 1991).

Dentro del área de estudio se encuentran fondos arenosos con afloramientos de roca que le confieren heterogeneidad al sustrato. La superficie es de aproximadamente 600 m<sup>2</sup>, con una profundidad promedio de 3 m y se encuentra protegida del impacto del oleaje. Por efecto de la topografía marina, así como de los vientos dominantes, las corrientes tienen dirección norte-noreste y sur-sureste paralelas a la costa. La temperatura anual es de 27.7 ( ± 1.39), el intervalo comprende de 24.4 a 32.8°C. La salinidad promedio es de 35.7 ( ± 0.4) partes por mil (Merino y Otero, 1991).

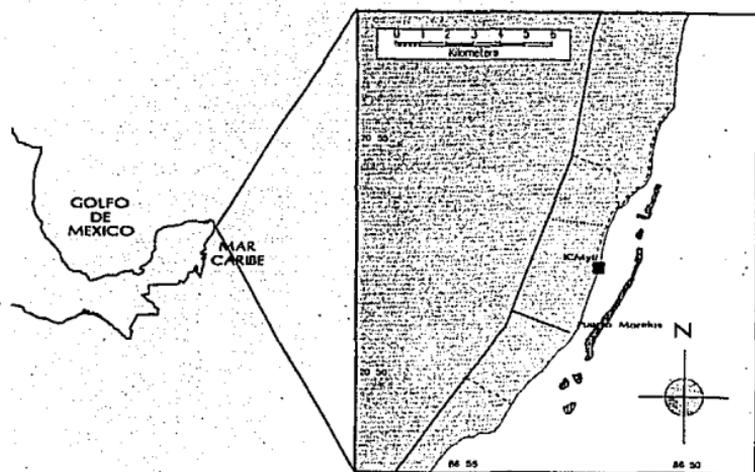


Figura 1. Localizaci'on del Area de estudio.

### III. MATERIAL Y METODOS

#### 3.1 Colecta.

Se colectaron sucesivamente todos los individuos de *C. gibbosum* presentes en la zona de trabajo ( $n = 92$ ). Estos se tomaron de la colonia que ocupaban y se colocaron en bolsas de plástico parcialmente llenas con agua de mar. Posteriormente se depositaron en un acuario de vidrio con 10 litros de agua de mar. Una vez en el acuario, los organismos recorrieron las paredes y fondo del mismo, sin haber mostrado daño aparente debido al traslado.

#### 3.2 Sexado y marcaje.

Para determinar la existencia de dimorfismo sexual y estimar la proporción sexual de esta población, se trabajó con individuos de longitud mayor a 2 cm. Los caracoles se revisaron en cajas de Petri con 10 ml de agua de mar y 5 gotas de alcohol al 70% como anestésico. Por acción del alcohol y manipulación, los organismos retraen ligeramente el manto y pié dentro de la concha. Posteriormente, se colocó al caracol con la abertura de la concha hacia arriba y ligeramente inclinada hacia el lado derecho de la misma; luego de unos minutos (5 a 8) los animales empezaron a extender el pié y manto hacia fuera de la concha. Cuando extendieron el pié al máximo, fue posible observar cerca del inicio del manto, el pene (machos) o el oviducto (hembras).

Una vez determinado el sexo, se tomaron las siguientes medidas de la concha: longitud total, ancho y alto a nivel del callo, y grosor del labio

---

en la parte inmediata anterior al callo. Las mediciones se realizaron con vernier ( $\pm 0.05$  mm).

Se marcó a los individuos con etiquetas de plástico para abejas, de color blanco y amarillo, numeradas del 1 al 99. La marca se colocó en la parte dorsal de la concha, sobre la porción central del callo y orientada hacia la parte anterior.

Las hembras se marcaron con números pares y los machos con números noes. El pegamento utilizado fue el incluido para las marcas de abejas, secó en menos de 10 min y no se detectó ningún efecto tóxico. Para que la marca quedara bien colocada se requirió que la superficie de la concha estuviera completamente seca. El tiempo que llevó anestésiar, sexar, medir y marcar a cada individuo fue de 15 a 20 min.

Una vez marcados los organismos, se devolvieron a la colonia donde fueron encontrados. El tiempo que los organismos pasaron fuera del mar fue siempre menor a 2 horas.

### **3.3. Censo de los gorgonáceos.**

En un mapa del área de trabajo se registró la posición de cada gorgonáceo ocupado por caracoles. Se censaron todas las colonias presentes en la zona, siguiendo la clave de Bayer (1961) para la determinación de especies. Las colonias se marcaron con cinta plástica (DYMO) numerada, que se sujetó con hilo de nylon a una de sus ramas basales.

### **3.4. Registro de la actividad de los caracoles.**

Las visitas al área de trabajo se realizaron de 5 a 7 veces por semana durante los meses de octubre de 1991 a septiembre de 1992. Para determinar el horario en que se registrara mayor actividad de los caracoles se trabajó durante 10 días del mes de octubre de 1991 a

---

distintas horas (0900-1000; 1500-1600; 1700-1800 y 1900-2000 hrs) registrando la actividad de los caracoles en cada visita. Se realizaron dos visitas nocturnas cada mes (2100-2200 hrs) en período de luna llena para tener una mejor visibilidad bajo el agua. Las observaciones se realizaron con equipo de buceo autónomo y buceo libre.

Para el seguimiento de la conducta se diseñó una ficha de registro que se copió en una tabla de acrílico y en la que se anotó la siguiente información:

- **Localización:** Ubicación de los individuos en los corales. Al encontrar dos individuos de diferente sexo en una misma colonia se les registró como una pareja.
- **Posición en la colonia:** se registró para cada individuo si se encontraban en la base, parte media o superior de la misma o en diferentes ramas.
- **Actividad:** Los caracoles se encontraron alimentándose, copulando, montados, cambiando de una colonia a otra, o sin movimiento.

Se definió **alimentación** cuando el caracol se encontraba raspando una rama de coral con la cavidad bucal.

Se definió una **cópula** siempre que un macho montara por el costado derecho a una hembra y además se observara el pene entrando hacia la concha de ésta.

Se consideró que los caracoles estuvieron **montados** cuando un macho se encontrara sobre una hembra, no necesariamente del lado derecho, y no se viera el pene del macho entrar a la concha de la hembra. Esta conducta se observó también entre machos.

Se consideró **sin movimiento** cuando un caracol mantuvo el manto ligera o totalmente retraído, y la cabeza oculta por completo.

**Moviéndose** se definió como la presencia de los caracoles sobre el sustrato, desplazándose de una colonia de coral a otra.

Los datos se tomaron siguiendo un recorrido que se estableció de acuerdo a la ubicación de los gorgonáceos en la zona. Este recorrido se modificó en función de la posición de los caracoles.

El tiempo para registrar cada colonia fue de un minuto cuando en éstas se encontraron organismos solitarios, y de 2 - 4 min, en los casos en que hubo dos o más caracoles presentes. Cuando se observaron caracoles copulando, montados o muy juntos (distancia < 3 cm entre ambos), se registró su conducta por método focal durante 2 min, cada 15 min mientras se realizó el recorrido.

Finalizada una cópula se determinó hacia dónde se movieron los caracoles, para establecer el sitio y tiempo de oviposición posterior a la cópula.

### **3.5. Trabajo en Acuarios.**

Se instalaron dos acuarios de 150 L en la Estación para observar la conducta en cautiverio de algunos caracoles pertenecientes a la misma población. Se mantuvieron con flujo continuo de agua durante el día y bombeo de aire por la noche. El fondo se cubrió con arena gruesa del arrecife, donde se colocaron dos colonias o ramas de coral pequeñas por acuario que se cambiaron cada vez que morían. Los corales fueron de las especies que los caracoles ocuparon con mayor frecuencia en el campo (*Plexaurella dichotoma*, *Pseudopterogorgia acerosa* y *Eunicea tourneforti*).

Las observaciones se realizaron cada cuatro horas a lo largo del día y parte de la noche, durante 10 min si los caracoles estaban sin movimiento o alimentándose, y por 30 min si estaban a una distancia menor a 3 cm, o si un individuo se acercaba a otro.

### **3.6. Análisis de la información.**

Con datos obtenidos durante el muestreo piloto se determinó el horario de registro, mediante una prueba de Q de Cochran (Siegel & Castellan, 1988). Los datos fueron transformados (Sokal & Rohlf, 1981) debido a que se trata de eventos en el tiempo cuya distribución no es normal. Se obtuvo la raíz cuadrada de los valores de número de parejas, número de cópulas, frecuencia de oviposición, número de cápsulas y número de larvas. Las posibles relaciones entre estas variables y características fenotípicas de los individuos se exploraron gráficamente y mediante análisis de correlación simple. Algunas variables se exploraron mediante estadística no paramétrica. Se estimó un índice del tamaño de concha de cada individuo mediante análisis de factores con base en las cuatro medidas de la concha disponibles (longitud, ancho, alto y grosor del labio).

Se utilizaron dos estimadores de éxito reproductivo para ambos sexos: frecuencia de cópula y número de parejas de cada individuo. El número de parejas se definió como el número de caracoles con los que se apareó cada individuo en tiempos comparables. Adicionalmente, para las hembras se determinó la frecuencia de oviposición, el número de cápsulas por puesta y el número de larvas por cápsula. Los datos se obtuvieron en el campo; excepto para el número de larvas por cápsula que se obtuvo en laboratorio disectando de 3 a 5 cápsulas de 10 días de edad, por cada puesta. Las posibles asociaciones entre el tamaño de las hembras y número de cápsulas y de larvas que produjeron se analizaron mediante métodos multivariados (correlación múltiple, Sokal & Rohlf, 1981).

Las diferencias en tallas de ambos sexos se compararon mediante una prueba de  $t$  de Student. Los valores obtenidos se reportan como promedio  $\pm$  una desviación estándar. Los datos de distribución de los caracoles en los corales se analizaron con el Índice de Dispersión (Krebs, 1989), bajo la hipótesis nula de que la distribución de los individuos en los corales es aleatoria. La preferencia por gorgonáceos, considerada como el uso diferencial que los caracoles hacen de los corales, se determinó mediante una prueba de G (Sokal y Rohlf, 1981). Esta prueba permite poner a prueba hipótesis sobre la distribución de los caracoles en los gorgonáceos en función de la abundancia relativa de éstos.

## IV. RESULTADOS.

### 4.1 Horario de Registro.

El horario de muestreo elegido fue de 0900 a 1030 h y de 1400 a 1530 h, debido a que en estas horas se detectó una mayor frecuencia en cópulas, alimentación y movimiento de los individuos ( $X^2=9.9$ ; g.l. = 3;  $p < 0.05$ ). Sólo en una de las 17 visitas nocturnas se registraron dos cópulas. Durante los registros se observó que *C. gibbosum* pasó la mayor parte del día alimentándose del coral hospedero y que por la noche y en condiciones de intenso oleaje, la mayoría de los individuos permaneció sin movimiento.

### 4.2. Censo de los Gorgonáceos.

Se contaron 318 colonias de gorgonáceos y se determinaron 16 especies pertenecientes a 8 géneros. Las especies más abundantes fueron *Plexaurella dichotoma* (26.4%), *Eunicea tourneforti* (12.8%) y *Pseudopterogorgia acerosa* (11.9%), juntas representan el 51% del total de colonias en el sitio de estudio.

### 4.3. Número de Caracoles.

El total de caracoles del género encontrados en el área de trabajo fue de 97; 92 pertenecientes a *C. gibbosum* y cinco a *C. signatum*. Del total de individuos de *C. gibbosum* 36 (39%) permanecieron vivos hasta el final del muestreo, y 23 (25%) murieron y su concha fue recuperada. Se supone que los 33 restantes (36%) murieron o dejaron la zona de trabajo durante el estudio.

A partir de la primera semana de febrero y hasta el final del estudio se registró la llegada de 73 nuevos individuos. De éstos, nueve fueron juveniles (longitud < 2 cm), cinco de ellos murieron y de cuatro se perdió su localización. El mayor número de individuos presentes simultáneamente en el área se observó en mayo ( $n = 53$ ).

Las etiquetas permanecieron adheridas a la concha de los caracoles de tres a cuatro meses. Se utilizaron etiquetas amarillas para reponer las blancas extraviadas. No hubo mortalidad diferencial por efecto del color de las marcas ( $X^2 = 0.66$ ,  $p > 0.5$ ; g.l. = 1).

De las conchas de los 23 organismos muertos que pudieron ser localizadas (11 machos, nueve hembras y tres juveniles), ocho se encontraron vacías o con restos del caracol; seis (cuatro machos y dos hembras) ocupadas por cangrejos ermitaños (*Dardanus fucosus*; Decapoda: Diogenidae) y nueve (cuatro machos, tres hembras y dos juveniles) estaban rotas. En tres ocasiones se observaron individuos (dos hembras y un macho) moviendo el pié y tentáculos con lentitud sobre el sustrato, cerca de la base del gorgonáceo que ocupaban y horas después murieron. El tiempo que duraron en observación los individuos comprendió un intervalo de 27 a 247 días. Junio fue el mes en que murieron más individuos (nueve). No existió mortalidad diferencial entre sexos ( $X^2 = 0.2$ ,  $p > 0.05$ , g.l. = 1).

#### 4.4. Proporción y dimorfismo sexual.

De 137 individuos sexados en la laguna arrecifal de Pto. Morelos, 79 fueron hembras y 58 machos, lo que indica una PS de 0.42 que no difiere significativamente de una P.S. de 1:1 ( $X^2 = 3.21$ ; g.l. = 1;  $p > 0.05$ ).

Dentro de la zona de estudio se trabajó con 92 individuos, 49 hembras y 43 machos, es decir una PS de 0.47, que tampoco difiere significativamente de una PS de 1:1 ( $X^2 = 0.39$ ; g.l. = 1;  $p > 0.05$ ). El 64% de la población de adultos (32 hembras y 27 machos) se observaron copulan-

---

do, por lo que la proporción sexual operacional (PSO) fue de 0.45, la cual no difiere significativamente de uno ( $X^2 = 0.42$ ; g.l. = 1;  $p > 0.05$ ). No existió diferencia significativa entre la PSO y la PS observadas ( $X^2 = 0.24$ ; g.l. = 1;  $p > 0.05$ ).

Sólo individuos mayores a 2 cm se observaron copulando. El número de individuos adultos que no se apareó durante el estudio fue de 10 (11%), cinco hembras y cinco machos. El 25% de los individuos (12 hembras y 11 machos) no fue considerado en los análisis debido a que el período en que éstos fueron observados (rango 6-19 días) no es comparable con el del resto de la población.

La longitud de la concha difirió significativamente entre machos y hembras, siendo éstas las de mayor tamaño. La longitud promedio de las hembras fue de  $2.87 \pm 0.21$  cm, y la de machos de  $2.75 \pm 0.19$  cm ( $t = 2.62$ ;  $p < 0.05$ ).

El análisis de factores indicó que dos factores explican el 82% de la varianza de los datos (Tabla 1).

Tabla 1. Valores estimados para el análisis de factores realizado con la longitud, ancho, alto y labio de la concha.

	FACTOR 1	FACTOR 2	COMUNALIDAD ( $R^2$ )
LONGITUD	0.860 *	-0.09	0.522
ANCHO	0.859 *	-0.22	0.538
ALTO	0.836 *	-0.25	0.492
LABIO	0.629 *	0.77	0.205
% VARIANZA	64.4	18	
VALOR PROPIO DE LA MATRIZ	2.57	0.72	

En el primer factor, las variables longitud, ancho y alto tienen más peso que el labio en la explicación de la varianza. Lo contrario ocurre en el

---

factor 2, en el que el labio explica un mayor porcentaje de la varianza en los datos.

Con estos factores se obtuvieron los valores de tamaño de concha para cada sexo. Para el factor 1, estos valores no difirieron significativamente entre sexos ( $t = 1.43$ ,  $p > 0.5$ ). En el caso del factor 2 el nivel de la diferencia sí resultó significativo ( $t = 3.17$ ,  $p < 0.02$ ). La matriz de correlaciones entre las variables exploradas se muestra en la Tabla 2. Los valores de la diagonal corresponden a las comunalidades ( $R^2$ ). En todos los casos el valor de  $p < 0.05$ . Se puede observar que todas las variables, a excepción del labio estuvieron altamente correlacionadas entre sí.

Tabla 2. Matriz de correlaciones de las variables exploradas en el análisis de factores ( $p < 0.05$ ).

	longitud	ancho	alto	labio
longitud	0.522			
ancho	0.660	0.538		
alto	0.618	0.654	0.492	
labio	0.430	0.377	0.356	0.205

Una característica que permitió sexar a los individuos en el campo fue la presencia de una mancha en la zona posterior al callo de la concha, en la región dorsal y hacia el lado izquierdo del cuerpo. Esta mancha era blanca en hembras y oscura en machos y no se observó nunca en conchas vacías, por lo que es probable que se tratara de la gónada vista a través de la concha. Con base en ésta mancha, que se pudo apreciar cuando el animal tuvo el manto retraído, se determinó el sexo de 88 individuos. Esta estimación tuvo una confiabilidad del 98.9% al corroborar el sexo en el laboratorio. Sin embargo, cuando la concha era muy gruesa resultó difícil observar esta mancha en el campo.

#### 4.5. Distribución de los caracoles en los Gorgonáceos.

Se observó que los caracoles ocuparon con mayor frecuencia las colonias de los tres gorgonáceos más abundantes ( $G = 105.5$ , g.l. = 15,  $p < 0.001$ ). Doce de los 92 individuos nunca cambiaron de colonia; 38 caracoles ocuparon colonias de *P. acerosa*; 12 de *E. tourneforti* y 11 de *P. dichotoma*. Diez hembras y cuatro machos se movieron siempre entre colonias de *P. acerosa* y *E. tourneforti*, alimentándose en la primera y ovipositando en la segunda.

La distribución de los individuos en las colonias difirió significativamente de una distribución aleatoria ( $Z = 3.53$ ;  $p < 0.05$ ). Se encontraron más individuos de *C. gibbosum* formando parejas o grupos que solitarios (Tabla 3) ( $X^2 = 25.13$ ,  $p < 0.05$ , g. l. = 6). 39 de 41 parejas fueron heterosexuales y sólo dos fueron isosexuales (dos hembras). La distribución de individuos formando parejas difirió de la distribución en grupos o solitarios ( $X^2 = 3.84$ ,  $p < 0.05$ , g. l. = 1).

Tabla 3. Distribución de los individuos de *C. gibbosum* en el arrecife de Pto. Morelos. n= 137individuos.

	N	machos	hembras
parejas heterosexuales	39	39	39
parejas isosexuales (ambas hembras)	2		4
grupos de 2 hembras y un macho	6	6	12
grupos de 2 hembras y 2 machos	2	4	4
grupos de más de cinco caracoles	1	3	5-7
hembras solitarias	15		15
machos solitarios	6	6	
TOTALES		58	~ 79

La tabla 4 muestra el tiempo que pasaron los individuos en grupo en una o distintas colonias. Dos parejas permanecieron en la misma colonia desde que se marcaron por primera vez (244 y 264 días) moviéndose de

ésta sólo cuando la hembra ovipositó en otra colonia. De igual manera se comportó el grupo de 8 individuos (241 días), en el que las hembras sólo dejaron la colonia para ovipositar, en ocasiones acompañadas por un macho. En los tres casos, las colonias de gorgonáceos fueron de *P. acerosa*.

Tabla 4. Tiempo de permanencia en grupo de *C. glabosum* en Pto. Morelos. Días de observación 32 a 264. N representa el número de grupos observado.

indiv/gpo.	N	X (días)	d.e.	rango
2	38	57	57	3-264
3	5	75	51	4-138
4	2	33	25	7-67
8-10	1	241	-	

#### 4.6. Cópulas.

Se observaron 115 cópulas, de las cuales 43 se registraron desde su inicio. La duración promedio fue de 2 hrs 45 min ( $\pm 48$ ), y la varianza de 38 min.

El 79% de las cópulas ocurrió en *P. acerosa* (37), *P. dichotoma* (30) y *E. tourneforti* (24) ( $G = 54.82$ , g.l. = 15,  $p < 0.001$ ). En 35 de las 43 cópulas el macho realizó algún tipo de cortejo antes de aparearse con la hembra, en el resto (8) no hubo cortejo.

El cortejo se definió de la siguiente manera: antes de copular, el macho montó a la hembra por la parte posterior de la concha y giró de una a tres veces hacia el lado derecho, tocando con los tentáculos y la boca la concha de la hembra ( $n = 15$ ). Cada vuelta duró de 5 a 6 min, así que luego de 5 a 18 min de estar montado, el macho se colocó sobre el

---

costado derecho de la hembra e introdujo el pene por la zona del callo. Se observó que la hembra movió ligeramente el pié aparentemente permitiendo que el pene pudiera entrar en su concha. Durante la cópula, la hembra permaneció con la parte derecha del manto parcial o totalmente retraída, en ocasiones moviendo los tentáculos y boca cerca del macho o de la rama de coral. Una vez que el pene estuvo dentro de la hembra, la pareja permaneció con los tentáculos retraídos y ocasionalmente ambos los sacaron simultánea y/o sucesivamente tocando la concha del compañero. Finalizada la cópula se observó al macho efectuar otro giro hacia el lado derecho antes de bajar de la hembra ( $n = 20$ ). Ya en el coral, el macho se colocó junto a la hembra y ambos permanecieron sin movimiento por períodos que fluctuaron de 9 min a más de 2 hrs. En algunas ocasiones el macho dejó la colonia donde copuló con la hembra ( $n = 13$ ). En todos los casos la hembra permaneció en la colonia donde copuló.

La duración promedio de la monta o cortejo fue de 17 ( $\pm 6$ ) min. Sólo en cuatro ocasiones se observó al macho montar a la hembra, dar tres giros y no copular. Dos de estas cuatro montas sin cópula las realizó un mismo macho cuya talla era menor al promedio de machos. En otra ocasión un macho montó sin copular a una hembra de *C. signatum* durante siete minutos.

En ocho ocasiones se observó a un macho montado sobre otro durante un período de 32.2 ( $\pm 26$ ) min. En estas montas, a diferencia de las macho-hembra, el macho que montó se colocó sobre la zona central de la concha del macho montado y orientado en dirección opuesta. En dos de estos casos el macho que fue montado llegó a la colonia ocupada por una pareja heterosexual y después de uno o dos días, el macho residente lo montó. Luego de la monta ambos machos permanecieron sin movimiento por varias horas. Poco después el macho visitante (montado) se aproximó a la hembra y copuló con ella. Terminada la cópula el visitante se alejó de la colonia donde permaneció la pareja original. En una ocasión la hembra siguió al macho visitante a otra colonia donde

---

copuló con éste, ovipositó dos días después y volvió a la colonia donde estaba su pareja inicial. Las cápsulas de esta puesta se desintegraron al cabo de cinco días. La longitud de concha del macho visitante era 0.2 cm mayor que la del macho residente.

Tres montas entre machos las realizó el mismo individuo sobre otros que llegaron a la colonia que éste ocupaba con su pareja, y sólo en una ocasión copuló con la hembra después de montar a otro macho. Sólo en una ocasión un macho intentó copular sin éxito con otro macho luego de montarlo. El macho montado permaneció sin movimiento durante la monta y mientras el otro macho se alejaba.

Se observaron tres cópulas entre miembros de *C. gibbosum* (dos machos, una hembra) y *C. signatum* (dos hembras, un macho). La duración de estas cópulas se desconoce y sólo una se siguió durante 157 min. Una de las hembras de *C. signatum* puso algunas cápsulas que se desintegraron luego de cuatro días.

Se registraron algunas interacciones físicas entre machos por acceso a las hembras, éstas se resumen en la Tabla 5. Se observó una pelea en la que ambos machos, apoyados sobre la parte distal del pié intercambiaron mordidas dirigidas hacia tentáculos, manto y pié del rival. Un macho (intruso) llegó a interrumpir una cópula, agrediendo al macho (residente) y después de desplazarlo, copuló con la hembra. En el otro caso en que un macho interrumpió una cópula, no hubo respuesta agresiva del macho que se apareaba, pero el intruso tampoco copuló con la hembra.

**Tabla 5. Interacciones físicas entre machos por acceso a hembras de *C. gibbosum* en Pto. Morelos, (115 observaciones).**

Interacción: (n)	Talla machos (cm)	duración (min)	Consecuencia
Pelea (1)	residente 2.72	20	Intruso consigue la cópula.
	intruso 2.87		
Monta simultánea 2 machos una hembra (1)	residente 2.83	26	Intruso copuló primero, residente 9 hrs. después.
	intruso 2.65		
Interrupción de cópula (1)	residente 2.8	53	Intruso detuvo la cópula.
	intruso 2.9		
Monta entre machos (2)	residente 3.03	29	Intruso copuló.
	intruso 2.89		
	residente 2.84	31	Intruso copuló.
	intruso 2.87		

\* Otras 6 montas entre machos no implicaron acceso a hembras.

### Cópulas por mes.

La Figura 2 muestra las variaciones en la temperatura del agua y el número de cópulas por día observadas cada mes a lo largo del estudio. El mayor número de cópulas ( $n = 27$ ) se registró en mayo; durante este mes la temperatura media del agua fue de  $27.2^{\circ}\text{C}$ . Este valor se mantuvo con muy poca variación hasta septiembre ( $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ) ya que se trata de los meses más cálidos del año en la zona.

No se encontró relación entre la temperatura del agua y el número de cópulas observadas por día ( $r = 0.21$ ,  $p > 0.5$ ). Los datos de enero y marzo pudieron ser subestimaciones del número de cópulas observadas ya que en esta época el clima de la zona impidió realizar los registros todos los días.

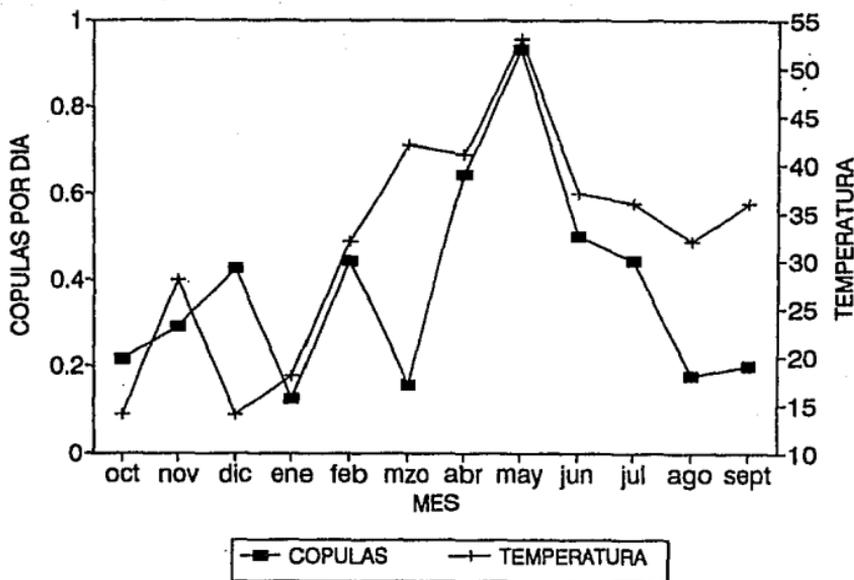


Figura 2. Variación mensual en la temperatura del agua y el número de cópulas por día observadas cada mes ( $r = 0.21$ ,  $p > 0.5$ ).

La Figura 3 muestra los datos del número de cópulas por día y de individuos presentes cada mes. Se encontró que a más individuos presentes cada mes, se registraron más cópulas ( $r = 0.57$ ,  $p < 0.04$ ). Un análisis de regresión múltiple indicó que el número de individuos estuvo más relacionado que la temperatura con el número de cópulas observadas mensualmente ( $R^2 = 0.47$ ,  $p < 0.05$ ). El número de individuos presentes en un mes tampoco se correlacionó con la temperatura ( $r = 0.34$ ,  $p > 0.2$ ).

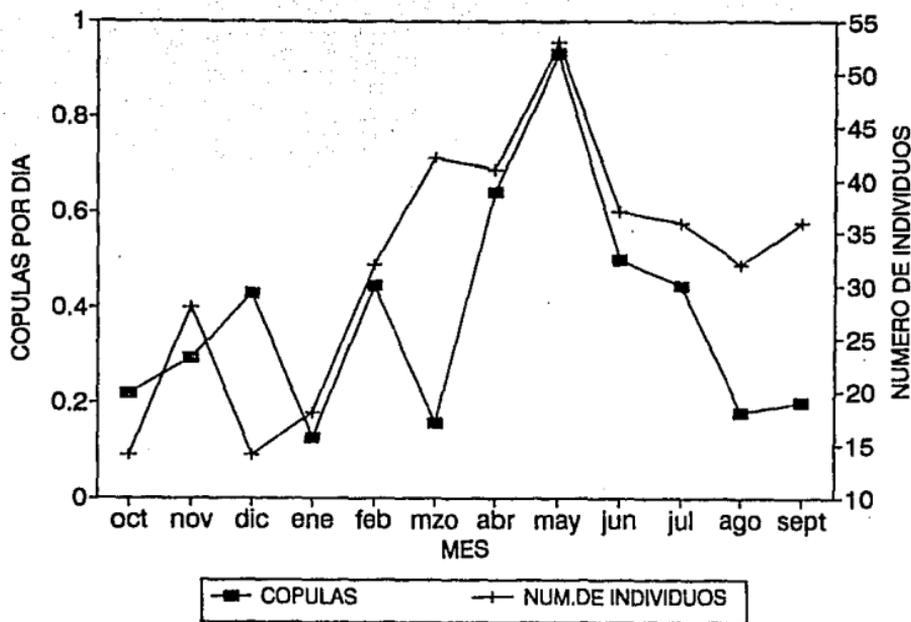


Figura 3. Relación entre el número de cópulas por día y de individuos presentes cada mes ( $r = 0.57, p < 0.04$ ).

#### 4.7. Exito Reproductivo de Ambos Sexos.

##### A) Número de cópulas.

La distribución de frecuencias del número de cópulas por individuo se muestra en la Figura 4, de la cual se excluyeron los individuos cuya oportunidad de registro no es comparable, es decir, los de menor período de observación. No se encontró diferencia entre los sexos en cuanto a la distribución de la frecuencia de cópulas ( $X^2 = 4.04, p > 0.05, g.l. = 4$ ). La distribución de cópulas difirió entre los individuos en ambos sexos, fueron pocos los individuos que se aparearon en más ocasiones ( $X^2 = 4.27, p < 0.05, g.l. = 0.05$ ).

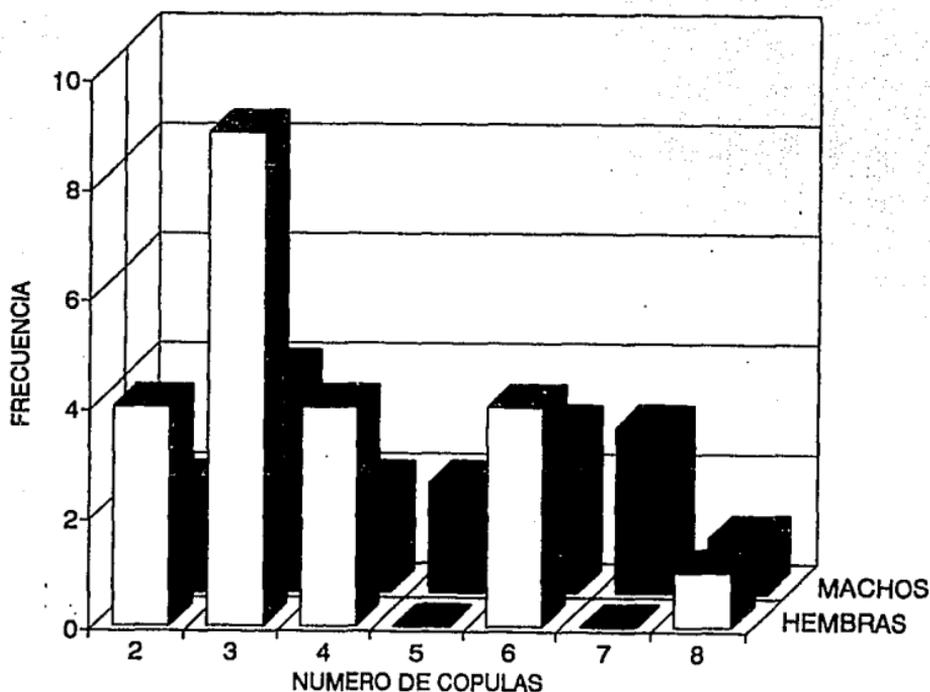


Figura 4. Distribución del número de cópulas entre sexos de los individuos de *C. gibbosum*.

El promedio de cópulas por individuo y la varianza estandarizada (Clutton-Brock, 1988) se muestran en la Tabla 6. El cociente de la varianza estandarizada de los machos sobre la de las hembras fue igual a 1.28, mientras que el de las hembras sobre el de machos fue de 0.77. El nivel de esta diferencia no resultó significativo ( $X^2 = 4.04$ ,  $p > 0.05$ , g.l. = 4).

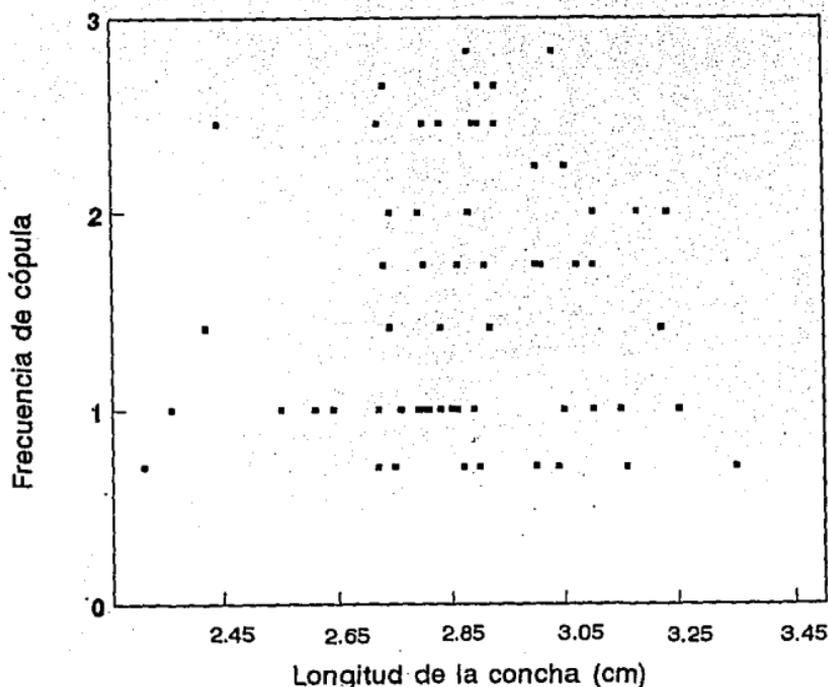


Figura 5. Relación entre la longitud de la concha y el número de cópulas de los individuos de *C. gibbosum*. ( $r = 0.07$ ,  $p > 0.5$ )

Tabla 6. Promedio de cópulas, varianza y varianza estandarizada ( $S^2/\bar{X}^2$ ) de machos y hembras de *C. gibbosum*.

	$\bar{X}$ de cópulas $\pm$ d.e.	$S^2$	$S^2/\bar{X}^2$
machos	2.59 2.4	5.71	0.85
hembras	2.49 2.03	4.13	0.66

---

No se encontró correlación entre la longitud de la concha y el número de cópulas para ninguno de los sexos ( $r = 0.07$ ,  $p > 0.5$ ;  $F = 0.02$ ,  $p > 0.9$ ; VER APENDICE). Sin embargo el promedio del ancho de la concha de los siete machos con más cópulas fue mayor a la media poblacional ( $t = 2.48$ ,  $p < 0.05$ ).

No existió correlación entre la longitud de la concha de los machos y hembras que se aparearon entre sí ( $r = -0.17$ ,  $p > 0.1$ ).

El índice de tamaño de concha tampoco se correlacionó con el número de cópulas que cada individuo obtuvo (factor 1:  $r = -0.17$ ,  $p > 0.1$ ,  $F = 1.8$ ; factor 2:  $r = 0.09$ ,  $p > 0.4$ ,  $F = 0.52$ ).

En ambos sexos los individuos con más cópulas habitaron principalmente colonias de *P. acerosa* ( $G = 38.7$ ,  $p < 0.001$ ).

No existió ningún efecto del tamaño de los individuos en la tasa a la cual se aparearon cada mes. La máxima tasa de apareamiento en la población fue de 0.13 cópulas/ día/ individuo y la alcanzaron un macho y dos hembras en distintos meses del año.

### **B) Número de parejas.**

El 7% de los individuos se aparearon sólo con una pareja (cuatro hembras y dos machos, Fig. 6); el 93% restante tuvo más de una pareja. El 53% de la población tuvo dos parejas (11 hembras y ocho machos). La distribución del número de parejas no difirió entre los sexos ( $X^2 = 1.4$ ,  $p > 0.05$ , g. l. = 3).

No se encontró correlación entre la longitud y/o ancho de la concha y el número de parejas de cada individuo (machos:  $r = 0.39$ ,  $p > 0.1$ ; hembras:  $r = 0.11$ ,  $p > 0.6$ , VER APENDICE). El promedio de la longitud y el ancho de la concha de los doce caracoles (cinco hembras y siete machos) con más parejas fue superior a la media poblacional en

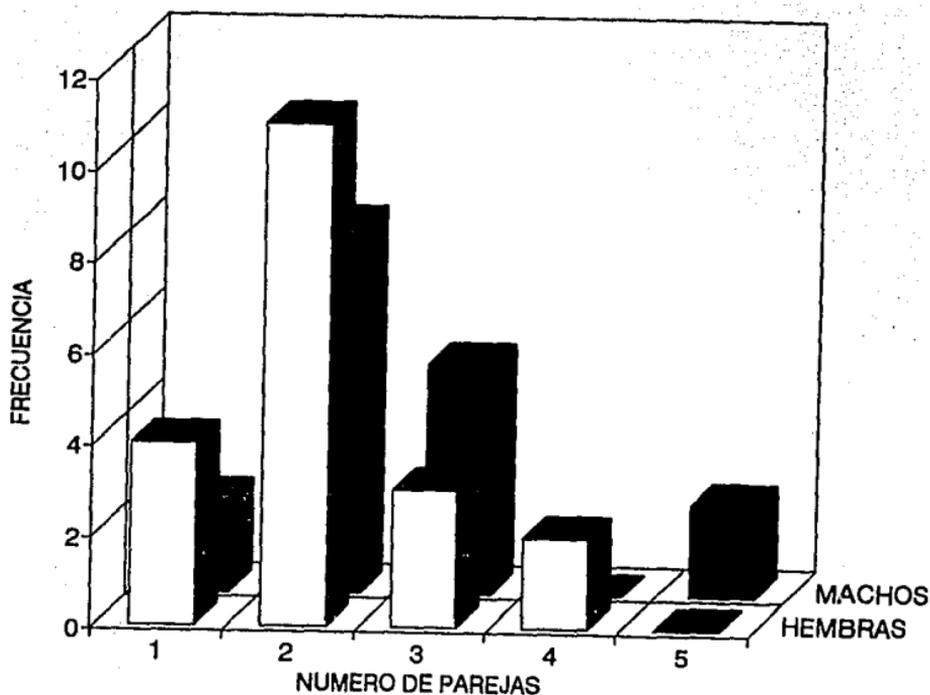


Figura 6. Distribución del número de parejas entre sexo de los individuos de *C. gibbosum*.

ambos sexos, aunque ésta no resultó significativa (en hembras: longitud  $t = 0.44$ ,  $p > 0.6$ ; ancho  $t = 0.7$ ,  $p > 0.4$ . En machos: longitud  $t = 1.19$ ,  $p > 0.2$ ; ancho  $t = 1.42$ ,  $p > 0.1$ ).

Tampoco se encontró correlación entre el índice de tamaño de la concha y el número de parejas de cada individuo en ambos sexos (factor 1:  $r = 0.13$ ,  $p > 0.3$ ; factor 2:  $r = -0.11$ ,  $p > 0.4$ ).

Los individuos que obtuvieron más parejas ocuparon como alimento principalmente a *P. acerosa* ( $G = 20.8$ ,  $p < 0.001$ ).

Los individuos que tuvieron un mayor número de parejas tuvieron también un mayor número de cópulas (machos  $r = 0.86$ ,  $p < 0.01$ ; hembras  $r = 0.68$ ,  $p < 0.03$ ). No se encontró correlación entre el número de parejas y el número de cópulas por pareja en ningún sexo (machos :  $r = -0.34$ ,  $p > 0.1$ ; hembras  $r = -0.29$ ,  $p > 0.2$ ). El macho y la hembra que se aparearon en más ocasiones no tuvieron el mayor número de parejas.

#### 4.8. Oviposición.

Las hembras depositaron sus cápsulas en un tiempo promedio de 2.3 ( $\pm 0.97$ ) días después de la cópula ( $N = 54$  puestas). Ovipositaron con más frecuencia en *E. tourneforti* (95) y *P. dichotoma* (67), utilizando éstas más que a las otras especies disponibles ( $G = 42.68$ , g.l. = 15,  $p < 3 0.001$ ). En estas dos especies se concentró el 82.6% ( $n = 162$ ) del total de puestas observadas.

Las hembras comieron los pólipos de coral del área sobre la que luego colocaron sus cápsulas en todas las especies de coral, excepto en *E. mamosa*, donde las cápsulas fueron colocadas en los espacios entre pólipos.

Dos hembras fueron observadas al iniciar la oviposición. Ambas se encontraron con la parte anterior de la concha ligeramente levantada, apoyadas sobre la parte posterior del pié, que se observó más voluminoso de lo normal. El manto fue estirado y contraído de manera constante, los tentáculos y boca se movieron de un lado a otro sobre la rama de coral. Una de las hembras puso 15 cápsulas en 2 hrs 30 min.

En 59 ocasiones se observó a las hembras moverse sobre cápsulas de sus puestas anteriores, agregando en 39 ocasiones más cápsulas a las ya

presentes. Las hembras se movieron sobre las cápsulas tocándolas con la boca y tentáculos, pero ninguna diferencia en viabilidad se apreció entre puestas visitadas y no visitadas.

Algunas hembras ( $n=26$ ) ovipositaron más de una vez en la misma colonia. Siete hembras ovipositaron siempre en las mismas siete colonias. Todas las hembras eligieron de una a tres especies de coral para ovipositar.

Las cápsulas mostraron un arreglo de tres a cinco líneas paralelas al eje mayor de la rama; fueron convexas y transparentes, de forma irregular, aunque ligeramente cuadrangulares, y duras al tacto pero flexibles. No todas las cápsulas de una puesta fueron del mismo tamaño, las primeras y últimas en ser colocadas fueron ligeramente menores. La Tabla 7 muestra los datos obtenidos con 35 hembras y 219 puestas, y los reportados en otros trabajos sobre el tamaño de puesta y de las cápsulas.

Tabla 7. Tamaño de las cápsulas; número de cápsulas por puesta y de larvas por cápsula de *C. gibbosum* según distintos autores.

Num. cápsulas ( $X \pm d.e.$ )	Tamaño cápsulas (largo x ancho x alto en mm)	Num. larvas ( $X \pm d.e.$ )	Autor
18 ?	2 x 1.7 x 0.3	300	Bandel 1973
?	2 x 2.1	780 a 1270	Crovo 1974
64±125 (19-136)	3.8 0.2 x 3 0.2 1.6 0.5	674 124 (430-942)	Este tra- bajo

Se registró la viabilidad de 54 puestas y se observó que, en el 85% de los casos, la primer puesta de hembras que pasaron cierto tiempo sin aparearse ( $X = 14 \pm 4$  días, rango 9 - 27 días,  $n = 25$  hembras) no fue viable. El 93 % de las cápsulas de puestas subsecuentes se desarrollaron

---

normalmente, la mortalidad de embriones y larvas dentro de las cápsulas (evaluada por su desintegración) fue de 7%.

Una hembra ovipositó en nueve ocasiones, pero sólo en la última sus cápsulas completaron el desarrollo normal. Esta hembra se apareó cinco veces con tres machos distintos. No se determinó si hubo relación entre la sobrevivencia de las cápsulas y el número de machos con que cada hembra se apareó.

Hembras que se aparearon sólo una vez durante el estudio ovipositaron varias ocasiones. Dos hembras continuaron ovipositando después de que su pareja murió y sin que tuvieran machos a una distancia a la cual pudieran desplazarse hasta ellas y copular en el período entre registros.

#### **4.9. Exito Reproductivo de las Hembras.**

##### **A) Frecuencia de oviposición.**

La Figura 7 muestra cómo se distribuyó la frecuencia de oviposición entre las hembras de esta población. El 25% de las hembras ovipositaron sólo en una ocasión (9). La hembra que ovipositó más veces (17) aportó el 9% del total de puestas observadas. Esta hembra colocó sus puestas siempre en colonias de *E. tourneforti*.

No hubo correlación entre la longitud de la concha de la hembra y el número de veces que ovipositó ( $r = 0.02$ ,  $p > 0.9$ , VER APENDICE). No se encontró diferencia significativa entre el tamaño de las hembras que ovipositaron en más ocasiones y la media poblacional (longitud:  $t = 0.95$ ,  $p > 0.3$ ; ancho:  $0.73$ ,  $p > 0.4$ ). El número de puestas de cada hembra se correlacionó con el número de cópulas ( $r = 0.49$ ,  $p \times 0.01$ ), pero no con el número de parejas ( $r = 0.15$ ,  $p > 0.4$ ).

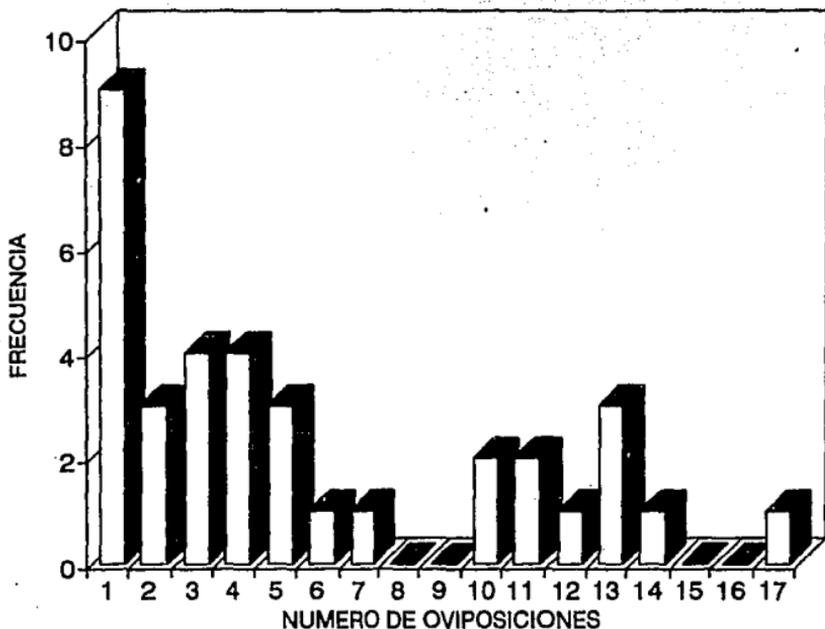


Figura 7. Frecuencia de oviposición de *C. gibbosum*.

### B). Número de cápsulas por puesta.

En promedio las hembras pusieron  $64 \pm 125$  cápsulas por puesta. Ninguna de las medidas de la concha de las hembras se correlacionó significativamente con el total de cápsulas o promedio de cápsulas por puesta (longitud  $r = 0.20$ ,  $p > 0.3$ , VER APENDICE).

Se encontró una correlación significativa entre el número de cópulas y el total de cápsulas de cada hembra ( $r = 0.48$ ,  $p < 0.02$ ). El número de parejas de cada hembra no se correlacionó con el total de cápsulas ( $r =$

0.15,  $p > 0.4$ ) ni con el promedio de cápsulas por puesta ( $r = 0.13$ ,  $p > 0.5$ ). La frecuencia de oviposición se correlacionó positivamente con el total de cápsulas ( $r = 0.9$ ,  $p < 0.05$ ) pero negativamente con el promedio de cápsulas por puesta ( $r = -0.43$ ,  $p < 0.03$ ).

El promedio de cápsulas por puesta en puestas sucesivas varió poco con respecto a la media poblacional, aunque la magnitud del error estándar es grande (Figura 8,  $n =$  ocho puestas y 12 hembras).

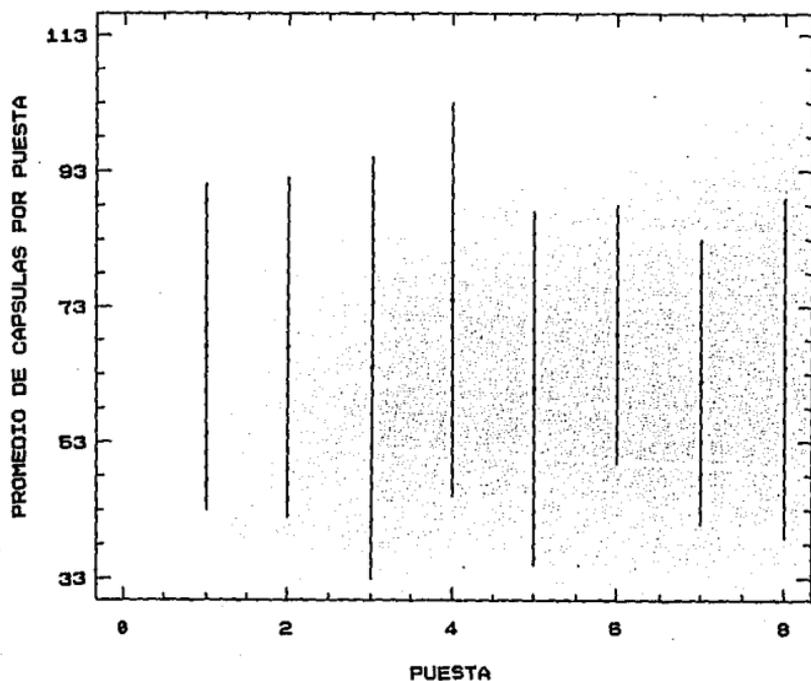


Figura 8. Promedio de cápsulas por puesta en puestas sucesivas de *C. gibbosum*.  $N = 12$  hembras.

### C) Número de larvas por cápsula.

El número total de larvas producido por cada hembra se correlacionó significativamente con la longitud ( $r = 0.44$ ,  $p < 0.03$ ) y con el ancho de la concha ( $r = 0.49$ ,  $p < 0.01$ ).

El promedio de larvas por cápsula fue de 674 ( $\pm 124$ ), y también se correlacionó significativamente con la longitud ( $r = 0.45$ ,  $p < 0.03$ ), el ancho ( $r = 0.54$ ,  $p < 0.006$ ) y el alto de la concha ( $r = 0.42$ ,  $p < 0.04$ ).

La Figura 9 muestra la relación entre la longitud de la concha y el promedio de larvas por puesta producidas por cada hembra. El porcentaje de varianza que es explicado por una función  $ax^b$  es  $R^2 = 23.3$ ;  $r = 0.48$ ;  $p < 0.01$ .

El ancho de la concha también se correlacionó con el promedio de larvas por puesta mediante un modelo de regresión ( $ax^b$ ) que explicó el 30% de la varianza observada ( $r = 0.55$ ,  $R^2 = 30.5$ ,  $p < 0.006$ , Fig. 10). El índice del tamaño de concha estimado con el factor 1 también se correlacionó con el total y el promedio de larvas que cada hembra produjo ( $r = 0.5$ ,  $p < 0.01$ ;  $r = 0.54$ ,  $p < 0.005$  respectivamente).

No se observó relación entre el número de cópulas o el número de parejas con el promedio de larvas por puesta ( $r = -0.26$ ,  $p > 0.2$ ;  $r = -0.14$ ,  $p > 0.4$ , VER APENDICE) ni con el total de larvas de cada hembra ( $r = 0.18$ ,  $p > 0.3$ ;  $r = -0.03$ ,  $p > 0.8$ ). La frecuencia de oviposición no se correlacionó con el total ( $r = 0.2$ ,  $p > 0.3$ ) ni con el promedio de larvas por cápsula ( $r = -0.25$ ,  $p > 0.2$ ). No existió correlación entre el total de cápsulas con el total de larvas ( $r = 0.3$ ,  $p > 0.1$ ) o entre los promedios de ambos ( $r = 0.37$ ,  $p > 0.08$ ).

Tampoco se encontró correlación entre el promedio de larvas y el tamaño de los machos con los que se aparearon diez hembras (longitud:  $r = -0.37$ ,  $p > 0.2$ ; ancho  $r = -0.35$ ,  $p > 0.2$ ).

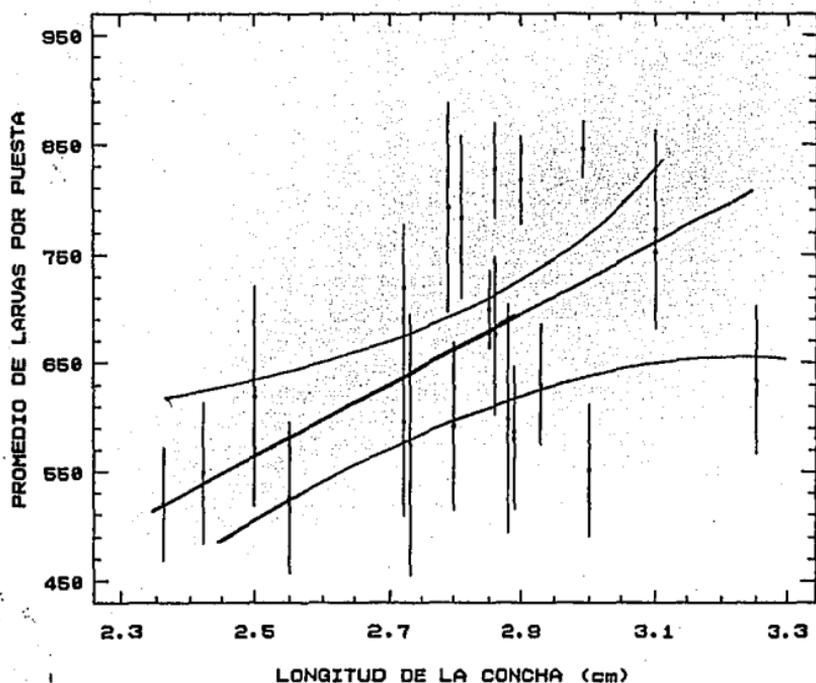


Figura 9. Relación entre la longitud de la concha y el promedio de larvas por puesta de *C. gibbosum*. El modelo  $ax^b$  explica 23% de la varianza,  $r = 0.48$ ,  $p < 0.01$ .

La Figura 11 muestra cómo varió el promedio de larvas en puestas sucesivas ( $n = 8$ ). La magnitud del error estándar no permitió detectar si existe alguna tendencia significativa.

#### 4.10. Embriogénesis.

El desarrollo de los huevos fue variable para cada puesta, aunque simultáneo dentro de cada cápsula. La Tabla 8 muestra los datos de

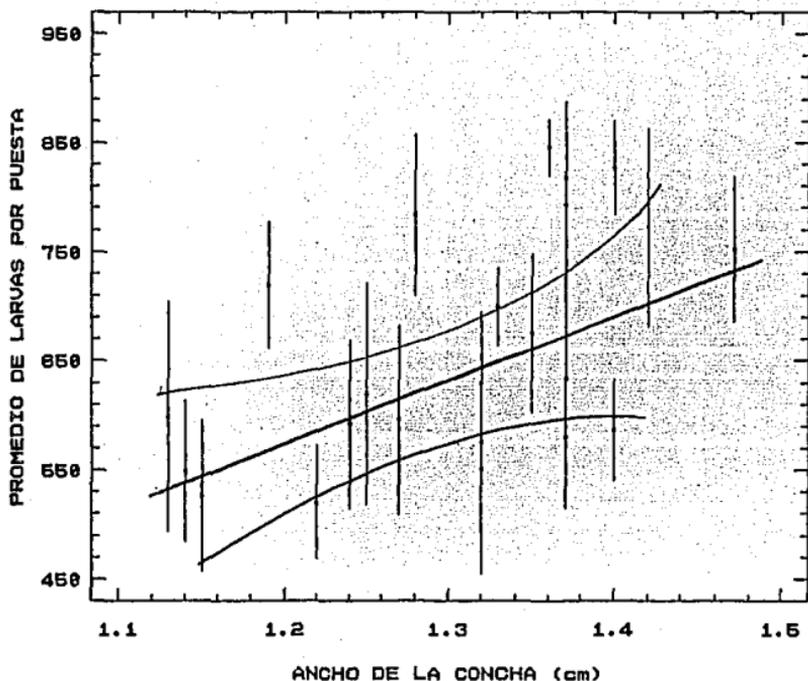


Figura 10. Relación entre el ancho de la concha y el promedio de larvas por puesta de *C. gibbosum*. El modelo  $ax^b$  explica 30% de la varianza,  $r = 0.55$ ,  $p < 0.006$ .

desarrollo intracapsular de 15 puestas. Los datos fueron similares a los reportados por Bandel (1973) y Crovo (1974). El tiempo en que las larvas véliger emergieron de la cápsula fue menor en condiciones naturales ( $11 \pm 1$  día) que el reportado por Bandel (1973) en laboratorio (15 días).

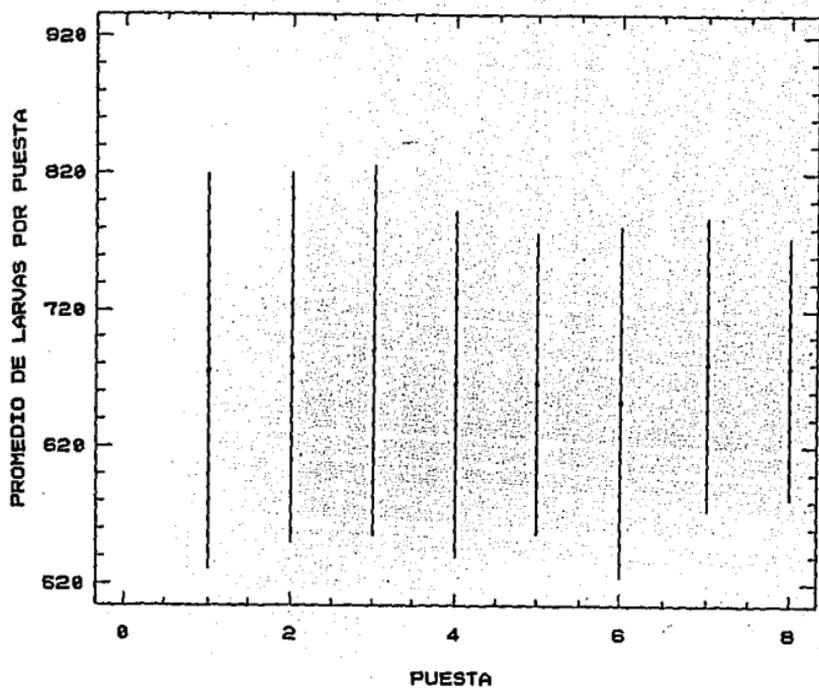


Figura 11. Promedio de larvas por puesta en puestas sucesivas de *C. gibbosum*. N = 12 hembras.

Tabla 8. Desarrollo intracapsular de embriones y larvas de *C. gibbosum* (n=15 puestas).

Edad (días)	Características
1± 0.5	Cápsulas hialinas, embriones dispuestos en líneas elípticas. Apariencia anillada.
2± 0.5	Embriones en color blanco y dispuestos sin orden.
4± 1	Embriones color naranja o rosa pálido.
5± 1	Larvas trocóforas color naranja o rosa pálido concentradas hacia un extremo de la cápsula.
6± 1	Larvas color rosa dispersas por toda la cápsula que adquiere un aspecto granuloso.
8.5 ±0.5	Aspecto granuloso, color rosa más evidente. Metamorfosis a larvas véliger.
11 ± 1	Larvas véliger emergen. Color rosa muy intenso.

#### 4.11. Movimientos entre colonias.

Las hembras cambiaron de colonia con mayor frecuencia que los machos ( $X^2 = 11.27$ , g.l. = 1,  $p < 0.05$ ). Aún cuando las hembras cambiaron de coral en más ocasiones que los machos, sus movimientos se dieron generalmente entre determinadas colonias de las especies *P. dichotoma*, *P. acerosa* y *E. tourneforti*.

#### 4.12. Acuarios.

Las observaciones en acuarios se realizaron durante cuatro meses. Se introdujeron cuatro parejas heterosexuales, dos por acuario, aunque

---

una murió al cabo de 36 días. En menos de dos semanas tanto corales como caracoles se habituaron a las condiciones del acuario. Las colonias de coral que mejor resistieron fueron las de *P. dichotoma* y las de menor resistencia *E. tourneforti*. Tres machos y dos hembras pasaron más tiempo sobre las paredes de los acuarios que sobre las ramas de coral, raspando con la boca la superficie de éstas, pero alimentándose también del coral.

Las tres hembras se aparearon siempre con el mismo compañero. Se observaron 9 cópulas de las que 7 se registraron desde su inicio, la duración de éstas fue de 2 hrs 23 min  $\pm$  53 min. No existió diferencia significativa entre la duración de las cópulas en el campo y las observadas en los acuarios ( $t = 0.01$ ,  $p > 0.9$ ). Cuatro de las cópulas en laboratorio ocurrieron por la noche, entre las 1900 y 200 h, durante los meses de julio y agosto. Una de las cópulas ocurrió sobre una rama de coral, mientras que las otras ocho tuvieron lugar sobre alguna de las paredes del acuario. En cinco cópulas los machos cortejaron a la hembra del mismo modo que en el campo. En las otras cuatro no se observó ningún cortejo. Una pareja se apareó en cuatro ocasiones, otra en tres y la otra copuló dos veces.

Sólo una de las hembras, la que más veces se apareó, ovipositó en una ocasión sobre *E. tourneforti* pero las 79 cápsulas de la puesta se desintegraron 4 días después. La pareja que más veces copuló murió días antes de finalizar el registro, primero el macho y después la hembra. Las otras dos parejas se devolvieron a la zona de trabajo al término del estudio.

## V. DISCUSION.

### 5.1. Preferencias por los Gorgonáceos.

La mayor actividad de la población se desarrolló durante el día, sin embargo es probable que algunos individuos se alimentaran, copularan y cambiaran de colonia durante la noche o primeras horas del día. Birkeland y Gregory (1975) reportaron que los juveniles son de hábitos nocturnos. En este trabajo los juveniles observados mostraron hábitos diurnos.

La mayoría de los individuos utilizaron a las especies más abundantes para alimentarse (*P. dichotoma* y *P. acerosa*), aparearse (*P. dichotoma*, *P. acerosa* y *E. tourneforti*) y ovipositar (*P. dichotoma* y *E. tourneforti*). La población utilizó en mayor proporción tres especies de coral, que difieren en cantidad de tejido vivo y de defensas físicas y químicas (Harvell y Suchanek, 1987). Estas preferencias pueden cambiar temporal y espacialmente (Gerhart, 1989; Harvell y Suchanek, 1987).

La mitad de la población se perdió a causa de depredadores o perturbaciones relativamente frecuentes en el área como tormentas tropicales. No se encontró evidencia de mortalidad diferencial entre los sexos. Se obtuvo evidencia de que el 25% de los individuos murió durante el registro por causas como depredación, enfermedad o senectud. Todos los juveniles encontrados murieron o dejaron de ser observados.

---

## 5.2. Proporción y dimorfismo sexual.

Al igual que en algunas familias del mismo Orden (Webber, 1977; Hughes, 1986) la proporción sexual no difirió significativamente de uno.

En pocas especies de gasterópodos se han reconocido diferencias de la concha entre sexos (Webber, 1977). En *C. gibbosum* las hembras son de mayor talla. Es posible que al igual que en otras especies, las hembras crezcan con mayor rapidez que los machos, lo cual puede ser una ventaja para aumentar su fecundidad (Webber, 1977; Hughes, 1986).

La estimación del índice de tamaño de la concha realizada mediante análisis de factores no mostró resultados diferentes a los que se obtuvieron con métodos univariados. La longitud de la concha fue la variable que explicó un mayor porcentaje de la varianza en los datos del índice de tamaño. El factor 1 estuvo más relacionado con el tamaño de la concha, mientras que el factor 2 se asoció más al labio. La diferencia entre sexos en el factor 2 constituye un resultado interesante ya que para otros gasterópodos el tamaño del labio puede reflejar la madurez sexual de los individuos (Hughes, 1986). El papel de la talla como estimador de éxito reproductivo se discutirá más adelante.

Es posible que los individuos de *C. gibbosum* presenten variaciones en el tamaño de concha a lo largo del arrecife. Observaciones personales sugieren que las poblaciones que habitan zonas donde la intensidad del oleaje es mayor, son de tallas menores y conchas más gruesas que las de la población estudiada. Se requiere de datos cuantitativos que validen estas observaciones de campo.

Si cortejar a las hembras tuviera un efecto en la adecuación de los machos relacionado con la talla de la concha, un cierto tamaño de concha sería tal vez favorecido. Aún cuando el promedio del ancho de la concha de los machos con más cópulas fué mayor a la media poblacional, no se encontró correlación entre el tamaño de la concha y

---

el número de cópulas que se obtienen. Tampoco se encontró correlación entre el tamaño de la concha de los caracoles que se aparearon entre sí.

Una explicación a la diferencia en tamaño entre ambos sexos podría ser que las hembras crecen más rápido logrando ser fértiles a menor edad, y los machos presentan tallas reducidas porque el beneficio de tener un tamaño mayor sólo exista en hembras.

### **5.3. Distribución de los Caracoles.**

La distribución de los individuos en números pares y/o agregados concuerda con lo reportado anteriormente por Ghiselin y Wilson (1966); Hazlett y Bach (1982); Lasker y Coffroth (1988); y Gerhart (1986); para otras regiones del Caribe. El hecho de que las parejas encontradas fueran heterosexuales confirma lo que ya se había sugerido (Ghiselin y Wilson, 1966) más no demostrado. Es posible que al igual que en otros moluscos, el rastro de moco permita a cada individuo obtener información sobre la localización de parejas y/o recursos (Gerhart, 1986; Cook, 1992; Pakarinen, 1992) lo cual facilita esta conducta de agregación.

La mayoría de los individuos probó colonias de dos o tres especies de coral y después utilizaron una especie o dos sobre las que se movieron con mayor frecuencia. La elección que cada individuo hace puede estar determinada por lo que busca, ya sea alimento, o pareja (Lasker y Coffroth, 1988) o ambas.

### **5.4. Exito Reproductivo en Ambos Sexos.**

#### **A) Cópulas.**

Es posible que la edad de la primera cópula se alcanza a una talla mayor de 2 cm pues sólo los individuos de tamaño superior a ésta se observaron copulando.

Los individuos de *C. gibbosum* se aparearon durante todo el año; la mayor actividad reproductiva se observó en mayo y la menor durante los meses de octubre a febrero. Es probable que el incremento en la temperatura a partir de marzo haya estimulado la actividad reproductiva de esta población.

En este trabajo, a diferencia de otros (Ghiselin & Wilson, 1966; Bandel, 1973; Crovo, 1974), se observó una conducta de cortejo en el 73% de las cópulas que se registraron completas.

La monta o cortejo es el mecanismo por el que opera el reconocimiento sexual en esta especie. Es posible que ambos sexos obtengan información sobre la calidad de su pareja durante la monta, en función de la cual deciden si se aparean o no. Suponiendo que la monta sea una manera de intercambiar información y elegir pareja, experimentos en los que se controlen las tallas, y el uso diferencial de los corales como alimento permitirían esclarecer si estas variables tienen algún efecto en la elección de pareja.

En dos ocasiones, la monta entre machos fue previa a que el macho montado copulara con la pareja del individuo que lo montó.

Sólo en el 4% ( $n = 5$ ) de las cópulas observadas hubo alguna interacción previa entre machos. Se registró una pelea completa en el campo, en la que se disputó el acceso a una hembra. Sin embargo, ésta fue la única evidencia de agresión entre machos por aparearse, ya que en las otras interacciones no se detectó ninguna conducta agresiva. Esto parece indicar que se trata de una población donde no es redituable luchar por hembras. Es posible que ambos sexos seleccionaran a su pareja de una manera más sutil no detectada.

## **B) Varianza en el Éxito Reproductivo. Inversión Parental.**

La varianza estandarizada (*sensu* Wade & Arnold, 1980) en el número de cópulas por individuo no difirió entre los sexos, por lo que la oportunidad para que opere la selección sexual en esta población, puede ser igual para ambos sexos. La diferencia en éxito reproductivo entre los sexos es explicada en parte, por la asimetría en la inversión parental. El sexo que invierte menos en la progenie suele presentar una mayor varianza en éxito reproductivo (Trivers, 1972). En el caso de *C. gibbosum*, las hembras invierten más tiempo y energía en la progenie al encapsular a los huevos, proveerles alimento, y buscar una colonia para ovipositar, por lo que tal vez los machos pueden disponer de más tiempo y energía para tratar de incrementar su número de apareamientos, aún cuando no siempre existan más parejas disponibles.

La evidencia de que la talla de los individuos estuviera relacionada con la frecuencia de cópulas y pueda ser considerada como estimador de E.R. es parcial ya que sólo el promedio del ancho de las conchas de los siete machos más exitosos fue mayor a la media poblacional de su sexo. El papel de la talla de las hembras como estimador de E.R. se discute en la sección de número de larvas.

Aún cuando el número de cópulas estuvo correlacionado con la frecuencia de oviposición no se encontró que se correlacionara con el tamaño de la concha ni con el número de larvas por lo que su valor como estimador de éxito reproductivo es poco confiable. En los machos, dado que la fecundación es interna y es probable que las hembras almacenen esperma, la frecuencia de cópula tampoco constituye un estimador confiable de su éxito reproductivo (Howard, 1979; Eberhard, 1990) aunque quizá sea el único disponible. La única característica conductual asociada a la cópula fué la monta. Si su duración está relacionada con el éxito reproductivo de un individuo es una pregunta que surge de este trabajo.

### C) Proporción Sexual Operacional.

La proporción sexual operacional no difirió significativamente de uno, por lo que, en este contexto, la oportunidad para que opere la selección sexual es igual para ambos sexos. Sutherland (1985) sugirió que la PSO es quizá, de las estimaciones de selección sexual disponibles, la más sencilla de calcular e interpretar, pero no necesariamente la mejor, ya que las diferencias en la PSO pueden ser aleatorias. En el caso de esta población, dado que la estimación que Sutherland (1985) sugiere se basa en la probabilidad de encontrar pareja, y el tiempo disponible para hacerlo, ésta podría evaluar mejor la intensidad de la selección sexual.

El hecho de que la distribución del número de parejas no difiriera entre sexos determina un aspecto importante del sistema de apareamiento: ningún sexo controla o monopoliza el número de parejas. La mayoría de la población (93%) presentó poligamia y de ésta, la mitad mantuvo dos parejas la mayor parte del tiempo. Ocupar un habitat en parches puede determinar que la mejor estrategia consista en aparearse con dos o más individuos, más que mantener a un solo compañero. Las parejas heterosexuales en *C. gibbosum* fueron las más comunes, mas no permanentes en la mayoría de los casos (95%). Si sólo dos machos presentaron monogamia es posible que el costo de ésta sea relativamente alto (comparado con la poligamia) si las hembras están limitadas por material para gametos o cápsulas. Determinar si existen costos y beneficios asociados a mantener o no parejas permanentes en un ambiente como el que ocupan estos caracoles podría constituir un trabajo que surge de las observaciones realizadas.

Es posible que una dieta compuesta por la combinación de ciertas especies de gorgonáceos tenga algún efecto en la adecuación de los individuos. Los caracoles que utilizaron como alimento a *P. acerosa* y *P. dichotoma* tuvieron un mayor número de cópulas y de parejas, pero hay que ser cautos al interpretar este resultado, ya que los sitios de alimentación son en la gran mayoría de los casos, los mismos de

---

apareamiento. Si dadas sus características como alimento y abundancia relativa las colonias de estas especies son sitios de encuentro entre individuos, permanecer en ellas para alimentarse puede incrementar la probabilidad de adquirir parejas.

Aunque no se encontró correlación entre el tamaño de los individuos que se aparearon entre sí, es probable que alguna característica morfométrica y/o fisiológica de los individuos sea percibida y ponderada por el sexo contrario durante la monta, lo cual repercute en su éxito reproductivo.

### 5.5. Oviposición.

Se ha reportado la existencia de cuidado materno en esta Familia, que consiste en la encapsulación de huevos, o bien, defensa contra depredadores. En este trabajo no se determinó si las visitas de las hembras a puestas anteriores constituyeran un cuidado parental. Si estas visitas tienen algún efecto sobre la viabilidad de las puestas es una hipótesis a explorar. Es posible que la protección que confieren las cápsulas a los huevos no sea completa, o sea menos eficiente durante los primeros días de vida, período en que se observaron las visitas maternas. En algunas especies, las cápsulas no protegen a los huevos de la acción de microorganismos como hongos y bacterias (Webber, 1977; Hughes, 1986).

El 74 % de las hembras ovipositaron en más de una ocasión en la misma colonia de coral, y el 20% lo hizo siempre en la misma colonia. Es evidente el uso diferencial que las hembras hicieron de las colonias de coral disponibles para ovipositar. Este uso diferencial podría reflejar la calidad del coral como hospedero, ya que las hembras eligieron en la mayoría de los casos a *Eunicea tourneforti* y a *Plexaurella dichotoma*, especies con gran cantidad de espículas (Harvell y Suchanek, 1987) por lo tanto, menos palatables, para depositar en ellas sus cápsulas con huevos. Como ya se mencionó, elegir una colonia distinta a la de

---

apareamiento implica tal vez un costo en términos de energía que podría ser considerado como inversión parental.

Es posible que las hembras requieran de un compuesto presente en especies con alto contenido de espículas para sintetizar la pared de las cápsulas. Además, la superficie rugosa de *E. tourneforti* y *P. dichotoma* confiere tal vez un sustrato más adecuado para las cápsulas, lo que podría explicar esta elección.

El hecho de que a una cópula se le asocie más de una puesta indica que tal vez las hembras almacenen esperma por cierto tiempo, y considerando que la mayoría de éstas copuló con más de un macho, quizá exista competencia espermática (Thorhill y Alcock, 1983). Si la primera puesta no se desarrolló por completo en la mayoría de los casos, es probable que llegue el momento en que el esperma de la última cópula deje de ser viable, y en la primera puesta sea desechado junto con huevos no fértiles de la hembra. Esta observación se basa en que para otros gasterópodos, la cópula estimula la gametogénesis, y los primeros huevos de la hembra no son fértiles (Webber, 1977; Hughes, 1986).

## **5.6. Exito Reproductivo de las Hembras.**

### **A) Frecuencia de oviposición.**

No se encontró que la frecuencia con que cada hembra ovipositó tuviera relación con el número de parejas que adquirieron. El hecho de que la frecuencia de oviposición se haya correlacionado con el número de cópulas podría sugerir que ambas variables pudieran ser utilizadas como estimadores del éxito reproductivo de las hembras. Sin embargo su confiabilidad es baja debido a que ninguna de las dos se correlacionó con el número de larvas o con el tamaño de la concha.

## **B) Número de cápsulas por puesta.**

No se obtuvo evidencia de que el tamaño de las hembras o el número de machos con los que se aparearon se relacionara con el número de cápsulas que éstas producen. Se encontró que el número total y promedio de cápsulas se correlacionó con la frecuencia de cópula. La frecuencia de oviposición se correlacionó positivamente con el total de cápsulas pero negativamente con el promedio de cápsulas por puesta, es decir que conforme aumentó el número de oviposiciones se redujo el promedio de cápsulas por puesta.

La alta variación en el número de cápsulas que una hembra puede producir debe estar en función de varios factores. Se ha reportado que la cantidad de cápsulas depende de las condiciones ambientales y la edad de la hembra, así como de su estado nutricional (Webber, 1977). En muchos casos el macho no sólo aporta esperma, sino que también transfiere a la hembra otros recursos que pueden aumentar el tamaño o vigor de la nidada (Walker, 1980; Thornhil y Alcock, 1983). Si los machos de *C. gibbosum* obtienen compuestos químicos de los corales como sugieren Gerhart (1986), y Lasker *et al.*, (1988) y los canalizan como recurso a la hembra es algo que no se determinó en este trabajo. Experimentos en que se manipulen el uso de las diferentes especies de gorgonáceos como alimento por parte de ambos sexos y los apareamientos de cada individuo, permitirían profundizar a este respecto.

## **C) Número de larvas por cápsula.**

De los estimadores de E.R. disponibles para hembras éste es el que mejor evalúa el número de descendientes que cada individuo puede producir. Crovo (1972) señaló que el número y tamaño de larvas y cápsulas depende de la talla de la hembra. Este trabajo mostró evidencia al respecto, ya que la correlación entre la longitud y ancho de la concha con el total de larvas fue significativa.

---

Las hembras de mayor talla (longitud, ancho y alto de la concha) pusieron en promedio más larvas por cápsula, lo cual indica que el tamaño puede ser considerado un estimador confiable de éxito reproductivo.

La correlación de la longitud con el promedio de larvas por puesta, sugiere que se requiere que las hembras alcancen una talla superior a 2.6 cm para producir un mayor número de larvas.

Dado que la frecuencia de cópulas, de oviposición y número de parejas no se correlacionaron con el total o promedio de larvas por cápsula, ni con la talla de las hembras, su validez como estimador de éxito reproductivo no es confiable.

### **5.7. Movimientos entre colonias.**

Es posible que la mayor frecuencia de movimientos entre las colonias hiciera a las hembras más susceptibles a la depredación que a los machos, pero de ser así, se observaría un mayor número de machos que de hembras. Una medida para evitar esto sería ovipositar en el mismo sitio en que las hembras se aparearon y alimentaron. Es probable que las hembras no ovipositen en la colonia de la que se alimentan para no reducir la cantidad de alimento disponible, o como ya se mencionó, necesiten tomar parte de otros corales antes de ovipositar. Por otro lado, es posible que existan restricciones sobre la cantidad de tejido que las hembras pueden tomar de cada colonia, lo que las obligue a alimentarse de distintas especies de gorgonáceos para evitar una posible intoxicación.

### **5.8. Acuarios.**

Los resultados en los acuarios fueron similares a los reportados por Bandel (1974) y Crovo (1972). Sólo se obtuvo una puesta en cautiverio y el número de cápsulas (79) fue similar al reportado por Crovo (1972).

---

Se observó que algunos individuos realizan actividades reproductivas durante la noche en acuarios. No obstante la relativa facilidad para obtener datos de campo, es deseable que el sistema de estudio pueda ser replicado en laboratorio para realizar manipulaciones.

## VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se confirmaron algunas características descritas a nivel anecdótico para *C. gibbosum*. Los individuos se encontraron formando parejas heterosexuales en las que las hembras fueron de mayor tamaño. Los caracoles usaron los gorgonáceos disponibles en función de su abundancia y calidad como alimento o sitio de oviposición. Se encontró que existe un cortejo de los machos hacia las hembras y peleas ocasionales entre los primeros por las segundas. La talla de las hembras resultó ser un estimador confiable de su éxito reproductivo ya que se correlacionó con el número de larvas que producen. En los machos, la evidencia de que el tamaño se relacione con su éxito reproductivo debe considerarse parcial, ya que sólo el promedio del ancho de la concha de los machos con mayor número de cópulas fue superior a la media poblacional. Los resultados obtenidos para esta población indican que los estimadores de E.R. más evidentes y relativamente fáciles de cuantificar, no siempre son los más adecuados.

En la población estudiada, la varianza en ER fue similar entre ambos sexos. Es posible que las últimas inviertan más en la progenie, por lo cual sí la selección sexual opera en esta población, tal vez lo haga con mayor intensidad sobre los machos. La PSO observada señala que la oportunidad para que actúe la selección sexual es la misma en ambos sexos. De acuerdo con Sutherland, los machos tendrían más tiempo disponible para buscar más apareamientos que las hembras ya que, aunque no se probó que existiera cuidado materno, las hembras dedicaron cierto tiempo a la oviposición, tiempo durante el cual no se pueden aparear. Es posible que los machos desarrollen más

---

características (tamaño de la concha y cortejo) para competir por las hembras.

## VII. Referencias.

- Bandel, K., 1973. Notes on *Cypraea cinerea* Gmelin and *C. gibbosum* (Linnaeus) from the Caribbean Sea and Description of their Spawn. *The Veliger*, 15 (4): 335-337.
- Barnes, R., 1980. *Invertebrates Zoology*, 4th ed. Saunders college Hall, PA.
- Birkeland, C & B. Gregory, 1975. Foraging Behavior and rates of feeding of the Gastropod *Cyphoma gibbosum* (Linnaeus). *Bull. of Nat. Hist. Museum of L.A. County*, (20): 57-77.
- Bretz, D. & R. Dimock, 1983. Behaviourally important characteristics of the mucous trail of the marine gastropod *Ilyanassa obsoleta* (Say). *Jour. of Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 71: 181-191.
- Cairns, S., 1977. *Guide to the commoner shallow water gorgonians of Florida, the Gulf of Mexico and the Caribbean region*. Univ. of Miami Sea Grant program.
- Cook, A., 1992. The function of trail following in the pulmonate slug *Limax pseudoflavus*. *Anim. Behav.*, 43: 813-821.
- Clutton-Brock, T.H.C., 1988. *Reproductive Success*. Chicago Univ. Press. 485 pp.
- Crovo, M., 1974. Further notes and corrections concerning the spawn of Florida *Cyphoma* (Ovulidae). *The Nautilus*, 88 (2): 53-55.

- 
- Darwin, C., 1859. *On the Origin of Species*. 7a Ed. J. Murray, London.
  - Darwin, C., 1871. *The Descent of man, and selection in relation to sex*. John Murray, London.
  - Eberhard, W.G., 1990. Animal genitalia and Female Choice. *The American Naturalist*, 78: 134-141.
  - Emlen, S. T. & Oring, L. W., 1977. Ecology. Sexual Selection and the Evolution of Mating Systems. *Science* 1977, 215-223.
  - Espejel, J., 1983. Análisis de la distribución y abundancia del género *Cyphoma* (Gastropoda: Ovulidae), en el arrecife de Pto. Morelos, Q.Roo, Mex. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
  - Feare, C. J., 1971a. The adaptative significance of aggregation behaviour in the dogwhelk *Nucella lapillus* (L) *Oecologia (Berlin)*, 7: 117-126.
  - Fretter, V. & Graham, A. 1964. Reproduction. En: Wilbur, K. & C.M. Yonge (Eds.) *Physiology of Mollusca*. Cap. Cuarto. pp. 127-164.
  - Gerhart, D.J., 1986. Gregariousness in the gorgonian eating gastropod *C. gibbosum*: test of several possible causes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31: 255-263.
  - Ghiselin, M. & B. Wilson, 1966. On the anatomy, natural history and reproduction of *Cyphoma*, a marine prosobranch Gastropod. *Bull. Mar. Sci. Gulf and Carib.*, 16 (1): 132-141.

- 
- Harvell C. & T. Suchanek, 1987. Partial predation on tropical gorgonians by *C. gibbosum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 38: 37-44.
  - Grafen, A., 1991. Modelling in behavioural ecology. En: Krebs, J.R. & N.B. Davies (Eds.) *Behavioural Ecology. An Evolutionary approach*. Third Ed. Cap. 1. pp. 5-31. Blackwell Sci. Pub., Oxford.
  - Harvey, P. & J.W. Bradbury, 1991. Sexual Selection. En: Krebs, J.R. & N.B. Davies (Eds.) *Behavioural Ecology. An Evolutionary approach*. Third Ed. Cap. 7. pp. 203-233. Blackwell Sci. Pub., Oxford.
  - Hazlett, B. & C. Bach, 1982. Distribution pattern of the flamingo tongue shell (*C. gibbosum*) on its gorgonian prey (*Briareum asbestinum*). *Mar. Behav. Physiol.*, 8: 305-309.
  - Howard, R., 1979. Estimating Reproductive success in natural populations. *Am. Nat.*, 114 (2): 221-231.
  - Hughes, R.N., 1986. *A functional Biology of Marine Gastropods*. Croom Helm, London, 245 pp.
  - Kinzie, R. A., 1971. The ecology of the gorgoneans (Cnidaria: Octacorallia) of Discovery Bay, Jamaica. Ph.D.diss. Yale Univ.
  - Krebs, C. J., 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row Pubs, New York, 654 pp.
  - Krebs, N.B., 1991. Mating Systems. En: Krebs, J.R. & N.B. Davies (Eds.) *Behavioural Ecology. An Evolutionary approach*. Third Ed. Cap. 9. pp. 263-294. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

- 
- Lasker, H. & A. Coffroth, 1988. Temporal and spatial variability among grazers: variability in the distribution of the Gastropod *C. gibbosum* on octocorals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 43: 285-295.
  - Lasker, H. & A. Coffroth & L. Fitzgerald, 1988. Foraging patterns of *C. gibbosum* on octocorals: The roles of host choice and feeding preference. *Biol. Bull.*, 174: 254-266.
  - McFarlane, I.D., 1981. In the intertidal homing gastropod *Onchidium verruculatum* (Cuv.) the outward and homeward trails have a different information content. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 51: 207-218.
  - Majerus, M. E., 1986. The genetics and evolution of female choice. *TREE*, 1 (1).
  - Merino, M. y L. Otero, 1991. *Atlas Ambiental Costero. Puerto Morelos, Quintana Roo*. CONACYT-CIQRO. 80 pp.
  - Otte, D., 1979. Historical development of sexual selection theory. En: *Sexual selection and reproductive competition*. Academic Press.
  - Pakarinen, E., 1992. The response of terrestrial slugs *Arion fasciatus* and *Dendroceras reticulatum* to the mucus of stressed conspecifics and heterospecifics. *Anim Behav.* 43: 1051-1052.
  - Pilsbry, H. & T. McGinty, 1939. The genus *Cyphoma* in Florida. *The Nautilus*, 53 (1): 1-5.
  - Purchon, R.D., 1977. *The Biology of the Mollusca. Chap. 6 Reproduction*, 2nd. Ed. Pergamon Press. U.K. pp. 269-332.

- 
- Siegel, S. & N.J. Castellan, 1988. *Non parametric Statistics for the Behavioral Sciences*. 2nd. ed. Mc Graw Hill.
  - Sokal, R.& J.Rohlf, 1981. *Biometry*. 2nd. Ed. Freeman Co. N. York. pp. 70-81.
  - Spight, T. M., 1975. Factors extending gastropod embryonic development and their selective cost. *Oecologia (Berlin)*, 21: 1-16.
  - Spight, T. & J. Emlen, 1976. Clutch sizes of two marine snails with a changing food supply. *Ecology*, 57: 1162-78.
  - Sutherland, W.J., 1985. Measures of Sexual Selection. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, 2 : 90-101.
  - Sutherland, W. J. & M. C. De Jong, 1991. The evolutionary stable strategy for secondary sexual characters. *Behavioral Ecology*, 2 (1): 16-20.
  - Thornhill, R. & J. Alcock, 1983. *The Evolution of Insect Mating Systems*. Harvard Univ. Press. 547 pp.
  - Trivers, R., 1972. Parental investment and sexual selection. In: *Sexual selection and the descent of man* (ed. B. Campbell); 136-179. Aldine, Chicago.
  - Trivers, R., 1985. *Social Evolution*. Cap. 9. The Benjamin Cummings Pub. Co. Menlo Park, CA. pp. 203-237.
  - Tursch, B., 1976. Some recent developments in the chemistry of Alcyonaceans. *Pure & Appl. Chem.*, 48;: 1-6.

- 
- Vehrencamp & Bradbury, 1987. Mating Systems and Ecology. Cap.10 en *Behavioural Ecology. An Evolutionary approach*. (Krebs & Davies, 1987) 2nd. ed. Sinauer Associates Pubs.
  - Walker, W.F.,1980. Sperm utilization strategies in nonsocial insects. *Am. Nat.*, 115 (6): 780-799.
  - Webber, H.(1977). Sexual Reproduction in Gastropods. In: *Reproduction of Marine Invertebrates, IV*. Giese, A. C.& A.J.Pearse (Eds.) 1977. pp.3-62. Academic Press.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

APENDICE

CORRELACIONES EXPLORADAS

Las variables marcadas con asterisco se analizaron con metodos multivariados  
 Los valores marcados con \*\* son estadisticamente significativos

HEMBRAS							
	NUMERO DE COPULAS	NUMERO DE PAREJAS	NUMERO DE PUESTAS	TOTAL DE CAPSULAS*	PROMEDIO DE CAPSULAS*	TOTAL DE LARVAS*	PROMEDIO DE LARVAS*
LONGITUD	r=-0.02 p>0.91	r=0.11 p>0.61	r=0.02 p>0.90	r=0.20 p>0.35	r=0.27 p>0.2	r=0.44 p<0.03**	r=0.45 p<0.03**
ANCHO	r=0.08 p>0.68	r=0.02 p>0.89	r=0.09 p>0.68	r=0.17 p>0.41	r=0.13 p>0.5	r=0.49 p<0.01**	r=0.54 p<0.006**
ALTO	r=0.03 p>0.86	r=0.07 p>0.73	r=-0.03 p>0.88	r=0.19 p>0.36	r=0.37 p>0.07	r=0.36 p>0.08	r=0.42 p<0.04**
LABIO	r=-0.23 p>0.28	r=-0.09 p>0.96	r=-0.26 p>0.21	r=-0.15 p>0.47	r=0.23 p>0.2	r=0.15 p>0.46	r=0.28 p>0.1
		NUMERO DE PUESTAS	TOTAL DE CAPSULAS*	PROMEDIO DE CAPSULAS*	TOTAL DE LARVAS*	PROMEDIO DE LARVAS*	
NUMERO DE PAREJAS		r=0.15 p>0.48	r=0.15 p>0.46	r=-0.13 p>0.52	r=-0.03 p>0.67	r=-0.14 p>0.49	
NUMERO DE COPULAS		r=0.49 p<0.01**	r=0.48 p<0.02**	r=-0.22 p>0.31	r=0.18 p>0.39	r=-0.26 p>0.22	

MACHOS		
	NUMERO DE COPULAS	NUMERO DE PAREJAS
LONGITUD	r=0.40 p>0.1	r=0.39 p>0.1
ANCHO	r=0.31 p>0.2	r=0.42 p>0.08
ALTO	r=0.19 p>0.4	r=0.28 p>0.2
LABIO	r=-0.26 p>0.29	r=-.39 p>0.1