

Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Unidad Académica Mazatlán

Universidad Nacional Autónoma de México



**DINÁMICA POBLACIONAL Y CRECIMIENTO DE
CLONA CALIFORNIANA (PORIFERA: HADROMERIDA) EN LA
BAHÍA DE OHUIRA (TOPOLOBAMPO, SINALOA)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

P R E S E N T A

Biól. Pesq. Manuel Leonardo Camacho Cruz

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Juan José Luis Carballo Cenizo

**COMITÉ TUTORAL: Dra. Elva G. Escobar Briones
Dr. Samuel E. Gómez Noguera
Dra. Ma. Nuria Méndez Ubach
Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

COMITÉ ASESOR DE TESIS:

Dra. Elva G. Escobar Briones

Dr. Samuel E. Gómez Noguera

Tesis desarrollada en el Laboratorio de Ecología del Bentos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, bajo la dirección del Dr. José Luís Carballo Cenizo con apoyo del Proyecto **CONACyT-SEP** titulado **“Patrones de organización y diversidad de las esponjas en ecosistemas arrecifales del Pacífico Este: importancia en los procesos de bioeroción”**, con clave de registro **42550**.

Jurado de tesis:

Dra. Elva Escobar Briones	Presidente
Dr. José Luís Carballo Cenizo	Secretario
Dra. Ma. Nuria Méndez Ubach	Vocal
Dr. Juan Pablo Carricart Ganivet	Suplente
Dr. Samuel E. Gómez Noguera	Suplente

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco primeramente a Dios, por haberme permitido llegar hasta donde me encuentro, concluyendo una etapa más en mi vida.

A mis padres (Manuel Camacho y Esther Cruz), hermanos (Mario Alberto y Elisa Paola) y al resto de mi familia que siempre me han apoyado, gracias.

Al Dr. José Luís Carballo, director de tesis, un especial agradecimiento por su inmenso apoyo, sabios consejos, demostrándome que con esfuerzo y perseverancia se logra mucho, gracias.

A los integrantes de mi comité tutorial Dra. Elva Escobar Briones y Samuel Gómez Noguera, quienes me proporcionaron su apoyo y una oportuna y acertada revisión de éste trabajo. Así como a los miembros de jurado de examen Ma. Nuria Méndez Ubach y Juan Pablo Carricart Ganivet, por su valiosa contribución en el presente trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán, así como a todo el personal que ahí labora. Por haberme facilitado todos los medios necesarios para alcanzar lo que hoy concluyo como otra meta exitosa más de mi vida profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por los apoyos económicos otorgados durante estos dos años de estudio.

Al proyecto: “Patrones de organización y diversidad de las esponjas en ecosistemas arrecifales del Pacífico este: Importancia en los procesos de bioerosión. CONACYT-SEP (clave 42550)”, por el apoyo económico proporcionado para la realización de los muestreos.

A ti Sofía Mezo Villalobos, por todos y cada unos de esos momentos difíciles, fáciles, tristes y alegres que pasamos juntos. De verdad, que no tengo palabras para agradecerte todo lo que hiciste por mí, fuiste mi apoyo en todo momento, tú sabes a que me refiero... así que mi amiga sin palabras... y gracias de todo corazón.

A Cristina Vega Juárez, por su desinteresada amistad y valioso apoyo en los muestreos realizados para este trabajo. A Enrique Ávila Torres, por su apoyo incondicional y buenas observaciones. A Benjamín Yáñez Chávez, un especial agradecimiento por todo el apoyo desinteresado que me brindó a lo largo de mi estancia aquí en Mazatlán y al resto de mis amigos y compañeros de laboratorio por compartir tantos momentos gratos y otros no tan gratos, gracias por haber estado siempre allí: José A. Cruz Barraza y Héctor Hugo Nava Bravo, por su apoyo y buen compañerismo. Eric Bautista Guerrero, por tu valiosa amistad, sabios consejos y por hacerme más llevadera mi vida. José Joel Barrón Álvarez,

Claudia Padilla Verdín, Emilia Guadarrama y Adriana González por su sincera amistad.

A mis amigos que de manera indirecta han influido también en la realización de esta tesis, ya que les debo muchas de mis alegrías y gratos momentos que he pasado con todos y cada uno de ellos: Sofía Mezo, Hildebrando José, Zaira Hdez., Neptalí Morales, Verónica Maldonado, Miyotzi Bustos, Catherine Soler, Juan José Dorantes, Lucia Castellanos, Blanca Hdez., Luís Bedoya, Teo Urias, Nuria Mendez, Joel Niebla Rodríguez, Liliana Hdez., Cinthia Reyes, Alberto Schiller, Laura Navarro.

A Margarita Cordero y a Natalia Medina por su incomparable paciencia, por sus consejos y el apoyo que en todo momento me brindaron para agilizar los trámites del posgrado.

A los responsables de la biblioteca “Maria Elena Caso” del ICMYL-UNAM, Ma. Clara Ramírez Jáuregui y Pedro Allende Rosales por su valioso apoyo y disponibilidad en la recopilación de material bibliográfico para poder respaldar este trabajo.

A los responsables del centro de cómputo del ICMYL-UNAM, Mat. Germán Ramírez R. y al Lic. Carlos Suárez G., por su apoyo técnico y asesoría en las cuestiones de cómputo. Así como también a la Lic. Herlinda Rojas V., por su apoyo brindado en el centro de cómputo.

A ti bebé, por todo el apoyo que hasta ahora he recibido de tu parte, el cual influyó como no tienes una idea en la terminación de esta tesis y por compartir tu vida conmigo, te amo.

Al capitán Juan Toto Fiscal por el apoyo brindado y por compartir una grata amistad.

Y a todas aquellas personas que por alguna razón se me haya olvidado mencionar, gracias...

A todos, GRACIAS.

Dedicada:

A mis queridos padres, que supieron sembrar en mí la semilla del triunfo, guiándome siempre por el camino del bien... gracias los amo...

Manuel de Jesús y Ludmila Esther

A mis hermanos:

Mario Alberto y Elisa Paola

Y a ti querida **Sofí**, por todo el apoyo brindado, no tengo palabras para agradecerte todo lo que de manera desinteresada hiciste por mí, por ello, te dedico también esta tesis...

Y a toda mi familia Gracias...

CONTENIDO

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. ANTECEDENTES.....	5
3.1. Aspectos relacionados con el ciclo de vida de esponjas perforadoras y su relación con el medio	5
3.2. Papel que desempeñan las esponjas perforadoras en los cultivos de moluscos bivalvos de importancia comercial	7
3.3. Clasificación taxonómica de <i>Cliona californiana</i>	9
3.4. Descripción morfológica y distribución.	10
4. OBJETIVOS.....	13
4.1. Objetivo general.	13
4.2. Objetivos específicos.	13
5. AREA DE ESTUDIO.	14
5.1. Selección de la localidad de muestreo.	14
5.2. Localidad Estero del Bichi (Topolobampo, Sinaloa).....	14
6. MATERIAL Y MÉTODOS.	16
6.1. Parámetros ambientales.	16
6.1.1. Temperatura.	17
6.1.2. Sedimentación/resuspensión.....	17
6.1.3. Turbulencia del agua.	18
6.1.4. Transparencia de la columna de agua.....	19
6.1.5. Disponibilidad de nutrientes en la columna de agua.....	19
6.1.5.1. Medición de clorofila a.....	19
6.1.5.2. Contenido de sílice disuelto en la columna de agua.	20
6.1.5.3. Cuantificación de bacterias heterótrofas totales.....	21
6.1.5.4. Sólidos totales suspendidos en la columna de agua.....	21
6.1.5.5. Materia orgánica suspendida en la columna de agua.	22
6.2. Parámetros biológicos.....	24
6.2.1. Distribución espacial de <i>C. californiana</i>	24
6.2.2. Metodología del muestreo y descriptores poblacionales.	24
6.2.3. Abundancia de <i>C. californiana</i>	24
6.2.4. Reproducción y asentamiento larvario.....	25
6.2.5. Crecimiento y regeneración.....	25
6.2.6. Contenido orgánico e inorgánico de <i>C. californiana</i>	26
7. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	28
8. RESULTADOS.	29
8.1. Parámetros ambientales.	29
8.1.1. Temperatura.	29
8.1.2. Sedimentación/Resuspensión.	30
8.1.3. Movimiento del agua.....	31
8.1.4. Transparencia de la columna de agua.....	32
8.1.5. Disponibilidad de alimento.....	33
8.1.5.1. Clorofila a.	33
8.1.5.2. Contenido de sílice disuelto en la columna de agua.	34
8.1.5.3. Cuantificación de bacterias heterótrofas.	35

8.1.5.4. Sólidos totales y materia orgánica disuelta en la columna de agua.	36
8.2. Análisis de componentes principales (ACP).....	38
8.3. Dinámica poblacional.	40
8.3.1. Variación temporal de la abundancia.....	40
8.3.2. Reproducción y reclutamiento.	43
8.3.3. Crecimiento.	44
8.4. Regeneración.....	48
8.4.1. Tasa de regeneración de <i>Cliona californiana</i>	48
8.4.2. Contenido orgánico e inorgánico de <i>Cliona californiana</i>	49
8.5. Relación de parámetros biológicos con las variables ambientales.	51
9. DISCUSIÓN.....	53
9.1. Variables ambientales.....	53
9.2. Dinámica poblacional.	56
9.3. Crecimiento y regeneración.	57
10. CONCLUSIONES.....	62
11. BIBLIOGRAFÍA.....	63

1. RESUMEN

Las esponjas de la familia Clionidae tienen la capacidad de horadar sustratos calcáreos, que incluyen conchas de moluscos, corales, algas calcáreas y rocas carbonatadas. *Cliona californiana*, especie común a lo largo de las costas del Golfo de California, presenta un ciclo de vida único dentro de este género, ya que puede encontrarse en tres fases o estados morfológicos completamente diferentes (alfa, beta y gamma). La primera fase, conocida como alfa (α), se caracteriza morfológicamente porque desde el exterior sólo se observan las papilas que sobresalen del sustrato. En un estadio más avanzado, las papilas se fusionan y la esponja crece de forma incrustante sobre el sustrato (estadio beta β). Finalmente, en el estadio gamma (γ) la esponja se torna masiva, destruye todo el material calcáreo y alcanza tallas muy grandes, además de que es encontrado normalmente en fondos biodetríticos profundos alejado espacialmente de los estadios alfa que se encuentran en zonas someras. En ambientes someros semiconfinados como el estero del Bichi (Bahía de Ohuira), es posible encontrar simultáneamente los tres estados, donde además la especie constituye una población muy abundante. Esto nos ha permitido estudiar aspectos de la dinámica poblacional poco conocidos de este grupo tan particular de esponjas perforadoras, así como también el crecimiento, regeneración y reproducción. Para realizar el estudio se seleccionó un área representativa del Estero, donde se colocaron tres transectos permanentes de 25 m de largo, y paralelos a la línea de costa. Trimestralmente durante dos años, se determinó la abundancia (ind m^{-2} y cm cm^{-2}). También se estudió el crecimiento con la finalidad adicional de conocer el tiempo que transcurre en pasar desde un estado alfa a gamma hasta ahora no reportado. La capacidad regeneración se estudió de forma experimental mediante la extracción de fragmentos de 25 ejemplares en dos épocas de año (verano e invierno). Para estudiar la reproducción se colocaron colectores de conchas de ostiones previamente pesados y etiquetados, que sirvieron de sustrato de fijación para las larvas de la esponja. Los censos visuales de las conchas se realizaron *in situ* cada tres meses. A la vez se registró la variación de la temperatura del agua, la tasa de sedimentación/resuspensión, el movimiento del agua, la transparencia del agua y la disponibilidad de nutrientes, con la doble finalidad de conocer el ambiente donde vive la especie, y buscar una relación entre las variables abióticas y los descriptores poblacionales. La densidad (ind m^{-2}) y cobertura ($\text{cm}^2 \text{m}^{-2}$) no varió significativamente a lo largo del tiempo en los estadios gamma, mientras que si lo hizo en los alfa (ANOVA, $p = < 0.05$). Con respecto a la reproducción no se encontraron elementos reproductivos (larvas o huevos) dentro del tejido de *C. californiana*, ni en los colectores de larvas situados en el área de estudio. La fragmentación natural, los procesos de fusión y fisión, también causan cambios en la abundancia que no están ligados a la mortalidad de los adultos ni al reclutamiento de juveniles. Sin embargo, durante el periodo de estudio, no se encontraron fragmentos de la esponja que indicaran que se presente este proceso. A diferencia de la abundancia, el crecimiento de *C. californiana*, varió significativamente a lo largo del periodo de estudio, pero lo más destacable fue, que ninguno de los estadios alfa marcados desde el principio del estudio creció hasta un estadio beta, o gamma. En general, se registraron valores negativos en el crecimiento de los organismos con

estadio gamma, indicando algún proceso de encogimiento y reducción de tamaño. Al relacionar el crecimiento final con la talla inicial de los organismos en estadio gamma, se encontró que los organismos con tallas $< 500 \text{ cm}^2$ crecieron más en proporción que los organismos $> 500 \text{ cm}^2$ que o bien disminuyeron de tamaño, o se mantuvieron igual. Se encontró una correlación negativa ($p = < 0.05$, $r = -0.796$) entre el crecimiento del estadio gamma y la temperatura del agua, lo que indica que la esponja crece cuando la temperatura es baja. Los ejemplares en estadio alfa variaron en tamaño, pero siguieron siendo alfas. Mientras que los gamma presentaron un periodo de encogimiento o reducción de volumen. Por lo general, las tasas de crecimiento más altas se registraron en los especímenes más pequeños (108.7%), mientras que, los especímenes grandes presentaron generalmente una reducción de su tamaño con relación a su tamaño inicial (-39.9%). A pesar de que la especie no presentó un periodo de crecimiento claro, la capacidad de regeneración de los ejemplares dañados experimentalmente fue muy alta. *C. californiana*, durante el periodo de diciembre de 2004 a agosto de 2005, presentó una disminución del 24.5% con respecto al tamaño inicial, este periodo de encogimiento, coincidió con el momento de regeneración más alto (en verano), cuando regeneró el 100% del tejido dañado a los 30 días de iniciar el experimento, Mientras que en invierno, lo hizo después de 40 días, pero coincidió con el periodo de crecimiento más alto de la esponja (desde agosto de 2005 a febrero de 2006). Esto sugiere que si la esponja está en proceso de crecimiento, su tasa de regeneración es lenta y viceversa. Se confirma, que la esponja es una de las pocas especies pertenecientes al género *Cliona* que desarrolla los tres estadios de crecimiento alfa, beta y gamma, los cuales interactúan espacialmente al mismo tiempo en la zona de estudio. La abundancia de *C. californiana* no varió durante el periodo de estudio, manteniéndose como una población muy estable a lo largo del tiempo. Al no detectar algún cambio entre los estadios de crecimiento después de casi dos años de estudio, también se confirma que es una especie de crecimiento muy lento, que alterna procesos de crecimiento con capacidad de regeneración baja en invierno, y periodos de encogimiento con capacidad de regeneración alta en verano. La ausencia de reproducción sexual durante el periodo de estudio sugiere que esta especie, al igual que otras descritas en la literatura no se reproduce sexualmente todos los años, lo que explicaría que la abundancia tampoco haya variado durante el estudio. En resumen, *C. californica* es una especie persistente, adaptada a su entorno, pero a la vez muy vulnerable a los cambios de hábitat, por la ausencia de reclutamiento, y lento crecimiento.

2. INTRODUCCIÓN.

Las esponjas de la familia Clionidae viven en una red de túneles y cavidades que excavan en sustratos carbonatados, que incluyen organismos vivos y esqueletos de moluscos y corales (Hartman, 1957, 1958; Guida, 1976; Pomponi, 1980). Estas esponjas desempeñan un papel significativo en la disolución y en la degradación de material calcáreo, contribuyendo al reciclamiento del mismo en diversos ecosistemas marinos (Thomas, 1981; Perry, 1998). También juegan un papel importante en la bioerosión costera (Neumann, 1966; Wilkinson, 1983; Rosell *et al.*, 1999), y causan daños serios en los cultivos de moluscos bivalvos de importancia comercial (Pomponi y Meritt, 1990), ya que estas esponjas perforan las conchas de los organismos vivos causando la pérdida del valor comercial de los mismos y, en ocasiones, hasta la muerte del molusco (Comely, 1978; Krakatitsa y Kaminskaya, 1979; Rawlinson, 2000).

Cliona californiana De Laubenfels, 1932, especie común a lo largo de la costa del Golfo de California (De Laubenfels 1932, como *C. celata* var. *californiana*; Green y Gómez 1986, como *Cliona celata*) (Carballo et al. 2004), es una de las pocas especies del género *Cliona* que presenta un ciclo de vida único en el grupo. Esta especie atraviesa tres fases de crecimiento; la primera fase, conocida como alfa (α), se caracteriza morfológicamente porque desde el exterior sólo se observan las papilas que sobresalen del sustrato. A esta fase, se puede considerar como la fase de invasión y perforación del material calcáreo. En un estadio más avanzado, las papilas se fusionan y la esponja crece de forma incrustante sobre el sustrato, denominándose a esta etapa

estadio beta (β). Finalmente, en el estadio gamma (γ) la esponja se torna masiva, destruye todo el material calcáreo y alcanza tallas muy grandes (Carballo *et al.*, 2004 a). Entre las especies que presentan este ciclo, además de la ya comentada *C. californiana*, se encuentran *Cliona celata* (Grant 1826), *C. truitti* (Old 1941), *C. nigricans* (Schmidt 1862) y *C. viridis* (Schmidt 1862), las cuales se distribuyen por la Provincia Atlántico-Mediterránea.

La importancia de este estudio, radica en el hecho de que es posible encontrar simultáneamente los tres estadios de crecimiento de *Cliona californiana* en un lugar semiconfinado muy somero, ya que el estadio gamma aparece normalmente en fondos biodetríticos profundos alejado, espacialmente, de los estadios alfa que se encuentran en zonas someras (Carballo *et al.*, 2004 a), o estos aparecen de forma muy dispersa en sustratos calcáreos en este mismo tipo de fondos, inalcanzables mediante buceo autónomo. Con este trabajo se pretende conocer el ciclo de vida de *Cliona californiana*, una de las especies perforadoras de sustratos calcáreos más abundantes en el Golfo de California, y su relación con algunos parámetros ambientales.

Este estudio también permitirá responder en parte a preguntas como:

- 1) ¿Cuánto tiempo tarda la forma perforadora (α), en convertirse en una forma masiva (γ), la cual puede ser uno de los organismos dominantes en biomasa en algunos ecosistemas marinos?
- 2) ¿Son realmente los estadios (α) y (γ) diferentes estadios de crecimiento de una misma especie? o ¿son especies diferentes como sugieren algunos autores para otras especies con ciclo similar (Rosell y Uriz, 1991)?

3. ANTECEDENTES

3.1. Aspectos relacionados con el ciclo de vida de esponjas perforadoras y su relación con el medio

Las esponjas constituyen uno de los grupos más importantes en las comunidades bentónicas litorales, donde diversos factores abióticos controlan parte de su dinámica (Reid, 1968; Vacelet, 1988), densidad, crecimiento y formación del esqueleto (Hentschel, 1929; Hartman, 1958; Bergquist y Sinclair, 1973; Bavastrello *et al.*, 1993). Estas esponjas desempeñan funciones importantes en los ecosistemas bentónicos marinos al ser filtradores eficientes, al intervenir en los procesos de bioerosión del material calcáreo, y actuar como hospederos para un gran número de organismos invertebrados (Díaz *et al.*, 1985). Por su estrecha relación con el medio que las rodea también se conoce su uso como indicadores de estrés en ecosistemas marinos (Carballo *et al.*, 1994, 1996; Carballo y Naranjo, 2002).

Entre los principales factores ambientales que determinan la distribución y abundancia de las esponjas se citan el movimiento del agua, la sedimentación y la irradiancia (Scalera *et al.*, 1976; Wilkinson, 1978; Alcolado, 1979; Frost *et al.*, 1982; Carballo *et al.*, 1996, Carballo, 2006), y el hábitat (Carballo y Nava 2007).

Aunque no se conoce mucho del ciclo de vida de las esponjas perforadoras, se han realizado estudios específicos sobre dinámica poblacional, reproducción y dispersión larvaria (Warburton, 1958; Rosell, 1993; Calcinaï *et al.*, 1999; Mariani *et al.*, 2000, 2001; Schönberg, 2002), y sobre el papel que desempeñan en arrecifes de coral y en los cultivos de ostras de importancia comercial (Pomponi y Meritt, 1985; Wesche *et al.*, 1997; Fromont *et al.*, 2005; Stefaniak *et*

al., 2005). Se sabe que son ovíparas, y en algunas especies como *Cliona celata* se ha registrado fusión de larvas (Warburton, 1958). En los pocos casos en los que se ha descrito el ciclo reproductivo, como en las especies *Cliona truitti* o *Cliona viridis*, se sabe que el desove está relacionado con el aumento de la temperatura del agua que ocurre durante el inicio de la primavera en el Mediterráneo (Pomponi y Meritt, 1985; Mariani *et al.*, 2000, 2001). También se sabe que algunas de estas esponjas viven en simbiosis con organismos fotosintéticos (zooxantelas), y en algunos casos se ha demostrado que estos simbiontes están relacionados con la actividad perforadora de la esponja (Rosell y Uriz, 1992).

En cuanto a crecimiento y regeneración, sólo se conoce un trabajo en donde se estudió la tasa de regeneración de *Cliona celata* en dos sitios con distintos niveles de corrientes (alto y bajo). Los resultados indicaron que la regeneración fue más rápida en los lugares con corrientes altas, sugiriendo que se podría deber a la mayor cantidad de alimento transportado por la corriente (Bell, 2002).

3.2. Papel que desempeñan las esponjas perforadoras en los cultivos de moluscos bivalvos de importancia comercial

En áreas tropicales y subtropicales muchas especies de esponjas perforadoras juegan un papel importante en la erosión de sustratos carbonatados (Neumann, 1966; Pang, 1973 a, 1973 b; Thomas, 1979). Su actividad como perforadoras contribuye a la acumulación de material calcáreo en el sedimento (Hein y Risk, 1975; Rützler, 1975; Moore *et al.*, 1976; Akpan y Farrow, 1985; Young y Nelson, 1985), donde además desempeñan un papel significativo en la disolución y en la degradación de material calcáreo, contribuyendo al reciclamiento del mismo en diversos ecosistemas marinos (Thomas, 1981; Perry, 1998).

Algunas de estas esponjas constituyen plagas en los cultivos de moluscos bivalvos de importancia comercial, ya que viven perforando las conchas de éstos (Hopkins, 1956 a, b; Evans, 1969; Comely, 1978; Krakatitsa y Kaminskaya, 1979), produciendo severas pérdidas (Warburton, 1958). Por ejemplo, en las costas de Australia, la excavación de las conchas de ostras por las esponjas perforadoras tienen un efecto perjudicial en los cultivos, debido a que las ostras incrementan la depositación de carbonato en la concha para prevenir la penetración de la esponja, reduciendo la energía disponible para crecer (Wilbur y Saleuddin, 1983) y, por consecuencia, se hacen más susceptibles a la depredación (Bailey-Brock y Ringwood, 1982).

Dentro del género *Cliona* existen varias especies consideradas como “especies hermanas o especies crípticas” de *Cliona californiana* que causan daños serios en cultivos de moluscos de importancia comercial. La especie más conocida es *Cliona celata*, y se considera a esta especie como la causante

de la mayoría de los problemas en los cultivos de ostras de importancia comercial. Esta especie produce daños muy serios en el cultivo de la ostra de piedra *Saccostrea commercialis* en las costas de Sydney, Australia) (Wesches *et al.*, 1997). Es un hecho que *Cliona celata* es una de las especies distribuidas más ampliamente, ya que ha sido encontrada en cultivos de ostras en el Caribe (Thomas, 1981) y Louisiana (Turner, 1985), y en los cultivos de abulones en Francia (Clavier, 1992). Al igual que *Cliona celata*, la esponja *Cliona truitti* también perfora conchas de bivalvos (*Crassostrea virginica*) en condiciones de cultivo, y se ha encontrado que causa pérdidas de aproximadamente el 75% del mismo (Pomponi y Meritt, 1985).

En estudios más recientes hechos por Fromont *et al* (2005) se describe la incidencia de tres especies nuevas (*Cliona orientalis*, *Cliona dissimilis* y *Pione velans*) que dañan los cultivos de la ostra *Pinctada máxima*, causando considerables daños e incluso la muerte de las ostras.

3.3. Clasificación taxonómica de *Cliona californiana*.

Reino Animalia

Phyllum Porifera

Clase Demospongiae

Orden Hadromerida Topsent, 1984

Familia Clionidae D'Orbigny, 1851

Genero *Cliona* Grant, 1826

Especie *Cliona californiana* (De Laubenfels, 1932)

Sinonimia:

Cliona celata variedad *californiana* De Laubenfels, 1932.

Pseudosuberites pseudos Dickinson, 1945.- Hofknecht, 1978

Cliona celata.-Green y Gómez, 1986 (No *Cliona celata* Grant, 1826)

Cliona californiana.-Carballo *et al.*, 2004 a.

3.4. Descripción morfológica y distribución.

Cliona californiana es una esponja que característicamente presenta tres fases de crecimiento a lo largo de su vida: (alfa, beta y gamma). En la fase alfa presenta papilas inhalantes de 0.2 a 3.4 mm de diámetro, las cuales se separan entre si de 0.5 a 1.8 mm, y sobresalen del sustrato entre 1 y 5 mm. Las papilas osculares o exhalantes son menos abundantes y están ligeramente elevadas. También son de forma circular con un diámetro comprendido entre 0.7 y 2.3 mm. En esta fase no se ha observado fusión entre papilas. El color en vida es amarillo pálido (en alcohol es amarillo-marrón u oscuro). En la fase alfa frecuentemente se encuentra perforando conchas de bivalvos y rocas con tamaños de hasta 8.5 x 14 cm. En la fase beta crece sobre el sustrato alcanzando una cobertura máxima de 9 x 12 cm. La fase gamma presenta la superficie con papilas de forma circular que se distribuye uniformemente por toda la superficie de la esponja, con una separación de 1 a 2 mm. Tampoco se observa fusión entre papilas en esta fase. Los ejemplares de la fase gamma pueden crecer hasta un metro de longitud, 33 cm de alto y 55 cm de ancho (en la base). En este caso las papilas osculares están frecuentemente en la parte superior de la esponja y las papilas inhalantes portadoras de los ostiolos se encuentran hacia los lados. También son comunes los ejemplares globulares, semiglobulares, (4.8 x 4.4 x 1.5 cm) y en forma de volcán (22 x 25 x 13), con un diámetro interno de 8 cm. En este último caso, las papilas ostiolíferas se localizan principalmente en las paredes externas y los ósculos en las paredes internas del cráter. Las papilas que portan los ostiolos son frecuentemente más redondas, y más homogéneas en tamaño (0.75 – 4.5 mm de diámetro), se separan desde 5 a 2.2 mm y no presentan tendencia a fusionarse. Los bordes

de las papilas se elevan sobre la superficie entre 5 y 2.5 mm aproximadamente. Las papilas osculares son menos abundantes que las papilas ostiales, también son de forma circular y alcanzan diámetros hasta de 10 mm. La superficie es lisa al tacto, pero las espículas sobresalen hasta 70 μm . El ectosoma, con un espesor entre 0.9 y 1.5 mm, no se desprende del coanosoma. En el coanosoma hay canales de 0.3 a 1 cm de diámetro. La consistencia es firme y ligeramente comprensible. El color en vida en la fase alfa y beta es amarillo oro. En la fase gama es amarillo oro, rosa claro, castaño rojizo (salmón) y ocre. En algunos ejemplares el color no se distribuye uniformemente, presentando áreas color amarillo y rosa claro simultáneamente. El color en ejemplares preservados es castaño oscuro (casi negro).

Las espículas de esta especie son exclusivamente tilostilos, ligeramente curvados, con la cabeza globular bien diferenciada, mucronada u ovoide, en ocasiones con una protuberancia apical, mientras que el otro extremo termina en una punta delgada. Miden de 127.5 a 400 μm de longitud y de 1.3 a 13 μm de diámetro; la cabeza mide desde 2.5 a 13.8 μm . Los tilostilos en la fase gamma se caracterizan por tener un tallo delgado en la parte media de los extremos, son rectos o ligeramente curvados con la cabeza bien diferenciada, y en ocasiones también está mucronada. Ocasionalmente aparecen estilos.

En el ectosoma los tilostilos se disponen en forma de empalizada con un espesor de 0.75 a 1.57 mm. El esqueleto coanosómico está formado por haces ascendentes de tilostilos (120-210 μm de espesor) que se separan o se anastomosan desde la base de la esponja hasta el ectosoma.

C. californiana se distribuye por todo el Golfo de California. Esta es una de las especies más típicas del norte del Mar de Cortés debido a su abundancia y a su gran tamaño.

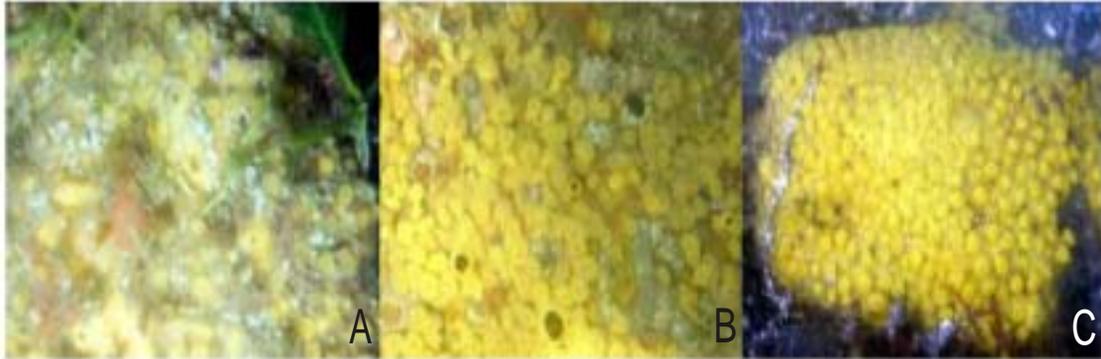


Figura 1. Diferentes estadios de crecimiento de la esponja *Cliona californiana* (A= alfa, B= beta y C= gamma).

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general.

Estudiar la dinámica poblacional y el crecimiento de la esponja *Cliona californiana*

4.2. Objetivos específicos.

1. Estudiar la variación temporal de la abundancia *C. californiana*.
2. Determinar la época de reproducción sexual y asentamiento larvario de *C. californiana*.
3. Estimar la tasa de crecimiento y la capacidad de regeneración.
4. Determinar el tiempo que tarda *C. californiana* en cambiar de un estadio alfa a un estadio gamma.
5. Relacionar algunas variables ambientales (temperatura del agua, tasa de sedimentación/resuspensión, turbulencia del agua y la disponibilidad de luz) con la dinámica poblacional de *C. californiana*.

5. AREA DE ESTUDIO.

5.1. Selección de la localidad de muestreo.

La selección del área de estudio se ha realizado en base a la experiencia adquirida en estudios realizados a lo largo de litoral del golfo de California durante el desarrollo de los proyectos CONABIO (FB666/SO19/99) "Biodiversidad de esponjas del Mar de Cortés: Bases para su conservación y valoración como recursos marinos", y CONABIO (FB789/AA004/02) "Actualización e incorporación de nuevos registros a la fauna de esponjas del litoral Pacífico de México", gracias a los cuales se localizó un área con una densidad muy importante de *C. californiana* y, donde es posible encontrar simultáneamente a los tres estadios de crecimiento.

5.2. Localidad Estero del Bichi (Topolobampo, Sinaloa).

El estudio se realizó en el Estero del Bichi (Figura 2), Ahome, Sinaloa entre los 25°32'27.06" de latitud norte y los 109°05'30.73" de longitud oeste. El área de estudio se caracteriza por presentar condiciones típicas de estero, con sustrato arenoso y una pequeña zona rocosa. Está bordeada por manglar y se ubica a una profundidad entre 1 y 3 m de profundidad.

La bahía de Topolobampo presenta un clima seco-cálido. La temperatura media anual es de 25.1°C, y la temperatura media mensual más alta corresponde a junio, con 33°C, mientras que la más baja corresponde a enero, con 15.7°C. La mayor precipitación que se ha presentado en un año es de 567.9 mm, durante los meses de julio a agosto, que son los meses más lluviosos, con una media de 77.9 y 167.9 mm, respectivamente (INEGI, 2002). La bahía de Topolobampo recibe efluentes urbanos e industriales generados

en el mismo puerto (Green-Ruiz, 2000). Además, recibe un aporte 74.1 millones de m³ de escurrimiento anualmente de la cuenca bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste (INEGI, 1995).

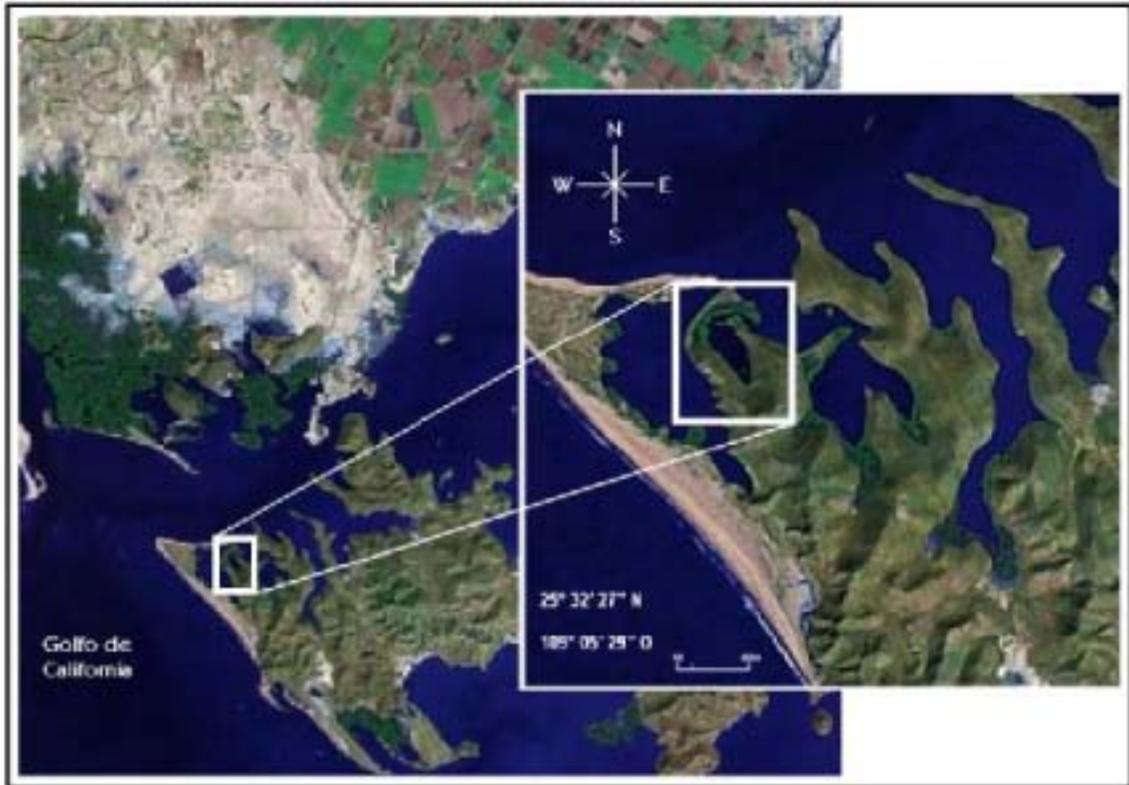


Figura 2. Localización del área de estudio en el estero del Bichi (Bahía de Ohuira, Topolobampo, Sinaloa).

6. MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1. Parámetros ambientales.

Los parámetros ambientales se registraron cada tres meses en concordancia con los muestreos biológicos. Sin embargo, algunos parámetros como la temperatura del agua, se registraron continuamente desde el inicio del estudio.

Para el registro de la sedimentación y el movimiento del agua se utilizó una estructura artificial la cual consistió en una base de concreto con dos soportes verticales de PVC, que se colocó en el centro del área de muestreo a una profundidad de 2 metros (Figura 2). También se recolectaron muestras de agua para conocer la cantidad de nutrientes disponibles en la columna de agua (la concentración de clorofila a y el contenido de sílice disuelto), bacterias heterótrofas totales y materia orgánica. Para esto, se tomaron muestras de agua diariamente durante cada muestreo, que fueron transportadas al laboratorio para su posterior análisis.

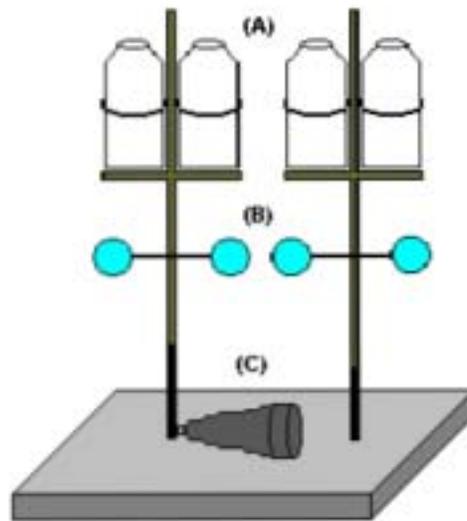


Figura 3. Estructura permanente que se empleó para el registro de algunos parámetros ambientales (A = Trampas plásticas para la medición de la Sedimentación/resuspensión, B = Esferas de escayola empleadas para estimar la turbulencia del agua, y C = Sensor HoBo empleado para la medición de la temperatura del agua).

6.1.1. Temperatura.

En el área de muestreo se colocó un sensor digital acuático (HoBo), el cual registró la temperatura cada 6 horas (Figura 3c).

6.1.2. Sedimentación/resuspensión.

Para el registro de la sedimentación/resuspensión se utilizó la estructura comentada anteriormente (Figura 3a). En estos soportes, y a una altura de 1 m desde el fondo, se fijaron cuatro recipientes de plástico, con una boca de 2.9 cm de diámetro y 1 litro de capacidad. Los recipientes se colocaron desde el primer día de muestreo y se retiraron 3 días después, al final del mismo. A partir del peso seco del sedimento y

del tiempo de permanencia en el medio se calculó la tasa de sedimentación/resuspensión promedio ($\text{Kg m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) (Moore, 1972; Carballo *et al.*, 1996; Bell y Barnes, 2000 b; Maughan, 2001).

6.1.3. Turbulencia del agua.

Para medir la turbulencia del agua se utilizó el método de las esferas de escayola (Figura 2b), el cual ha sido empleado con anterioridad en diversos estudios de ecología bentónica (e.g. Gambi *et al.*, 1996; Carballo *et al.*, 1996; Naranjo *et al.*, 1996). Estas esferas se prepararon en el laboratorio usando una mezcla de yeso piedra “súper dent” tipo alfa, las cuales se dejaron secar a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, se codificaron, y se pesaron. Posteriormente, durante cada muestreo, se sujetaron 4 esferas de escayola de 5 cm de diámetro en cada una de las estructuras de concreto. Las esferas de escayola se colocaron el primer día de la campaña de muestreo y se retiraron al final de la campaña, 3 días después.

El movimiento de agua se calculó mediante la pérdida de peso de las esferas de escayola provocado durante un periodo de tiempo determinado para calcular así el desgaste promedio estandarizado a 24 horas. La disminución de la masa de cada esfera está linealmente relacionada con el movimiento del agua (Muss, 1968, Denny, 1988, Komatsu y Kawai, 1992; Maldonado y Young, 1999).

Adicionalmente, se descartó la pérdida de masa de las esferas debido a disolución por efecto de la temperatura. Para esto, el desgaste se calibró a diferentes temperaturas y en ausencia de corriente mediante un experimento en el que las esferas se sumergieron en agua de mar durante 24 horas a temperaturas constantes de 21 , 25 y $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (datos no publicados), obteniéndose la siguiente ecuación:

$$M_t = 0.0178 (T^\circ) + 3.7337.$$

Donde:

M_t = la pérdida de masa de las esferas debido a su disolución.

T° = temperatura del medio donde fueron expuestas.

Los valores **0.0178** y **3.7337** son constantes.

Posteriormente, de cada esfera se restó el valor de M_t a la pérdida de su masa y de esta manera, se obtuvo el desgaste neto causado por el movimiento de agua. Este desgaste se transformó a porcentaje (%), considerando el peso inicial de la esfera como el 100%. El parámetro que se calculó fue desgaste promedio por cada muestreo (% día⁻¹).

6.1.4. Transparencia de la columna de agua.

Ésta se determinó registrando la variación del coeficiente de atenuación vertical k_d (m⁻¹) respecto a la profundidad con un sensor plano corregido por coseno conectado a un "Li-cor datalogger" (LI-1400) (Kirk, 1983).

6.1.5. Disponibilidad de nutrientes en la columna de agua.

6.1.5.1. Medición de clorofila a.

Durante cada muestreo, diariamente se recolectó una muestra de agua que se filtró utilizando filtros de GF/C de 0.45 µm de abertura de poro. La cantidad de agua a filtrar dependió de la cantidad de material suspendido: para los ecosistemas de estero y de manglar es suficiente con 100 ml, y para los ecosistemas costeros son adecuados 500 ml (Boney, 1989). El filtro se depositó en un recipiente de vidrio color ámbar, manteniéndose en refrigeración a 4 °C hasta su extracción en el laboratorio,

la cual se realizó en el plazo máximo de una semana. La extracción se realizó agregando 5 ml de metanol puro al filtro previamente depositado en tubos Ependorff, y posteriormente se dejó reposar durante 2 horas aproximadamente. Finalmente, la solución se maceró hasta hacer una mezcla homogénea que se centrifugó a 2500 rpm durante 10 minutos; por último se extrajo el sobrenadante. El coeficiente de extinción de los pigmentos extraídos se midió en un espectrofotómetro a 665 nm. Posteriormente, al extracto se le agregaron unas gotas de ácido clorhídrico al 0.003N para una segunda lectura (Hom-Halsen, 1978).

Para el cálculo del contenido de clorofila *a* se utilizó la fórmula siguiente (Hom-Halsen, 1978):

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = (A)(750)(665_o - 665_a)(v / V_f)(l)$$

Donde:

A = coeficiente de absorción de clorofila; **a** = 75.4 L/g cm; **750** = absorbancia del blanco; **665_o** = absorbancia antes de la acidificación; **665_a** = absorbancia después de la acidificación; **v** = volumen de metanol usado para la extracción (ml); **V_f** = volumen de agua filtrada; **l** = longitud de la celda (cm).

6.1.5.2. Contenido de sílice disuelto en la columna de agua.

Este análisis se realizó para conocer la cantidad de sílice que las esponjas tienen disponible en el medio. Se recolectó una muestra de agua por cada día de muestreo en cada campaña. Se agregaron 10 ml de paramolibdato de amonio a 25 ml de muestra de agua y se dejó reposar no más de 30 minutos. Posteriormente, se aforó a 50 ml con el agente reductor, y se dejó reaccionar de 2 a 3 horas. Pasando este tiempo, se midió con un espectrofotómetro a 810 nm. Las lecturas se ajustaron a la

curva de estándares de silicatos hecha para cada muestreo. Se obtuvo un promedio por cada campaña de muestreo representado en $\mu\text{/mol}$.

6.1.5.3. Cuantificación de bacterias heterótrofas totales.

Las bacterias constituyen una gran parte de la dieta de las esponjas. Para conocer la disponibilidad de bacterias se realizó un recolecta de agua cada día de muestreo en cada campaña. La cuantificación de bacterias heterótrofas se determinó por la técnica de conteo de placa por dilución (Salle, 1974). El medio de cultivo utilizado fue Zobell, el cual es selectivo para bacterias heterótrofas (Austin, 1988). De la muestra de agua se hicieron diluciones de: 1:10, 1:100, en solución salina al 2.5%, y se sembraron alícuotas de 100 μl de cada una de las diluciones (dos réplicas por dilución) esparciéndola homogéneamente con una varilla de vidrio acodada. Posteriormente se incubaron por 2 días a 37°C. Finalmente, el número de microorganismos se estimó por el conteo de colonias por alícuota por dilución.

$$\text{Número de Bacterias/ml} = \frac{\text{Número de colonias}}{\text{Alícuota (100 } \mu\text{l) (dilución)}}$$

6.1.5.4. Sólidos totales suspendidos en la columna de agua.

Para la obtención de sólidos totales suspendidos se utilizaron filtros de fibra de vidrio de 0.45 μm de abertura de poro. Antes de utilizar los filtros, éstos se calcinaron en una mufla a una temperatura constante de 400 °C durante 2 horas con el fin de eliminar cualquier residuo orgánico que el filtro pudiera tener. Posteriormente, se pesó en una balanza de precisión marca Precisa XT 220 A y se depositaron en un desecador para evitar que se humedeciera. Los filtros se depositaron en cajas de

petri con su respectiva etiqueta, y fueron sellados para impedir su contaminación al momento de ser transportados a la zona de muestreo. Las muestras de agua se pasaron a través del filtro, *in situ*; posteriormente el filtro se guardó en su respectiva caja de petri y fue almacenado a una temperatura de 4 °C para su posterior determinación en el laboratorio. En el laboratorio, los filtros fueron secados durante 4 h en una estufa a 100 °C y, finalmente, fue registrado el peso seco. Los sólidos suspendidos totales se calcularon a través de la siguiente formula:

$$\text{mg/L} = \frac{\text{PFCM} - \text{PFSM}}{\text{VMF}}$$

Donde:

PFCM: Peso del filtro con muestra.

PFSM: Peso del filtro sin muestra.

VMF: Volumen de muestra filtrada.

6.1.5.5. Materia orgánica suspendida en la columna de agua.

Una vez secos, los filtros de la muestra de sólidos totales se colocaron en cápsulas de porcelana y se calcinaron a 400 °C durante 2 horas. Una vez calcinados y fríos, se depositaron en un desecador para evitar que se humedecieran. Posteriormente, se registró el peso final del filtro calcinado. La concentración de materia orgánica se calculó a través de la siguiente formula:

PFST-PFC

mg/L=-----

VMF

Donde:

PFST: Peso del filtro sólidos totales.

PFC: Peso filtro calcinado.

VMF: Volumen de muestra filtrada.

6.2. Parámetros biológicos.

6.2.1. Distribución espacial de *C. californiana*.

Para estudiar la distribución de *C. californiana* se hizo un recorrido en toda el área del estero donde se había localizado la población de esta especie utilizando equipo de buceo autónomo. Este estudio se realizó antes de iniciar los muestreos, y sirvió para reconocer las zonas rocosas y poder comprobar si la esponja se distribuía homogéneamente en toda el área del estero.

6.2.2. Metodología del muestreo y descriptores poblacionales.

Una vez estudiada la distribución espacial de *C. californiana*, se seleccionó un área representativa de la zona para el estudio poblacional. En el área elegida se colocaron tres transectos de 25 m paralelos a la línea de costa, los cuales permanecieron fijos durante el tiempo que duró el estudio. La periodicidad de los muestreos fue cada 3 meses, y estos se realizaron mediante buceo autónomo.

6.2.3. Abundancia de *C. californiana*.

Para cuantificar la abundancia a través del tiempo se realizaron censos trimestrales a lo largo de cada transecto. Para ello se utilizó una barra de 1.5 m, la cual se fue desplazando a lo largo de cada transecto de tal manera que se abarcó una superficie de 37.5 m² por transecto (Carballo et al 2004). La densidad se calculó como ind m⁻², y la cobertura como cm² m⁻². Para el cálculo de esta última se midió el perímetro basal de cada ejemplar que estuvo contenido en la superficie de muestreo. El área en cm² m⁻² se calculó a partir del perímetro basal de la esponja, asumiendo que la esponja presenta una forma circular. El diámetro de la esponja se calculó

dividiendo el perímetro basal entre π , y una vez obtenido el radio, y a través de la ecuación πr^2 se obtuvo el área de cada ejemplar en cm^2 . Para obtener la cobertura en $\text{cm}^2 \text{ m}^{-2}$ se dividió el área obtenida en cm^2 de los ejemplares, entre el área de muestreo (37.5 m^2).

6.2.4. Reproducción y asentamiento larvario.

Para conocer el periodo de reproducción sexual de la esponja, se extrajo trimestralmente y al azar, un fragmento de 6 ejemplares de *C. californiana* en zonas próximas al área de estudio. Los organismos recolectados se fijaron en formaldehído al 40% y, posteriormente en el laboratorio, se buscaron las larvas o huevos con un microscopio estereoscopio con una amplificación de 10x.

Los estudios preliminares demostraron que *C. californiana* vive perforando conchas de moluscos. Así, se colocaron 6 series con 150 conchas de ostiones previamente pesados y con un código asignado (1, 2, 3,... n) en el área de estudio. Estos sirvieron de sustrato de fijación para las larvas de la esponja. Los censos visuales de las conchas se realizaron cada tres meses *in situ* para detectar la presencia de larvas de la esponja en las conchas.

6.2.5. Crecimiento y regeneración.

Una vez establecida el área de muestreo, en diciembre de 2004 se seleccionaron al azar 76 ejemplares de *C. californiana* en zonas próximas al área de estudio. A estos ejemplares se les asignó una etiqueta que los identificó durante el muestreo que también se realizó con una periodicidad de tres meses.

Se seleccionaron solamente ejemplares en estado de crecimiento alfa y gamma con el propósito de conocer el tiempo que transcurre en pasar desde un estado al otro. No se usaron organismos beta porque constituían muy frecuentemente un estadio muy difícil de separar del gamma, por lo que, para mayor confiabilidad, se seleccionaron únicamente los dos estadios que son claramente diferenciables. En agosto de 2005 se marcó otro grupo de 13 ejemplares (grupo 2). La cobertura ($\text{cm}^2 \text{ m}^{-2}$) de todos los ejemplares se estimó al inicio del estudio midiendo *in situ* el perímetro de la base (Pb), y calculando posteriormente el área según el protocolo comentado en el apartado 6.2.3.

Para estimar la tasa de regeneración se seleccionaron 25 ejemplares en estadio gamma, a los cuales se les extrajo tres muestras del tejido con un nucleador de 1 cm de diámetro a una profundidad de un 1 cm (Bell, 2002). La periodicidad de los muestreos para cuantificar la tasa de regeneración se realizó a los 5, 10, 30 y 40 días de haberse extraído el fragmento. Las mediciones de los agujeros se realizaron *in situ* utilizando un vernier. Además se utilizó una cámara fotográfica SONY P150 para el registro fotográfico.

6.2.6. Contenido orgánico e inorgánico de *C. californiana*.

Para calcular la proporción de materia inorgánica y orgánica de la esponja se usaron las muestras extraídas con el nucleador de los 25 ejemplares que se utilizaron en el estudio de regeneración. El estudio se realizó en invierno y verano. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su posterior análisis. Las muestras se colocaron en un crisol dentro de una mufla a una temperatura de 60°C , por 48 horas, obteniendo así su peso seco para, posteriormente, someterlas a una

temperatura de 500 °C por 4 horas. El contenido inorgánico se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$mg/L = PS-PC$$

Donde:

PS: Peso seco de la muestra.

PC: Peso de las cenizas de la muestra calcinada.

7. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Para conocer el patrón general del ambiente se realizó un análisis de componentes principales, usando como variables los parámetros ambientales previamente estandarizados (media/desviación típica), y utilizando distancias Euclidianas para construir la matriz de partida (Clarke y Warwick, 1994 a). En las variables ambientales, a diferencia de las variables bióticas, no existe el predominio del 0, son generalmente variables continuas, y son fáciles de normalizar estabilizando sus varianzas, por lo que el análisis ACP, basado en distancias Euclidianas parece uno de los métodos más recomendados para su estudio (Clarke y Warwick, 1994 a; Naranjo *et al.*, 1997).

Posteriormente, se estudió la relación entre las variables abióticas y bióticas usando la correlación de Spearman para datos no paramétricos (Zar, 1984; Calvo, 1985).

Los análisis obtenidos se realizaron con los programas Statistica, que sirvió para ver si existió algún tipo de correlación entre variables bióticas y abióticas, y para realizar el análisis de la varianza (ANOVAS) de una vía. El ACP se realizó con el programa Primer.

8. RESULTADOS.

8.1. *Parámetros ambientales.*

8.1.1. Temperatura.

La temperatura del agua tuvo un comportamiento típico de clima tropical, siendo baja en invierno y primavera, y alta en verano y otoño. Presentó dos máximos: en agosto y septiembre de 2005 ($32.05 \pm 0.08^{\circ}\text{C}$), y en julio y agosto de 2006 ($32.16 \pm 0.12^{\circ}\text{C}$). Posteriormente, se registró un descenso de diciembre de 2005 ($19.6 \pm 0.09^{\circ}\text{C}$) hasta febrero de 2006 ($20.6 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$) (Figura 4).

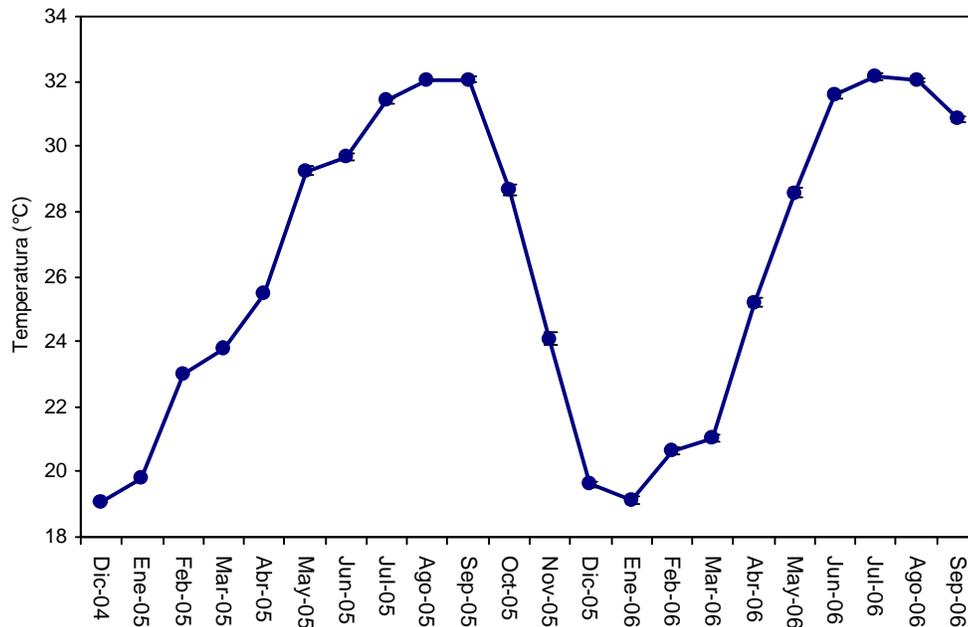


Figura 4. Variación de la temperatura mensual durante el periodo de estudio en el estero del Bichi, Topolobampo.

8.1.2. Sedimentación/Resuspensión.

La tasa de sedimentación/resuspensión aumentó a partir de diciembre de 2004-febrero de 2005 hasta el final del periodo de estudio. El valor más alto se detectó en diciembre de 2004. Posteriormente disminuyó hasta alcanzar el mínimo en mayo de 2005 ($0.2832 \pm 0.0305 \text{ g/m}^2/\text{día}$). A continuación, aumentó gradualmente hasta junio de 2006 ($0.0.5628 \pm 0.1054 \text{ g/m}^2/\text{día}$), y descendió ligeramente en septiembre de 2006 ($0.4969 \pm 0.1563 \text{ g/m}^2/\text{día}$) (Figura 5).

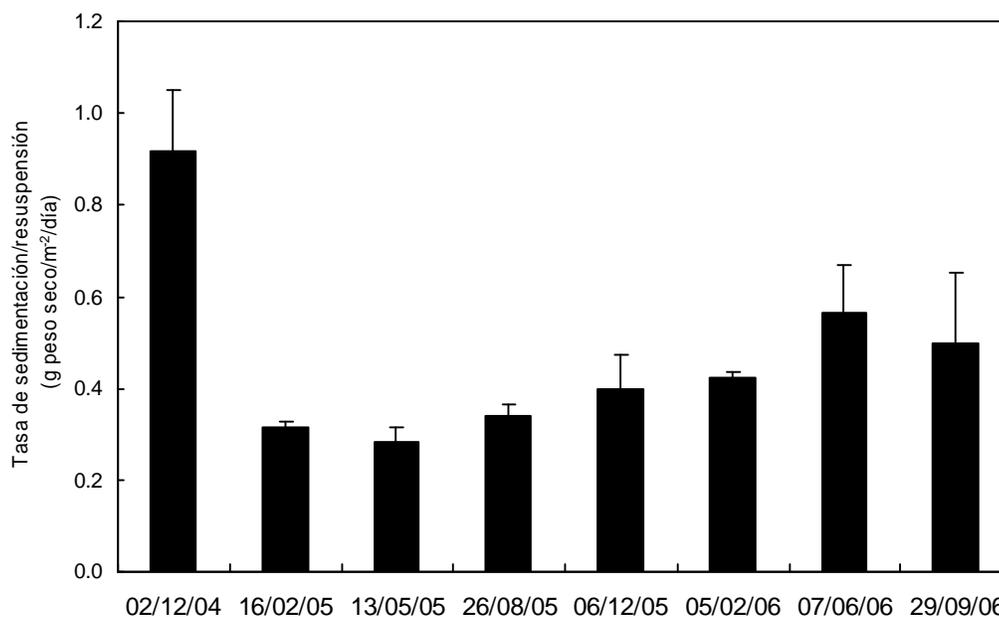


Figura 5. Variación de la tasa de sedimentación/resuspensión durante el periodo de estudio. Las barras representan el error estándar.

8.1.3. Movimiento del agua.

Desde diciembre de 2004 a septiembre de 2006, la tasa de disolución promedio (\pm SE) de las esferas de escayola disminuyó hasta el mínimo registrado (Figura 5). El valor porcentual de la disolución de las esferas de escayola aumentó en mayo hasta alcanzar el valor más alto (65.8 ± 1.67 % de dilución/día). Posteriormente, disminuyó progresivamente hasta el final del estudio en septiembre de 2006 (12.8 ± 1.99 % de dilución/día) (Figura 6).

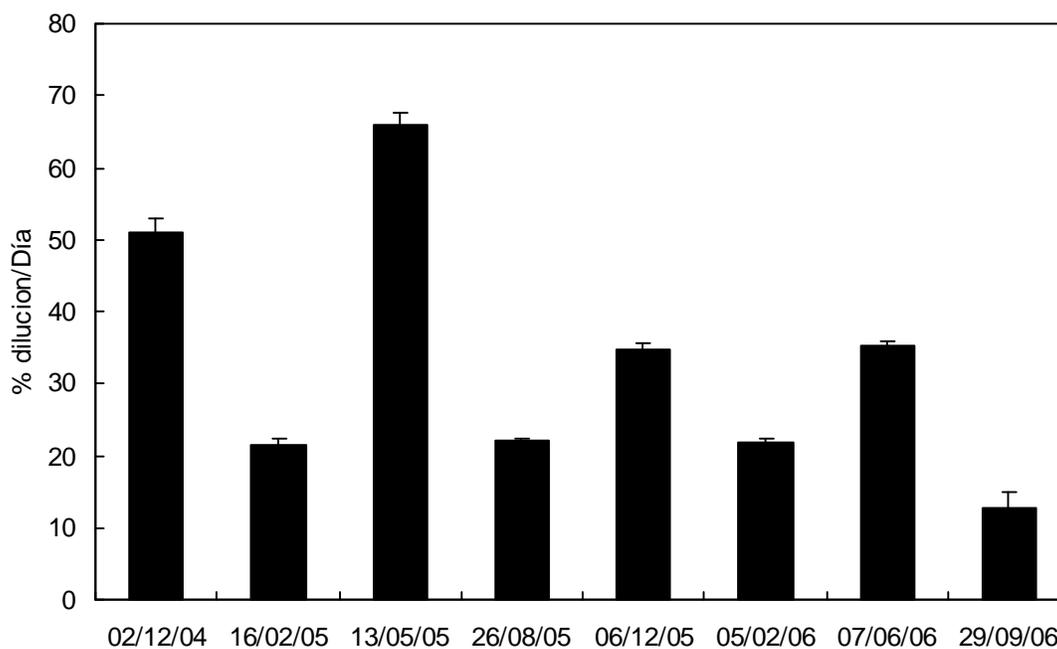


Figura 6. Porcentaje de desgaste promedio por día (\pm SE) de las esferas de escayola durante el periodo de estudio en el estero del Bichi. Las barras representan el error estándar.

8.1.4. Transparencia de la columna de agua.

El coeficiente de atenuación vertical varió a lo largo del periodo de estudio, el cual presentó el valor más alto ($k_d=1.5 \pm 0.21 \text{ m}^{-1}$) en la época de lluvias y el mas bajo en febrero de 2005 ($k_d=0.17 \pm 0.09 \text{ m}^{-1}$). Posteriormente, aumentó en diciembre de 2005 ($k_d=0.99 \pm 0.04 \text{ m}^{-1}$), y presentó otro descenso en febrero de 2006 ($k_d=0.26 \pm 0.0 \text{ m}^{-1}$), para luego alcanzar el valor mas alto en septiembre de 2006 ($k_d=1.15 \pm 0.21 \text{ m}^{-1}$)(Figura 7).

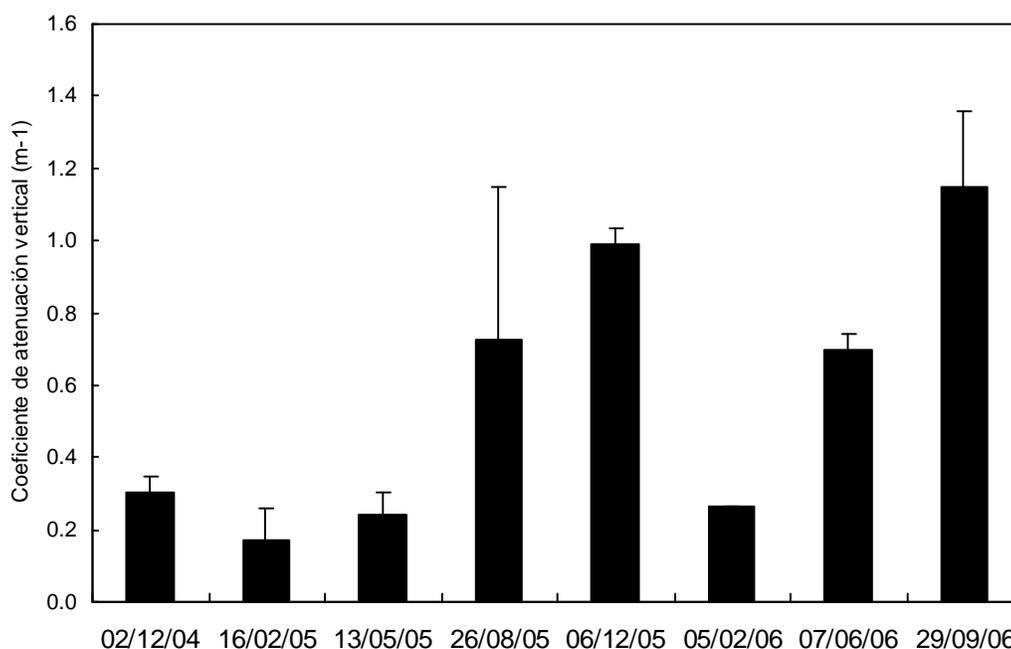


Figura 7. Coeficiente de atenuación vertical (k_d) (m^{-1}) promedio a lo largo del tiempo.

Las barras representan el error estándar.

8.1.5. Disponibilidad de alimento.

8.1.5.1. Clorofila a.

El valor mas bajo de la concentración de clorofila a ($0.0018 \pm 0.0007 \text{ mg m}^{-3}$) se registró en diciembre de 2004. Este valor aumentó ligeramente y se mantuvo entre $0.005 \pm 0.002 \text{ mg m}^{-3}$ y $0.007 \pm 0.002 \text{ mg m}^{-3}$ desde febrero hasta agosto de 2005. Durante el periodo de diciembre de 2005 a junio de 2006 aumentó progresivamente desde $0.018 \pm 0.002 \text{ mg m}^{-3}$ hasta $0.031 \pm 0.016 \text{ mg m}^{-3}$. Al final del estudio, en septiembre de 2006, la concentración de clorofila a presentó un ligero decremento hasta $0.025 \pm 0.003 \text{ mg m}^{-3}$ (Figura 8).

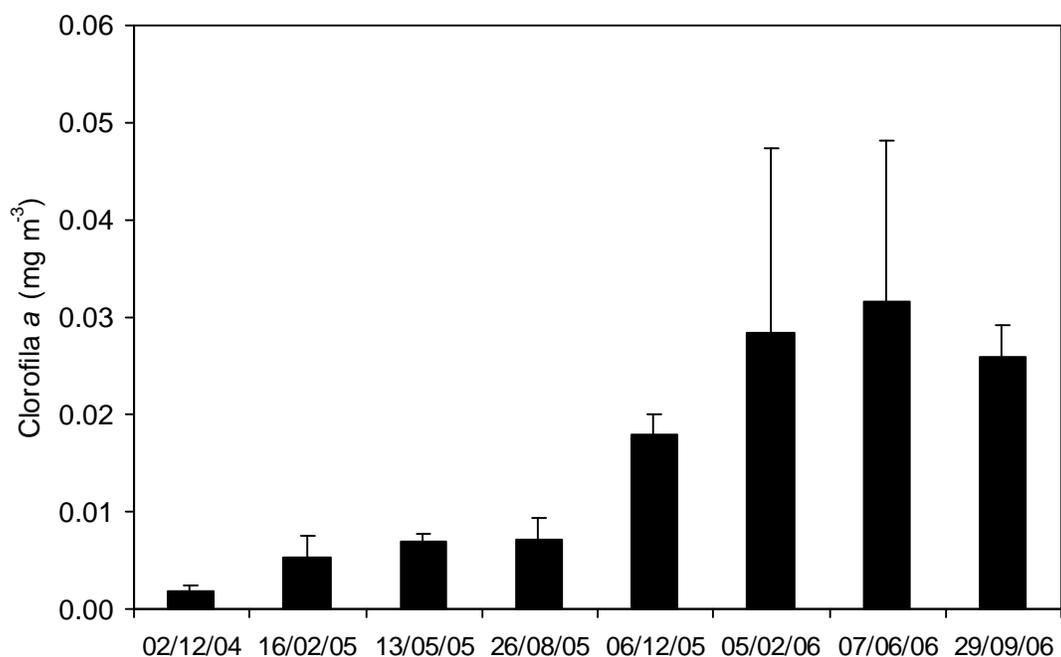


Figura 8. Concentración promedio trimestral (mg m^{-3}) de clorofila a disuelta en la columna de agua. Las líneas representan el error estándar.

8.1.5.2. Contenido de sílice disuelto en la columna de agua.

La concentración de sílice disuelto en la columna de agua disminuyó desde diciembre de 2004 ($21.79 \pm 9.87 \mu\text{mol}$) hasta febrero de 2005 ($12.31 \pm 6.32 \mu\text{mol}$). Posteriormente, en mayo de 2005, alcanzó la máxima concentración ($38.75 \pm 7.05 \mu\text{mol}$) y disminuyó progresivamente hasta el mínimo en febrero de 2006 ($5.31 \pm 1.20 \mu\text{mol}$). Posteriormente, la concentración de sílice disuelto aumentó significativamente en junio de 2006 ($16.95 \pm 0.407 \mu\text{mol}$) y disminuyó al final del estudio hasta alcanzar un valor de $13.25 \pm 0.542 \mu\text{mol}$ (Figura 9).

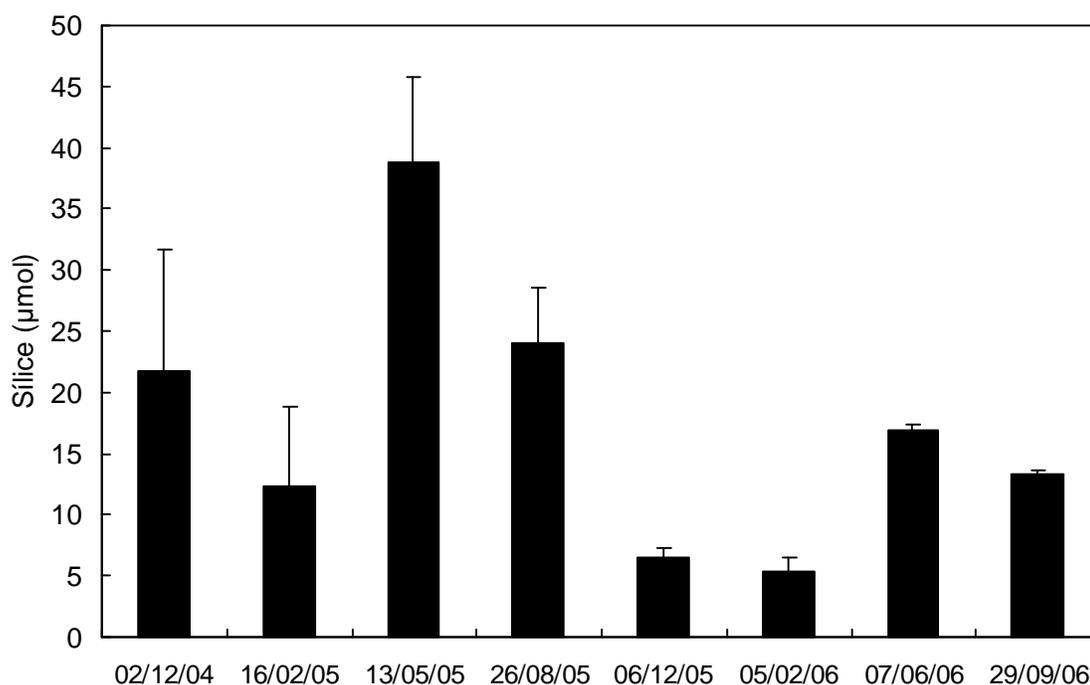


Figura 9. Concentración promedio trimestral (μmol) de sílice disuelto en la columna de agua. Las líneas representan el error estándar.

8.1.5.3. Cuantificación de bacterias heterótrofas.

El análisis de la concentración de bacterias heterótrofas totales disueltas en la columna de agua se inició en diciembre de 2004 (39.2 UFC/ml). Posteriormente, aumentó hasta alcanzar el máximo en mayo de 2005 (128 UFC/ml), y disminuyó hasta junio de 2006 (25.6 UFC/ml). A continuación aumentó de nuevo en septiembre de 2006 hasta alcanzar 39.2 UFC/ml (Figura 10).

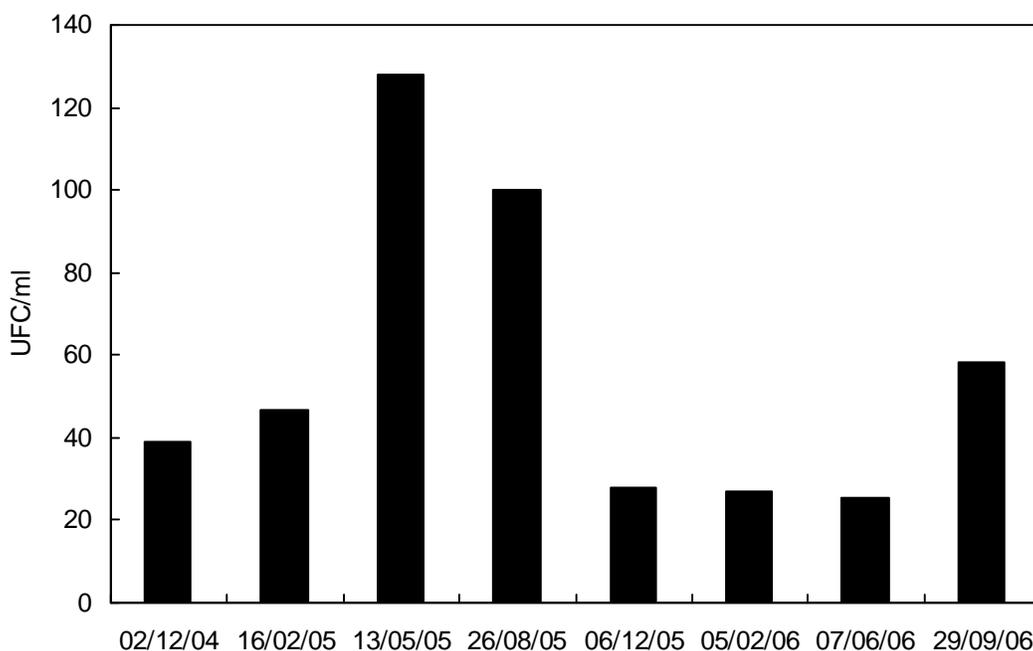


Figura 10. Concentración (UFC/ml) de bacterias heterótrofas totales disueltas en la columna de agua.

8.1.5.4. Sólidos totales y materia orgánica disuelta en la columna de agua.

El valor mas bajo de concentración de sólidos totales se registró en diciembre de 2004 (11.10 ± 1.98 mg/l). Este valor aumentó considerablemente hasta alcanzar la concentración de 42.06 ± 5.27 mg/l en agosto de 2005, y posteriormente tuvo una ligera disminución hasta junio de 2006 (17.35 ± 5.02 mg/l). En septiembre de 2006 se registró la concentración máxima (45.59 ± 4.73 mg/l) (Figura 11).

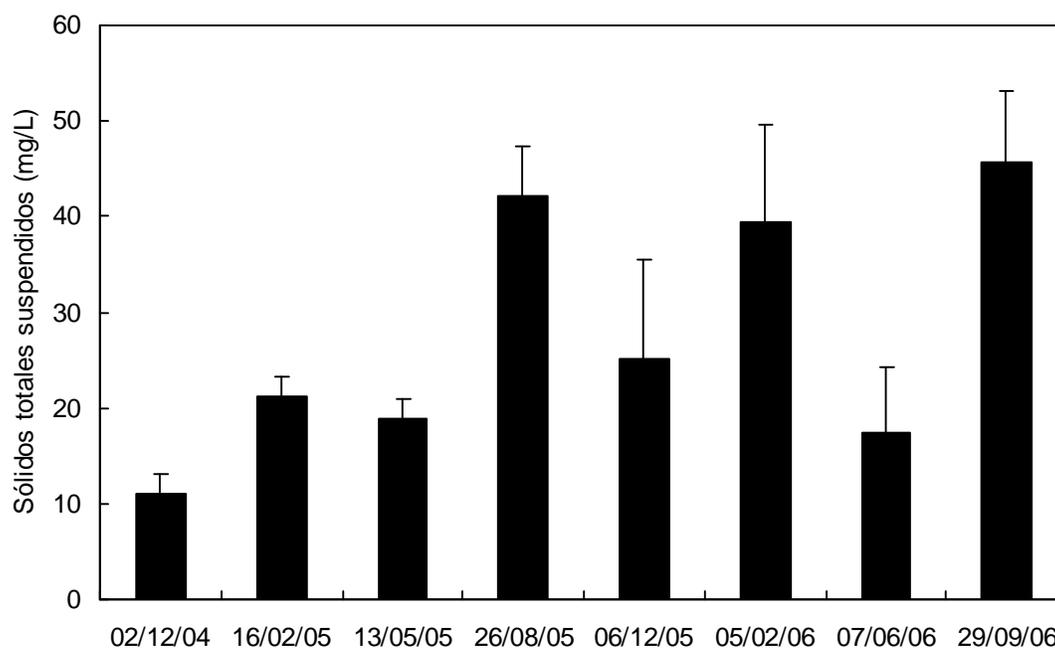


Figura 11. Concentración promedio trimestral (mg/l) de sólidos totales suspendidos en la columna de agua. Las líneas representan el error estándar.

En cuanto a la materia orgánica, se detectó la concentración más baja en diciembre 2004 (2.06 ± 0.41 mg/l). Posteriormente, aumentó hasta 6.95 ± 0.43 mg/l en agosto de 2005, y disminuyó progresivamente hasta febrero de 2006 (3.52 ± 0.49 mg/l). En junio de 2006 presentó un ligero aumento hasta alcanzar 5.02 ± 1.15 mg/l, y disminuyó en septiembre de 2006 hasta un valor de 3.52 ± 0.42 mg/l (Figura 12).

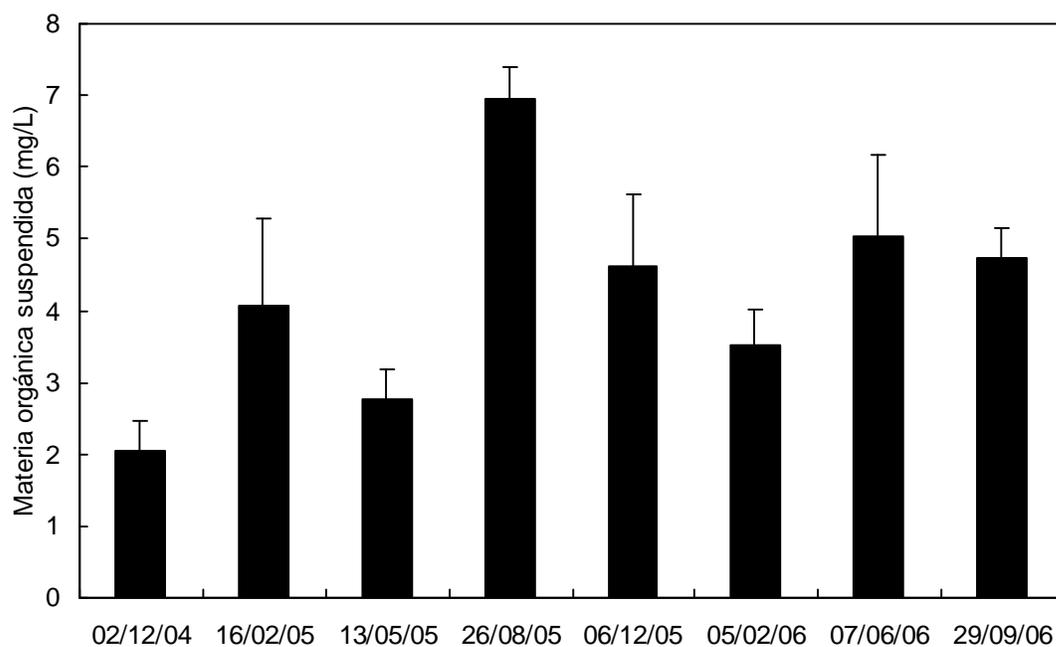


Figura 12. Concentración promedio trimestral (mg/l) de materia orgánica disuelta en la columna de agua. Las líneas representan el error estándar.

8.2. Análisis de componentes principales (ACP).

El análisis de componentes principales (ACP) (64.2 % de la varianza total) indicó que no había una clara estacionalidad en la variación de las variables ambientales.

El componente uno (CP1; 39.6 % de la varianza) separó los muestreos de Dic-04, Feb-05 y May-05 de Dic-05, Jun-06 y Feb-06. Las variables que más influencia ejercieron fueron el movimiento del agua ($r=-0.419$), sólidos totales suspendidos ($r = 0.381$), la concentración de clorofila *a* ($r = 0.345$), la materia orgánica ($r=0.341$), y la salinidad ($r=-0.363$). En este componente, el patrón ambiental se caracterizó por presentar mayor movimiento en la columna de agua, pocos sólidos suspendidos, poca materia orgánica suspendida, menor concentración de clorofila *a* (Figura 13).

El componente dos (CP2; 24.6 % de la varianza) estuvo en función de las siguientes variables abióticas: bacterias heterótrofas ($r = 0.568$), temperatura del agua ($r= 0.473$), concentración de sílice disuelto en la columna de agua ($r = 0.446$), sedimentación/resuspensión ($r= -0.349$) y la materia orgánica suspendida ($r = 0.246$). En este componente el ambiente se caracterizó por presentar una concentración alta de bacterias heterótrofas totales, altas temperaturas del agua, alta concentración de sílice disuelto, menor tasa de sedimentación/resuspensión y alta concentración de materia orgánica suspendida (Figura 13).

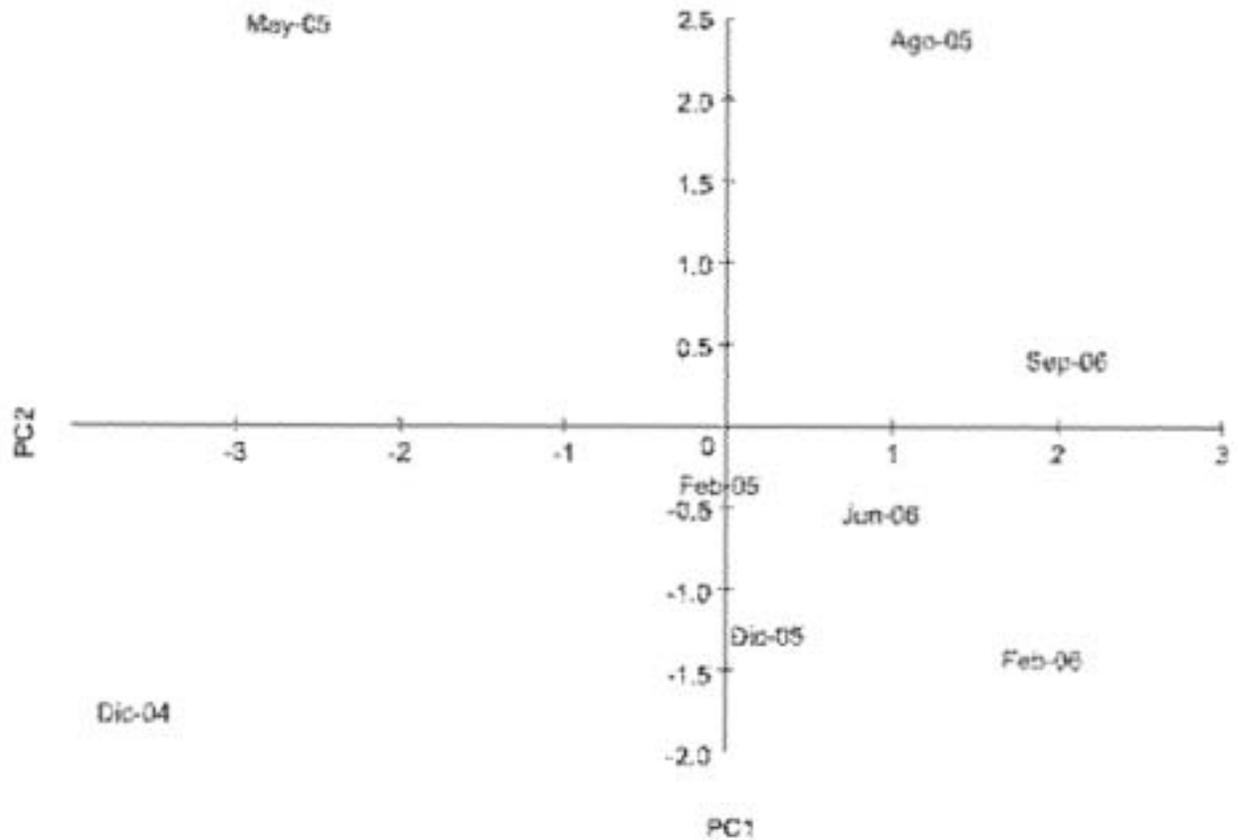


Figura 13. Análisis de componentes principales (ACP) para las épocas de muestreos; marzo, abril y mayo= primavera (secas); junio, julio y agosto= verano (lluvias); septiembre, octubre y noviembre= otoño; diciembre, enero y febrero= Invierno.

8.3. Dinámica poblacional.

8.3.1. Variación temporal de la abundancia.

En general, la densidad de los organismos gamma no varió significativamente (Figura 14, Ver tabla I), y la población se mantuvo muy estable durante el tiempo de estudio. La densidad más alta se detectó en febrero de 2005 ($0.42 \pm 0.21 \text{ ind.m}^{-2}$) y la más baja en diciembre de 2005 ($0.13 \pm 0.16 \text{ ind.m}^{-2}$). Los organismos alfa presentaron una tendencia similar a los anteriores. Sin embargo, variaron significativamente a lo largo del tiempo (Tabla I). La densidad disminuyó desde diciembre de 2004 ($1.47 \pm 0.27 \text{ ind.m}^{-2}$) hasta diciembre de 2005 ($1.00 \pm 0.20 \text{ ind.m}^{-2}$), y posteriormente aumentó progresivamente en septiembre de 2006 ($1.11 \pm 0.41 \text{ ind.m}^{-2}$).

La cobertura (cm^2m^{-2}) del estadio gamma disminuyó progresivamente desde el inicio del estudio ($27.3 \pm 10.3 \text{ cm}^2\text{m}^{-2}$) hasta el final de éste ($5.18 \pm 0.37 \text{ cm}^2\text{m}^{-2}$). La cobertura de los estadios alfa también varió significativamente (Tabla I). La cobertura más baja se presentó en febrero de 2005 ($0.57 \pm 0.12 \text{ cm}^2\text{m}^{-2}$) y la más alta se presentó en junio de 06 ($1.18 \pm 0.37 \text{ cm}^2\text{m}^{-2}$) (Figura 15).

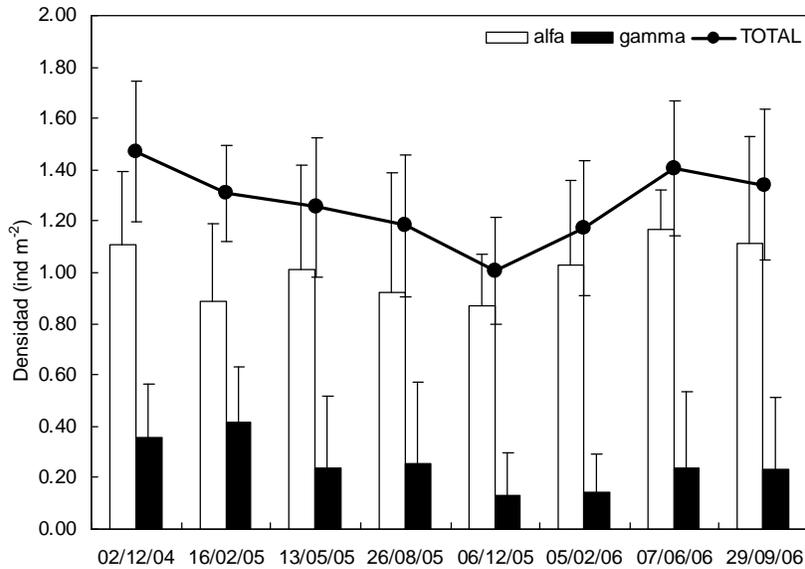


Figura 14. Variación de la densidad promedio (individuos m⁻²) de *Cliona californiana* en estadio alfa y gamma durante el periodo de estudio. Las líneas representan el error estándar.

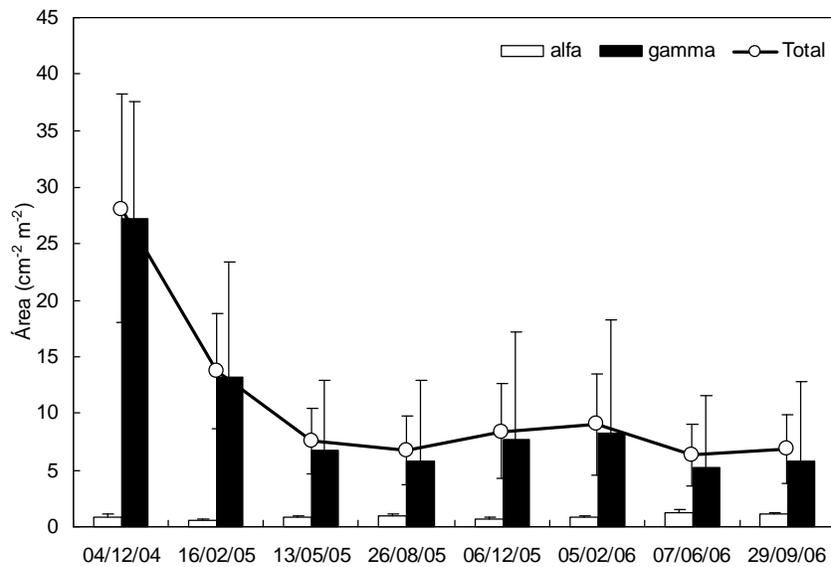


Figura 15. Variación de la cobertura promedio (cm² m⁻²) de la esponja *Cliona californiana* en estadio alfa y gamma, durante el periodo de estudio. Las líneas representan el error estándar.

Tabla I. Resultados del análisis ANOVA de una vía para la cobertura en ($\text{cm}^2 \text{ m}^2$) y para la densidad (ind. m^2), para los dos estadios de *Cliona californiana*. Factor: Tiempo (8 niveles). *Df* grados de libertad; *MS* suma de cuadrados; *F* índice de Fisher, *P* probabilidad; (**) no significativo ($p > 0.05$); (*) significativo ($p < 0.05$).

Fuente de variación	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
COBERTURA ($\text{cm}^2 \text{ m}^2$)				
Alfa variación temporal	7	2798.3	2.1177	0.039 (*)
Gamma variación temporal	7	1108272	0.25470	0.970 (**)
DENSIDAD (ind. m^2)				
Alfa variación temporal	7	212.8	2.818	0.006 (*)
Gamma variación temporal	7	3930	0.8372	0.557 (**)

8.3.2. Reproducción y reclutamiento.

En los fragmentos extraídos y analizados en cada campaña no se encontraron larvas o huevos. En los censos visuales que se realizaron cada tres meses tampoco se detectó la presencia de larvas sobre las conchas, ni ningún indicio de perforación de las mismas. Sin embargo, al final del estudio había una gran cantidad de organismos fijados en los colectores (balanos y ascidias, entre otros) (Figura 16B).



Figura 16. Colectores (conchas de ostiones) de larvas en el área de estudio. La figura 16A, muestra los colectores al inicio, y la 16B al final del estudio.

8.3.3. Crecimiento.

En la figura 17 se representa el crecimiento promedio (\pm SE) para los dos grupos de organismos marcados a lo largo del tiempo, considerando los dos estadios (alfa y gamma) de forma conjunta. En general, se registraron valores negativos para ambos grupos, lo que indica algún proceso de encogimiento y reducción de tamaño (Ver tabla II). El grupo 1 presentó reducción de tamaño desde diciembre de 2004 ($-25.72 \pm -19.18 \text{ cm}^2$) hasta agosto de 2005 ($-77.50 \pm -34.19 \text{ cm}^2$). Posteriormente, se detectó un ligero crecimiento desde agosto a febrero de 2006 ($-8.33 \pm -8.01 \text{ cm}^2$ a $12.00 \pm 17.01 \text{ cm}^2$), y finalmente, de nuevo se observó encogimiento hasta el final del estudio, en septiembre de 2006 ($-57.73 \pm -19.71 \text{ cm}^2$). Los organismos del grupo 2 disminuyeron de tamaño desde el inicio del estudio en agosto de 2005 ($21.69 \pm 23.18 \text{ cm}^2$) hasta el final de éste en septiembre de 2006 ($-119.85 \pm -48.81 \text{ cm}^2$) (Figura 17).

El crecimiento de los organismos gamma separados de los alfa (figura 16) presentaron la misma tendencia de crecimiento al juntar a los dos estadios (alfa y gamma) (Figura 18). Sin embargo, el grupo de los organismos alfa 1, separados de los gamma presentó un decremento paulatino al inicio del estudio en diciembre de 2004 ($2.70 \pm 2.00 \text{ cm}^2$) a agosto de 2005 ($-1.56 \pm -6.27 \text{ cm}^2$), y posteriormente aumentaron de tamaño de agosto a febrero de 2006 ($5.98 \pm 5.86 \text{ cm}^2$), disminuyendo hasta el final del estudio en septiembre de 2006 ($-47.48 \pm -8.85 \text{ cm}^2$). En el grupo alfa 2, los organismos presentaron un incremento de febrero a junio de 2006 ($12.33 \pm 15.11 \text{ cm}^2$), disminuyendo considerablemente de tamaño al final del estudio ($-132.15 \pm -143.83 \text{ cm}^2$) (Figura 19).

Cuando relacionamos el crecimiento final con el tamaño inicial de cada ejemplar, se vio que los organismos más pequeños crecieron más que los más grandes. Los organismos con tallas menores de $<500 \text{ cm}^2$ presentaron un crecimiento promedio de 96.6%, los de tallas menores de $<1000 \text{ cm}^2$ disminuyeron de tamaño (-27.08% en promedio), y los ejemplares mayores a 1000 cm^2 también disminuyeron de tamaño (-62.14%) (Figura 20).

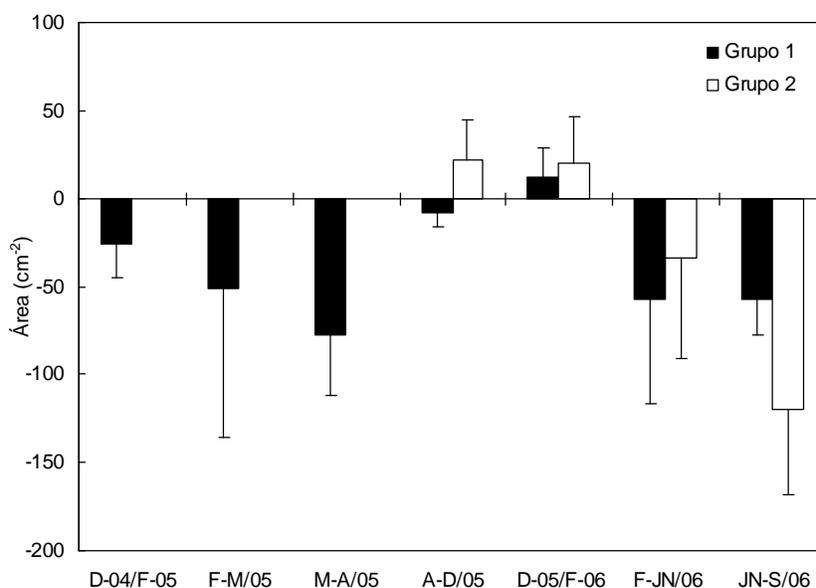


Figura 17. Variación temporal del crecimiento (cm^2) para los dos grupos de *Cliona californiana* incluidos los dos estadios (alfa y gamma). Las líneas representan el error estándar.

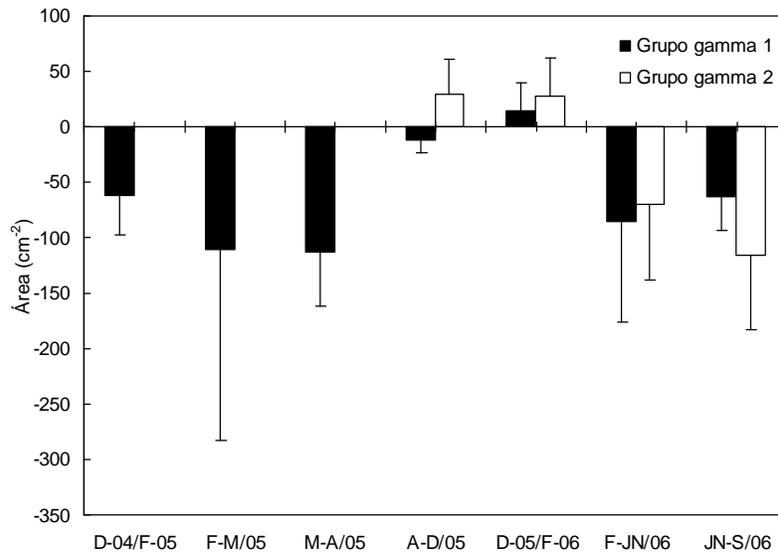


Figura 18. Variación temporal del crecimiento (cm²) para los dos grupos de *Cliona californiana* en estadio gamma. Las líneas representan el error estándar.

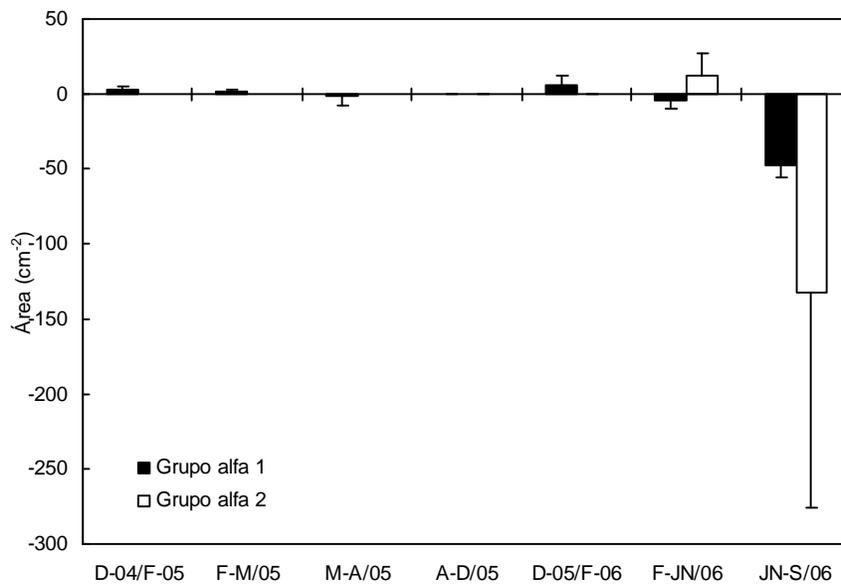


Figura 19. Variación temporal del crecimiento (cm²) para los dos grupos de *Cliona californiana* en estadio alfa. Las líneas representan el error estándar.

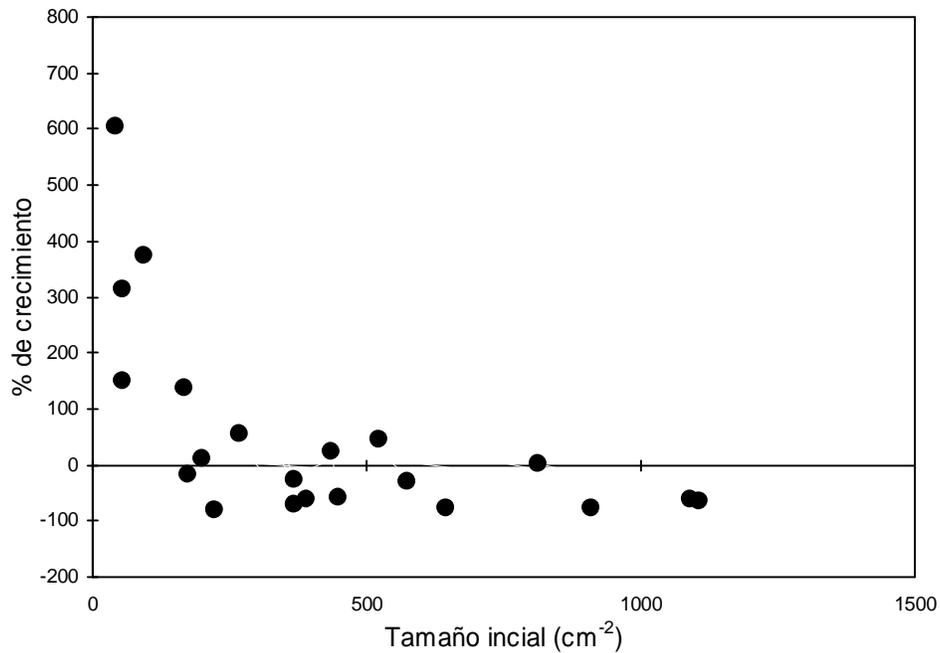


Figura 20. Porcentaje de crecimiento final respecto del tamaño inicial de *Cliona californiana*.

Tabla II. Resultados del análisis ANOVA de una vía para el crecimiento en cm² para los diferentes estadios de crecimiento de *Cliona californiana*. Factor: Tiempo (7 niveles). *Df* grados de libertad; MS suma de cuadrados; F índice de Fisher, *P* probabilidad; (*) significativo ($p < 0.05$).

Fuente de variación	<i>Df</i>	MS	F	<i>P</i>
Alfa	6	2026.688	28.7898	0.000000 (*)
Gamma	6	2347.151	5.38643	0.000027 (*)

8.4. Regeneración.

8.4.1. Tasa de regeneración de *Cliona californiana*.

Todos los ejemplares regeneraron el 100% del tejido dañado después de 35 días (Figura 21). El experimento se realizó en dos épocas del año, en verano e invierno. En verano las esponjas presentaron una tasa de regeneración más rápida (100% de regeneración del tejido dañado en 30 días) que en invierno (100% de regeneración del tejido dañado 40 días de exposición) (Figura 22).



Figura 21. Capacidad de regeneración de dos ejemplares de *Cliona californiana*. A: en verano, en el momento de la extracción del núcleo y D: en Invierno, después de haber regenerado completamente el núcleo extraído a los 40 días aproximadamente.

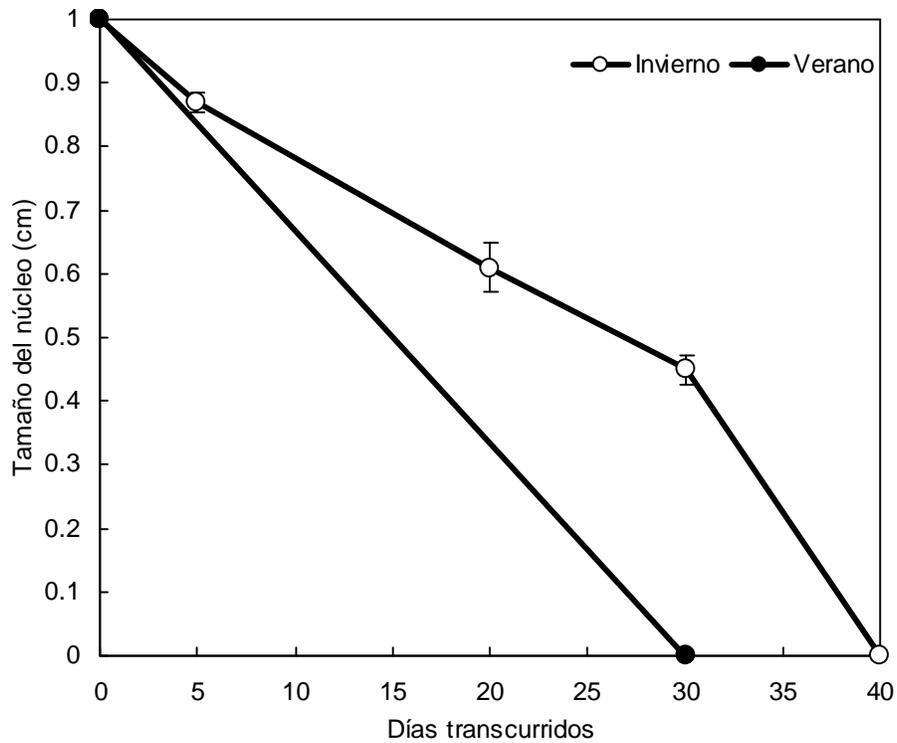


Figura 22. Variación del tamaño del núcleo extraído de *Cliona californiana* después de 40 días de exposición en el área de estudio en dos épocas del año (invierno y verano). Las líneas representan el error estándar.

8.4.2. Contenido orgánico e inorgánico de *Cliona californiana*.

La concentración de materia orgánica varió en el tiempo al igual que la concentración de materia inorgánica, pero de manera inversa. En invierno, la concentración de materia inorgánica (0.9873 ± 0.1545 g) fue mayor que en verano (0.8138 ± 0.0104 g), ocurriendo lo contrario en la concentración de la materia orgánica que fue más alta en verano (0.1802 ± 0.0104 g) que en invierno (0.0127 ± 0.1545 g) (Figura 23).

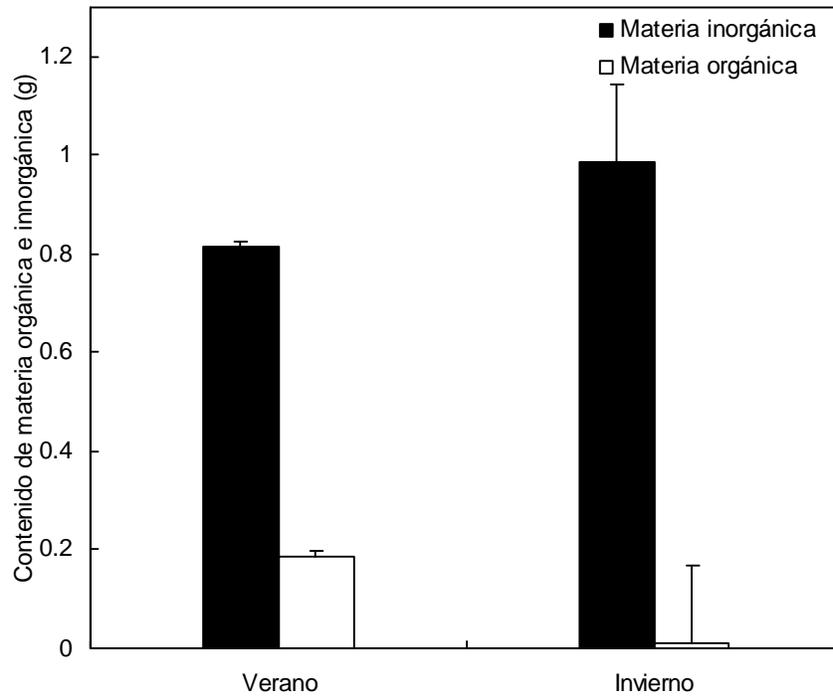


Figura 23. Variación promedio (g) de la materia orgánica e inorgánica en el tejido de la esponja *Cliona californiana* en dos épocas del año (verano e invierno). Las líneas representan el error estándar.

8.5. Relación de parámetros biológicos con las variables ambientales.

Se encontraron correlaciones significativas (positivas y negativas) entre parámetros ambientales entre si, entre variables bióticas, y entre ambos (bióticos y abióticos). El movimiento del agua varió positivamente con el sílice disuelto en la columna de agua ($r = 0.7150$, $p < 0.05$, $n = 8$), y negativamente con los sólidos totales suspendidos ($r = - 0.7432$, $p < 0.05$, $n = 8$).

Entre variables bióticas, se encontró una correlación positiva entre el crecimiento del estadio gamma (cm^2) y la cobertura del estadio gamma (cm^2) ($r = 0.624$, $p < 0.05$, $n = 7$).

Entre variables bióticas y abióticas, se encontró que la temperatura se correlacionó negativamente con el crecimiento del estadio gamma (cm^2) ($r = -0.7964$, $p < 0.05$, $n = 7$) y con la cobertura del estadio gamma (cm^2) ($r = -0.8709$, $p < 0.05$, $n = 7$). También se encontró una correlación negativa entre el coeficiente de atenuación vertical (K_d) y el crecimiento del estadio alfa (cm^2) ($r = - 0.7566$, $p < 0.05$, $n = 7$), y entre la sedimentación/resuspensión y la densidad (ind m^2) para el estadio alfa, se encontró una correlación positiva ($r = 0.8528$, $p < 0.05$, $n = 7$).

Tabla III. Resultado de las correlaciones de Spearman (r) entre variables abióticas, ($p < 0.05$ significativo y $p \geq 0.05$ no significativo) (KD= coeficiente de atenuación vertical, MA= movimiento del agua, S/R= sedimentación/resuspensión, SI= sílice disuelto, CLO= clorofila *a*, STS= sólidos totales suspendidos, MO= materia orgánica y BAC= bacterias heterótrofas).

VARIABLES	T°C	KD	MA	S/R	SI	CLO	STS	MO	BAC
T°C	1.000								
	$p = \text{---}$								
KD	0.275	1.000							
	$p = 0.551$	$p = \text{---}$							
MA	0.023	-0.353	1.000						
	$p = 0.965$	$p = 0.437$	$p = \text{---}$						
S/R	0.273	0.572	-0.367	1.000					
	$p = 0.554$	$p = 0.179$	$p = 0.418$	$p = \text{---}$					
SI	0.617	-0.264	0.715	-0.067	1.000				
	$p = 0.140$	$p = 0.567$	$p = 0.046$	$p = 0.874$	$p = \text{---}$				
CLO	-0.027	0.394	-0.297	0.011	-0.533	1.000			
	$p = 0.956$	$p = 0.382$	$p = 0.518$	$p = 0.979$	$p = 0.174$	$p = \text{---}$			
STS	0.232	0.413	-0.743	-0.376	-0.321	0.387	1.000		
	$p = 0.617$	$p = 0.357$	$p = 0.035$	$p = 0.358$	$p = 0.439$	$p = 0.343$	$p = \text{---}$		
MO	0.410	0.539	-0.509	-0.397	-0.175	0.253	0.591	1.000	
	$p = 0.361$	$p = 0.212$	$p = 0.224$	$p = 0.331$	$p = 0.678$	$p = 0.546$	$p = 0.123$	$p = \text{---}$	
BAC	-0.384	-0.438	-0.187	-0.398	-0.200	-0.450	-0.199	0.061	1.000
	$p = 0.395$	$p = 0.326$	$p = 0.688$	$p = 0.328$	$p = 0.635$	$p = 0.263$	$p = 0.636$	$p = 0.885$	$p = \text{---}$

Tabla IV. Resultado de las correlaciones de Spearman (r) entre variables bióticas, ($p < 0.05$ significativo y $p \geq 0.05$ no significativo) (CA= crecimiento cobertura, CP= crecimiento perímetro, AbA= abundancia cobertura y AbP= abundancia perímetro).

VARIABLES	CAGamma	CAalfa	CPgamma	CPalfa	AbAGamma	AbAalfa	AbPgamma	AbPalfa
CAGamma	1.000							
	$p = \text{---}$							
CAalfa	-0.054	1.000						
	$p = 0.909$	$p = \text{---}$						
CPgamma	0.403	0.847	1.000					
	$p = 0.369$	$p = 0.016$	$p = \text{---}$					
CPalfa	-0.0583	0.993	0.847	1.000				
	$p = 0.901$	$p = 0.000$	$p = 0.016$	$p = \text{---}$				
AbAGamma	0.762	0.294	0.524	0.288	1.000			
	$p = 0.046$	$p = 0.522$	$p = 0.227$	$p = 0.531$	$p = \text{---}$			
AbAalfa	-0.381	-0.041	-0.317	-0.044	-0.604	1.000		
	$p = 0.399$	$p = 0.931$	$p = 0.488$	$p = 0.925$	$p = 0.151$	$p = \text{---}$		
AbPgamma	-0.093	0.458	0.262	0.387	0.446	-0.417	1.000	
	$p = 0.843$	$p = 0.303$	$p = 0.571$	$p = 0.391$	$p = 0.316$	$p = 0.352$	$p = \text{---}$	
AbPalfa	-0.322	-0.511	-0.678	-0.508	-0.671	0.871	-0.588	1.000
	$p = 0.481$	$p = 0.241$	$p = 0.094$	$p = 0.245$	$p = 0.099$	$p = 0.011$	$p = 0.165$	$p = \text{---}$

9. DISCUSIÓN.

9.1. Variables ambientales

Los estuarios se caracterizan por presentar grandes fluctuaciones en algunas variables ambientales como la salinidad, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, y la turbidez del agua, así como en los niveles de marea. Son también considerados como ecosistemas altamente productivos que albergan una gran cantidad de organismos adaptados a este tipo de ambientes (Sfriso *et al.*, 1988).

La temperatura del agua es una de las variables que ejerce una gran influencia en la abundancia, el crecimiento y en la supervivencia de estos organismos (Ávila, 2002). De hecho el crecimiento de muchas especies de esponjas se relaciona de manera directa con las variaciones estacionales de la temperatura del agua (Barthel, 1988, 1989), y una variación abrupta en este parámetro puede incluso provocar mortalidades masivas (Sarà y Vacelet, 1973). En este estudio la temperatura del agua presentó una estacionalidad definida típica de un clima tropical (De la Lanza, 1994), con temperaturas bajas en invierno y temperaturas altas en verano. Esta tendencia coincide con los resultados obtenidos en este estudio, en el estero del Bichi y con otros trabajos realizados en el estero de Urías (Ochoa, 1999; Nava y Yáñez, 2002).

El estero del Bichi se caracteriza por presentar condiciones típicas de estero, con sustrato arenoso y una pequeña zona rocosa ubicada justamente en la boca del estero frente al canal principal. Está bordeado por manglar, principalmente por *Rhizophora mangle*, el cuál funciona como estabilizador de la línea costera y como una barrera protectora contra huracanes, además de

ofrecer resistencia a la erosión causada por el oleaje y por las corrientes de marea.

Este tipo de ambiente recibe aporte de nutrientes provenientes de escurrimientos terrestres y de la defoliación natural del manglar (Flores-Verdugo, 1989; Arreola-Lizarraga *et al.*, 2004). Los nutrientes son parte importante en el funcionamiento de la mayoría de los organismos vivos (Riley y Skirrow, 1975). En este trabajo estudiamos la concentración sílice disuelta porque es un nutriente primordial para la mayoría de las esponjas que lo usan para construir su estructura esquelética y crecer (Bavestrello *et al.*, 1993). La concentración de sílice disuelta registrada alcanzó la máxima concentración durante mayo de 2005 ($38.75 \mu\text{mol} \pm 7.1 \mu\text{mol}$), y la mínima durante febrero de 2006 ($5.31 \mu\text{mol} \pm 1.21 \mu\text{mol}$), y aunque nuestros resultados no mostraron una estacionalidad definida, las concentraciones obtenidas en este trabajo están dentro de los rangos reportados por del Río-Chuljak (2006) para la bahía de Ohuira-Topolobampo en general y para otras bahías como Navachiste-San Ignacio, Santa María-La Reforma, Altata-Ensenada del Pabellón, Ceuta y Teacapan, sugiriendo que las concentraciones más bajas registradas en las bahías es debido probablemente a que no reciben directamente los aportes derivados de escurrimientos producidos por el intemperismo, que es una de las principales fuentes de enriquecimiento.

La concentración de nutrientes y los aportes de materia orgánica que se acumulan en un ecosistema estimulan la producción primaria produciendo florecimientos fitoplanctónicos (Vollenweider, 1992; Valiela, 1995). Esto conlleva a un enriquecimiento fitoplanctónico en la columna de agua y de una mayor concentración de clorofila *a*. La concentración de clorofila *a* registrada

estuvo muy por debajo de los datos registrados en la bahía de Ohuira-Topolobampo (del Río-Chuljak, 2006; López-Aguilar 2006). La intención de estimar esta serie de parámetros fue para conocer la cantidad de alimento que las esponjas tienen disponible, ya que éstas se nutren de una serie de organismos microscópicos como son microalgas, bacterias heterótrofas, protozoarios y nutrientes disueltos en la columna de agua como el sílice, nitrógeno, entre otros (Reiswig, 1975; Pile *et al.*, 2003; Cerrano *et al.*, 2004; Maldonado *et al.*, 2005).

La concentración de sólidos totales suspendido y materia orgánica disuelta en el estero del Bichi, están dentro del rango reportado para el estero de Urías (Osuna-López *et al.*, 1989; del Río-Chuljak, 2003). Estos valores clasifican al estero El Bichi como un sistema oligotrófico (Dodds *et al.* 1998).

Aunque en este estudio no se encontró una relación directa entre el crecimiento de *Cliona californiana* y la tasa de sedimentación/resuspensión, se sabe que niveles altos de sedimentación son responsables del empobrecimiento de comunidades de esponjas (Sarà y Vacelet, 1973). De hecho, el crecimiento de las esponjas puede ser inhibido por una alta carga de sedimentación o por niveles bajos y continuos de sedimentación, puesto que requieren de una considerable cantidad de energía para limpiar los canales y orificios obstruidos (Carballo *et al.*, 1996). En la bahía de Mazatlán el valor máximo reportado ($11 \text{ kg m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) (Ávila, 2002), es muy alto comparado con el registrado por nosotros ($0.90 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), en el estero del Bichi. Por otro lado, en la bahía de Algeciras-España, el valor máximo reportado ($0.99 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) (Carballo *et al.*, 1996) es muy parecido al registrado en nuestro estudio.

Lo más destacado del estudio ambiental, fue la falta de estacionalidad de la mayoría de las variables ambientales, lo cual contrasta con otros estudios en ecosistemas parecidos (Ochoa, 1999; Nava y Yáñez, 2002). Esta falta de estacionalidad se podría deber al efecto que las corrientes de mareas ejercen sobre el sistema, ya que debido a las características geográficas del estero las corrientes alcanzan una gran velocidad produciendo cambios en la intensidad de corriente, así como las variables que pudieran estar relacionadas, como la turbidez del agua, sedimentación, etc.

9.2. Dinámica poblacional.

Los resultados indican que no hubo una variación significativa de la densidad (ind. m²) ni de la cobertura de los ejemplares en estadio gamma, y solo los especímenes alfa variaron significativamente. Sin embargo, no se encontró ninguna relación significativa entre la variación de la abundancia de los ejemplares alfa y las variables ambientales, a pesar de que la abundancia de muchas poblaciones de esponjas, generalmente aumentan cuando la temperatura del agua se eleva (Rader y Winget, 1985; Barthel, 1991; Meroz e Ilan, 1995 y Turon *et al.*, 1998). Por ejemplo, la abundancia de *Halichondria sp.* incrementa a finales de la primavera y principio de verano (Fell y Lewandrowski, 1983), y experimenta una fase degenerativa durante el invierno (Barthel, 1989).

El hecho de que no se encontraran larvas o huevos de *C. californiana* durante el periodo de estudio puede deberse a que esta esponja no se reproduzca sexualmente todos los años, como ha sido documentado en otras especies que lo hacen cada dos años, como el caso de esponja *Cliona viridis* (Mariani *et al.*, 2000 y 2001). La reproducción de especies similares a *Cliona*

californiana (e.g. *C. truittii*) coincide con el aumento en la temperatura del agua a principios de la primavera en el Mediterráneo (Pomponi y Meritt, 1985). De manera similar, el desove de *C. viridis* coincide también con un aumento de la temperatura del agua en primavera (Mariani *et al.*, 2000 y 2001).

Los procesos de fusión y fisión también causan cambios en la abundancia que no están ligadas a la mortalidad de adultos ni al reclutamiento de juveniles (Wulff, 1985). Sin embargo, a lo largo del periodo de estudio, no se encontraron fragmentos de esponja que indicaran que se presente este proceso.

9.3. Crecimiento y regeneración.

El crecimiento juega un papel muy importante en la supervivencia de los organismos invertebrados de vida sésil (Sebens, 1987 y Knott *et al.*, 2006), ya que la mayoría están frecuentemente expuestos a una serie de procesos físicos y biológicos que ponen en peligro su supervivencia. Estos organismos reducen estos daños y aseguran su supervivencia variando su morfología (forma y estructura) y fisiología a través de procesos como el crecimiento, la regeneración (Connell, 1973 y Jackson, 1979) y el desarrollo de compuestos bioactivos, los cuales utilizan en muchos casos como un sistema de defensa química frente a factores externos causantes de estrés como la depredación, el exceso de recubrimiento por organismos epibiontes (fouling)(Becerro *et al.*, 1994) o a la fuerte competencia por el espacio (Scheuer, 1990; Faulkner, 1992; Pawlik, 1993 y Proksch, 1994). En este sentido, en el caso de *C. californiana*, se podría creer que ésta reduce los daños causados por el estrés (epibiontes y competencia por espacio) con procesos de regeneración que es más rápida que el crecimiento.

A diferencia de la abundancia, el crecimiento de *C. californiana* (alfa y gamma), varió significativamente a lo largo del periodo de estudio. El estadio alfa no presentó un cambio aparente en comparación con el estadio gamma, y lo más destacable fue que ninguno de los estadios alfa que se marcaron al principio del estudio creció hasta un estadio beta o gamma. Los ejemplares en estadio alfa variaron en tamaño, pero sin llegar a cambio de estadio de desarrollo. Por otro lado, el estadio de crecimiento gamma presentó un periodo de encogimiento que se relacionó con el aumento en la temperatura del agua en verano, y un periodo de crecimiento relacionado con el descenso en la temperatura del agua en invierno.

Las poblaciones de esponjas reflejan las condiciones ambientales del lugar donde viven, siendo los nutrientes orgánicos e inorgánicos, la turbulencia física del medio, la sedimentación y los altos niveles de luz ultravioleta (Wilkinson y Cheshire, 1989), los parámetros considerados como mas limitantes para el crecimiento de esponjas de aguas poco profundas (Wilkinson y Evans, 1988).

Sin embargo, en este estudio, al contrario de lo esperado, no se encontraron relaciones claras entre parámetros como la sedimentación, el movimiento del agua, la transparencia de la columna de agua y la disponibilidad del alimento, y la dinámica poblacional de *C. californiana*.

La temperatura del agua es uno de los factores más importantes que controlan el crecimiento de muchas esponjas (Turon *et al.*, 1998; Garrabou y Zabala, 2001), y el crecimiento de *C. californiana* se relacionó con la temperatura del agua ($r = -0.7964$, $p < 0.05$, $n = 7$) indicando que la esponja centra su crecimiento en los momentos fríos (crece cuando la temperatura del agua disminuye). Esta alternancia entre crecimiento en los momentos fríos, y

degeneración en los momentos cálidos ha sido documentado previamente para otras especies en zonas próximas (i. e. *Suberites aurantiaca* (Carballo *et al.*, 2004 b), *Haliclona caerulea* (Avila y Carballo, 2004).

El crecimiento final de *C. californiana* varió respecto a su talla inicial, ya que como era de esperar, las tasas de crecimiento mas altas se registraron en los especímenes mas pequeños (108.7%). Por otra parte, la mayoría de los especímenes grandes presentaron un encogimiento en relación a su tamaño inicial (-39.9%). Dentro del grupo de organismos con crecimiento gamma, se observó que aquellos con tallas pequeñas (<500 cm²) crecieron mas en comparación con los organismos de tamaños grandes (>500 cm²), que no crecieron o incluso disminuyeron de tamaño. Esto ha sido indicado para otras esponjas (Dayton, 1979; Barthel, 1989; Turon *et al.*, 1998; Ávila y Carballo, 2004), pero no puede establecerse como una generalidad (Fell y Lewandroski, 1981), ya que se da una variabilidad alta en el crecimiento de especímenes de tallas similares que podría ser explicada en parte por las condiciones de hábitat (Garrabou y Zabala, 2001).

Debido a que *C. californiana* no presentó un cambio del estadio alfa a un estadio gamma, cabe la posibilidad de considerar que los estadios de crecimiento alfa y gamma de *C. californiana* podrían pertenecer a especies diferentes, ya que durante el periodo de estudio que comprendió casi dos años, no se registró un cambio del estadio alfa al estadio beta. Sería un caso contrario al reportado por Rosell y Uriz (1991) para *C. viridis* y *C. nigricans*, las cuales se consideraban especies diferentes, pero que a través de estudios morfológicos e histológicos se ha establecido que se trataba de la misma

especie. Sin embargo, para confirmar esta observación preliminar se deberían hacer estudios genéticos.

A pesar de que *C. californiana* no presentó un periodo de crecimiento claro, o marcads estacionalmente, la capacidad de regeneración de los ejemplares dañados experimentalmente fue muy alta. Las esponjas están expuestas frecuentemente a una serie de procesos físicos y biológicos que dañan los tejidos de éstas, poniendo en peligro su supervivencia. Éstas reducen, en parte, estos daños a través de procesos de regeneración que aseguran su supervivencia (Connell, 1973; Jackson, 1979), los cuales comienzan inmediatamente después de que se produce un daño (Pronzato *et al.*, 1999; Corriero *et al.*, 2004). La mayoría de las esponjas presenta un crecimiento lento en comparación con la tasa de regeneración que es rápida (Ayling, 1983), y los pocos estudios que han evaluado este proceso, confirman que es muy rápido y eficiente (Bell, 2002). Recientemente se demostró que *Geodia cydonium* regeneraba completamente el daño en su cuerpo a los tres días de iniciar el experimento (Mercurio *et al.*, 2007).

Cliona californiana, durante el periodo de diciembre de 2004 a agosto de 2005, presentó una disminución del 24.5% con respecto al tamaño inicial. Este periodo de encogimiento coincidió con el momento de regeneración más alto (en verano), cuando regeneró el 100% del tejido dañado a los 30 días de exposición al ambiente. En invierno la tasa de regeneración fue más lenta, regenerando completamente el tejido dañado después de los 40 días de exposición. Este momento de lenta regeneración coincidió con el periodo de crecimiento más alto de la esponja de agosto de 2005 a febrero de 2006. Esto indica que si la esponja está en proceso de crecimiento, su tasa de

regeneración va a ser lenta y viceversa. Esto podría sugerir que ésta, cuando está creciendo, la esponja tiene menos capacidad de regeneración debido al desgaste energético que supone este proceso. Sin embargo, Bell (2002) registró la tasa de regeneración de *C. celata*, sometida a dos lugares con diferente flujo de corriente, encontrando que la tasa de regeneración más rápida la presentaron los organismos con mayor flujo de corriente, sugiriendo que se debió a la cantidad de alimento acarreado por las corrientes.

10. CONCLUSIONES.

1. Se confirma que la esponja *C. californiana* es una de las pocas especies del género que desarrolla los tres estadios de crecimiento alfa, beta y gamma, los cuales interactúan espacialmente al mismo tiempo en la zona de estudio.
2. La abundancia de *C. californiana* en el estero del Bichi no varió durante el periodo de estudio, manteniéndose como una población muy estable a lo largo del tiempo.
3. *Cliona californiana* es una esponja con un crecimiento lento, y limitado a los momentos de baja temperatura. Alterna procesos de crecimiento con capacidad de regeneración baja en invierno, y periodos de encogimiento con capacidad de regeneración alta en verano.
4. No se detectó cambio entre los estadios de crecimiento después de casi dos años de estudio, lo que confirma que es una especie de crecimiento muy lento.
5. El éxito de esta especie para persistir en este ambiente a lo largo del tiempo, podría deberse en parte a la alternancia entre el crecimiento y la capacidad de regeneración. Esta capacidad de regeneración tan alta la ayuda a recuperarse de posibles agresiones externas (biológicas y físicas). Además de que es una especie persistente, adaptada a su entorno, pero a la vez vulnerable a los cambios de hábitat, por la ausencia de reclutamiento y crecimiento lento.

11. BIBLIOGRAFÍA.

- Akpan, E.B. & Farrow, G.E. (1985)** Shell bioerosion in high-latitude low-energy environments: Firths of Clyde and Lorne, Scotland: *Marine Geology*. 67: 139–150.
- Alcolado, P.M. (1979)** Estructura ecológica de la comunidad de esponjas de un perfil costero de Cuba. *Ciencias Biológicas*. 3:105-127.
- Arreola-Lizarraga, J.A., Flores-Verdugo, F.J. & Ortega-Rubio A. (2004)** Structure and litter fall of an arid mangrove stand on the Gulf of California Mexico. *Acuatic Botany*. 74: 137-143.
- Austin, B. (1988)** *Marine microbiology*. Cambridge University Press. 222 pp.
- Ávila, E. (2002)** Dinámica poblacional de la asociación *Haliclona caerulea* (Hechtel, 1965) (Demospongiae, Haplosclerida) y algas rojas en la bahía de Mazatlán (México, Pacífico Oriental). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 76 pp.
- Ávila, E. & Carballo, J.L. (2004)** Growth and standing stock biomass of a mutualistic association between the sponges *Haliclona caerulea* and the red algae *Jania adherens*. *Symbiosis*. 36: 225-243.
- Ayling, A.L. (1983)** Growth and regeneration rates in thinly encrusting demospongiae from temperate waters. *Biology Bulletin Marine Biological Laboratory*, Woods Hole. 165: 343-352.
- Bailey-Brock, J.H. & Ringwood, A. (1982)** Methods for control of the mud blister worm, *Polydora websteri*, in Hawaiian oyster culture. *Sea Grant Quarterly*. 4: 1-6.

- Barthel, D. (1988)** On the ecophysiology of the sponge *Halichondria panicea* in Kiel Bight. II. Biomass, production, energy budget and integration in environmental processes. Marine Ecology Progress Series. 43: 87-93.
- Barthel, D. (1989)** Growth of the sponges *Halichondria panicea* in the North Sea habitat. Polish Academy of Sciences, Institute of Oceanology. 23-30 pp.
- Barthel, D. (1991)** Population dynamics of the sponges *Halichondria panicea* (Pallas) in Kiel Bight. In: Marine eutrophication and population dynamics. G. Colombo et al., (eds). Olsen and Olsen, Fredensborg. 203-209 pp.
- Bavastrello, G., Bonito, M. & Sará, M. (1993)** Influence of depth on the size of sponge spicules. Scientia Marina. 57 (4): 415-420.
- Becerro, M.A. (1994)** Chemically mediated of encrusting sponge *Crambe crambe* and its ecological implications. PhD thesis. University of Barcelona.
- Bell, J.J. (2002)** Regeneration rates of a sublittoral demosponges. Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom. 82:169-170.
- Bell, J.J. & Barnes, D.K.A. (2000)** The influences of bathymetry and flow regime upon the morphology of sublittoral sponges communities. Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom. 80:707-718.
- Bergquist, P.R. & Sinclair, M.E. (1973)** Seasonal variation in settlement and speculation of sponge larvae. Marine Biology. 20: 35-44.
- Boney, A.D. (1989)** Phytoplankton. In: Routledge, Chapman and Hall (2^{da} eds). New York. 116 pp.

- Calcinai, B., Cerrano, C., Bavastrello, G. & Sará, M. (1999)** Biology of the massive symbiotic sponges *Cliona nigricans* (Porifera: Demospongia) in the Ligurian Sea. *Memoirs of the Queensland Museum*. 44:77-83.
- Calvo, F. (1985)** Estadística aplicada. Ediciones Deusto (2^{da} Ed). España. 596 pp.
- Carballo, J.L. (2006)** Effect of natural sedimentation on the structure of tropical rocky sponge assemblages. *Ecoscience*. 13 (1): 119-130.
- Carballo, J.L. & Naranjo, S.A. (2002)** Environmental assessment of a large industrial marine complex based on a community of benthic filter-feeders. *Marine Pollution Bulletin*. 44: 605-610.
- Carballo, J.L. & Nava, H. (2007)**. Comparison of sponge assemblage patterns between two adjacent tropical rocky habitats (tropical pacific ocean, México). *Ecoscience* 14 (1): 92-102.
- Carballo, J.L., Sánchez-Moyano, J.E. & García-Gómez, J.C. (1994)** Taxonomic and ecological remarks on boring sponges (Clionidae) from the Straits of Gibraltar (Southern Spain): tentative bioindicators?. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 112: 407-424.
- Carballo, J.L., Naranjo, S.A. & Garcia-Gómez, J.C. (1996)** The use of marine sponges as stress indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula). *Marine Ecology Progress Series*. 135:109-122.
- Carballo, J.L., Cruz-Barraza, J.A. & Gómez, P. (2004 a)** Taxonomy and description of clionaid sponges (Hadromerida, Clionidae) from the Pacific Ocean of México. *Zoology Journal of the Linnean Society*. 141:353-397.

- Carballo, J.L., Yáñez, B. & Nava, H. (2004 b)** Persistence of the sponges *Suberites aurantiaca* (Duchassainn and Michelotti 1864) in an estuarine ecosystem (Pacific coast, Mexico). *Bulletin of Marine Science*. 75(3): 487-497.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1994 a)**. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology*. 118:167-176.
- Clavier, J. (1992)** Infestation of *Haliotis tuberculata* shells by *Cliona celata* and *Polydora* sp. South Australia Department of Fisheries. Research paper. 24:16-20.
- Cerrano, C., Calcinai, B., Cucchiari, E., Di Camillo, C., Tutti, C. & Bavestrello, G. (2004)** The diversity of relationships between Antarctic sponges and diatoms: the case of *Mycale acerata* Kirkpatrick, 1907 (Porifera: Demospongiae). *Polar Biology*. 27: 231-237.
- Comely, C.A. (1978)** *Modiolus modiolus* (L) from the Scottish West Coast. I. Biology. *Ophelia*. 17(2):167-193.
- Connell, J.H. (1973)** Population ecology of reef-building corals. In: Biology and geology of coral reefs, Vol 2. Jones OA, Endean R (eds.). Academic Press, New York. 205-245 pp.
- Corriero, G., Longo, C., Mercurio, M., Nonnis-Marzano, C., Lembo, G. & Spedicato, M.T. (2004)** Rearing performances of *Spongia officinalis* on suspended ropes off Southern Italian coast (central Mediterranean Sea). *Aquaculture*. 238: 195-205.
- Dayton, P.K. (1979)** Observation of growth, dispersal and population dynamics of some sponges in McMurdo Sound, Antarctica. In: Biologie de Spongiaires. Levi Cy Boury-Esnault N (Eds). Coll Int CNRS 291, Paris Francia. 271-282 pp.

De la Lanza-Espino, E.G. (1994) Química de las lagunas costeras y el litoral mexicano. En lagunas costeras y el litoral Mexicano. De la Lanza-Espino, G y C. Cáceres (eds). Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 127-198 pp.

De Laubenfels, M.W. (1932) The marine and freshwater sponges of California, Proceedings of the National Museum. 81(4): 1-40.

Del Río Chuljak, A (2003) Concentración y aporte de nutrientes en el Estero de Urías (Puerto de Mazatlán): tiempo de residencia y variabilidad estacional. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. 64 pp.

Del Río Chuljak, A (2006) Distribución espacial y temporal de fósforo y silicio en aguas de las lagunas costeras de Sinaloa. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 135 pp.

Denny, M.W. (1988) Biology and the mechanics of the waveswept environment. Princeton University Press. New Jersey. 329 pp.

Díaz, M.C., Alvarez, B. & Laughlin, R.A. (1985) The sponge fauna on a fringing coral reef in Venezuela, II: Community structure. In: New perspectives in Sponges Biology. Rützler K (ed). Smithsonian Institution Press. Washington. 101-112 pp.

Dickinson, M.G. (1945) Sponges of the Gulf of California. Allan Hancock Pacific Expedition. 11(1): 1-125.

Dodds, W.K., Jones, J.R. & Welch, E.B. (1998) Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. Water Research. 32: 1455-1462.

- Evans, J.W. (1969)** Borers in the shell of the sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *American Zoology*. 9:775-782.
- Faulkner, D.J. (1992)** Marine natural products. *Natural Products Report*. 9: 323-364.
- Fell, P.E. & Lewandrowski, K.B. (1981)** Population dynamics of the estuarine sponge, *Halichondria* sp within a New England eelgrass community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 55:49-63.
- Fell, P.E. & Lewandrowski, K.B. (1983)** Seasonal fluctuations in standing stock biomass of *Halichondria* sp (Porifera: Demospongia) within a New England eelgrass community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 66:11-23.
- Flores-Verdugo, F.J. (1989)** Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. En *Temas de Oceanografía Biología en México*. Rosa-Vélez, J de la y F. Gonzáles-Farías (Eds). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 337 pp.
- Fromont, J., Craig, R., Rawlinson, L. & Alder, J. (2005)** Excavating sponges that are destructive to farmed pearl oysters in western and Northern Australia. *Aquaculture Research*. 36:150-162.
- Frost, T.M., Denagy, G.S. & Gilbert, J.J. (1982)** Population dynamics and standing biomass of the freshwater sponges *Spongilla ancestris*. *Ecology*. 63:1203-1210.
- Gambi, M.C., Conti, G. & Bremec, C.S. (1996)** Biodiversity and environmental factors in the benthic coastal systems: an approach with polychaete populations of *Cymodocea nodosa* meadows. *Biologia Marina Mediterranean*. 3(1): 40–45.

- Garrabou, J. & Zabala, M. (2001)** Growth dynamics in four Mediterranean demosponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 52: 293-303.
- Green, G. & Gomez, P. (1986)** Estudio taxonómico de las esponjas de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 13 (3): 273-300.
- Green-Ruiz, C.R. (2000)** Geoquímica de metales pesados y mineralogía de la fracción arcillosa de los sedimentos de cuatro puertos del golfo de California. Tesis Doctoral. Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Postgrado, Universidad Nacional Autónoma de México. 329 pp.
- Guida, V.G. (1976)** Sponge predation in the oyster reef community as demonstrated with *Cliona celata*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 25:109-122.
- Hartman, W.D. (1957)** Ecological niche differentiation in the boring sponges (Clionidae). *Evolution*. 11: 294-297.
- Hartman, W.D. (1958)** Natural history of the marine sponges of southern New England. *Bulletin of Peabody Museum of Natural History*. 12:1-155.
- Hein, F.J. & Risk, M.J. (1975)** Bioerosion of Coral Heads: Inner Patch Reefs, Florida Reefs Trac. *Bulletin of Marine Science*. 25:133-138.
- Hentschel, E. (1929)** Die Kiesel-und Hornschwämme des Nördlichen Meeres. *Fauna Artica*. 5:859-1042.
- Hofknecht, G. (1978)** Descriptions and key to the intertidal sponges of the Puerto Peñasco area in the Gulf of California. *Journal of the Arizona Nevada Academy of Science*. 13: 51-56.

- Hom-Halsen, O. (1978)** Chlorophyll a determination: improvements in the methodology. OIKOS: 30: 438-447.
- Hopkins, S.H. (1956 a)** Notes on the boring sponges in gulf coast estuaries and their relation to salinity. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean. 6(1):44-58.
- Hopkins, S.H. (1956 b)** The boring sponges which attack south Carolina oysters, with notes on some associated organisms. Contribution Bears Bluff Laboratorie. 23:3-30.
- INEGI (2002)** Anuario estadístico. Gobierno del Estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. 503 pp.
- INEGI (1995)** Estudio hidrológico del Estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Gobierno del Estado de Sinaloa, México. 88 pp.
- Jackson, J.B.C. (1979)** Morphological strategies of sessile animals. In: Biology and systematics of colonial organisms. Larwood G, Rosen BR (eds). Academic Press, London. 499-555 pp.
- Kirk, J.T.O. (1983)** Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge. 401 pp.
- Knott, N.A., Underwood, A.J., Chapman, A.M. & Glasby, T.M. (2006)** Growth of the encrusting sponge *Tedania anhelans* (Lieberkuhn) on vertical and on horizontal surfaces of temperate subtidal reefs. Marine and Freshwater Research. 57:95-104.
- Komatsu, T. & Kawai, H. (1992)** Measurements of time averaged intensity of water motion with plaster balls. Journal Oceanography. 48:353-365.

- Krakatitsa, T.F. & Kaminskaya, L.D. (1979)** Boring activity of sponges-pests of Black Sea oyster beds. *Boil Moray*. 6:15-19.
- López-Aguilar, L.K. (2006)** Distribución espacial y estacional de las principales especies químicas del nitrógeno en aguas de las lagunas costeras de Sinaloa. Tesis maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 204 pp.
- Maldonado, M., Carmona, M.C., Velásquez, Z., Puig, A. & Cruzado, A. (2005)** Siliceous sponges as a silicon sink: An overlooked aspect of benthopelagic coupling in the marine silicon cycle. *Limnology Oceanography*. 50 (3): 799-809.
- Maldonado, M. & Young, C.M. (1999)** Effects of the duration of larval life on postlarval stages of the demosponge *Sigmadocia caerulea*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 232:9-21.
- Mariani, S., Piscitelli, M. & Uriz, M.J. (2001)** Temporal and spatial co-occurrence in spawning and larval release of *Cliona viridis* (Porifera: Hadromerida). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 81:565-567.
- Mariani, S., Uriz, M.J. & Turon, X. (2000)** Larval bloom of the oviparous sponge *Cliona viridis*: coupling of larval abundance and adult distribution. *Marine Biology*. 137:783-790.
- Maughan, B.C. (2001)** The effects of sedimentation and light on recruitment and development of a temperate, subtidal, epifaunal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 256: 59-71.
- Mercurio, M., Corriero, G. & Gaino, E. (2007)** A 3-year investigation of sexual reproduction in *Geodia cydonium* (Jameson 1811) (Porifera, Demospongiae) from a semi-enclosed Mediterranean bay. *Marine Biology*. 151(4): 1491-1500.

- Meroz, E. & Ilan, M. (1995)** Life history characteristics of a coral reef sponge. Marine Biology. 124: 443-451.
- Moore, C.H., Graham, E.A. & Land, L.S. (1976)** Sediment transport and dispersal across the deep fore-reef and island slope (-55m to -305 m), Discovery Bay, Jamaica. Journal of Sedimentation Petroleum. 46:174-187.
- Moore, P.G. (1972)** Particulate matter in the sublittoral zone of an exposed coast and its ecological significance with special references to the fauna inhabiting kelp holdfasts. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 10: 59-80.
- Muss, B.J. (1968)** A field method for measuring "exposure" by means of plaster balls. Sarsia. 34: 61-68.
- Naranjo, S.A., Carballo, J.L. & García-Gómez, J.C. (1997)** The effect of environmental stress on ascidian populations in Algeciras Bay (Southern Spain). Possible marine bioindicators? Marine Ecology Progress Series. 144:119-131.
- Naranjo, S.A., Carballo, J.L. & García-Gómez, J.C. (1996)** The effects of environmental stress on ascidians populations in Algeciras Bay (Southern Spain). Possible Marine Bioindicators. Marine Ecology Progress Series. 144: 119-131.
- Nava-Bravo, H.H. & Yañez-Chavez B. (2002)** Crecimiento y supervivencia de algunas esponjas marinas en sistemas de cultivos experimentales. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. 55 pp.
- Neumann, A.C. (1966)** Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponges, *Cliona lampa*. Limnology and Oceanography. 11:92-108.

Ochoa-Izaguirre, M.J. (1999) Composición y distribución de macroalgas en el sistema lagunar de Urías (Mazatlán, Sinaloa, México) variación estacional de la biomasa en relación con la disponibilidad de nutrientes y algunos factores ambientales. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 75 pp.

Osuna-López, I., Paez-Osuna, F., Marmolejo-Rivas, C. y Ortega-Romero, P. (1989) Metales Pesados disueltos y particulados en el Puerto de Mazatlán. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 16(2): 307-320.

Pang, R.K. (1973 a) The ecology of some Jamaican excavating sponges. Bulletin of Marine Science. 23:227-243.

Pang, R.K. (1973 b) The systematics of some Jamaican excavating sponges (Porifera). Postilla Peabody Museum. Yale University. 161:1-75.

Pawlik, J.R. (1993) Marine invertebrate chemical defenses of Caribbean sponges against predatory reef fish. I. Chemical deterrence. Marine Ecology Progress Series. 119: 15-29.

Perry, C.T. (1998) Macrobrowsers within coral framework at Discovery Bay, north Jamaica: species distribution and abundance, and effects on coral preservation. Coral Reefs. 17:277-287.

Pile, A.J., Grant, A., Hinde, R. & Borowitzke, M.A. (2003) Heterotrophy on ultraplankton communities is an important source of nitrogen for a sponge rhodophytes symbiosis. The Journal of Experimental Biology. 206: 4533-4538.

Pomponi, S.A. & Meritt, D.W. (1985) Distribution and life history of the boring sponge *Cliona truitti* in the upper Chesapeake Bay. 384-390 pp.

- Pomponi, S.A. & Meritt, D.W. (1990)** Distribution and life history of the boring sponge *Cliona truitti* in the Upper Chesapeake Bay. In: New perspectives in sponge biology. K. Rützler (Eds). Washington, DC. 384-390 pp.
- Pomponi, S.A. (1980)** Cytological mechanisms of calcium carbonate excavation by boring sponges. *International Review of Cytology*. 65: 301-319.
- Proksch, P. (1994)** Defensive roles for secondary metabolites from marine sponges and sponges feeding nudibranchs. *Toxicon*. 32(6): 639-655.
- Pronzato, R., Bavestrello, G., Cerrano, C., Magnito, G., Manconi, R., Pantelis, J., Sará, A. & Sidri, M. (1999)** Sponges farming in the Mediterranean Sea: new perspectives. *Memoris of the Queensland Museum*. 44: 485-491.
- Rader, R.B. & Winget, R.N. (1985)** Seasonal growth rate and population dynamics of a freshwater sponges. *Hydrobiologia*. 123: 171-176.
- Rawlinson, L. (2000)** Management of a bioeroding sponge on the pearl oyster, *Pinctada maxima*. BSc Honours Thesis. Edith Cowan University, Perth, WA. 117 pp.
- Reid, R.E.H. (1968)** Bathymetric distribution of *Calcarea* and *Hexactinellida* in the present and the past. *Geological Magazine*. 103: 546-559.
- Reiswig, H.M. (1975)** Bacteria as food for temperate-water marine sponges. *Canarias Journal zoology*. 53: 582-589.
- Riley, J.P. & Skirrow, G. (1975)** *Chemical Oceanography*. 2nd. Ed. Academic Press. London. 674 pp.
- Rosell, D. (1993)** Effects of reproduction in *cliona viridis* (Hadromerida) on zoocanthellae. *Scientia Marina*. 57: 405-413.

- Rosell, D. & Uriz, M.J. (1991)** *Cliona viridis* (schmidt, 1862) and *Cliona nigricans* (Schmidt, 1862) (Porifera: Hadromerida): evidence which shows they are the same species. *Ophelia*. 33: 45-53.
- Rosell, D. & Uriz, M.J. (1992)** Do associated zooxanthellae and the nature of the substratum affect survival, attachment and growth of *Cliona viridis* (Porifera: Hadromerida)? An experimental approach. *Marine Biology*. 114: 503-507.
- Rosell, D., Uriz, M.J. & Martín, D. (1999)** Infestation by excavating sponges on the oyster (*Ostrea edulis*) populations of the Blanes littoral zone (north-western Mediterranean Sea). *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*. 79: 409-413.
- Rützler, K. (1975)** The role of burrowing sponges in bioerosion. *Oecologia*. 19: 203-216.
- Sará, M. y Vacelet, J. (1973)** Écologie des Démosponges. In: *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*. P.P. Grassé (Eds). Spongiaires, Paris. 3: 472-576 pp.
- Salle, A.J. (1974)** *Fundamental principles of bacteriology*. Data Mac Graw-Hill Publications, Nueva Delhi. 1094 pp.
- Scalera, L.L., Sciscioli, M. & Piscitell, G. (1976)** The sexual reproduction of *Tetilla* sp (Tetractinellidae: Porifera). *Rivista di Biologia*. 66(1-2): 155-162.
- Scheuer, P.J. (1990)** Some marine ecological phenomena: chemical basis and biological potential. *Science*. 248: 173-177.
- Schönberg, C.H.L. (2002)** Sponges of the "*Cliona viridis* complex" – a key for species identification. In: M. Kasim Moosa, S Soemodihardjo, A Soegiarto, et al. *Proceedings of the 9th international Coral Reef Symposium, Indonesia, Vol 1*.

Ministry of Environment, Indonesian Institute of Sciences, International Society for Reef Studies, Jakarta, Indonesia. 295-300 pp.

Sebens, K.P. (1987) The ecology of indeterminate growth in animals. Annual Review of Ecology and Systematic. 18:371-407.

Sfriso, A., Pavoni, B., Marcomini, A. & Orio, A. (1988) Annual variations of nutrients in the Lagoon of Venice. Marine Pollution Bulletin. 19: 54-60.

Stefaniak, L.M., McAtee, J. & Shulman, M.J. (2005) The costs of being bored: Effects of a clionid sponge on the gastropod *Littorina littorea*. Journal of the Experimental Marine Biology and Ecology. 327:103-114.

Thomas, P.A. (1979) Boring sponges destructive to economically important molluscan beds and coral reefs in the Indian seas. Indian Journal of Fisheries. 26(1-2): 163-200.

Thomas, P.A. (1981) Boring sponges destructive to economically important molluscan beds and coral reefs in Indian Seas. Indian Journal Fisheries. 26(1-2):163-200.

Turner, H.M. (1985) Parasites of eastern oysters from subtidal reefs in a Louisiana estuary with a note on their use as indicators of water quality. Estuaries. 8(3):323-325.

Turon, X., Tarjuelo, I. & Uriz, M.J. (1998) Growth dynamics and mortality of the encrusting sponge *Crambe crambe* (Poecilosclerida) in contrasting habitats: correlation with population structure and investment in defence. Functional Ecology. 12: 631-639.

Vacelet, J. (1988) Indications de profondeur données par les spongiaires dans les milieux benthiques actuels. Géologie Méditerranéenne. 15: 13-26.

- Valiela, I. (1995)** Marine Ecological Processes. Second Edition, Springer. New York. 686 pp.
- Vollenweider, R.A. (1992)** Coastal marine eutrophication: principles and control. In: Marine Coastal Eutrophication. Vollenweider, R.A., Marchetti, R. y Viviani, R. (Eds). Elsevier the Netherlands. 1-20 pp.
- Warburton, F.E. (1958)** Reproduction of fused larvae in the boring sponge *Cliona celata* Grant. Nature, London. 181:493-494.
- Wesche, S.J., Adlard, R.D. & Hooper, J.N.A. (1997)** The first incidence of clonid sponges (Porifera) from the Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley, 1933). Aquaculture. 157:173-180.
- Wilbur, K.M. & Saleuddin, A.S.M. (1983)** Shell formation. In: ASM Saleuddin y KM Wilbur The Mollusca 4, Physiology . Academic Press. New York, USA. 236-287 pp.
- Wilkinson, C.R. (1978)** Microbial association in sponges. III: Ultra-structure of the in situ associations in coral reef sponges. Marine Biology. 49:177-185.
- Wilkinson, C.R. (1983)** Role of sponges in coral reef structural processes. In: Barnes DJ. Perspective on Coral Reefs. Townsville: Australian Institute of Marine Science. 263-274 pp.
- Wilkinson, C.R. & Cheshire, A.C. (1989)** Patterns in the distribution of sponge populations across the central Great Barrier Reef. Australian Institute of Marine Science. Coral Reefs. 8: 127-134.
- Wilkinson, C.R. & Evans, E. (1988)** Sponge distribution across Davies Reef, Great Barrier Reef, relative to location, depth and water movement. Coral Reefs. 203-209 pp.

Wulff, J.L. (1985) dispersal and survival of fragments of coral reef sponges. In:
Proceedings of the 5th Inth. Coral Reef Symposium Tahiti. 5: 119-124.

Young, H.R. & Nelson, C.S. (1985) Biodegradation of temperate water skeletal carbonates by boring sponges on the Scott shelf, British Columbia, Canada. Marine Geology. 65: 33 35.

Zar, J.H. (1984) Biostatistical analysis. Prentice Hall. 2^{da} Ed. New Jersey. 718 pp.