

**Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada**



**SIMBIONTES DE LOS ABULONES AMARILLO
(*Halictis corrugata*) Y AZUL (*Halotis fulgens*)
DE ISLA DE CEDROS E ISLAS SAN BENITO,
BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**

**TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS**

MA. DEL CARMEN ALVAREZ TINAJERO

Ensenada, Baja Cfa., Mexico.

Mayo de 2000.

TESIS DEFENDIDA POR
Ma. del Carmen Alvarez Tinajero
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ



Dr. Jorge Cáceres Martínez

Director del Comité



Dr. Miguel Angel del Río Portilla

Miembro del Comité



Dr. Josué Alvarez Borrego

Miembro del Comité



Dr. Miguel Angel del Río Portilla

*Coordinador del posgrado en
Acuicultura*



Dr. Federico Graef Ziehl

Director de Estudios de Posgrado

31 de mayo del 2000

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

DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

**SIMBIONTES DE LOS ABULONES AMARILLO (*Haliotis corrugata*) Y
AZUL (*Haliotis fulgens*) DE ISLA DE CEDROS E ISLAS SAN BENITO,
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.**

TESIS

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

MA. DEL CARMEN ALVAREZ TINAJERO

Ensenada, Baja California, México. Mayo de 2000.

RESUMEN de la tesis de MA. DEL CARMEN ALVAREZ TINAJERO, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS con especialidad en ACUICULTURA. Ensenada, Baja California, México.

SIMBIOTES DE LOS ABULONES AMARILLO (*Haliotis corrugata*) Y AZUL (*Haliotis fulgens*) DE ISLA DE CEDROS E ISLAS SAN BENITO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

Resumen aprobado por:



Dr. Jorge A. Cáceres Martínez
Director de Tesis

El abulón es un recurso pesquero muy importante en Baja California, que se ha aprovechado desde la época prehispánica para consumo humano y como objeto de ornato. Actualmente la explotación del abulón está concesionada a Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera. En 1996 la producción de abulón alcanzó un valor de 36 millones de dólares anuales, colocando a este recurso en el tercer lugar en generación de divisas por exportación en el país. Son dos las especies de abulón que sostienen principalmente esta pesquería, el abulón azul (*Haliotis fulgens* Gray, 1828) y el abulón amarillo (*Haliotis corrugata* Philippi, 1845). En los últimos años las capturas han disminuido, al respecto se ha considerado que la pesca excesiva es una de las principales causas, así como cambios ambientales a gran escala que se han asociado con el desarrollo de enfermedades. Considerando la importancia y la escasa información que se tiene acerca de enfermedades y organismos asociados al abulón en México, se presenta este estudio de simbiosis como una contribución al conocimiento de este recurso.

Los abulones que se utilizaron en el presente estudio provienen de Isla de Cedros e Islas San Benito, proporcionados por la Sociedad Cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón S.C.R.C. Se realizaron tres colectas correspondientes a noviembre de 1997, marzo de 1998 y junio de 1998. En total se revisaron 96 ejemplares.

El análisis de las conchas de los abulones mostró la presencia de una serie de epibiontes, entre los que destacan las almejas perforadoras por el daño que ocasionan a la estructura de la concha. El abulón amarillo *H. corrugata* fue mayormente afectado por las almejas

perforadoras, presentó la acción de dos especies *Lithophaga aristata* (Dillwyn, 1817) y *Lithophaga plumula* (Hanley, 1843), en tanto el abulón azul *H. fulgens* presentó la acción de tres especies *L. aristata*, *L. plumula* y *Penitella conradi* (Valenciennes, 1846), esta última se registró de manera escasa. La relación entre la abundancia de epibiontes con el área de las conchas, así como la abundancia de epibiontes con la edad del abulón no son claras, sin embargo, las observaciones muestran una relación positiva entre la abundancia de epibiontes y la edad del abulón.

El análisis del cuerpo blando del abulón en ambas especies, resalta la presencia de bacterias tipo rickettsias (BTR) en diferentes epitelios del tracto digestivo, la mayor abundancia de BTR se presentó en el abulón azul *H. fulgens*. En los abulones de California se ha identificado a una rickettsia "*Candiadtus Xenohaliotis californiensis*" como el agente causal del Síndrome de Deshidratación (SD), el presente estudio no muestra relación significativa entre la presencia de abulones sintomáticos al SD y la presencia de BTR, ya que éstas se presentan tanto en abulones sintomáticos como asintomáticos del SD. Lo anterior sugiere que hay diferentes grados de virulencia entre las BTR y/o que la susceptibilidad entre especies e individuos es diferente. Tanto en el abulón amarillo como azul, además de las BTR, se encontró la presencia de protozoos y copépodos entre los filamentos branquiales y microprotozoos en el tracto digestivo. Adicionalmente se encontraron inclusiones de naturaleza desconocida en los divertículos digestivos, ocasionando una reacción de encapsulamiento por parte del hospedero, su ocurrencia se debe tener en consideración para determinar su naturaleza y efecto sobre el abulón. La información obtenida permite hacer una serie de recomendaciones a los productores abuloneros para controlar la presencia de simbiontes en el abulón, en particular aquellos asociados a enfermedades como las BTR.

Palabras claves: Simbiontes de abulón, *Haliotis corrugata*, *Haliotis fulgens*, Almejas perforadoras, *Lithophaga*, *Penitella*, Rickettsias, Síndrome de Deshidratación.

ABSTRACT of the thesis of MA. DEL CARMEN ALVAREZ TINAJERO, presented as partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCES degree in AQUACULTURE. Ensenada, Baja California, México. Mayo 2000.

Symbionts of yellow abalone (*Haliotis corrugata*) and blue abalone (*Haliotis fulgens*) from Isla de Cedros and Islas San Benito, Baja California, México.

The abalone is a major important fishing resource in Baja California, which has been used since prehispanic times for human consumption and ornaments. At present, abalone exploitation in Mexico is concessioned to Cooperative Societies of Fishing Production. In 1996, the abalone production reaches an annual value of 36 million dollars, giving to this resource the third place in generation of foreign divisas to the country. There are two abalone species which sustain the fishery, the blue abalone (*Haliotis fulgens* Gray, 1828) and the yellow abalone (*Haliotis corrugata* Philippi, 1845). In the past years, the captures have diminished and over fishing has been considered one of the main causes, as well as great scale environmental changes which have been associated with the development of diseases. This study was carried out considering the importance and the lack of information, on abalone diseases and symbionts..

The studied abalone came from the abalone fishing areas of the Sociedad Cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón at Isla de Cedros and Islas San Benito. Three collections were carried out on November 1997, March 1998 and June 1998. In total 96 individuals were analyzed

Abalone shell analysis of samples showed the presence of epibionts, among those the boring clams were considered the most important because of the degree of damage that they cause to the shell structure. The yellow abalone, *H. corrugata*, was mostly affected by two boring clam species, *Lithophaga aristata* (Dillwyn, 1817) and *Lithophaga plumula* (Hanley, 1843), on the other hand the blue abalone *H. fulgens* was affected by three boring clams *L. aristata*, *L. plumula* and *Penitella conradi* (Valenciennes, 1846), this last one with a low incidence. The relationship among the epibiont abundance with the area of the shells, as well as the epibiont abundance with the abalone age was not statistically significant, however the observations showed a positive tendency between epibionts abundance and abalone age.

The analysis of the abalone soft body in both species, emphasizes the presence of bacterias like rickettsias (BTR) in different epithelia of the digestive tract. The higher BTR abundance was presented in the blue abalone *H. fulgens*. Similar bacteria to the BTR have been considered as the causal agent of the Wintering Syndrome (WS) in abalone from California. The present study does not show significant relationship between the presence of WS symptomatic abalones and the presence of BTR, since BTR were present in both symptomatic and asymptomatic abalones. This may suggest different degrees of virulence

among the BTR and/or the susceptibility between species and individuals is different. Besides the BTR, in both abalone species (blue and yellow) there was the presence of protozoa and copepods between the branchial filaments and microprotozoa in the digestive tract. Moreover inclusion body of unknown nature registered mainly in the digestive diverticulum, causing an encapsulation reaction on the part of the host, its occurrence should be had in consideration, to determine its nature and effect on the abalone. This information allows to make some of recommendations to the abalone producers to control the presence of simbiotes in the abalone, in particular those associated to diseases like the BTR.

Keywords: Symbionts, abalone, *Haliotis corrugata*, *Haliotis fulgens*, Shell boring clams, *Lithophaga*, *Penitella*, Rickettsias, Withering Syndrome.

Dedicatoria

A mis dos grandes ejemplos

Susi y Rosa, gracias por todo,

¡ todo!

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Jorge A. Cáceres Martínez por permitirme participar en este proyecto bajo su dirección.

A Dr. Miguel Angel del Río Portilla, por sus valiosos comentarios y apoyo para la realización del trabajo de tesis.

Agradezco al Dr. Josué Alvarez Borrego por sus comentarios y dedicación en la revisión de la tesis.

A la Sociedad Cooperativa pescadores Nacionales de Abulón, por proporcionar las muestras de abulón para el presente estudio, gracias al convenio PNA-CICESE.

Agradezco al Ocean. José Guadalupe por su valioso apoyo que forma gran parte de este estudio.

A Mario (pikin) y Rogelio, por su ayuda en los muestreos en Isla de Cedros.

A los becarios Ulises Nuñez y Héctor Serrano, por el apoyo en la realización de este estudio.

A Lupita Morales por su valiosa ayuda en la búsqueda de bibliografía.

A Luis Carlos Gradilla Martínez que digitalizó las imágenes.

Agradezco de manera muy especial a la M. C. Olivia Tapia por su valioso apoyo.

A mis compañeros y amigos Gissel, Yanet, Sergio, José Angel, Jorge (tatanka). A Bily, Rebeca, Ana, Alberto, Raúl, Erendira, Alex, Maricela.

A Bibiana Medina y Alejandrina Cervantes, gracias.

A todo el personal del Departamento de Acuicultura, especialmente al Dr. Facundo Marqués, a la secretaria María Elena Corona.

Al CONACyT por apoyarme con mi beca y apoyar el presente estudio financiando el proyecto 021PÑ-1297.

Para terminar, a todas aquellas personas que de una u otra manera han sido parte de mi formación académica y personal, ¡ gracias . . . !.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Descripción del abulón	2
I.2. Importancia del abulón	6
I.3. Antecedentes	10
I.4. Objetivos	16
1.4.1. General	16
1.4.2. Particulares	16
II. MATERIALES Y MÉTODOS	17
II.1. Descripción del área de estudio	17
II.2. Colecta	19
II.3. Análisis macroscópico	20
II.4. Análisis microscópico	24
III. RESULTADOS	26
III.1. Análisis macroscópico	26
III.1.1. Características de la concha	26
III.1.1.1. <i>Haliotis corrugata</i>	26
III.1.1.2. <i>Haliotis fulgens</i>	26
III.1.2. Simbiontes en la concha del abulón	29
III.1.2.1. Organismos perforadores	32
III.1.2.1.1. Almejas perforadoras	32
III.1.2.1.1.1. <i>Lithophaga aristata</i>	32
III.1.2.1.1.2. <i>Lithophaga plumula</i>	35
III.1.2.1.1.3. <i>Penitella conradi</i>	36
III.1.2.1.1.4. Ámpulas	37

	<u>Página</u>
III.1.2.1.2. Esponja perforadora	38
III.1.2.2.1. <i>Cliona</i> spp.	38
III.1.2.2.2. Pústulas	39
III.1.2.1.3. Rayos x	40
III.1.2.2. Organismos asociados	42
III.1.2.2.1. Poliquetos	43
III.1.2.2.1.1. Serpulidae	43
III.1.2.2.1.2. Spirorbidae	44
III.1.2.2.1.3. <i>Polydora</i> spp.	45
III.1.2.2.2. Otros epibiontes	45
III.1.2.2.2.1. Almejas asociadas	45
III.1.2.2.2.2. Algas	46
III.1.2.2.2.3. Briozoarios	47
III.1.2.2.2.4. Balanos	47
III.1.2.2.2.5. Caracoles	48
III.1.2.2.2.6. Costras	49
III.2. Relación entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas del abulón	50
III.3. Análisis microscópico	53
III.3.1. Bacterias tipo Rickettsia	58
III.3.1.1. Síndrome de Deshidratación	62
III.3.2. Ciliados	66
III.3.3. Copépodos	67
III.3.4. Microprotozoos	67
III.3.5. Inclusión de naturaleza desconocida	69
III.3.6. Otros simbiontes	70
III.3.6.1. Protozoo tipo gregarina	70
III.3.6.2. Metazoo	71

	<u>Página</u>
III.3.6.3. Encapsulaciones	71
IV. DISCUSION	75
IV.1. Análisis macroscópico	75
IV.1.1. Características de la concha	75
IV.1.2. Simbiontes en la concha del abulón	76
IV.1.2.1. Organismos perforadores	76
IV.1.2.2. Organismos asociados	80
IV.2. Relación entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas del abulón	81
IV.3. Análisis microscópico	84
IV.3.1. Bacterias tipo Rickettsias	84
IV.3.2. Ciliados	90
IV.3.3. Copépodos	91
IV.3.4. Microprotozoos	92
IV.3.5. Inclusión de naturaleza desconocida	92
IV.3.6. Otros microorganismos	93
IV.3.6.1. Protozoo tipo gregarina	93
IV.3.6.2. Metazoo	93
IV.3.6.3. Encapsulaciones	94
IV.4. Comentarios adicionales	94
V. CONCLUSIONES	96
VI. RECOMENDACIONES	98
LITERATURA CITADA	99
APÉNDICE	105

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Anatomía interna de <i>Haliotis</i> , vista dorsal. Tomado de Beverlander, 1988.	4
2	Conchas de los abulones amarillo <i>H. corrugata</i> (A) y azul <i>H. fulgens</i> (B), en la parte superior se muestra la cara interna del la concha y en la parte inferior la cara externa.	6
3	Capturas por especie de abulón de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera, Pescadores Nacionales de Abulón.	9
4	Ubicación de las zonas de muestreo en Isla de Cedros e Islas San Benito.	18
5	A) Concha de abulón amarillo <i>H. corrugata</i> y su respectivo molde de papel aluminio, utilizado para determinar el área de la concha. B) Análisis por cuadrantes de la cobertura de los epibiontes. C) Líneas de crecimiento del abulón utilizadas para determinar la edad.	23
6	Ubicación de las zonas de muestras del cuerpo blando del abulón, que se utilizaron para el análisis histológico.	25
7	Distribución por tallas de las conchas de <i>H. corrugata</i> (A) y <i>H. fulgens</i> (B), para cada localidad.	27
8	Distribución por edad de los abulones <i>H. corrugata</i> (A) y <i>H. fulgens</i> (B), para cada localidad.	28
9	Análisis de regresión entre edad y área de las conchas de los abulones <i>H. corrugata</i> (A) y <i>H. fulgens</i> (B) para las zonas muestreadas.	28
10	Almejas perforadoras <i>Lithophaga aristata</i> (A), <i>Lithophaga plumula</i> (B) y <i>Penitella conradi</i> (C), ámpulas en la cara interna del abulón producidas por las almejas perforadoras (D).	34

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
11	Abundancia promedio de almejas perforadoras en los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	34
12	Distribución por tallas de las almejas perforadoras <i>Lithophaga aristata</i> y <i>L. plumula</i> por especie de abulón; <i>H. corrugata</i> (A) y <i>H. fulgens</i> (B).	35
13	Concha de abulón con perforaciones diminutas ocasionadas por la esponja <i>Cliona</i> spp. (círculo) y perforaciones por almejas del género <i>Lithophaga</i> (flechas).	39
14	Proporción por rangos de cobertura de <i>Cliona</i> spp. para <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> por localidad.	40
15	Placa de Rayos X de <i>H. fulgens</i> . Se observan las perforaciones por almejas (flechas grandes) y las manchas pequeñas son perforaciones ocasionadas por <i>Cliona</i> spp. o poliquetos (flechas pequeñas).	41
16	Porcentajes de cobertura de los epibiontes de la concha de los abulones <i>H. corrugata</i> (A) y <i>H. fulgens</i> (B).	42
17	Prevalencia de los simbios y lesiones encontrados en el cuerpo blando de los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	57
18	BTR en epitelio intestinal. Se observa parte del epitelio intestinal sano (ES) y otra parte infectada (EI) por BTR, donde el epitelio ha perdido su estructura por la ruptura de las células hospederas, se observa la presencia de mucus (M) en el lumen intestinal (200 x). Barra de escala 100 μ .	60
19	BTR en divertículo digestivo. Las células infectadas muestran una hipertrofia que ejerce presión en las células adyacentes (400 x). Barra de escala 20 μ .	60

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
20	Abundancia promedio y prevalencia de BTR en los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> en las diferentes localidades.	61
21	Abundancia de abulones sintomáticos y asintomáticos del SD, así como con presencia o ausencia de BTR, para <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	65
22	A) Protozoos ciliados (P) entre los filamentos branquiales (100 x). Barra de escala 70 μ . B) Copépodo (C) entre los filamentos branquiales, se observa una inflamación de los filamentos (IN) por su presencia (400 x). Barra de escala 60 μ .	73
23	A) Microprotozoos entre las células del epitelio intestinal (MP) (400 x.) Barra de escala 40 μ . B) Inclusión de naturaleza desconocida (IND) entre las células de los divertículos digestivos, se observa la encapsulación de la bacteria (400 x). Barra de escala 20 μ .	73
24	A) Protozoo tipo gregarina (PTG) en riñón derecho (200 x). Barra de escala 30 μ . B) Metazoo (MT) en lumen del intestino, se observa cómo ocupa gran parte del lumen del intestino (100 x). Barra de escala 170 μ .	74
25	Encapsulación hemocitaria (EC) en riñón derecho (200x). Barra de escala 50 μ .	74

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
I Escala del SD.	20
II Epibiontes y lesiones del abulón <i>H. corrugata</i> para la zona de Punta Norte.	30
III Epibiontes y lesiones del abulón <i>H. fulgens</i> para la zona de Punta Norte	30
IV Epibiontes y lesiones del abulón <i>H. corrugata</i> para la zona de San Agustín.	31
V Epibiontes y lesiones del abulón <i>H. fulgens</i> para la zona de San Agustín.	31
VI Proporción de los diferentes tipos de Serpulidae.	44
VII Proporción de los diferentes tipos de Spirorbidae.	45
VIII Análisis de correlación de Spearman entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas de abulones provenientes del campo pesquero Punta Norte. R= coeficiente de correlación. P= probabilidad.	51
IX Análisis de correlación de Spearman entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas de abulones provenientes del campo pesquero San Agustín. R= coeficiente de correlación. P= probabilidad.	52
X Simbiontes y lesiones encontrados en los tejidos de los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> para cada localidad.	54
XI Grado de infestación y prevalencia de BTR en los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	61
XII Porcentaje de BTR en los diferentes epitelios del tracto digestivo en que se localizaron, para <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	62

LISTA DE TABLAS (continuación)

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
XIII	Proporción de organismos de acuerdo a la escala del Síndrome de Deshidratación por grado de achicamiento del pie.	63
XIV	Proporción sexual y madurez gonadal de los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	64
XV	Análisis de correlación de Spearman entre grado de afección por el SD y la abundancia de BTR.	65
XVI	Porcentaje de microprotozoos en los diferentes epitelios del tracto digestivo en que se localizaron, para los abulones <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	69
XVII	Porcentaje de inclusiones de naturaleza desconocida en los diferentes epitelios del tracto digestivo en que se localizaron, para <i>H. corrugata</i> y <i>H. fulgens</i> .	70

SIMBIONTES DE LOS ABULONES AMARILLO (*Haliotis corrugata*) Y AZUL (*Haliotis fulgens*) DE ISLA DE CEDROS E ISLAS SAN BENITO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

I. INTRODUCCIÓN

El abulón es un recurso pesquero muy importante en la Península de Baja California, México. Son dos las especies que sostienen principalmente esta pesquería: el abulón azul (*Haliotis fulgens* Philippi, 1845) y abulón amarillo (*H. corrugata* Gray, 1828), que en conjunto forman el 97% de la producción, el resto está formada por el abulón rojo (*H. rufescens*), negro (*H. cracherodii*) y blanco (*H. sorenseni*) (Ramade *et al.*, 1998). En los últimos años se ha detectado una tendencia a la disminución de las capturas, al respecto, se ha considerado que la pesca excesiva es una de las principales causas, aunado a deficiencias en el manejo de la pesquería y cambios ambientales a gran escala que se han asociado con el desarrollo de enfermedades (Vanblaricon *et al.*, 1993; Guzmán del Prío, 1994; Ponce *et al.*, 1998).

Cualquier invertebrado, incluso el más sano, es un hospedero de organismos (simbiontes) que pueden tener una relación inocua, beneficiosa para ambas partes, nociva para ambos o alguno de ellos (Cheng, 1986). Es importante conocer la flora y fauna asociada para evaluar su importancia cuando se investiga el estado sanitario de un organismo y/o las causas de sus mortalidades (Sindermann, 1990). En invertebrados marinos el desarrollo de enfermedades, como ya se ha dicho, se promueve fácilmente con cambios ambientales tales como aquellos producidos por el fenómeno El Niño y otras

alteraciones fisicoquímicas del hábitat (descargas de contaminantes, surgencias) (Friedman *et al.*, 1997; Valles, 1998).

Considerando la importancia del abulón en Baja California y la aparición de enfermedades devastadoras asociadas con la disminución de las capturas, es necesario conocer los simbioses del abulón, para contar con las bases para el posible control de los principales parásitos y organismos asociados que pudieran representar un riesgo para este recurso.

I. 1. Descripción del abulón

Los abulones son moluscos marinos bentónicos de simetría bilateral de la clase Gasterópoda, están conformados por una sola concha auriforme en la región dorsal, con orificios respiratorios del lado izquierdo que corren a lo largo de ésta, presentan un pie aplanado con el que reptan; habitan fondos rocosos y viven íntimamente asociados a la existencia de grandes bancos de algas pardas de las que se alimentan (Cox, 1960).

En su anatomía general, en vista dorsal (Figura 1) el abulón posee una región anterior o cefálica que tiene dos tentáculos y dos pedúnculos cada uno con un ojo. El tracto digestivo se encuentra en el lado izquierdo del cuerpo. El aparato digestivo consta de una boca y rádula en la región cefálica, esófago, estómago con el hepatopáncreas en el extremo posterior, el intestino y ano ubicados en la región media izquierda del cuerpo. El aparato excretor consta de dos riñones, el derecho es de mayor tamaño ubicado a la derecha del pericardio, traslapado con el hepatopáncreas; el izquierdo es reducido y se encuentra a la izquierda del pericardio. Para la respiración posee dos branquias bipectinadas en el lado

izquierdo del pie y dorsales al esófago. El sistema muscular está constituido principalmente por el pie o callo, que ocupa la mayor parte del espacio debajo de la concha; se encuentran además el músculo izquierdo de la columnela, el epipodio que se extiende de la parte dorsal del pie, el músculo derecho de la columnela que va unido a la concha y los músculos que le dan sostén a las vísceras. Los abulones son organismos dioicos, la gónada está situada a lo largo del lado derecho del músculo de la columnela, presenta forma de cuerno o cono curvo. En el macho, la gónada es de color crema y en las hembras verde oscuro; en organismos inmaduros presentan un color café en ambos sexos, a medida que avanza la maduración las gónadas van cubriendo al hepatopáncreas, parte del estómago, órganos renales y corazón (Beverlander, 1988; Romero, 1996).

La fertilización es externa dando lugar a una larva libre nadadora que permanece en ese estado una o dos semanas, al final del estadio larvario empieza a formarse la concha; la larva se va al fondo donde ocurre una metamorfosis y se adhiere a las rocas, creciendo aproximadamente 2.5 cm anuales (Beverlander, 1988).

Identificación taxonómica del abulón

Phylum: Mollusca

Género: *Haliotis*

Clase: Gasterópoda

Especie: *Haliotis corrugata*

Subclase: Prosobranchia

(abulón amarillo)

Orden: Archeogastropoda

Haliotis fulgens

Suborden: Zygobranchia

(abulón azul)

Familia: Haliotidae

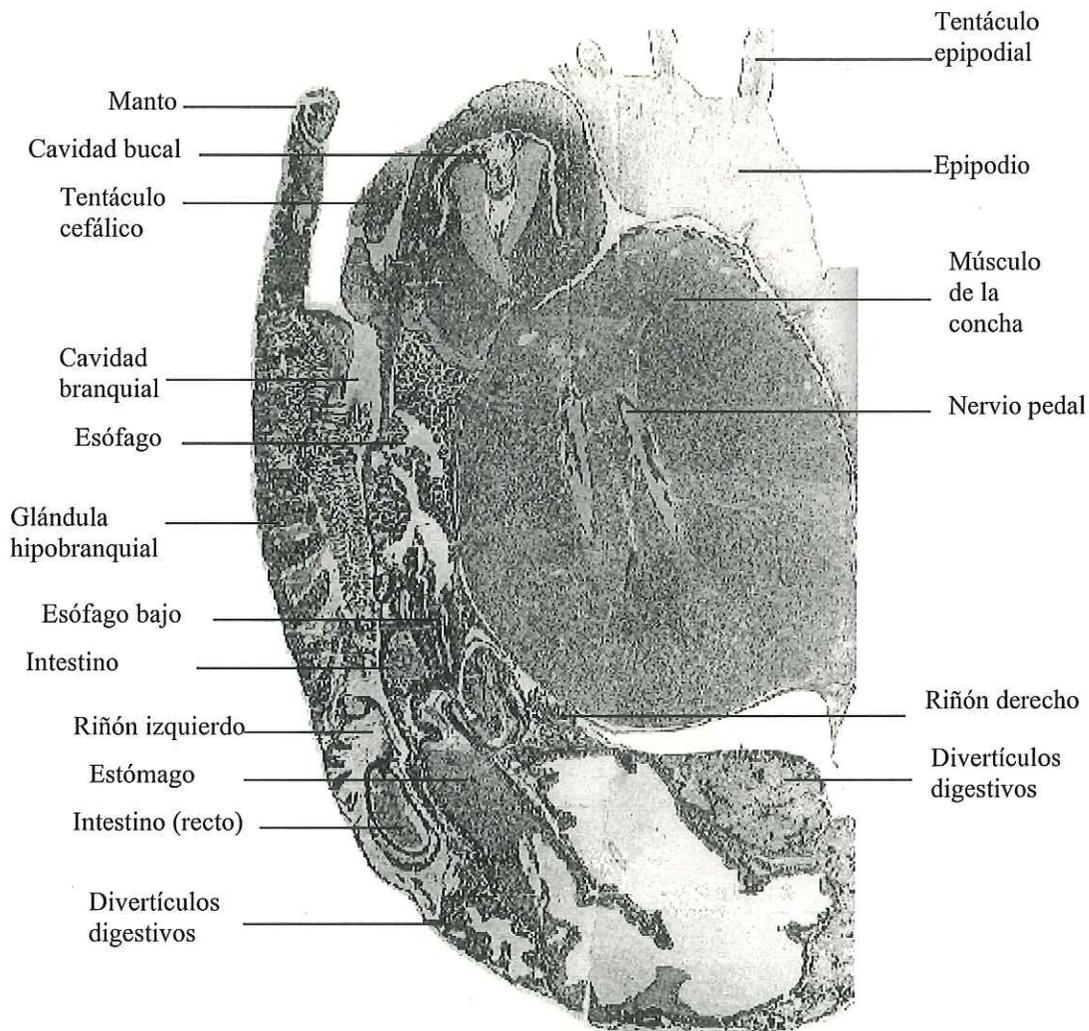


Figura 1.- Anatomía interna de *Haliotis*, vista dorsal. Tomado de Beverlander, 1988.

El abulón amarillo, *H. corrugata* Gray, 1828 (Figura 2A), tiene concha gruesa, circular y arqueada, de color externo café rojizo con corrugaciones evidentes en su superficie externa y pliegues en el margen; presenta de dos a cuatro poros respiratorios abiertos; se caracteriza por tener en el interior de la concha un color iridiscente rosado. Su nombre común se debe a la coloración amarillo mostaza del callo. Llega a medir hasta 22 cm y se encuentra en las zonas rocosas desde Punta Concepción, California, E.U.A. hasta Bahía Tortugas, B.C.S. México, a profundidades de 3 hasta 30 metros (Cox, 1960).

El abulón azul, *H. fulgens* Philipi, 1845 (Figura 2B), presenta una concha ovalada y gruesa, de exterior pardo verdoso con cordones longitudinales y surcos de grosor uniforme, con 5 a 7 poros respiratorios abiertos; el interior de la concha con iridiscencia color azul-verdoso de ahí su nombre común, la cicatriz muscular es evidente. Se encuentra en las zonas rocosas desde Punta Concepción en California, E.U.A. hasta Bahía Magdalena, B.C.S., México, con una distribución vertical de la zona del intermareal hasta los ocho metros de profundidad (Cox, 1960; Guzmán del Prío, 1994).

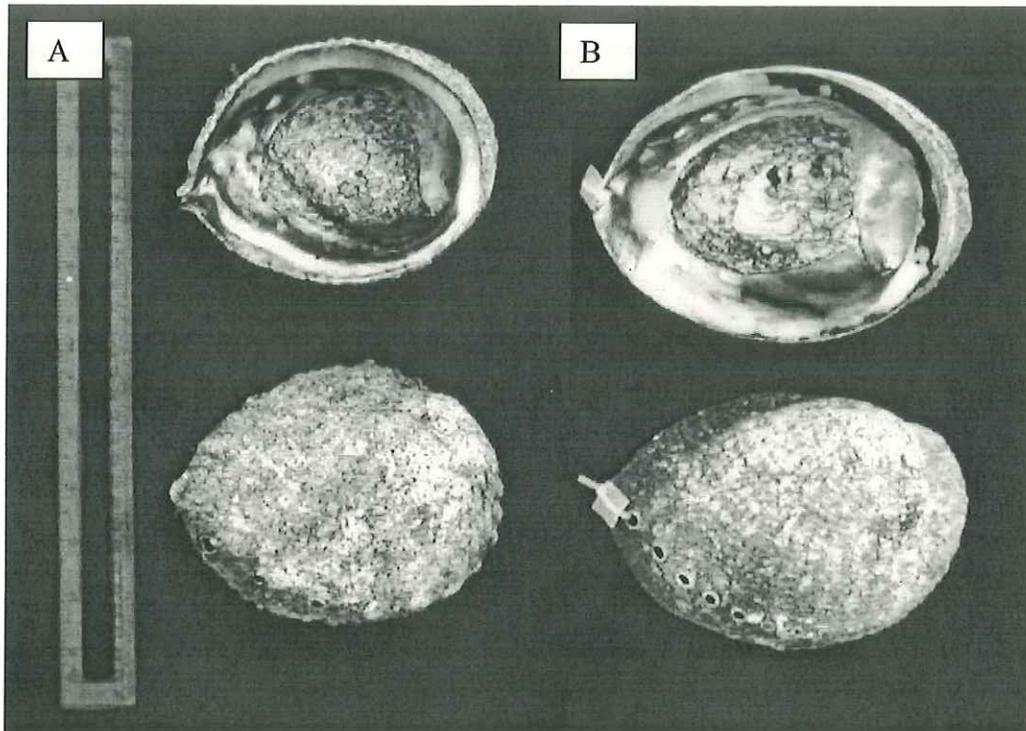


Figura 2.- Conchas de los abulones amarillo *H. corrugata* (A) y azul *H. fulgens* (B), en la parte superior se muestra la cara interna de la concha y en la inferior la cara externa.

I.2. Importancia del abulón

Los abulones se encuentran en las aguas templadas y tropicales del mundo. En el continente Americano se encuentran en las aguas tropicales de la Florida y Brasil, y en los mares templados de la costa occidental desde Alaska, E.U.A., hasta la parte sur de la Península de Baja California, México (Guzmán del Prío, 1994).

En México, el abulón se distribuye a lo largo de la costa bajacaliforniana e islas adyacentes, desde la frontera con Estados Unidos (Islas Coronado) hasta Punta Tosca en la parte sur de Isla Margarita, B.C.S. Dentro de esta zona, el área más productiva se encuentra en la parte meridional del litoral occidental de la península, específicamente en el área de

Punta Eugenia, B.C.S., incluyendo Bahía Tortugas y las islas de Cedros, San Benito y Natividad (Guzmán del Prío, 1994).

Existen alrededor de 100 especies de abulón en el mundo, pero sólo aproximadamente 25 son explotadas comercialmente; de estas especies, en México se encuentran cinco actualmente explotables, *H. fulgens* (abulón azul), *H. corrugata* (abulón amarillo), *H. cracherodii* (abulón negro), *H. rufescens* (abulón rojo) y *Haliotis sorenseni* (abulón chino). Como ya se ha mencionado, los que se explotan principalmente son el abulón azul y el amarillo (*H. fulgens* y *H. corrugata*) (Guzmán del Prío, 1994; Ramade *et al.*, 1998).

La importancia del abulón está dada por el hecho de que su carne y concha han sido muy apreciados desde la antigüedad, su pesca se ha llevado a cabo desde la época prehispánica. En Baja California, este recurso ha sido no sólo una de las principales fuentes de trabajo, sino promotor de la colonización de sus costas e islas, habitadas en la actualidad por un sinnúmero de familias de pescadores y obreros mexicanos (Guzmán del Prío, 1994).

Los primeros en explotar el abulón en México, además de los californianos, fueron los chinos provenientes de California, E.U.A., quienes a mediados del siglo XIX explotaron los bancos abuloneros de la costa noroccidental de la península de Baja California, trasladando el producto a San Francisco, California, E.U.A. para ser enviado al oriente. Debido a la importancia adquirida, japoneses y alemanes también intervinieron en su comercialización, entre la década de los treinta y cuarentas la explotación del abulón quedó a cargo de los mexicanos, quienes se organizaron en Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera (Guzmán del Prío, 1994).

La industria del abulón está enfocada principalmente al comercio internacional. Debido al prestigio derivado de la calidad del abulón mexicano, la sostenida expansión de la demanda internacional y la relativa escasez del recurso, le ha determinado un permanente aumento en el precio y una mayor captación de divisas por este concepto, colocándolo en el tercer lugar de las exportaciones en México (Guzmán del Prío, 1994; Ponce *et al.*, 1998).

En las capturas a nivel nacional de este recurso se ha observado una disminución drástica. En la década de los sesentas se obtuvieron de 2,691 a 3,404 toneladas, para los años 1983-84 disminuye a 444 ton, con una ligera recuperación en 1992 con 1,100 ton (Guzmán del Prío, 1994, Ponce *et al.*, 1998). Para 1995 las capturas fueron de 460 ton, en 1997 se capturaron 444 ton de abulón y para 1998 la captura fue de tan solo 365 ton (SEMARNAP, 1999).

Dentro de la zona central de la península de Baja California, zona considerada como la más productiva, se encuentra ubicada en Isla de Cedros la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Pescadores Nacionales de Abulón (PNA), fundada en 1942 y que cuenta actualmente con 167 socios y con 22 botes de pesca; PNA es concesionaria para la pesca del abulón y langosta en Isla de Cedros e Islas San Benito (Ponce *et al.*, 1998). En 1996 las capturas de abulón por esta cooperativa fueron de 198 ton, en 1997 de 180 ton, para 1998 de 133 ton y en 1999 de 69 ton; en la Figura 3 se muestra la proporción en las capturas de abulón amarillo y azul. La cooperativa no solo comercializa la carne del abulón, misma que en 1998 alcanzó un valor de 148,000 dólares por tonelada (producto enlatado), también comercializa la concha principalmente en los mercados de China, Taiwan y Corea.

El valor de la concha de primera calidad fluctúa entre 1,500 a 3,000 dólares por tonelada, en 1998 se obtuvieron 25 ton de concha de primera calidad (com. pers. A. Ojeda Ibarra*)

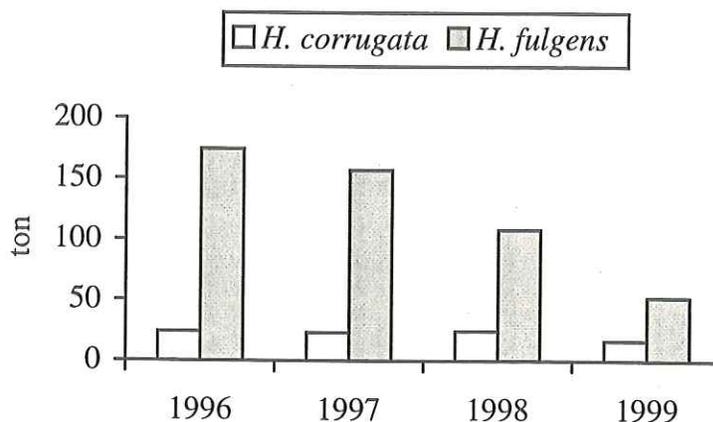


Figura 3.- Capturas por especie de abulón de la Sociedad Cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón.

Considerando la importancia económica del abulón, la disminución de las capturas y las noticias de aparición de enfermedades en abulón en el estado de California, E.U.A., la Cooperativa PNA estableció un convenio con CICESE para desarrollar estudios que permitan un mayor conocimiento y control del recurso; la presente tesis forma parte del convenio CICESE-PNA iniciado en abril de 1997 y del proyecto “Relación del fenómeno El Niño con el Síndrome de Deshidratación del abulón en Baja California” financiado por el CONACyT.

* Alejo Ojeda Ibarra. Contador de la Cooperativa PNA, base Islas de Cedros

I.3. Antecedentes

Mucho del conocimiento acerca de enfermedades de invertebrados marinos concierne a especies de importancia económica, particularmente crustáceos y moluscos bivalvos. Las investigaciones más relevantes indican que los moluscos son infectados por una gran cantidad de procariotas, principalmente bacterias y micoplasmas, así como una amplia variedad de protozoarios y metazoarios. En relación a los reportes virales, éstos se han ido incrementando y algunos se han asociado con enfermedades (Sindermann, 1990).

La pesquería del abulón representa una gran fuente económica en el mundo y su importancia ha llevado al hombre a desarrollar sistemas de cultivo. Debido al interés sobre este recurso los estudios de su biología se han desarrollado continuamente, la mayoría de los cuales se refieren a su biología reproductiva y al análisis de sus pesquerías. El estudio sobre enfermedades ha venido cobrando mayor importancia, principalmente sobre enfermedades que han causado algunas mortalidades. Éstas van desde pequeños porcentajes de individuos en una población hasta impresionantes mortalidades en masa (Valles, 1998)

Dentro de las enfermedades y organismos asociados a los abulones encontramos los reportados por:

Elston y Lockwood (1983) reportan a las bacterias *Vibrio* spp. en juveniles del abulón rojo *H. rufescens*. La infección ocurre en larvas de 4 a 5 días de edad, la coloración normal verde oscura se convierte en amarillenta, se presenta un aglutinamiento de larvas en el fondo de los cultivos; los organismos son menos activos y disminuye la habilidad de mantenerse adheridos al sustrato, la infección inicia en el pie y epipodio donde el tejido se exfolia, posteriormente la infección se dispersa a los senos venosos y nervios del hospedero.

Dixon *et al.* (1991) reportan en el abulón Sudafricano *Haliotis midae* la presencia de las bacterias *Clostridium lituseberense* y *Vibrio alginolyticus*. *Clostridium lituseberense* se localizó en el tracto digestivo de los abulones, éstos fueron afectados por las toxinas que produce esta bacteria y que llegan a ocasionar su muerte. Por otra parte *V. alginolyticus* coloniza la musculatura del pie, causando daño a los tegumentos, posteriormente la bacteria coloniza el sistema vascular y las fibras nerviosas, el daño ocasionado por *V. alginolyticus* en los abulones es irreversible. Los abulones infectados por ambas especies de bacterias presentaron el pie decolorado, hinchado y débil; la glándula digestiva se observó distendida; la boca flácida y opaca; los tentáculos cefálicos y epipodales decolorados, cortos y bulbosos.

Friedman *et al.* (1995) indican la acción del protozoo *Pseudoklossia haliotis* (coccidio) en *H. cracherodii*, *H. rufescens*, *Haliotis walallensis*, *H. fulgens*, *H. corrugata* y *Haliotis kamtschatkana*. Desser y Bower (1997) renombran a este protozoo como *Margolisiella* (= *Pseudoklossia*) *haliotis*. Este parásito se puede encontrar en forma de oocitos, macrogametos y microgametos, en los riñones izquierdo y derecho de los abulones, por lo general no se presenta respuesta inflamatoria por parte del hospedero. La transmisión de *M. haliotis* es vía la columna de agua y residuos primarios de abulones infectados.

Goggin y Lester (1995) mencionan la acción del protozoo *Perkinsus olseni* en los abulones australianos *Haliotis rubra* y *Haliotis laevigata*. Este protozoo forma pústulas amarillentas en los tejidos, nódulos en los músculos y en la base de las branquias del abulón. Se transmite durante los meses de verano y produce mortalidad a temperaturas

mayores de 20°C. En temperaturas de 15°C los organismos infectados sobreviven. La reducida época en que se presenta la enfermedad dificulta su estudio.

Un parásito que ha afectado los cultivos de juveniles de los abulones rojo *H. rufescens* y pinto *H. kamtschatkana*, es el protozoo *Labyrinthuloides haliotis*, que causa mortalidad en la mayoría de los juveniles de menos de 6 meses. El parásito crece en los nervios y músculos del pie, donde los tejidos se entumescen y pierden su integridad. El parásito se multiplica por fisión binaria y la transmisión es mediante zoosporas que se desarrollan en 2 ó 3 días después de la infección; es fatal para abulones de menos de 2 mm de longitud de la concha, mientras que los adultos son resistentes a la infección (Bower, 1987a; Bower, 1987b; Bower *et al.*, 1989).

El nemátodo *Echinocephalus pseudouncinatus* afecta a los organismos viejos de los abulones amarillo *H. corrugata* y azul *H. fulgens*, causando ampollas en el pie, la infección produce el debilitamiento del músculo. Otros hospederos en el ciclo de vida de este parásito son el tiburón *Heterodontus francisci* y la raya *Myliobatis californicus*. Se especula que copépodos parásitos y micropredadores oportunistas son vectores de este nemátodo (Milleman, 1963).

Por otro lado, las deformaciones de la concha pueden ser producidas por las esponjas perforadoras *Cliona* spp. y poliquetos como *Polydora* spp. quienes causan el debilitamiento de la concha, aunque el daño fisiológico se considera mínimo (Clavier, 1989). Un poliqueto que ha causado gran daño en los cultivos del abulón rojo (*H. rufescens*) en California, E.U.A. es el sabélido exótico originario de Sudáfrica. Estos poliquetos, que recientemente han sido identificados como *Terebrasabella heterouncinata*

(Fitzhugh y Rouse, 1999), infestan muy lentamente a la concha, justo en el borde de crecimiento por lo que interfieren con el desarrollo y en la deformación de la misma. El problema no sólo se ha reportado en abulones cultivados sino también en gasterópodos nativos, mismos que han sido colonizados por el poliqueto (Culver *et al.*, 1997). En las conchas del abulón rojo *H. rufescens* de cultivo en Baja California, se ha reportado la presencia de poliquetos de las familias Spionidae y Serpulidae (Cáceres y Tinoco, 2000). Otros organismos que causan daños en la concha son las almejas perforadoras, destacando la acción de *Penitella conradii*; éstas atacan la superficie externa de la concha, e incluso pueden penetrarla totalmente, llegando hasta la cara interna y producir ampollas de capas de conquiolina, calcita y nácar que cubren el orificio causado por la perforación de las almejas (Hansen, 1970). Otra especie de almeja perforadora reportada para el abulón azul de Baja California Sur, México, es *Lithophaga subula* (Avila, 1987). Algunas especies de almejas del género *Lithophaga* se han asociado a grandes destrucciones en bancos de corales. (Scott, 1986; Galinou-Mitsoudi y Sinis 1997).

Grindley *et al.* (1998) reportan lesiones en las conchas de los abulones *Haliotis iris*, *Haliotis australis* y *Haliotis virginea virginea* producidas por hongos ectoparásitos, los cuales producen ampollas de conquiolina y ocasionalmente de nácar en la cara interna de los abulones. Hatai (1982) reporta en el abulón *Haliotis sieboldii* lesiones semejantes a tubérculos en el manto, epipodio y en la superficie dorsal del pie, ocasionadas por el hongo *Haliphthoros milfordensis*.

En el abulón japonés, *Haliotis discus*, se ha reportado un virus asociado con lesiones parecidas a tumores en nervios y músculos del pie. Las partículas virales se han encontrado

infiltradas en hemocitos que probablemente distribuyen la enfermedad a los tejidos que les rodean. La transmisión es por exposición con agua contaminada por organismos infectados (Harada *et al.*, 1993).

Una afección que ha sobresalido por el impacto que ha producido en la pesquería del abulón *Haliotis cracherodii* en California, E.U.A., es el síndrome de deshidratación (SD) que en su estado más avanzado provoca la retracción del pie, manto y masa visceral, decoloración del pie y pérdida de adherencia, mientras que a nivel histológico presenta degeneración de la glándula digestiva, reducción de los divertículos digestivos y necrosis (Shields y Perkins, 1997). Vanblaricom *et al.* (1993) reportaron por primera vez abulones con el SD, encontrando en el cuerpo blando del abulón protozoos, tales como coccidios renales, gregarinas y también bacterias tipo Rickettsias (BTR); pero ninguno de estos organismos fue implicado como la causa directa del SD y los estudios virológicos fueron negativos. Posteriormente, se consideró a las BTR como causantes potenciales, ya que infectan el epitelio digestivo lo que obstruye la capacidad de absorber nutrientes y causa debilitamiento del organismo (Gardner *et al.*, 1995; Friedman *et al.*, 1997). Friedman *et al.* (2000) proponen la identificación de la BTR como "*Candidatus Xenohaliotis californiensis*", una bacteria Gram negativa del orden de los Rickettsiales y la consideran como el agente causal del SD. Esta bacteria es controlada con la aplicación de Oxitetraciclina. El agente infeccioso del SD se ha asociado con temperaturas elevadas, debido a que el SD apareció después de la ocurrencia del fenómeno El Niño en 1983 (Tissot, 1990; Davis, 1993; Friedman *et al.*, 1997). Las mortalidades masivas del abulón

negro *H. cracherodii* en el Sur de California, asociadas al SD, han alertado a la industria abulonera de Baja California, México.

En México, Valles (1998) reporta en abulón negro *H. cracherodii* afectado por el SD en B. C. México, la presencia de BTR en el tracto digestivo, parásitos tipo gregarinas en los senos hemales de branquias, riñón y hepatopáncreas.

Cáceres y Tinoco (2000) reportan en el abulón rojo *H. rufescens* de cultivo en Baja California, tanto en abulones sintomáticos y asintomáticos del SD, la presencia del coccidio renal *Pseudoklossia haliotis*, BTR en los epitelios del tracto digestivo y protozoos en la cavidad del manto.

Por otro lado, Romero (1996) reporta los parásitos en la gónada del abulón azul (*H. fulgens*) en Isla Magdalena, B.C.S., México, menciona una coloración anormal de las gónadas (amarillo-naranja) al parecer provocada por un tremátodo en fase de esporocisto perteneciente a la familia Opecoelidae.

A pesar de la importancia de la pesquería del abulón en México las investigaciones sobre las enfermedades del abulón, como ya se ha visto, son escasas. Las investigaciones sobre el género *Haliotis*, en lo general, se han orientado a cubrir aspectos relacionados con la pesquería, en el monitoreo de las capturas, se han abordado aspectos como crecimiento, madurez y fecundidad y en los últimos años se han desarrollado investigaciones sobre su cultivo y alimentación (Guzmán del Prío, 1994).

Por todo lo anterior se presenta éste estudio como una contribución al conocimiento de los simbioses de los abulones que se explotan comercialmente en México.

I.4. Objetivos

I.4.1. General:

Determinar el tipo y abundancia de simbiontes de los abulones amarillo (*Haliotis corrugata*) y azul (*Haliotis fulgens*) de Isla de Cedros e Islas San Benito, Baja California, México.

I.4.2. Particulares:

- Determinar el tipo y abundancia de epibiontes de los abulones amarillo *H. corrugata* y azul *H. fulgens* de Isla de Cedros, Baja California, México.
- Determinar la relación de la carga de epibiontes con el área de la concha y edad de los abulones amarillo *H. corrugata* y azul *H. fulgens* de Isla de Cedros, Baja California, México.
- Identificar los principales epibiontes que ocasionan daño a las conchas de los abulones amarillo *H. corrugata* y azul *H. fulgens* de Isla de Cedros, Baja California, México.
- Determinar los tipos y abundancia de los simbiontes en el cuerpo blando de los abulones amarillo *H. corrugata* y azul *H. fulgens* de Isla de Cedros e Islas San Benito, Baja California, México.
- Determinar la relación entre la presencia de bacterias tipo Rickettsias con el Síndrome de Deshidratación en los abulones amarillo *H. corrugata* y azul *H. fulgens* de Isla de Cedros e Islas San Benito, Baja California, México.
- Determinar el daño histológico asociado a la presencia de simbiontes en el cuerpo blando de los abulones

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Descripción del área de estudio

Isla de Cedros se encuentra aproximadamente a 24 km al noroeste de Punta Eugenia, en la Bahía de San Sebastián Vizcaíno en la Península de Baja California, a 300 km al Sureste de Isla Guadalupe. Sus coordenadas geográficas son: de 28°02'20" a 28°25'55" de Latitud Norte y de 115°09'20" a 115°21'30" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich (Figura 4). Llamada también Humalagua, isla de la niebla, tiene forma triangular y está orientada de Sur a Norte, con una longitud de 34 km y un ancho máximo de 14 km y mínimo de 4 km. Cuenta con una población de 2,696 habitantes y una población económicamente activa de 891 personas (INEGI, 1990). El tipo de clima es seco desértico, cálido, con escasas lluvias todo el año, pero que predominan en invierno con nieblas frecuentes. En general, el contorno de la isla está formado por rocas escarpadas y acantilados en cuya base se forman playas pedregosas; es una isla de tipo continental, los vientos dominantes provienen del noroeste. El nombre de la isla se debe a los sabinos o cedros *Juniperus californica* que localmente son denominados huatas; la flora de la isla presenta un gran número de endemismos, la fauna de vertebrados terrestres es relativamente escasa en comparación con la fauna de las aguas circundantes a la isla que son excepcionalmente ricas en mamíferos marinos, peces, moluscos y crustáceos (PESCA, 1997).

En las Islas San Benito que se localizan a 28°19' latitud norte, 115°35' longitud oeste, hay un campo pesquero de la PNA (Figura 4). Estas islas que conforman un archipiélago, son también conocidas por "los Benito" y está compuesto de tres pequeñas

islas, la Benito Occidental (Oeste), la de en medio y la Oriental (Este). Todas ellas son rocosas y áridas, muy cercanas entre sí, el archipiélago está alineado en sentido Este a Oeste. Los bajos fondos que existen en los canales que las separan, indican que antiguamente formaban una sola isla grande de tipo continental. El clima en su mayor parte es cálido y seco, semejante al de Isla de Cedros. La vegetación se compone principalmente de algunas cactáceas, magueyes y pequeños arbustos. Tanto Isla de Cedros como Islas San Benito forman parte del sistema de áreas naturales protegidas (Pesca, 1997).

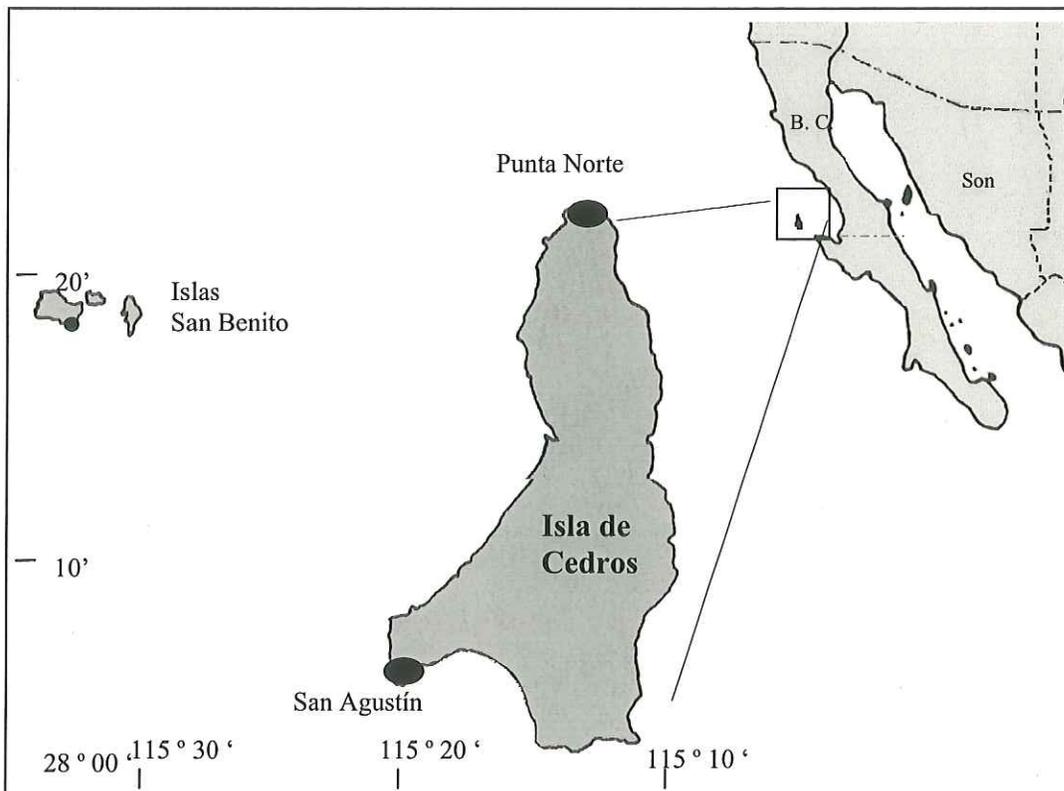


Figura 4.- Ubicación de las zonas de muestro en Isla de Cedros e Islas San Benito.

II.2. Colecta

Los organismos que se utilizaron en el presente estudio fueron proporcionados por la PNA de los campos pesqueros Punta Norte y San Agustín en de Isla de Cedros y del campo pesquero San Benito en Islas San Benito (Figura 4). Las colectas fueron realizadas por personal del laboratorio de patología del CICESE y personal de la PNA, coordinados por el Ocean. José Guadalupe González Avilés.

La colecta se realizó mediante buceo no autónomo, por personal de la PNA y el equipo de colecta consistió de tres personas: buzo José Mario Espinoza Aguiar, bombero Rogelio Adriano Gutiérrez y cabo de vida Ocean. José Guadalupe González.

Para el análisis de epibiontes se realizaron dos colectas, la primera durante noviembre de 1997, en el campo pesquero de Punta Norte con un total de 48 conchas de abulón amarillo *H. corrugata* y 38 de azul *H. fulgens*; la segunda durante junio de 1998 en San Agustín con 21 conchas de abulón amarillo y 13 azules.

Para el análisis histopatológico se realizaron tres colectas, correspondientes a noviembre de 1997 con 19 ejemplares de abulón amarillo *H. corrugata* y 16 azules *H. fulgens* en el campo pesquero de Punta Norte, marzo de 1998 con 26 ejemplares de abulón azul en el campo pesquero de San Benito y junio de 1998 con 21 ejemplares de abulón amarillo y 14 de azul en San Agustín.

II. 3. Análisis macroscópico

En el campo de colecta se etiquetaron las muestras, se anotó la longitud de eje mayor, peso total, se determinó el sexo y la madurez gonadal mediante la coloración de la gónada, donde: G1= Inmaduro (coloración café-grisácea en ambos sexos), G2= Desarrollo (en machos coloración blanquecina, en hembras coloración verdosa), G3= Maduro (en machos coloración crema, en hembras coloración, verde olivo) y G4= Gametos liberados (en machos coloración blanquecina, en hembras coloración verdosa; en ambos sexos la gónada presenta una consistencia flácida). Además se revisaron los órganos del abulón para la detección de parásitos o señales de ellos como el Síndrome de Deshidratación (SD), para el cual se aplicó una escala de porcentaje con relación al grado de achicamiento del pie (Tabla I).

Tabla I.- Escala del SD.

Características del pie	Escala
Sin síntomas	1
1-15% de achicamiento	2
16-30% de achicamiento	3
31-45% de achicamiento	4
46-60% de achicamiento	5

Una vez revisadas las muestras en el campo, la carne del abulón se fijó con líquido Davison (Humason, 1967) (apéndice) y junto con las conchas, fueron transportados al Laboratorio de Biología y Patología de Moluscos del CICESE.

Se estimó el área superficial de las conchas de abulón, esto debido a que el valor de la talla no refleja la cantidad de substrato para la colonización por epibiontes, además de

que la superficie de las cochas depende de su tamaño, forma y rugosidad, esto último es muy diferente entre las especies de abulón a estudiar. Para determinar el área de la cara externa de las conchas de abulón, éstas se cubrieron con papel aluminio ajustándolo a los contornos de la concha (Figura 5A), posteriormente el papel aluminio fue cuidadosamente recortado para eliminar el excedente, obteniendo un molde de la superficie de la concha, el molde de papel aluminio fue pesado en una balanza analítica OHAUS Explorer y el área se determinó mediante una regresión lineal ajustada por mínimos cuadrados de áreas conocidas de papel aluminio previamente pesadas que generaron la ecuación:

$$x = \frac{y - 0.0019}{0.0046} \quad , \quad (1)$$

donde y es el peso del molde en gramos y x es el área en centímetros cuadrados, con un valor de R=1.

Posteriormente, se analizaron las conchas bajo el microscopio estereoscópico para la detección de epibiontes o marcas de ellos. La contabilización de los epibiontes Serpulidae, Spirorbidae, *Cliona* spp., Briozoarios y de marcas como pústulas y costras se realizó con relación al porcentaje de cobertura de la concha, lo que se determinó mediante un conteo por cuadrantes de la superficie cubierta (Figura 5B). Con la utilización de una malla de 1.5 cm de luz, las conchas de abulón se cubrieron con la malla y se contabilizó el número total de cuadros que ocupa la concha, posteriormente para cada uno de los epibiontes se determinó el número de cuadros que cubren, esto es:

$$\% \text{ de cobertura} = \frac{\text{No. cuadros epibionte}}{\text{No. cuadros concha}} * 100 . \quad (2)$$

Para los epibiontes *Lithophaga*, *Penitella*, almejas asociadas, balanos, caracoles y marcas de ámpulas, se reportó el número total por concha.

La edad de los abulones se determinó mediante el conteo de las capas prismáticas (líneas oscuras) del espiral de las conchas (Figura 5C). Para esto, el espiral se rebajó mediante un esmeril eléctrico y posteriormente se pulió con lijas del número 320, 400, 600 y 1200, hasta observar la primera línea de crecimiento sin llegar a romper la concha. Para una mejor definición de los anillos de crecimiento se aplicó un lavado con ácido muriático diluido en agua 1:3. Las capas prismáticas (líneas oscuras) se contaron con la utilización de un microscopio estereoscópico marca Wild Heerbrugg, el aumento se ajustó según lo requerido, se evitó contar pseudolíneas de crecimiento, considerando como tales aquellas que ocupan menos de la mitad de la circunferencia del espiral, cada capa prismática equivale a un año tanto para el abulón amarillo como para el azul (Shepherd *et al.*, 1995; Shepherd y Avalos, 1997; Shepherd y Turrubiates, 1997). Se realizó un análisis de regresión entre el área y la edad de los abulones para cada especie en cada localidad.

Para el análisis de los datos de epibiontes, se determinó su prevalencia (número de abulones con epibiontes/número de abulones examinados*100), abundancia (número total por abulón) y la abundancia máxima por concha, la abundancia se correlacionó con la edad y el área de las conchas de los abulones y se aplicó una prueba de U Mann-Withney para comparar la abundancia de epibiontes entre las dos especies de abulón analizados.

Adicionalmente se escogió una concha de cada especie de abulón que presentara características del daño ocasionado por almejas perforadoras, se les tomó placas de Rayos X para ilustrar el daño interno y posteriormente se extrajeron las almejas perforadoras.

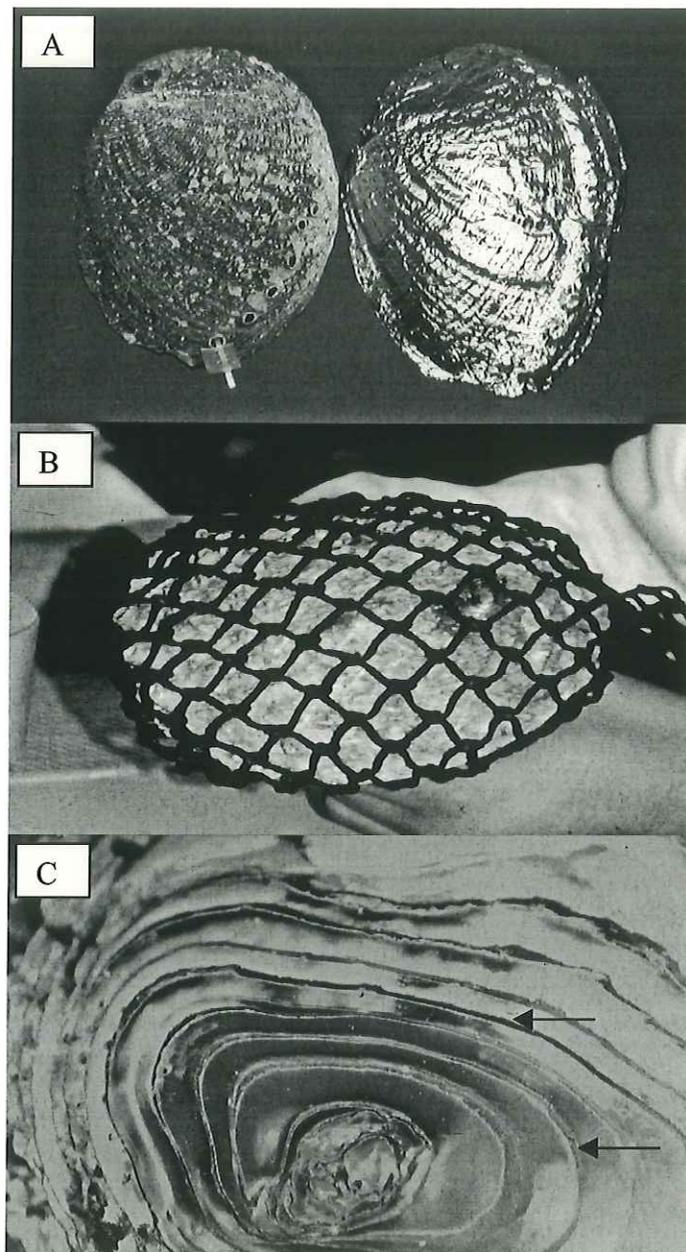


Figura 5.- A) Concha de abulón amarillo *H. corrugata* y su respectivo molde de papel aluminio, utilizado para determinar el área de la concha. B) Análisis por cuadrantes de la cobertura de los epibiontes. C) Las flechas señalan las líneas de crecimiento del abulón utilizadas para determinar la edad.

II.4. Análisis microscópico

De la carne del abulón se tomaron secciones transversales oblicuas de aproximadamente 5 mm de ancho, de tal forma que se obtuvieron muestras de branquias, de la zona del esófago, zona del riñón izquierdo, zona del riñón derecho, zona de gónada-estómago, de la parte media de la gónada, ápice del la gónada, epipodio y músculo (Figura 6). Las secciones se colocaron en cassettes para tejidos y se colocaron en líquido Davison conservante por 24 horas; las muestras se deshidrataron en un histoquinette LEICA TP1040 mediante la utilización de alcoholes, para posteriormente incluirlas en parafina utilizando un incluidor LEICA EG1160 y se realizó el corte de 5µm de espesor de los tejidos mediante un microtomo AO Spencer 820. Posteriormente los cortes se tiñeron con las técnica Hematoxilina-Eosina de Harris en un tren de tinción automático ZEISS MICROM DS 50 (Humason, 1967) (ver apéndice para el protocolo de técnicas histológicas).

Para la identificación y contabilización de los simbioses, las preparaciones fijas se analizaron al microscopio óptico OLYMPUS BH-2 con aumentos de 40, 100, 400 y 1000x, además se tomó la medida de los parásitos mediante un micrómetro ocular calibrado y fotografías con una cámara ZEISS MC 80 de 35 mm con película Kodac ASA 100 adaptada a un microscopio ZEISS Axiolab.

Para los simbioses como protozoos, copépodos, metazoos e inclusiones en divertículos digestivos, se contabilizó en número total por órgano para cada laminilla. En el caso de la bacterias tipo Rickettsia (BTR), se reportó su número por abulón de acuerdo a la siguiente escala: (1+) no BTR, (2+) 1-10 BTR, (3+) 10-100 BTR, (4+) 101-1000 BTR y (5+) > 1000 BTR.

Para el análisis de los resultados del cuerpo blando del abulón se determinó la prevalencia, abundancia de los microorganismos, así como la intensidad máxima por abulón, lo anterior para cada especie de abulón en las localidades analizadas. Se realizó una prueba de U Mann-Withney para comparar las diferencias en la abundancia de microorganismos por especie de abulón.

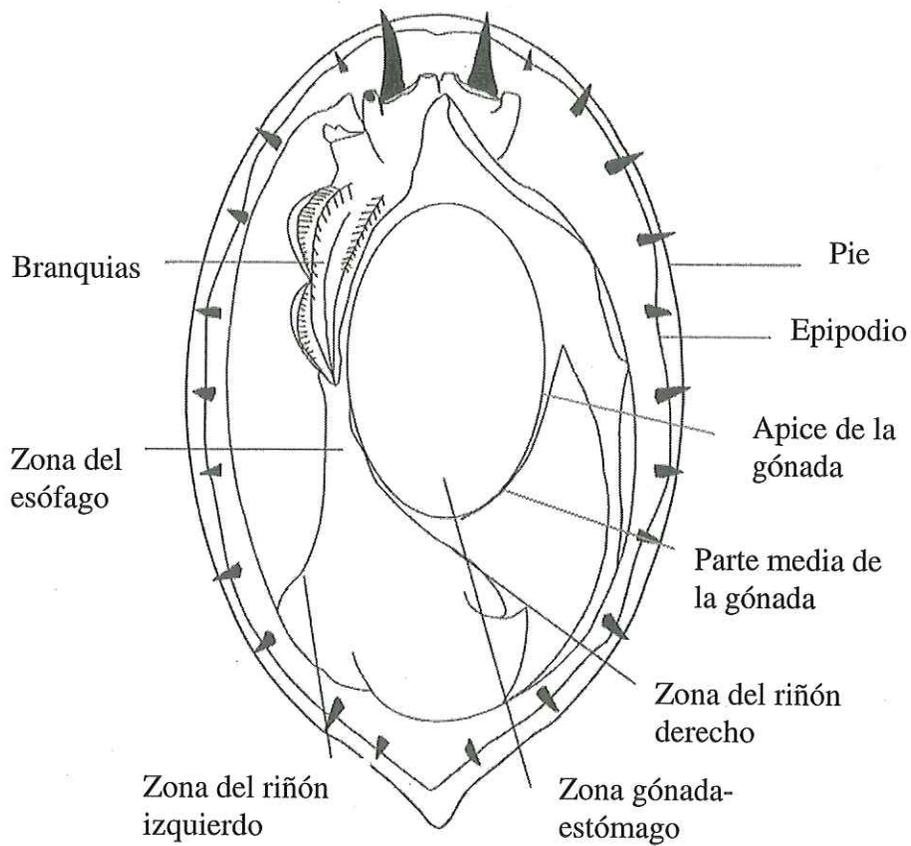


Figura 6.- Ubicación de las zonas de muestras del cuerpo blando del abulón, que se utilizaron para el análisis histológico. Vista dorsal una vez que se ha removido la concha.

III. RESULTADOS

III. 1. Análisis macroscópico

III.1.1. Características de la concha

III.1.1.1. *Haliotis corrugata*

Se analizaron 48 conchas de abulón amarillo provenientes de la zona de Punta Norte. La distribución por talla se presenta en la Figura 7A, con un rango de 9.3 a 17.5 cm. El área promedio fue de 261.4 cm² (d. t. \pm 57.9), con un rango de 97.4 a 364.8 cm². La edad promedio fue de 6.3 años (d. t. \pm 2.3), con un rango de 1.5 a 12 años. Para la zona de San Agustín se analizaron 21 conchas de abulón, el rango de talla fue de 12.4 a 15.7 cm, la distribución por tallas se presenta en la Figura 7A. El área promedio fue de 267.9 cm² (d. t. \pm 48.3), con un rango de 106.1 a 330.8 cm². La edad promedio fue de 6.9 años (d. t. \pm 1.6) con un rango de 3 a 9 años. La Figura 8A presenta la distribución por edad de los abulones analizados en cada localidad.

El análisis de regresión entre edad y área de la concha de los abulones amarillos fue significativo, a mayor edad, mayor superficie de la concha y se ajustó a un modelo logarítmico, generando una $R^2 = 0.54$ para la zona de Punta Norte, ($p < 0.01$); para San Agustín el R^2 fue de 0.51 ($p < 0.01$) (Figura. 9A).

III.1.1.2. *Haliotis fulgens*

Se analizaron 38 conchas de abulón azul provenientes de la zona de Punta Norte, la talla osciló en un rango de 7.7 a 19.6 cm, la distribución por talla se presenta en la Figura

7B. El área promedio de las conchas fue de 266.8 cm^2 (d. t. ± 89.3) con un rango de 54.1 a 469.9 cm^2 . El rango de edad fue de 1 a 16 años, con un promedio de 7.2 años (d. t. ± 3.4), la Figura 8B muestra la distribución por edad de los abulones analizados. Para la zona de San Agustín se analizaron 13 conchas; el rango de talla fue de 14.1 a 19.0 cm, la distribución por talla se presenta en la figura 7B. El área promedio de las conchas fue de 308.3 cm^2 (d. t. ± 50.5), con un rango de 215.8 a 414.9 cm^2 . Presentó un rango de edad de 3 a 12 años, con un promedio de 9.0 años (d. t. ± 2.9), la figura 8B muestra la distribución por edad de los abulones.

Igualmente para el abulón azul el análisis de regresión entre edad y área de la concha fue significativo y se ajustó a un modelo logarítmico, generando para la zona de Punta Norte una $R^2 = 0.69$ ($p < 0.01$); para San Agustín fue de $R^2 = 0.56$ ($p = 0.01$) (Figura. 9B).

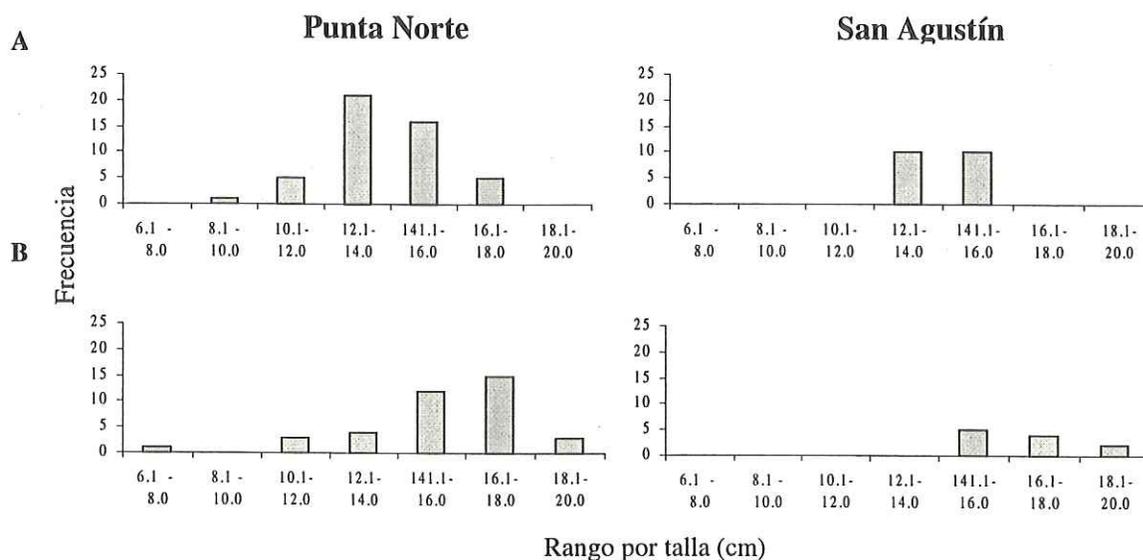


Figura 7.- Distribución por tallas de las conchas de *H. corrugata* (A) y *H. fulgens* (B), para cada localidad.

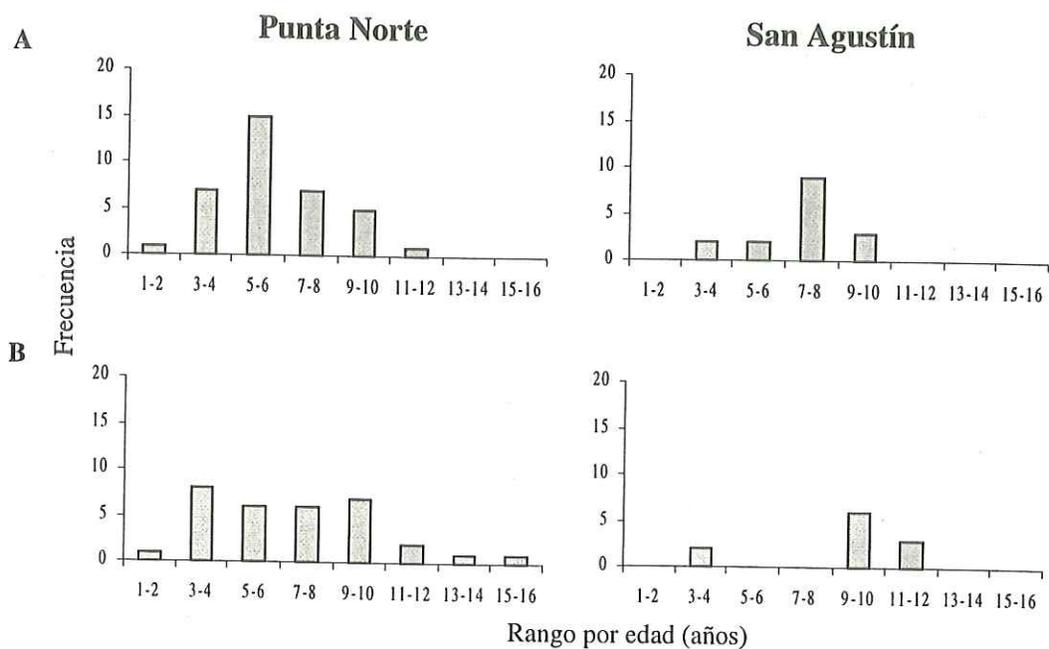


Figura 8.- Distribución por edad de los abulones *H. corrugata* (A) y *H. fulgens* (B), para cada localidad.

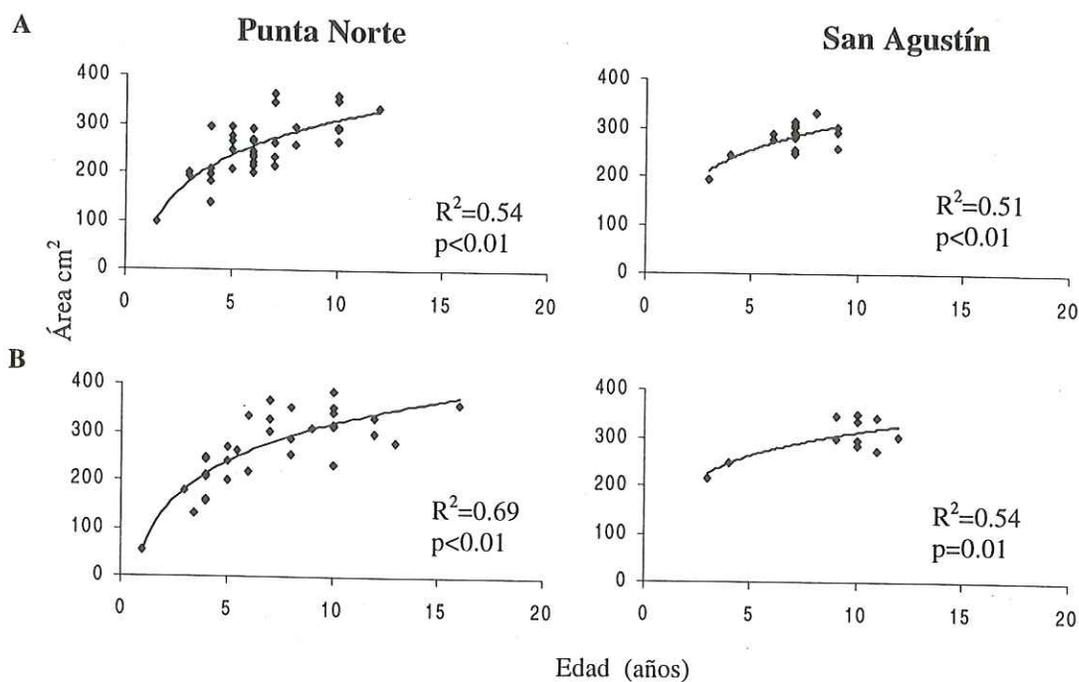


Figura 9.- Análisis de regresión entre edad y área de las conchas de los abulones *H. corrugata* (A) y *H. fulgens* (B), para las zonas muestreadas.

III.1.2. Simbiontes en la concha del abulón

Dentro de los epibiontes que se registraron en las conchas de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* se encontraron almejas perforadoras de los géneros *Lithophaga* y *Penitella*, estas almejas afectan considerablemente la estructura de la concha. Otros epibiontes que llega a afectar de manera significativa la estructura de la concha son las esponjas perforadoras *Cliona* spp. Los epibiontes perforadores pueden generar lesiones en la cara interna de las conchas como ámpulas y pústulas. Diferentes tipos de poliquetos como Serpulidae, Spirorbidae y *Polydora* spp. afectan en menor grado la concha de los abulones. Otros epibiontes como algas, balanos y briozoarios, son comunes en las conchas de abulón y producen un mínimo efecto sobre la estructura de las conchas. Otra lesión que se registró fueron costras en la cara interna de las conchas, estas costras son producidas por partículas que son cubiertas por secreciones de los amebocitos del manto. En las tablas de la II hasta la V se presentan los resultados sobre la abundancia de epibiontes y lesiones en las conchas de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* de las diferentes localidades muestreadas. A continuación se presenta la descripción de cada uno de los epibiontes encontrados.

Tabla II.- Epibiontes y lesiones del abulón *H. corrugata* para la zona de Punta Norte.

	Promedio	Desv. típica.	Mín-Máx /concha	Prevalencia %
	No.			
<i>L. aristata</i>	1.9	3.7	0-25	43.7
<i>L. plumula</i>	1.0	2.7	0-12	25
<i>P. conradi</i>	0	0	0	0
Ámpulas	0.7	1.5	0-8	29.2
Balanos	2.7	3.5	0-14	58.3
Caracoles	0.7	1.2	0-4	29.2
Almejas asociadas	3.1	8.1	0-53	43.7
	% cobertura			
<i>Cliona</i> spp.	22.0	34.0	0-100	60.4
Pústulas	9.9	48.4	0-67.6	64.6
Serpulidae	9.2	20.0	0-98.0	75.0
Spirorbidae	4.9	6.3	0-38.0	87.5
<i>Polydora</i> spp.				60.4
Algas	8.9	15.2	0-78.9	83.3
Briozoarios	11.9	16.1	0-83.5	72.9
Costras	1.5	2.3	0-9.2	50.0

Tabla III.- Epibiontes y lesiones del abulón *H. fulgens* para la zona de Punta Norte.

	Promedio	Desv. típica	Mín-Máx /concha	Prevalencia %
	No.			
<i>L. aristata</i>	1.6	7.6	0-46	13.1
<i>L. plumula</i>	0.3	1.5	0-7	5.3
<i>P. conradi</i>	0.1	0.5	0-3	5.3
Ámpulas	0.6	2.3	0-12	13.1
Balanos	4.1	3.8	0-14	81.6
Caracoles	0.4	1.4	0-8	13.1
Almejas asociadas	0.5	2.3	0-13	10.5
	% cobertura			
<i>Cliona</i> spp.	16.4	25.7	0-100	57.9
Pústulas	1.1	2.2	0-8.2	34.2
Serpulidae	1.4	2.5	0-13.2	57.9
Spirorbidae	5.7	14.0	0-66.0	76.3
<i>Polydora</i> spp.				15.8
Algas	7.5	13.4	0-55.0	57.9
Briozoarios	3.4	5.1	0-20.8	55.3
Costras	1.0	1.5	0-6.3	42.1

Tabla IV.- Epibiontes y lesiones del abulón *H. corrugata* para la zona de San Agustín.

	Promedio	Desv. típica	Mín-Máx /concha	Prevalencia %
	No.			
<i>L. aristata</i>	6.5	9.7	0-35	57.1
<i>L. plumula</i>	2.9	4.2	0-12	42.8
<i>P. conradi</i>	0	0	0	0
Ámpulas	2.2	2.4	0-9	66.7
Balanos	6.6	9.0	0-36	80.9
Caracoles	9.8	8.9	0-31	80.9
Almejas asociadas	56.3	62.5	0-243	85.7
	% cobertura			
<i>Cliona</i> spp.	3.9	5.6	0-20.5	51.7
Pústulas	2.9	11.2	0-51.7	28.6
Serpulidae	2.3	2.4	0-8.9	66.7
Spirorbidae	1.6	2.1	0-6.4	57.1
<i>Polydora</i> spp.				57.1
Algas	15.9	10.8	4.6-41.1	100
Briozoarios	12.1	7.8	2.0-28.7	100
Costras	2.0	2.6	0-8.3	52.4

Tabla V.- Epibiontes y lesiones del abulón *H. fulgens* para la zona de San Agustín.

	Promedio	Desv. típica	Mín-Máx /cocha	Prevalencia %
	No.			
<i>L. aristata</i>	0.9	1.9	0-6	23.1
<i>L. plumula</i>	1.3	4.7	0-17	7.7
<i>P. conradi</i>	0.3	0.5	0-1	30.8
Ámpulas	0.1	0.4	0-1	15.4
Balanos	13.0	18.5	0-62	84.6
Caracoles	1.9	5.1	0-18	23.1
Almejas asociadas	0	0	0	0
	% cobertura			
<i>Cliona</i> spp.	48.9	32.7	0-100	92.3
Pústulas	6.2	8.9	0-24.8	53.8
Serpulidae	1.2	3.3	0-12.2	53.8
Spirorbidae	1.1	1.1	0-3.5	84.6
<i>Polydora</i> spp.				23.1
Algas	15.9	15.8	1.6-55.3	100
Briozoarios	13.7	14.7	0-47.5	84.6
Costras	4.3	7.1	0-25.2	76.9

III.1.2.1. Organismos perforadores

III.1.2.1.1. Almejas perforadoras

Las almejas perforadoras se localizaron en el interior de las conchas de abulón, tanto en los márgenes superiores como laterales de las zonas más viejas de la concha, como la parte media - posterior; en algunos casos las almejas penetraron totalmente la concha del abulón propiciando la formación de ámpulas en la cara interna de la concha, las ámpulas se forman por depositaciones de conquiolina, calcita y nácar por parte de los amebocitos del manto, como respuesta a la perforación en la concha. Se encontraron tres especies de almejas perforadoras *Lithophaga aristata*, *Lithophaga plumula* y *Penitella conradi* (Figura 10A-C) su identificación se realizó con base en las características morfológicas mencionadas por Soot-Ryen (1955), Keen y Coan (1974) y las descripciones de Haderlie y Abbott (1980).

III.1.2.1.1.1. *Lithophaga aristata*

Presenta una concha elongada que se caracteriza por la proyección cruzada de las incrustaciones calcáreas en la parte dorsal posterior de la concha (Figura 10A).

En los abulones de la zona de Punta Norte *L. aristata* presentó una talla promedio de 11.3 mm (d. t. \pm 4.5) con un rango de talla de 0.9 a 25.4 mm. Presentó una mayor abundancia en el abulón *H. corrugata* (U Mann-Whitney $p < 0.01$) con 1.9 almejas por abulón (d. t. \pm 3.7) y una intensidad máxima de 17 almejas por concha, la prevalencia fue del 43.7%; en tanto en el abulón *H. fulgens* la prevalencia fue del 13.1%, con un promedio 1.6 almejas (d. t. \pm 7.6) y una intensidad máxima de 46 almejas por abulón. En los abulones de la zona de San Agustín presentó una talla promedio de 7.3 mm (d. t. \pm 4.5) con

un rango de talla de 1.2 a 23.6 mm, igualmente tuvo una mayor abundancia en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p = 0.03$) con 6.5 almejas por abulón (d. t. ± 9.7) y con una intensidad máxima de 35 almejas, la prevalencia fue del 57.1%; en tanto que en el abulón azul la prevalencia fue del 23.1% con un promedio de 0.9 almejas (d. t. ± 1.9) y con una intensidad máxima de 6 almejas perforadoras por concha (Figura 11).

En la Figura 12 se presenta la distribución por tallas de la almeja perforadora *L. aristata*, donde se observa para la zona de Punta Norte una mayor frecuencia en las tallas intermedias, con una menor cantidad de organismos jóvenes y escasos organismos de gran tamaño, lo anterior se observa de manera más marcada en los abulones amarillos, debido a la abundancia de las almejas perforadoras en esta especie, sin embargo en las dos especies la tendencia es la misma. En ambas especies de abulón de la zona de San Agustín se observa una mayor frecuencia de tallas pequeñas, con un pico menor en tallas intermedias y muy pocos organismos de tallas grandes.

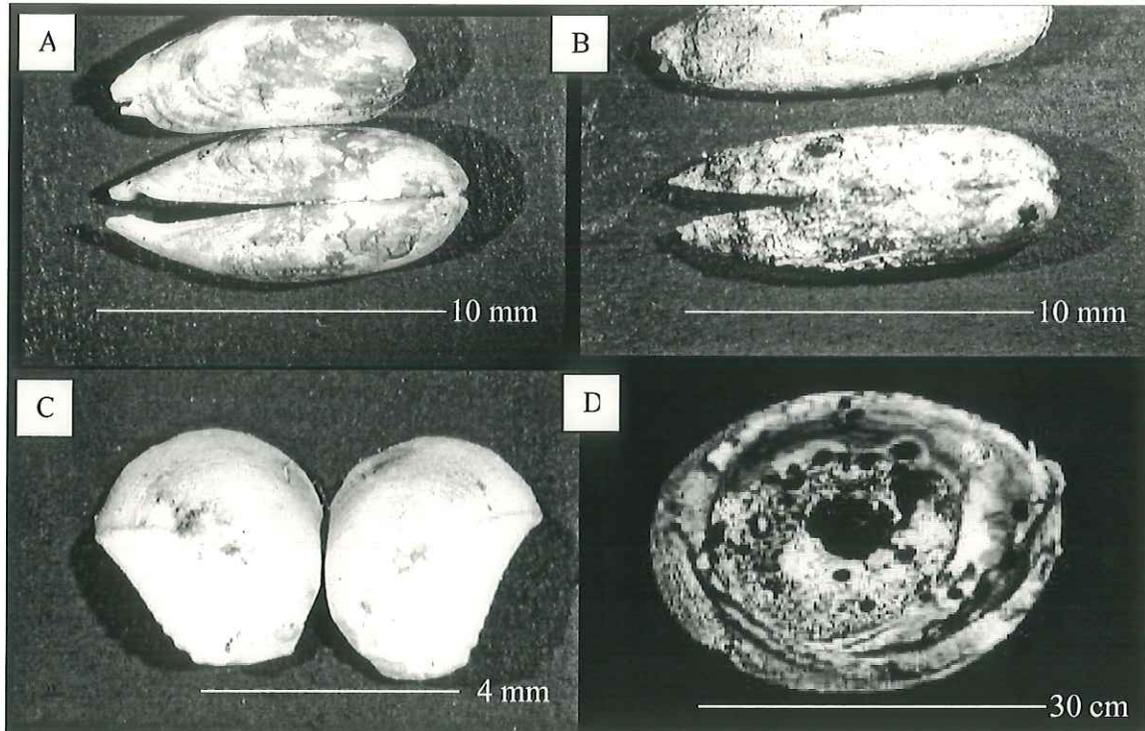


Figura 10.- Almejas perforadoras *Lithophaga aristata* (A), *Lithophaga plumula* (B), *Penitella conradi* (C), ámpulas en la cara interna del abulón producidas por las almejas perforadoras (D).

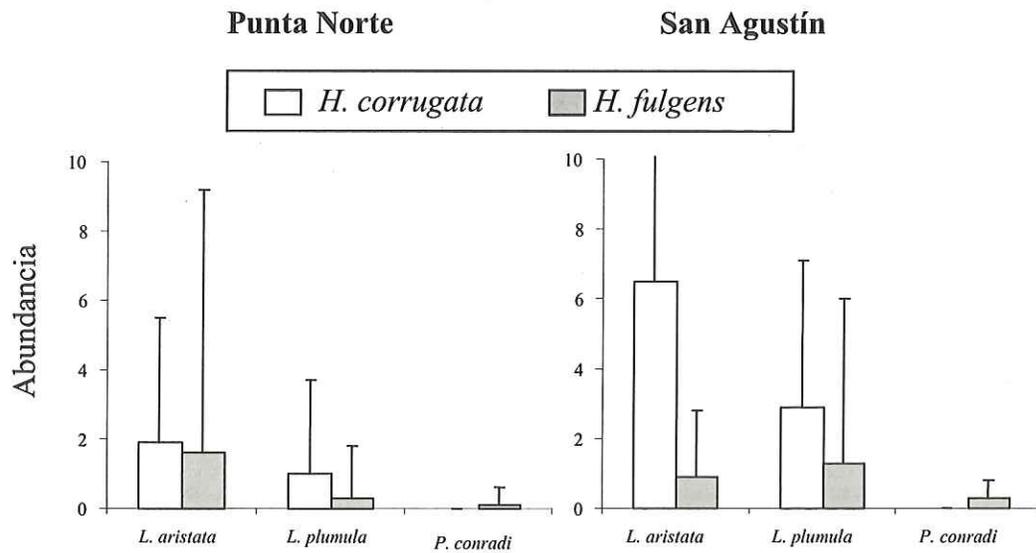


Figura 11.- Abundancia promedio de almejas perforadoras en los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*.

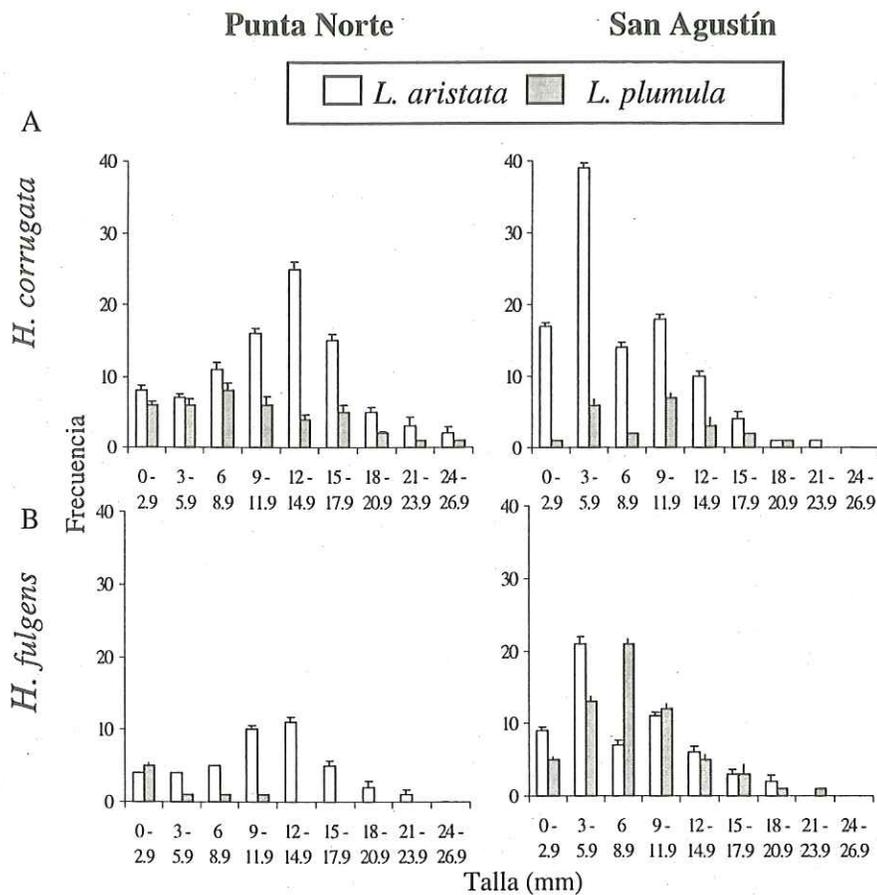


Figura 12.- Distribución por tallas de las almejas perforadoras *L. aristata* y *L. plumula* por especie de abulón; *H. corrugata* (A) y *H. fulgens* (B).

III.1.2.1.1.2. *Lithophaga plumula*

Igualmente que *L. aristata* tiene una concha elongada, la parte posterior cónica con los márgenes paralelos, se caracteriza por presentar incrustaciones calcáreas y pliegues transversales en la superficie posterior, el interior de la concha presenta un color gris metálico (Figura 10B).

En las conchas de abulón de la zona de Punta Norte *L. plumula* presentó una talla promedio de 7.3 mm (d. t. \pm 4.9) con un rango de talla de 1.8 a 26.4 mm. En el abulón *H.*

corrugata presentó una prevalencia del 25%, con un promedio por abulón de una almeja (d. t. \pm 2.7) y una intensidad máxima de 12 almejas; en el abulón *H. fulgens* presentó una prevalencia de 5.3% con un promedio por abulón de 0.3 almejas (d. t. \pm 1.5) y una intensidad máxima de 7 almejas perforadoras; *L. plumula* presentó una mayor abundancia en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p = 0.01$). En las conchas provenientes de la zona de San Agustín *L. plumula* presentó una talla promedio de 9.1 mm (d. t. \pm 4.4) con un rango de talla de 1.5 a 21.9 mm. Para los abulones amarillo y azul presentó una prevalencia del 42.8% y 7.7% respectivamente; la abundancia fue mayor en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p = 0.05$) con un valor promedio de 2.9 (d. t. \pm 4.2) y una intensidad máxima de 12 almejas; en tanto para el abulón azul la abundancia promedio fue de 1.3 almejas (d. t. \pm 4.7) y una intensidad máxima de 17 almejas (Figura 11).

La Figura 12 muestra la distribución por tallas de la almeja perforadora *L. plumula*; en el abulón amarillo de la zona de Punta Norte, se observa una distribución homogénea de organismos de tallas pequeñas e intermedias, disminuyendo la frecuencia de organismos grandes. En el abulón azul la distribución mostró escasos organismos de tallas pequeñas. En el abulón amarillo de San Agustín se observan dos picos, uno de tallas pequeñas y el otro de tallas intermedias, presentando escasos organismos de tallas grandes, en el abulón azul se observa una mayor frecuencia hacia las tallas pequeñas.

III.1.2.1.1.3. *Penitella conradi*

Tiene una concha oval esculpida con cordoncillos radiales, presenta una abertura en la parte posterior al final de la concha, esta abertura está delineada con gránulos de material calcáreo (Figura 10C).

En el abulón *H. fulgens*, tanto en la zona de Punta Norte como la de San Agustín se presentó de manera escasa, con un promedio de 0.1 almejas (d. t. ± 0.5) en la localidad de Punta Norte y un promedio de 0.3 almejas (d. t. ± 0.5) para la localidad de San Agustín, no se registró su presencia para el abulón *H. corrugata*. La talla promedio fue de 4.2 mm (d. t. ± 1.5) y 4.8 mm (d. t. ± 2.2) para cada zona respectivamente. En Punta Norte, presentó una prevalencia del 5.3% con una intensidad máxima de tres almejas. En San Agustín, la prevalencia fue del 7.7%, con una intensidad máxima de una almeja perforadora por concha de abulón.

III.1.2.1.1.4. Ámpulas

Como se mencionó anteriormente, las ámpulas son depositaciones de conquiolina, calcita y nácar, que son secretadas por los amebocitos del manto para reparar daños en la cara interna de la concha de los abulones, estas ámpulas son provocadas principalmente por almejas perforadoras que penetran a la cara interna de la concha del abulón (Figura 10D).

Para el abulón amarillo en la zona de Punta Norte se presentaron en el 29.2% de los abulones, en tanto para el abulón azul fue del 13.1%, con una intensidad máxima por concha de 8 y 12 ámpulas respectivamente. La abundancia no fue significativamente diferente entre las dos especies (U Mann-Whitney $p = 0.09$). En el abulón amarillo la abundancia promedio fue de 0.7 (d. t. ± 1.5) y en el azul de 0.6 almejas por concha de abulón (d. t. ± 2.3). En el abulón amarillo de la zona de San Agustín se presentó en el 66.7% de los abulones y en el 15.4% de los abulones azules, con una intensidad máxima por concha de nueve y una ámpulas respectivamente; para esta zona, la abundancia fue significativamente mayor para el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p < 0.01$) con valor

promedio de 2.2 ámpulas (d. t. \pm 2.4), en cambio el abulón azul presentó un promedio de 0.1 ámpulas por abulón (d. t. \pm 0.4).

III.1.2.1.2. Esponjas perforadoras

III.1.2.2.1. *Cliona* spp.

Las esponjas perforadoras, *Cliona* spp., presentan un color de verde a amarillo, en la mayoría de los casos se observa solamente el daño ocasionado por las esponjas, observando una concha con abundantes y diminutos poros en la superficie externa y que en el interior de la misma forman vastos túneles (Figura 13).

En los abulones *H. fulgens* y *H. corrugata* de la zona de Punta Norte *Cliona* spp. se encuentran en proporciones similares, con una prevalencia del 60.4% para el abulón amarillo y de 57.9% para el azul, con una cobertura promedio del 22% (d. t. \pm 34.0) y 16.4% (d. t. \pm 25.7) respectivamente, la cobertura no fue significativamente diferente entre las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.82$), para ambas especies de abulón el rango de cobertura fue del 0 al 100% de la concha. En el abulón azul de la zona de San Agustín *Cliona* spp. presentaron una cobertura promedio de 48.3% (d. t. \pm 32.7) y una prevalencia de 92.3%, el rango de cobertura fue de 0 al 100% de la concha; en tanto en el abulón amarillo la cobertura promedio fue del 3.9% (d. t. \pm 5.6), con un rango de cobertura del 0 al 20.5% y una prevalencia del 57.1%, la cobertura fue significativamente mayor en el abulón azul (U Mann-Whitney $p < 0.01$) (Tabla IV). La Figura 14 muestra el porcentaje de cobertura de *Cliona* spp. para el abulón amarillo y azul de ambas localidades.

III.1.2.2.2. Pústulas

Se clasifican como pústulas a pequeñas manchas conspicuas en la cara interna de la concha del abulón, en la mayoría de los casos las pústulas son ocasionadas por las esponjas perforadoras *Cliona* spp. que penetran hasta la cara interna de la concha.

Las pústulas se presentaron con una prevalencia del 64.6% en el abulón *H. corrugata* y de 34.2% en *H. fulgens* en la zona de Punta Norte, presentando una mayor cobertura de la cara interna de la concha en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p < 0.01$) con un promedio del 9.9% (d. t. ± 18.4) y del 1.1% (d. t. ± 2.2) para el abulón azul. Para la zona de San Agustín se presentaron con una prevalencia del 28.6% y 53.8% en el abulón amarillo y azul respectivamente; la cobertura no fue significativamente diferente entre las dos especies (U Mann-Whitney $p = 0.07$), con un promedio en el abulón amarillo del 2.9% (d. t. ± 11.2) y en el abulón azul del 6.2% (d. t. ± 8.9).

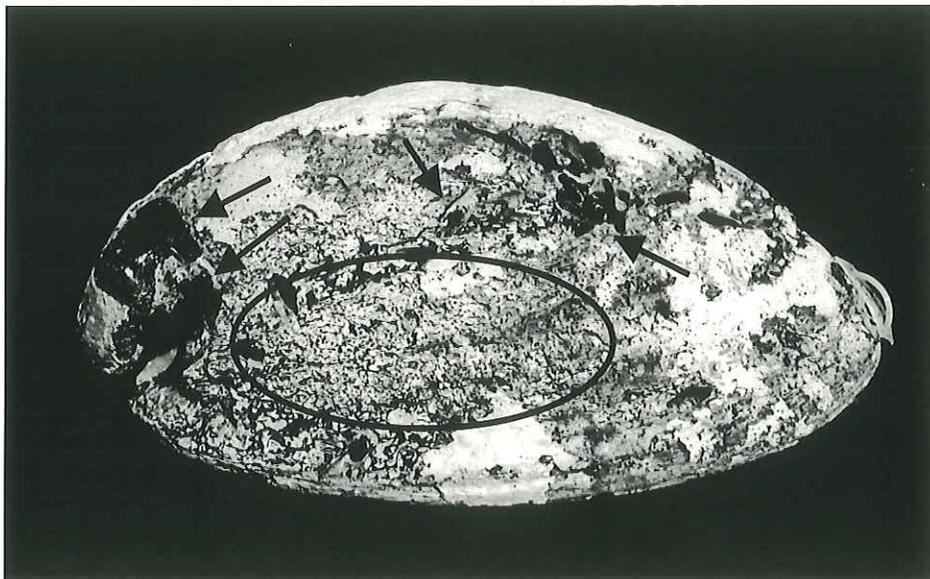


Figura 13.- Concha de abulón con perforaciones diminutas ocasionadas por las esponjas *Cliona* spp. (círculo) y perforaciones por almejas del género *Lithophaga* (flechas).

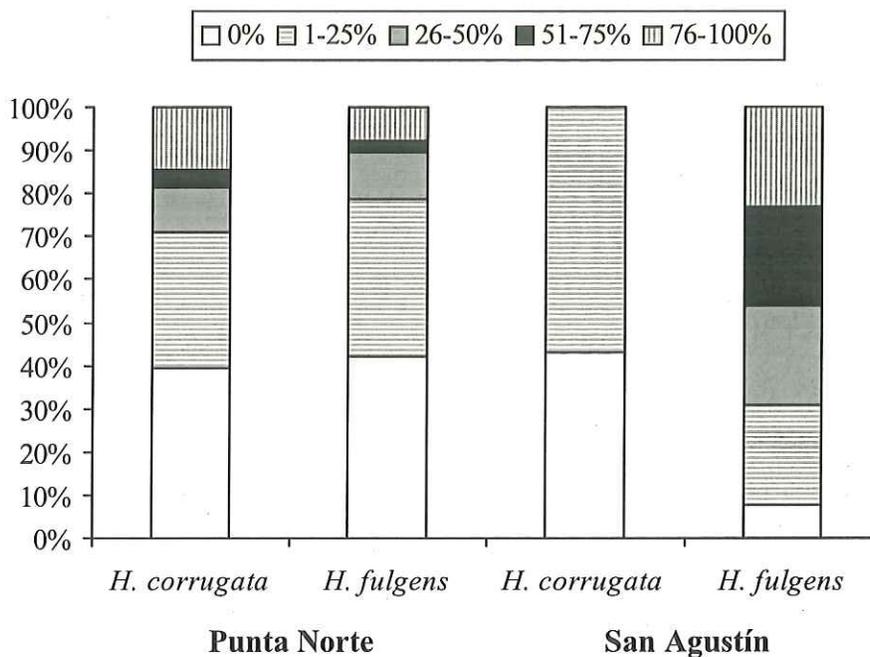


Figura 14.- Proporción por rangos de cobertura de *Cliona* spp. para *H. corrugata* y *H. fulgens* por localidad.

III.1.2.1.3. Rayos X

Para corroborar el daño en las conchas de los abulones por la acción de los organismos perforadores se tomaron placas de Rayos X (Figura 15), la placa muestra los orificios en el interior de la concha ocasionadas por almejas perforadoras y la esponja perforadora *Cliona* spp. que produce perforaciones diminutas. Las placas de Rayos X muestran el 81% de la abundancia de almejas perforadoras, en comparación de la abundancia obtenida por conteo manual, por lo anterior las placas de Rayos X son una

herramienta para visualizar el daño interno de las conchas por la acción de los organismos perforadores.

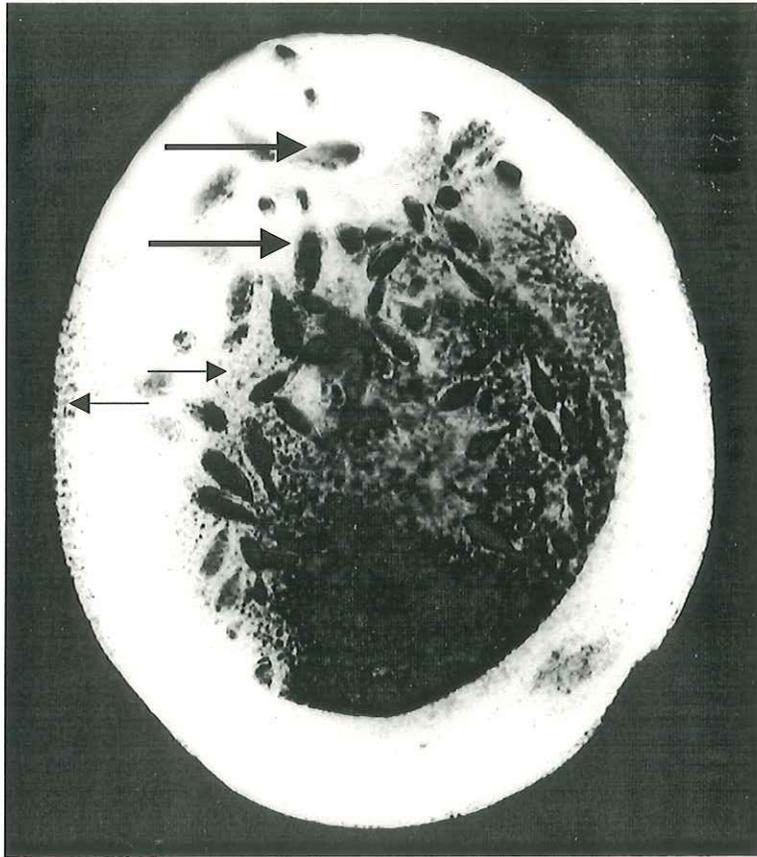


Figura 15.- Placa de Rayos X de *H. fulgens*. Se observan las perforaciones por almejas (flechas grandes) y las manchas pequeñas son perforaciones ocasionadas por *Cliona* spp. o poliquetos (flechas pequeñas).

III.1.2.2. Organismos asociados

Se agruparon como organismos asociados, a los epibiontes que ocasionan en menor grado un daño en las conchas de los abulones, así como aquellos que no producen daño alguno a su estructura. Como ya se ha mencionado los resultados se presentan en las tablas de la II a la V. Para el caso de los epibiontes en los que se determinó su cobertura en las conchas, la Figura 16 presenta su proporción por rangos de cobertura.

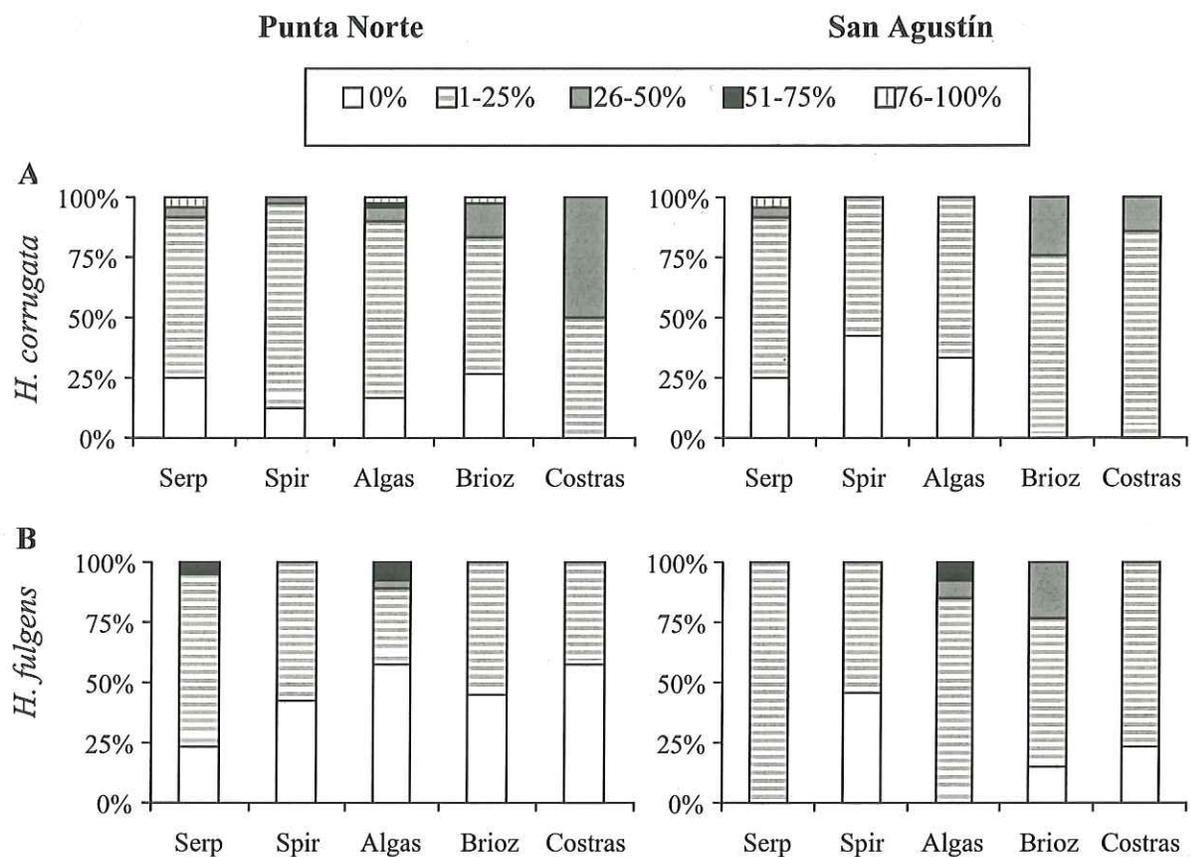


Figura 16.- Porcentajes de cobertura de los epibiontes de la concha de los abulones *H. corrugata* (A) y *H. fulgens* (B).

III.1.2.2.1. Poliquetos

La identificación de poliquetos se realizó con base a las descripciones de Hernández (s/a) y Salazar (1985).

III.1.2.2.1.1. Serpulidae: Poliquetos con tubos calcáreos y estructuras operculares ornamentadas, forman colonias sobre la concha del abulón. Por la coloración de los tubos calcáreos se registraron tres tipos de Serpulidae: (I) Sérpula con tubo calcáreo blanco, (II) Sérpula con tubo calcáreo blanco con la parte dorsal anterior de color morado y (III) Sérpula con tubo calcáreo café. La identificación de estos poliquetos se logró sólo a nivel de familia. En la Tabla VI se muestra la proporción de los diferentes tipos de Sérpula. En el abulón *H. corrugata*, Serpulidae presentó una prevalencia del 75% y en *H. fulgens* de 57.9% esto para la zona de Punta Norte; La mayor cobertura se presentó en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p < 0.01$), con un promedio del 9.2% (d. t. ± 20.0) y en el abulón azul la cobertura promedio fue del 1.4% (d. t. ± 2.5). Para el abulón amarillo de la zona de San Agustín presentó una prevalencia de 66.7% y 53.8% en el azul, la cobertura entre ambas especies fue similar (U Mann-Whitney $p = 0.07$), con una cobertura promedio de 2.3% (d. t. ± 2.4) en el abulón amarillo y de 1.2% (d. t. ± 3.3) en el azul.

Tabla VI.- Proporción de los diferentes tipos de Serpulidae.

Tipo	Punta Norte		San Agustín	
	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %
I	32.8	43.5	23.0	52.7
II	20.0	43.4	0	47.3
III	47.2	13.1	77.0	0

III.1.2.2.1.2. Spirorbidae: Pequeños poliquetos con tubos calcáreos en espiral cementados en la concha de abulón. Se registraron dos tipos: (I) presenta tubo calcáreo, pequeño, liso y de color blanco y (II) se caracteriza por presentar un tubo calcáreo con ornamentaciones en forma de bandas en espiral alrededor de él; su identificación se logró sólo a nivel de familia. En la Tabla VII se presenta la proporción de estos dos tipos. Spirorbidae presentó una prevalencia en la zona de Punta Norte del 87.5% y 76.3% en el abulón amarillo y azul respectivamente, con una cobertura promedio del 4.9% (d. t. \pm 6.3) y 5.7% (d. t. \pm 14.0) para cada especie, la cobertura fue mayor en abulón azul (U Mann-Whitney $p = 0.03$); en tanto, en el abulón amarillo de la zona de San Agustín Spirorbidae presentó una prevalencia del 57.1%, con una cobertura promedio del 1.6% (d. t. \pm 2.1), el abulón azul presentó una prevalencia del 84.6% y una cobertura promedio del 1.1% de la concha (d. t. \pm 1.1), la cobertura no fue significativamente diferente entre las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.70$).

Tabla VII.- Proporción de los diferentes tipos de Spirorbidae.

Tipo	Punta Norte		San Agustín	
	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %
I	66.7	59.4	14.1	60.6
II	39.3	40.6	85.9	39.4

III.1.2.2.1.3. *Polydora* spp.: Poliquetos que perforan la concha formando canales en su interior. Para su localización fue necesario romper la concha del abulón ya que no evidenciaron características externas de su presencia. El abulón *H. corrugata* en la zona de Punta Norte presentó una prevalencia del 60.4% y en *H. fulgens* del 15.8%; en tanto para el abulón amarillo y azul de San Agustín la prevalencia fue del 57.1% y 23.1% respectivamente.

III.1.2.2.2 Otros epibiontes

Dentro de este grupo de epibiontes, se clasificaron aquellos organismos que no producen daño alguno sobre la concha del abulón, entre ellos encontramos almejas asociadas, algas, briozoarios, balanos y caracoles; así mismo, dentro de este grupo se clasificaron la lesión de costras que generan una reacción mínima por parte del abulón y se presentan en pocos ejemplares.

III.1.2.2.2.1. Almejas asociadas: Además de las almejas perforadoras se presentaron otras almejas asociadas a las conchas de los abulones, éstas se localizaron sobre la superficie de la concha sin presentar evidencia de perforarla. Las almejas

asociadas presentaron una mayor abundancia en el abulón amarillo de la localidad de Punta Norte (U Mann-Whitney $p < 0.01$), con una abundancia promedio de 3.1 almejas (d. t. ± 8.1), con una abundancia máxima de 53 almejas y una prevalencia del 43.7%; en el abulón azul la abundancia promedio fue de 0.5 almejas por abulón (d. t. ± 2.3), con una intensidad máxima de 13 almejas y una prevalencia del 10.5%, la talla promedio en esta zona fue de 3.5 mm (d. t. ± 2.7). En el abulón *H. corrugata* de la localidad de San Agustín. Presentaron una abundancia promedio de 56.3 almejas por abulón (d. t. ± 62.5), con una abundancia máxima de 243 almejas por concha y una prevalencia del 85.7% la talla promedio fue de 1.7 mm (d. t. = 1.0). Para el abulón *H. fulgens* en esta zona, no hubo registro. De este grupo de almejas se identificó a la especie dominante como *Gregariella chenui*, que representa el 89% de las almejas asociadas en la zona de Punta Norte y el 96% en San Agustín.

III.1.2.2.2.2. Algas: Las algas son epibiontes comunes en la concha del abulón, en donde se registró la presencia de algas verdes, pardas y calcáreas. Las algas presentaron prevalencias del 83.3% y 57.9% para el abulón *H. corrugata* y *H. fulgens* respectivamente, con una cobertura similar entre ambas especies (U Mann-Whitney $p = 0.12$), con un promedio del 8.9% (d. t. ± 15.2) y 7.5% (d. t. ± 13.4) para el abulón amarillo y azul respectivamente y una cobertura máxima del 79% de la concha en el abulón amarillo y del 55% en el abulón azul, lo anterior para los abulones de la zona de Punta Norte. En el abulón tanto amarillo como azul de la zona de San Agustín, se presentaron en el 100% de las conchas, con una cobertura promedio de 15.9% (d. t. \pm

10.8) en el abulón amarillo y una cobertura máxima del 41% de la concha, el abulón azul presentó una cobertura promedio de 15.9 (d. t. \pm 15.8) y una cobertura máxima del 55% de la concha, para esta zona la cobertura fue similar entre las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.58$).

III.1.2.2.2.3. Briozoarios: Son organismos coloniales, que generan un exoesqueleto que provee soporte y protección. En el abulón amarillo *H. corrugata* de la zona de Punta Norte la prevalencia fue del 72.9% y en el abulón azul del 55.3%, la cobertura promedio esta zona fue del 11.9% (d. t. \pm 16.1) en el abulón amarillo, con una cobertura máxima del 83% de la concha, en el abulón azul la cobertura promedio fue del 3.4% (d. t. \pm 5.1), con una cobertura máxima del 21% de la concha. La abundancia fue mayor en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p < 0.01$). En el abulón amarillo de la zona de San Agustín la prevalencia fue del 100% y del 84.6% en el azul, la cobertura promedio en el abulón amarillo fue del 12.1% (d. t. \pm 7.8), con una cobertura máxima del 29% de la concha, en el abulón azul la cobertura promedio fue del 13.7% (d. t. \pm 14.7). Para esta zona la abundancia no fue significativamente diferente entre las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.70$).

III.1.2.2.2.4. Balanos: Los balanos son crustáceos que en su etapa adulta presentan una cubierta calcárea y están fijos a un sustrato. Los balanos se presentan de manera regular en las conchas de abulón tanto amarillo como azul; presentando en la zona de Punta Norte un promedio del 2.7 balanos (d. t. \pm 3.5) y 4.1 balanos (d. t. \pm 3.8)

por concha en cada especie respectivamente, para esta zona presentaron una mayor abundancia en el abulón azul (U Mann-Whitney $p = 0.03$), la abundancia máxima, tanto en el abulón amarillo como en el azul, fue de 14 balanos por concha y presentaron una prevalencia del 58.3% y 81.6% en el abulón amarillo y azul respectivamente. En los abulones provenientes de San Agustín la abundancia no fue significativamente diferente (U Mann-Whitney $p = 0.55$), con un promedio de 6.6 (d. t. ± 9.0) y 13 balanos (d. t. ± 18.5) para los abulones amarillo y azul respectivamente, con una abundancia máxima de 36 balanos en el abulón amarillo y de 62 balanos en el abulón azul y una prevalencia del 80.9% y 84.6% para cada especie respectivamente.

III.1.2.2.2.5. Caracoles: La identificación de los caracoles que se registraron no fue posible, por lo que se presentan como un solo grupo. Los caracoles se presentaron en el abulón *H. corrugata* de la zona de Punta Norte con una prevalencia del 29.2% y del 13.1% en el abulón *H. fulgens*, su abundancia fue escasa en ambas especies con un promedio en el abulón amarillo de 0.7 (d. t. ± 1.2) caracoles y en el azul de 0.4 (d. t. ± 1.4) caracoles, presentando respectivamente de 4 a 8 caracoles como máximo por concha, la abundancia fue similar en ambas especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.07$). En el abulón amarillo de la zona de San Agustín los caracoles presentaron una prevalencia del 80.9%, con una intensidad máxima de 31 caracoles por concha y un promedio de 9.8 caracoles; el abulón azul presentó un promedio de 1.9 caracoles por concha de abulón, una prevalencia del 23.1% y una intensidad máxima de 18 caracoles por abulón; la

abundancia de caracoles en esta zona, fue significativamente mayor en el abulón amarillo (U Mann-Whitney $p < 0.01$).

III.1.2.2.2.6. Costras: Las costras son formadas por la infiltración de partículas extrañas entre el manto y la cara interna de la concha, estas partículas son cubiertas por capas de material posiblemente quitinoso, producido por los amebocitos del manto para ser aisladas. Las costras que se registraron fueron producidas por partículas de arena. En el abulón *H. corrugata* provenientes de la zona de Punta Norte las costras se presentaron en el 50% de las muestras y en el 42.1% del abulón *H. fulgens*, la cobertura fue similar entre las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.32$), con un promedio del 1.5% de la cara interna de *H. corrugata* y del 1% en *H. fulgens*. Las costras se presentaron en el 52.4% de los abulones amarillos de la zona de San Agustín y en el 76.9% de los abulones azules; la cobertura fue similar para las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.33$), con un promedio en el abulón amarillo del 2% y del 4.3% en el abulón azul.

III.2. Relación entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas de abulón

De forma general, la relación entre la abundancia de epibiontes con el área y edad de las conchas de abulón no se observa con claridad. De manera particular se observan algunas relaciones positivas significativas, ésto es, a mayor edad y superficie mayor la abundancia del epibionte, lo anterior se observa principalmente en las almejas perforadoras y en la acción de *Cliona* spp. (Tablas VIII y IX). En algunos casos, principalmente en Spirorbidae se presentaron correlaciones negativas, ésto es, a menor edad y superficie mayor abundancia del epibionte (Tablas VIII y IX).

En el abulón amarillo de la zona de Punta Norte la relación entre el área de la concha del abulón y la abundancia de *Cliona* spp., en tanto la relación entre la edad de los abulones y la abundancia de *Cliona* spp. también fue significativa. En el abulón azul de esta misma zona la relación entre el área de las conchas y la abundancia de almejas perforadoras, ámpulas, *Cliona* spp. y pústulas fue significativa, así mismo la relación de área con la abundancia de Spirorbidae fue significativa pero de manera negativa. Para el abulón azul la relación entre la edad de del abulón y la abundancia de *Cliona* spp. y pústulas fue significativa; de igual manera que la relación área y abundancia de Spirorbidae, la relación edad y abundancia de Spirorbidae fue significativa de manera negativa (Tablas VIII y IX). En el abulón amarillo de la zona de San Agustín la relación edad con la abundancia de Serpulidae y Spirorbidae fue significativa de manera negativa; en el abulón azul de la zona de San Agustín la relación entre edad de los abulones con la

abundancia de *Cliona* spp. fue significativa de manera positiva y la relación de edad de los abulones con la abundancia de balanos fue significativa de manera negativa (Tablas VIII y IX).

Tabla VIII.- Análisis de correlación de Spearman entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas de abulones provenientes del campo pesquero Punta Norte. R= coeficiente de correlación. P= probabilidad.

	<i>H. corrugata</i>				<i>H. fulgens</i>			
	Área		Edad		Área		Edad	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Almejas perforadoras	0.34	0.01	0.28	0.09	0.46	< 0.01	0.40	0.02
Ámpulas	0.32	0.02	0.21	0.21	0.50	< 0.01	0.30	0.09
<i>Cliona</i> spp.	0.39	< 0.01	0.66	< 0.01	0.71	< 0.01	0.59	< 0.01
Pústulas	0.14	0.33	0.08	0.60	0.57	< 0.01	0.52	< 0.01
Serpulidae	0.97	< 0.01	0.04	0.80	0.13	0.42	0.05	0.78
Spirorbidae	0.99	< 0.01	0.99	< 0.00	-0.58	< 0.01	-0.55	< 0.01
Almejas asociadas	0.31	0.02	0.22	0.18	0.24	0.13	0.09	0.59
Algas	-0.16	0.25	-0.27	0.10	0.18	0.26	0.07	0.68
Balanos	0.08	0.56	0.15	0.35	0.26	0.11	0.31	0.07
Caracoles	0.17	0.22	0.18	0.49	0.06	0.71	0.21	0.24
Briozoarios	-0.05	0.71	0.03	0.84	0.18	0.27	0.22	0.22
Costras	0.14	0.33	-0.04	0.79	0.31	0.05	0.44	0.01

Sombreado: valores de P menores a 0.01 son significativos, nivel de significancia $\alpha=0.01$.

Tabla IX.- Análisis de correlación de Spearman entre la abundancia de epibiontes y lesiones con el área y edad de las conchas de abulones provenientes del campo pesquero San Agustín. R= coeficiente de correlación. P= probabilidad.

	<i>H. corrugata</i>				<i>H. fulgens</i>			
	Área		Edad		Área		Edad	
	R	P	R	P	R	P	R	P
Almejas perforadoras	0.33	0.13	0.15	0.55	0.41	0.15	0.09	0.75
Ámpulas	-0.65	0.77	-0.04	0.85	0.51	0.07	0.36	0.25
<i>Cliona</i> spp.	-0.19	0.38	-0.05	0.83	0.37	0.19	0.81	< 0.01
Pústulas	0.44	0.04	0.35	0.17	0.01	0.94	0.42	0.17
Serpulidae	-0.38	0.08	-0.68	< 0.01	0.51	0.07	0.32	0.31
Spirorbidae	-0.20	0.36	-0.75	< 0.01	0.58	0.03	0.29	0.35
Almejas asociadas	0.27	0.22	0.04	0.84	----	----	----	----
Algas	0.38	0.08	-0.06	0.81	-0.40	0.16	0.25	0.43
Balanos	0.22	0.31	-0.06	0.81	-0.08	0.77	-0.72	< 0.01
Caracoles	0.34	0.12	0.43	0.08	0.49	0.08	0.33	0.31
Briozoarios	0.08	0.72	0.50	0.04	< 0.01	0.97	-0.28	0.38
Costras	0.05	0.82	0.19	0.46	-0.29	0.32	0.32	0.31

Sombreado: valores de P menores a 0.01 son significativos, nivel de significancia $\alpha=0.01$.

III.3. Análisis microscópico

El análisis del cuerpo blando de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*, muestra la presencia de simbioses en las diferentes zonas analizadas. En la zona de las branquias se encontró la presencia de copépodos, protozoos ciliados y protozoos tipo gregarina; en la zona del esófago se encontró la presencia de bacterias tipo Rickettsias (BTR), microprotozoos y protozoos tipo gregarina; en la zona del estómago, intestino y conductos de los divertículos digestivos se encontró la presencia de microprotozoos, BTR, inclusiones de naturaleza desconocida y metazoos; para la zona de los divertículos digestivos se encontró la presencia BTR e inclusiones de naturaleza desconocida; en la zona de los riñones se encontró la presencia de protozoos tipo gregarina, así mismo se encontró la presencia de encapsulaciones en la zona de branquias, divertículos digestivos y riñones. En la Tabla X se presentan los simbioses encontrados en el cuerpo blando de los abulones, indicando su ubicación e intensidad máxima por abulón, para ambas especies de abulón de cada localidad. En la Figura 17 se representa la prevalencia de los simbioses para cada especie de abulón. Las características y abundancia de estos microorganismos se describen a continuación, resaltando la presencia de BTR.

Tabla X.- Simbiontes y lesiones encontrados en los tejidos de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* para cada localidad.

Bacterias tipo Rickettsia

Tamaño: 17.5x10.8 μ a 24.3x10.2 μ

Tejido: Esófago, Estómago, Intestino, Divertículos .digestivos y sus conductos.

Localidad	Abulón	Promedio	Desviación típica	Prevalencia %	# máx./ abulón
Punta Norte	Amarillo	434.1	988.8	63.2	4,197
	Azul	323.1	664.0	43.7	2,129
Islas San Benito	Azul	1178.7	891.6	96.2	3,358
San Agustín	Amarillo	75.3	137.2	61.9	476
	Azul	624.3	774.2	100	2,128

Ciliados

Tamaño: 26.5x 12.7 μ

Tejido: Branquias

Punta Norte	Amarillo	0.1	0.5	10.5	2
	Azul	0.2	1.0	6.3	4
Islas San Benito	Azul	4.6	8.0	42.3	28
San Agustín	Amarillo	62.7	135.6	71.4	594
	Azul	77.2	105.4	78.5	346

Copépodos

Tamaño: 200x50 μ

Tejido: Branquias

Punta Norte	Amarillo	1.0	1.7	36.5	5
	Azul	0	0	0	0
Islas San Benito	Azul	0.5	0.9	34.6	4
San Agustín	Amarillo	0.3	0.7	19.0	3
	Azul	0.1	0.02	7.1	1

Tabla X cont.

MicroprotozoosTamaño: 8x6 μ

Tejido: Estómago, Esófago, Intestino y Conducto de divertículos digestivos

Localidad	Abulón	Promedio	Desviación típica	Prevalencia %	# máx./ abulón
Punta Norte	Amarillo	3.2	6.5	26.3	23
	Azul	3.0	7.4	25.0	28
Islas San Benito	Azul	110.1	153.1	92.3	772
San Agustín	Amarillo	25	93.2	33.3	43
	Azul	25.7	25.0	78.5	80

Inclusión de naturaleza desconocidaTamaño: 36.3x24.0 μ

Tejido: Intestino, Divertículos digestivos y sus conductos

Punta Norte	Amarillo	2.5	10.7	10.5	47
	Azul	39.8	130.9	12.5	518
Islas San Benito	Azul	37.2	50.4	88.4	170
San Agustín	Amarillo	0	0	0	0
	Azul	10.5	27.8	35.7	104

GregarinasTamaño: 22x14 μ

Tejido: Branquias, Esófago y Riñón.

Punta Norte	Amarillo	0	0	0	0
	Azul	0.06	0.2	6.2	1
Islas San Benito	Azul	0.07	0.3	3.8	2
San Agustín	Amarillo	0	0	0	0
	Azul	0.4	0.7	28.5	2

Tabla X cont.

MetazoosTamaño: 396.7x251.8 μ

Tejido: Esófago e Intestino.

Localidad	Abulón	Promedio	Desviación típica	Prevalencia %	# máx./ abulón
Punta Norte	Amarillo	0.05	0.2	5.2	1
	Azul	0	0	0	0
Islas San Benito	Azul	0.03	5.3	3.8	1
San Agustín	Amarillo	0	0	0	0
	Azul	0	0	0	0

EncapsulaciónTamaño: 53x41.3 μ a 330x209.1 μ

Tejido: Branquias, Divertículos digestivos y Riñón

Punta Norte	Amarillo	0.7	2.7	15.7	12
	Azul	0.06	0.2	6.2	1
Islas San Benito	Azul	2.8	12.7	19.2	65
San Agustín	Amarillo	0.4	1.7	9.5	8
	Azul	0	0	0	0

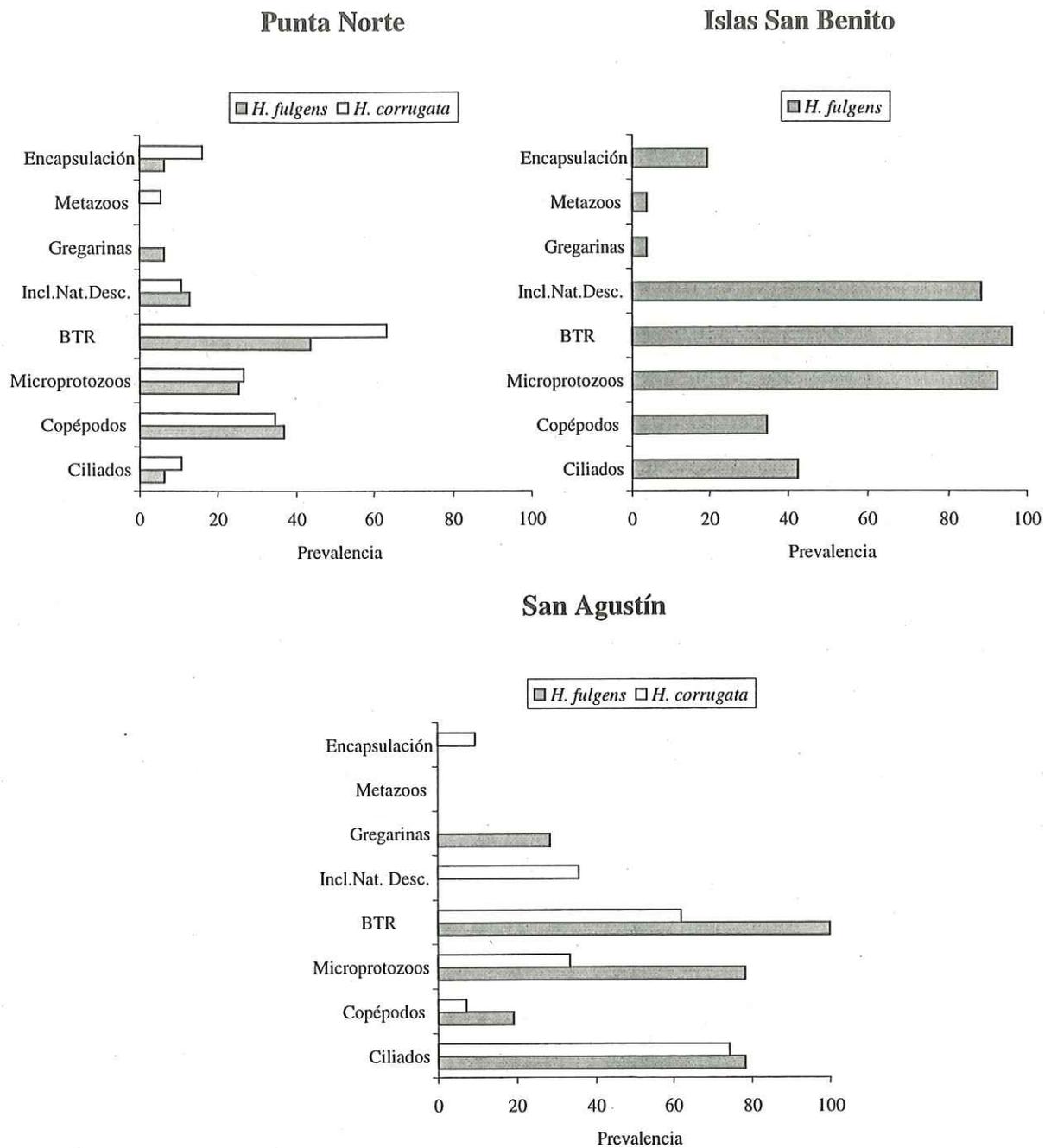


Figura 17.- Prevalencia de los simbioses y lesiones encontrados en el cuerpo blando de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*.

III.3.1. Bacterias tipo *Rickettsia*

En los tres muestreos que se analizaron, tanto en el abulón *Haliotis corrugata*, como en *H. fulgens* se encontró la presencia de BTR en los epitelios del tracto digestivo (Figuras 18 y 19).

Las BTR se observan en colonias con forma de esferas redondas y elongadas, que se encuentran en el citoplasma de las células epiteliales, el núcleo de la célula hospedera es desplazado y la célula pierde su forma, debido a la hipertrofia ocasionada por la presencia de las BTR, así mismo, se pierde la estructura del epitelio al multiplicarse las bacterias rompiendo las célula hospederas y en consecuencia las BTR son liberadas hacia el lumen. Se encontraron BTR en los epitelios del esófago, estómago, intestino, en los divertículos digestivos y sus conductos. Tanto en el abulón amarillo como en el azul, el tamaño promedio de las colonias de BTR en la zona del estómago e intestino fue de 23.6μ (d. t. ± 8.8) por 10.8μ (d. t. ± 4.1), por otra parte, en la zona de los divertículos digestivos y sus conductos el tamaño promedio de las colonias fue de 17.5μ (d. t. ± 7.3) por 10.8μ (d. t. ± 3.3) y para la zona del esófago el tamaño promedio de las colonias de BTR fue de 24.3μ (d. t. ± 8.6) por 10.9μ (d. t. ± 4.4).

La Tabla XI muestra los resultados del grado de infestación por BTR del abulón *H. corrugata* y *H. fulgens* para cada localidad. El abulón amarillo proveniente de la zona de Punta Norte presentó una prevalencia de BTR del 63.2%, el 52.6% de abulones de esta zona presentó un grado de infestación alto (4-5+); el abulón azul de la misma zona presentó una prevalencia de BTR del 43.7%, el grado de infestación de los abulones presentó un mayor porcentaje en los grados altos (4-5+) con un 31.3%; el grado de infestación entre las

dos especies de abulón en la zona de Punta Norte no fue significativamente diferente (U Mann-Whitney $p = 0.33$). El abulón azul proveniente de la zona de Islas San Benito presentó una prevalencia de BTR del 96.2%, el grado de infección de los abulones por BTR fue alto (4-5+), el 92.4% de los abulones presentaron esta intensidad. El abulón amarillo proveniente de la zona de San Agustín presentó una prevalencia de BTR del 61.9%, el grado de infestación por BTR presentó los mayores valores en grado bajo (1+) con un 38.1% y en grado medio (3+) con un 42.8%; en tanto el abulón azul de esta misma zona presentó una prevalencia de BTR del 100%, el grado de infestación registró valores altos (4-5+) con un 57.2% de abulones en éstos grados; el grado de infestación entre las dos especies de abulón provenientes de la zona de San Agustín fue significativamente diferente (U Mann-Whitney $p < 0.01$) siendo mayor en el abulón azul.

La Figura 20 muestra la prevalencia y abundancia de BTR en *H. corrugata* y *H. fulgens* para cada localidad. Las BTR se registraron principalmente, tanto en el abulón amarillo como en el azul, en el epitelio intestinal y en menor grado en el resto de los epitelios del tracto digestivo, la Tabla XII indica la proporción de BTR por epitelio.

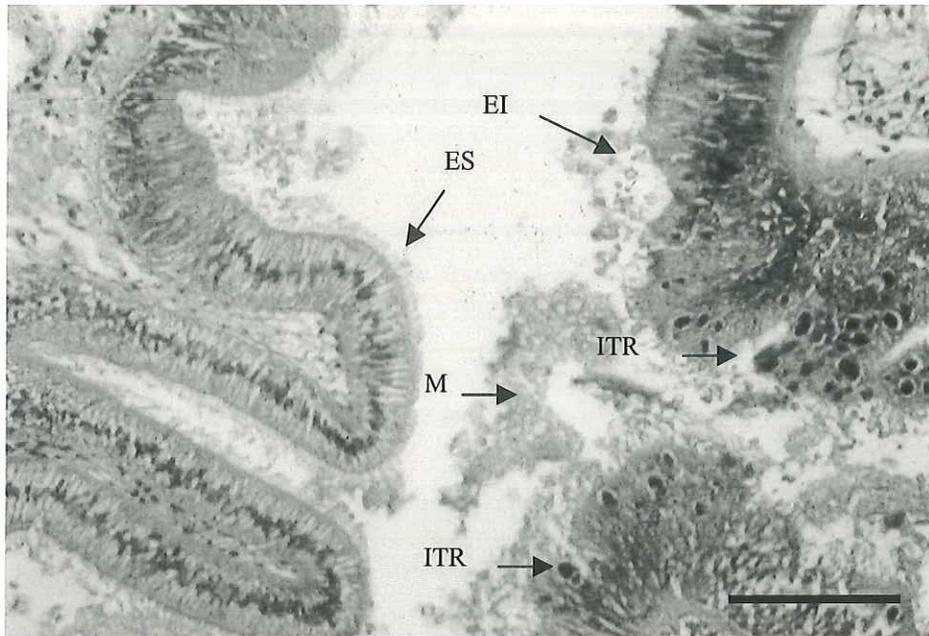


Figura 18.- BTR en epitelio intestinal. Se observa parte del epitelio intestinal sano (ES) y otra parte infectada (EI) por BTR, donde el epitelio ha perdido su estructura por la ruptura de las células hospederas, se observa la presencia de mucus (M) en el lumen intestinal (200 x). Barra de escala 100 μ .

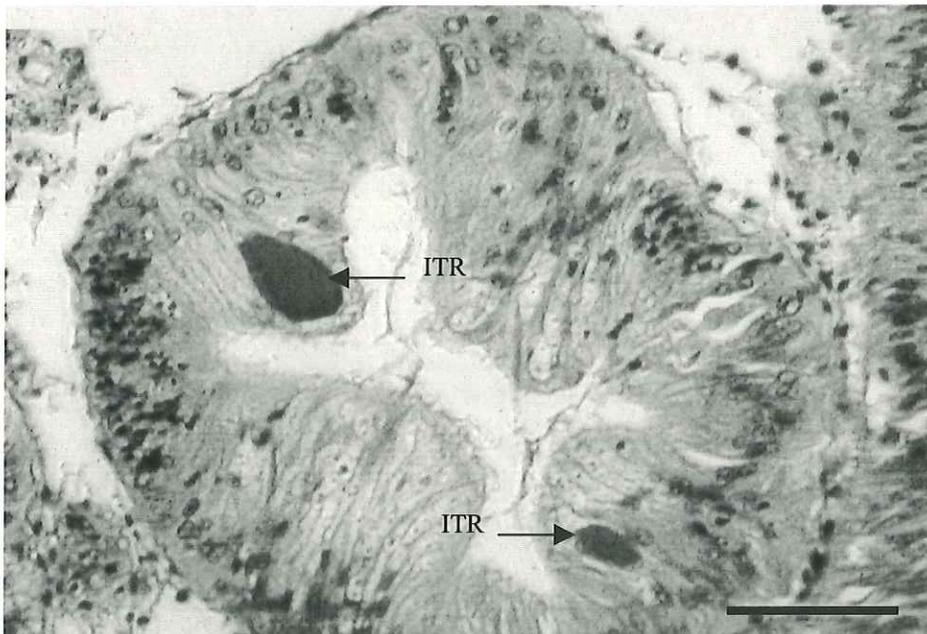


Figura 19.- BTR en divertículo digestivo. Las células infectadas muestran una hipertrofia que ejerce presión en las células adyacentes (400 x). Barra de escala 20 μ .

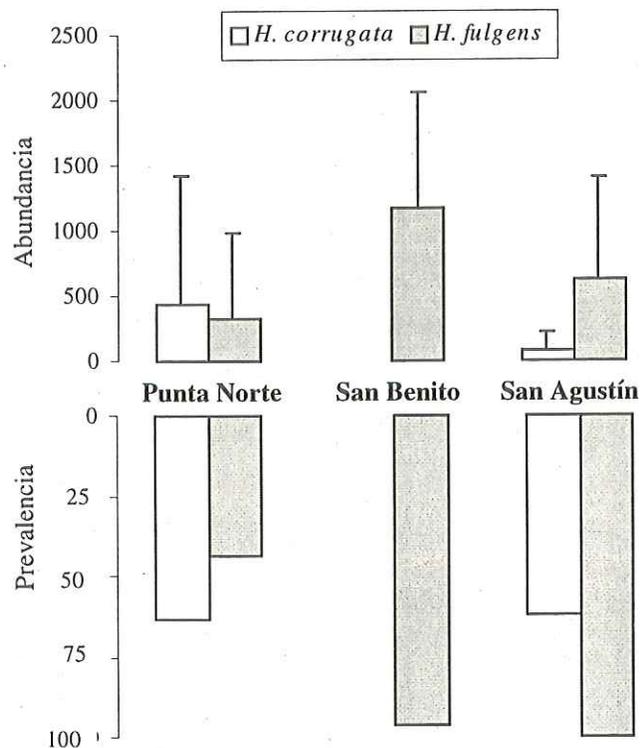


Figura 20.- Abundancia promedio y prevalencia de BTR en los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* en las diferentes localidades.

Tabla XI.- Grado de infestación y prevalencia de BTR en los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*.

Escala	Punta Norte		Islas San Benito	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %
1	36.8	56.3	3.8	38.1	0
2	5.3	6.2	0	4.8	21.4
3	5.3	6.2	3.8	42.8	21.4
4	42.1	18.8	46.2	14.3	35.8
5	10.5	12.5	46.2	0	21.4
Prevalencia	63.2	43.7	96.2	61.9	100
N	19	16	26	21	14

Tabla XII.- Porcentaje de BTR en los diferentes epitelios del tracto digestivo en que se localizaron, para *H. corrugata* y *H. fulgens*.

	Punta Norte		Islas San	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>	Benito	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>
	%	%	<i>H. fulgens</i> %	%	%
Esófago	6.0		0.1	0	1.0
Estómago	0	1.5	0	0	0
Intestino	86.8	88.1	61.2	97.0	76.7
Divertículos digestivos	0	0.4	11.9	0.3	0.6
Conductos de divertículos digestivos	7.2	10.0	26.8	2.7	21.7

III.3.1.1. Síndrome de Deshidratación

Dentro de los muestreos analizados, la presencia de abulones con características externas del síndrome de deshidratación (SD), ésto es, pérdida de pigmentación, retracción del pie, manto y masa visceral, se presentaron de manera escasa en la localidad de Punta Norte y con una mayor abundancia en abulones de San Agustín. En el abulón amarillo de la zona de Punta Norte la prevalencia del SD fue de 10.6%; en el abulón azul fue del 25%. En el abulón azul proveniente de Islas San Benito la prevalencia del SD fue de 11.5%. En tanto en el abulón amarillo de la zona de San Agustín la prevalencia del SD fue del 52.4%; para el abulón azul la prevalencia fue del 28.4%. La Tabla XIII muestra la proporción de abulones con características del Síndrome de Deshidratación de acuerdo a la escala de achicamiento del pie.

Tabla XIII.- Proporción de organismos de acuerdo a la escala del Síndrome de Deshidratación por grado de achicamiento del pie.

Escala SD	Punta Norte		Islas San Benito	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %
0	89.4	75.0	88.5	47.6	71.6
1	5.3	18.8	0	4.8	7.1
2	5.3	6.2	7.7	28.6	0
3	0	0	3.8	19.0	14.2
4	0	0	0	0	7.1
N	19	16	26	21	14

A nivel histológico estos organismos de manera general presentaron un desarreglo de la estructura celular, el tejido conectivo de la mayor parte del cuerpo blando se presentó laxo, principalmente en la zona del aparato digestivo; algunos epitelios del tracto digestivo se observaron laxos y decolorados, en ciertos casos los divertículos digestivos se encontraron degenerados y en su mayoría la gónada se encontró degenerada (en reabsorción y tejido indiferenciado); en pocos casos se observó un aumento de hemocitos, principalmente en el epitelio intestinal y en los divertículos digestivos. En la zona del pie, el tejido muscular presentó un desarreglo de los paquetes de fibras musculares, aunque en algunos casos éste no fue muy evidente.

Con relación a la madurez gonadal, la presencia de gónadas en reabsorción se registró tanto en abulones asintomáticos como en sintomáticos al SD; la Tabla XIV muestra los grados de madurez gonadal para cada especie de abulón y localidad, así como la proporción sexual de los abulones que se utilizaron en el análisis histológico; debe considerarse que esta escala comprende características macroscópicas y que fue validada con las observaciones a nivel microscópico.

Tabla XIV.- Proporción sexual y madurez gonadal de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*.

	Punta Norte		Islas San Benito	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>	<i>H. fulgens</i>	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>
N	19	16	26	21	14
Sexo					
Idefinido	5.2%	6.2%	11.5%	28.5%	35.7%
M:H	1:1.2	1:0.8	1:10.5	1:1.4	1:3.5
Madurez gonadal (%)					
G1	10.5	6.2	7.7	66.7	100
G2	68.5	81.2	92.3	33.3	0
G3	21.0	12.5	0	0	0
G4	0	0	0	0	0

M=Macho, H=Hembra

G1=Inmaduro, G2=Dersarrollo, G3=Maduro, G4=Gametos liberados

Con relación a la presencia de características del SD y la presencia de BTR, esta no presentó una correlación significativa entre el grado de afectación del SD y la abundancia BTR (Tabla XV), además que en algunos ejemplares que presentaron características externas del SD no registraron BTR (Figura 21); por otra parte, organismos que a nivel microscópico presentan una degeneración de tejidos, externamente no presentaron síntomas del SD.

Tabla XV.- Análisis de correlación de Spearman entre grado de afección por el SD y la abundancia de BTR.

	Punta Norte		Islas San Benito	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>	<i>H. fulgens</i>	<i>H. corrugata</i>	<i>H. fulgens</i>
R	0.05	0.06	0.18	-0.09	-0.008
Nivel de significancia	0.82	0.79	0.37	0.68	0.97

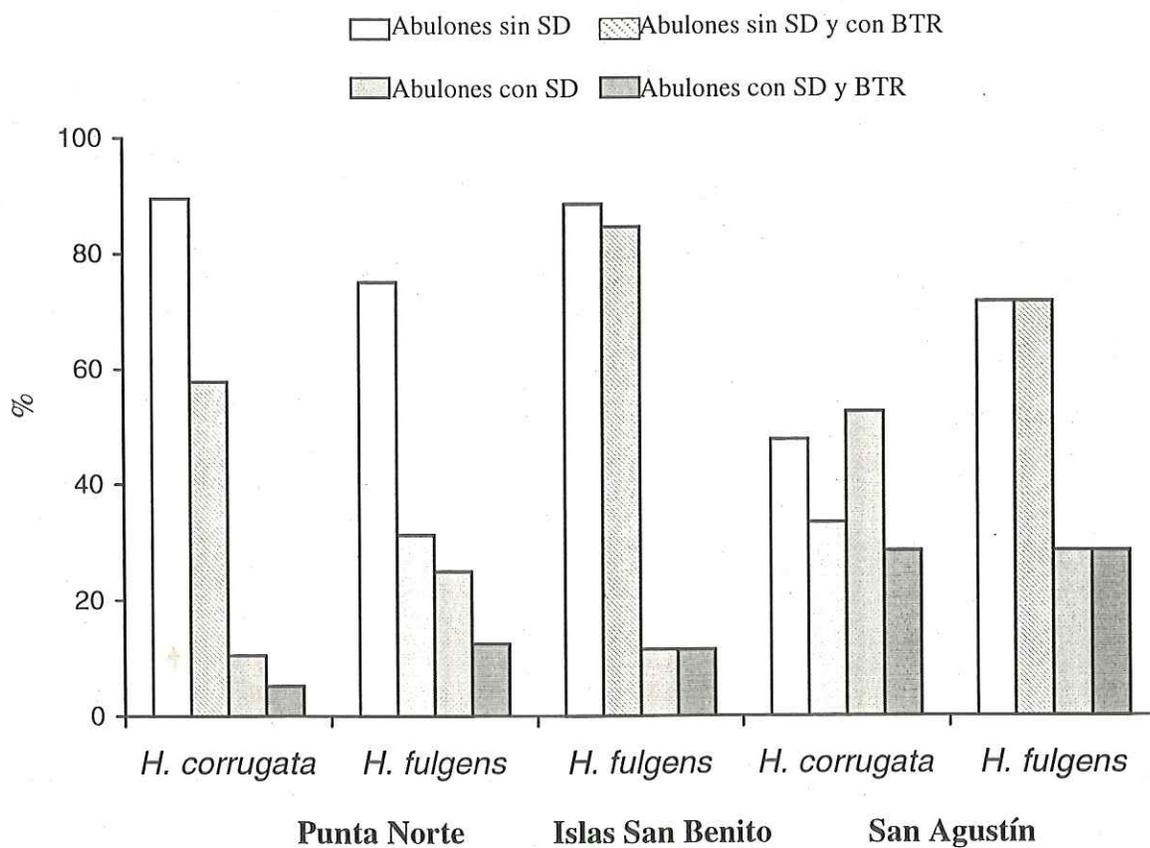


Figura 21.- Proporción de abulones sintomáticos y asintomáticos del SD, así como con presencia o ausencia de BTR, para *H. corrugata* y *H. fulgens*.

III.3.2. Ciliados

En la cavidad del manto de los abulones entre los filamentos branquiales, se encontró la presencia de protozoos ciliados, éstos presentaron formas variadas, de esférica a elongada, su talla promedio fue de 26.5μ por 12.7μ . No se apreció respuesta celular por la presencia de estos protozoos por parte del hospedero (Figura 22A).

Los protozoos ciliados presentaron una abundancia promedio de 0.1 protozoos (d. t. ± 0.50), una abundancia máxima de 2 protozoos y una prevalencia del 10.5% en el abulón amarillo de punta Norte; en el abulón azul presentaron una abundancia promedio de 0.2 protozoos (d. t. ± 1), una abundancia máxima de 4 protozoos y una prevalencia del 6.3%; la abundancia entre estas dos especies no fue significativamente diferente (U Mann-Whitney $p = 0.66$). El abulón azul de la zona de Islas San Benito presentó una abundancia promedio de 4.6 protozoos (d. t. ± 8.0), una intensidad máxima de 28 protozoos por abulón y una prevalencia del 42.3%. En el abulón amarillo de la zona de San Agustín se encontraron con una abundancia promedio de 62.7 (d. t. ± 135.6), con una intensidad máxima de 594 protozoos y una prevalencia del 71.4%. En tanto, en el abulón azul se detectó una abundancia promedio de 77.2 ciliados (d. t. ± 105.4), una intensidad máxima de 346 ciliados por abulón y una prevalencia del 78.5%, la diferencia en abundancia de protozoos ciliados entre las especies de abulón no fue significativa (U Mann-Whitney $p = 0.25$).

III.2.3. Copépodos

También en la cavidad del manto entre los filamentos branquiales se encontró la presencia de copépodos, en algunos casos se observó una reacción inflamatoria en los filamentos branquiales asociada a la presencia de copépodos. La talla promedio de los copépodos fue de 200 μ por 50 μ (Figura 22B).

La abundancia promedio de copépodos en el abulón amarillo de la zona de Punta Norte fue de 1.0 copépodos por abulón (d. t. \pm 1.7), con una intensidad máxima de 5 copépodos y una prevalencia del 36.5%. En cambio en el abulón azul no se registró la presencia de copépodos. El abulón azul de la zona de Islas San Benito presentó una abundancia promedio de 0.5 copépodos por abulón (d. t. \pm 0.9), una intensidad máxima de 4 copépodos y una prevalencia del 34.6%. El abulón amarillo de la zona de San Agustín presentó una abundancia promedio de 0.3 copépodos (d. t. \pm 0.7), con una intensidad máxima de 3 copépodos y una prevalencia del 19.0%; en el abulón azul sólo se registró un copépodo. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre la abundancia promedio de copépodos de las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.34$).

III.3.4. Microprotozoos

Se registró la presencia de microprotozoos entre las células de los epitelios del esófago, estómago, intestino, así como en conductos de los divertículos digestivos. La talla promedio de los microprotozoos fue de 8 μ (d. t. \pm 2) por 6 μ (d. t. \pm 1.7). No se observó respuesta de los mecanismos de defensa del abulón por la presencia de estos microprotozoos (Figura 23A).

El abulón amarillo de la zona de Punta Norte registró una prevalencia de microprotozoos del 26.3%, con una abundancia promedio de 3.2 microprotozoos (d. t. \pm 6.5) y una intensidad máxima de 23 microprotozoos. En el abulón azul se detectó una prevalencia de microprotozoos del 25% con una abundancia promedio de 3.0 microprotozoos (d. t. \pm 7.4) y una intensidad máxima de 28 microprotozoos; la abundancia de microprotozoos entre las especies de abulón no fue significativamente diferente (U Mann-Whitney $p = 0.90$). El abulón azul de la zona de Islas San Benito registró una prevalencia de microprotozoos del 92.3%, con una abundancia promedio de 110 microprotozoos (d. t. \pm 153.1) y una intensidad máxima de 772 microprotozoos. En el abulón amarillo de la zona de San Agustín se detectó una prevalencia de microprotozoos del 33.3%, con una abundancia promedio de 25 microprotozoos por abulón (d. t. \pm 93.2) y una intensidad máxima de 430 microprotozoos. En el abulón azul se presentó una prevalencia de microprotozoos del 78.5%, con una abundancia promedio de 25.0 microprotozoos (d. t. \pm 25) y una intensidad máxima de 80 microprotozoos. La abundancia de microprotozoos en esta zona fue similar (U Mann-Whitney $p = 0.86$).

La presencia de microprotozoos se registró principalmente en el epitelio intestinal, la Tabla XVI muestra el porcentaje de microprotozoos correspondiente a los epitelios en que se localizaron.

Tabla XVI.- Porcentaje de microprotozoos en los diferentes epitelios del tracto digestivo en que se localizaron, para los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*.

	Punta Norte		Islas San Benito	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %
Esófago	0	0	0.3	19.1	4.7
Estómago	0	57.2	0	0	0
Intestino	100	42.8	99.7	80.9	95.3

II.3.5. Inclusión de naturaleza desconocida

En los epitelios del intestino, divertículos digestivos y conductos de los divertículos digestivos, se encontró la presencia de inclusiones de naturaleza desconocida. La talla promedio fue de 36.3μ (d. t. ± 16.5) por 24.0μ (d. t. ± 9.2) (Figura 23B).

Por la presencia de este tipo de inclusiones, se observó una respuesta de encapsulamiento por parte de las células circundantes, de tal manera que aislan la inclusión; además se observaron encapsulaciones ya sin la inclusión.

La prevalencia de inclusiones en el abulón amarillo de la zona de Punta Norte fue del 10.5%, con una abundancia promedio de 2.5 inclusiones por abulón (d. t. ± 10.7) y una intensidad máxima de 47 inclusiones; la prevalencia de inclusiones en el abulón azul fue del 12.5%, con una abundancia promedio de 39.8 inclusiones por abulón (d. t. ± 130.9) y una intensidad máxima de 518 inclusiones; la abundancia de estas inclusiones de naturaleza desconocida fue significativamente mayor en el abulón azul (U Mann-Whitney $p < 0.01$). La prevalencia de inclusiones en el abulón azul de la zona de Islas San Benito fue del 88.4%, con una abundancia promedio de 37.5 inclusiones (d. t. ± 50.4) y una intensidad

máxima de 170 inclusiones por abulón. La prevalencia de inclusiones en el abulón azul de la zona de San Agustín fue del 35.7%, con una abundancia promedio de 10.5 (d. t. \pm 27.8) y una intensidad máxima de 104 inclusiones por abulón. No se presentaron inclusiones de naturaleza desconocida en el abulón amarillo de esta zona.

Las inclusiones de naturaleza desconocida se observaron principalmente en los divertículos digestivos y en menor grado en los epitelios de los conductos de los divertículos digestivos y del intestino, tanto en el abulón amarillo como en el azul. La Tabla XVII muestra el porcentaje de inclusiones en los epitelios en que se registraron.

Tabla XVII.- Porcentaje de inclusiones de naturaleza desconocida en los diferentes epitelios del tracto digestivo en que se localizaron, para *H. corrugata* y *H. fulgens*.

	Punta Norte		Islas San Benitos	San Agustín	
	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. fulgens</i> %	<i>H. corrugata</i> %	<i>H. fulgens</i> %
Intestino	43.8	0	22.7	0	23.1
Divertículos digestivos	56.2	75.9	52.6	0	70.1
Conducto de div. Digestivos	0	24.1	24.7	0	6.8

III. 3.6. Otros simbioses

III.3.6.1. Protozoos tipo gregarinas

En la zona del epitelio branquial, epitelio del esófago y en los riñones, únicamente de los abulones azules se encontró la presencia de protozoos tipo gregarinas con una talla

promedio de 22μ (d. t. ± 4.6) por 14μ (d. t. ± 5.6). No se observó respuesta por parte del abulón por la presencia de estos protozoos (Figura 24A).

Para la zona de Punta Norte se presentó sólo un protozoo, la prevalencia fue del 6.2% y se registro en el riñón derecho. En Islas San Benito presentaron una prevalencia del 3.8%, con una abundancia promedio 0.07 protozoos (d. t. ± 0.3), estos protozoos tipo gregarina se registraron en el epitelio branquial. Para la zona de San Agustín la prevalencia fue de 28.7%, con una abundancia promedio de 0.4 protozoos (d. t. ± 0.7), los protozoos se observaron en la zona del riñón (75%) y en las branquias (25%).

III.3.6.2. Metazoos

En el abulón azul y amarillo en el lumen del estómago e intestino se encontró la presencia de metazoos, con una talla de 396.7μ por 251.8μ (Figura 24B).

En el abulón amarillo de la zona de Punta Norte se presentó un promedio de metazoo que se localizó en el lumen intestinal, la prevalencia fue del 5.2%. En el abulón azul de la zona de Islas San Benito registró un metazoo, en el lumen del esófago, la prevalencia fue del 3.8%. En ninguna de las dos especies de abulón analizadas se registró la presencia de metazoos en la zona de San Agustín.

III.3.6.3. Encapsulaciones

En algunas ocasiones se observó la presencia de acumulaciones de hemocitos en forma de encapsulación, sin observar el agente causal, esto se observó en el epitelio branquial, tejido conectivo de los divertículos digestivos y en los riñones. En las branquias

la talla promedio de las encapsulaciones fue de $142 \mu \times 83.3 \mu$, en los divertículos digestivos fue de 330μ por 209.1μ y en la zona de los riñones de 53μ por 41.3μ (Figura 25).

La prevalencia de encapsulaciones en los abulones amarillos en la zona de Punta Norte fue del 15.7%, con una abundancia promedio de 0.7 (d. t. \pm 2.7) y una intensidad máxima de 12 encapsulaciones por abulón; en el abulón azul la prevalencia de encapsulaciones fue del 6.2%, con un abundancia de una encapsulación; la abundancia de encapsulaciones no fue significativamente diferente entre las dos especies de abulón (U Mann-Whitney $p = 0.61$). La prevalencia de encapsulaciones en el abulón azul en la zona de Islas San Benito fue del 19.2%, con una abundancia promedio de 2.8 (d. t. \pm 12.7) y una intensidad máxima de 65 encapsulaciones por abulón. La prevalencia de encapsulaciones en el abulón amarillo de la zona de San Agustín fue del 9.5%, con una abundancia promedio de 0.4 encapsulaciones (d. t. \pm 1.7) y una intensidad máxima de 8 encapsulaciones por abulón.

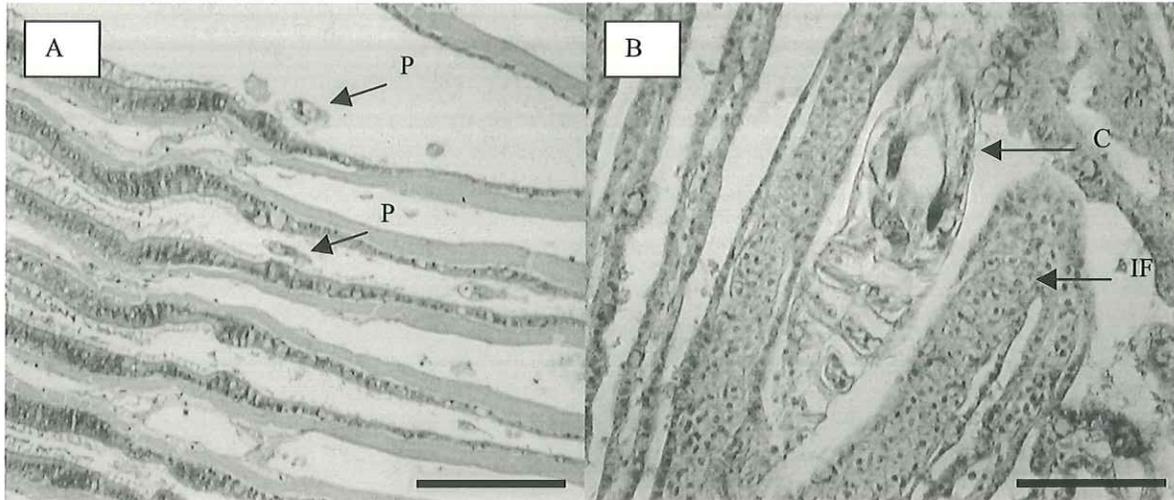


Figura. 22.- A) Protozoos ciliados (P) entre los filamentos branquiales (100 x). Barra de escala 70 μ . B) Copépodo (C) entre los filamentos branquiales, se observa una inflamación de los filamentos (IN) por su presencia (400 x). Barra de escala 60 μ .

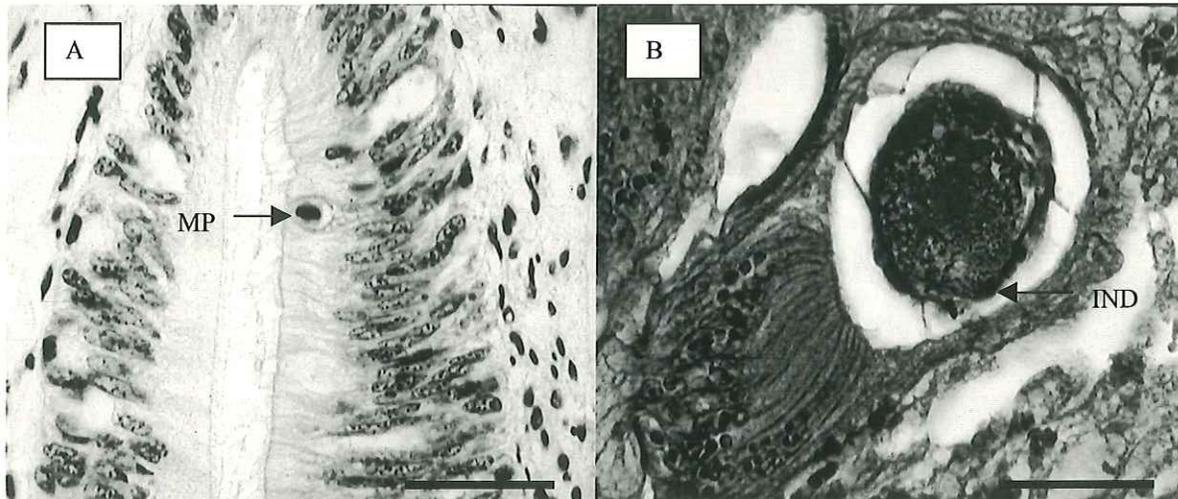


Figura 23- A) Microprotozoos entre las células del epitelio intestinal (MP) (400 x). Barra de escala 40 μ . B) Inclusión de naturaleza desconocida (IND) entre las células de los divertículos digestivos, se observa la encapsulación de la inclusión (400 x). Barra de escala 20 μ .

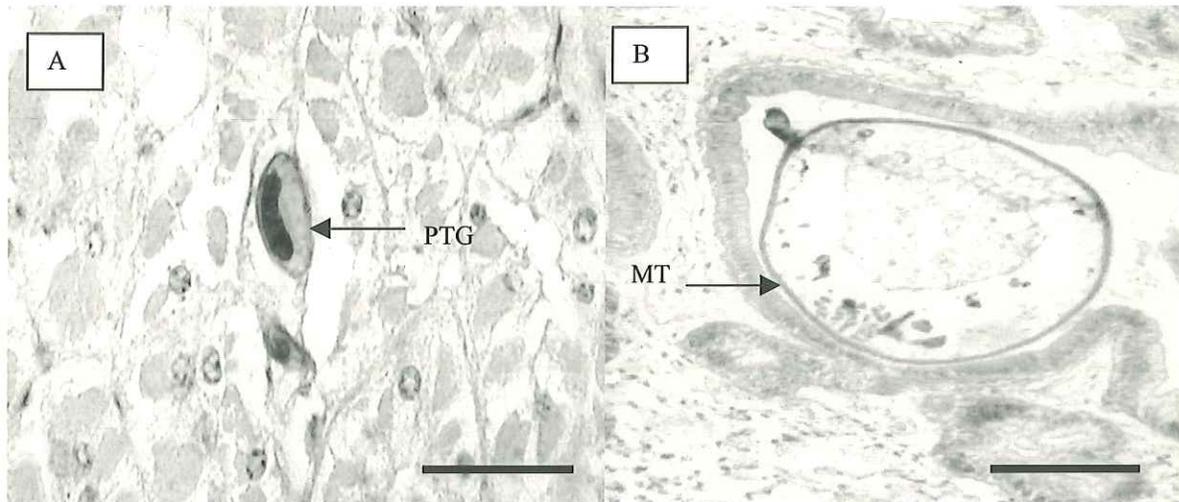


Figura 24.- A) Protozoo tipo gregarina (PTG) en riñón derecho (200 x). Barra de escala 30 μ . B) Metazoo (MT) en lumen del intestino, se observa como ocupa gran parte del lumen del intestino (100 x). Barra de escala 170 μ .

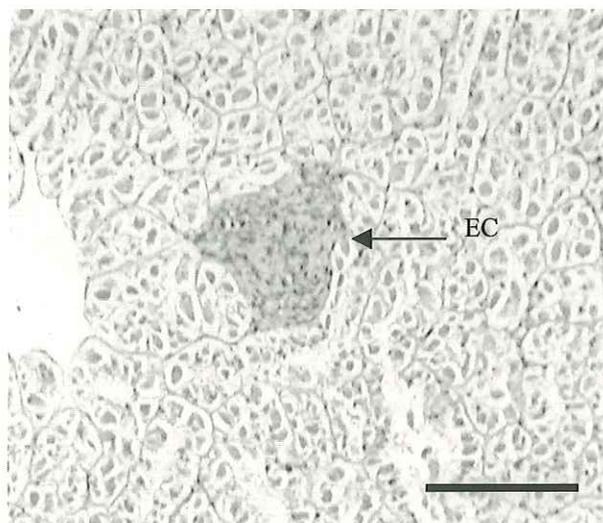


Figura 23.-Encapsulación hemocitaria (EC) en riñón derecho (200 x). Barra de escala 50 μ .

IV. DISCUSIÓN

IV.1. Análisis macroscópico

IV. 1.1. Características de la concha

El análisis entre el área y edad de las conchas de los abulones *Haliotis corrugata* y *Haliotis fulgens* fue significativo, esto es, a mayor edad mayor superficie de la concha. Como se observa en la Figura 9 el análisis de regresión muestra valores de R^2 en *H. corrugata* de 0.54 y 0.51 para las localidades de Punta Norte y San Agustín, en tanto en *H. fulgens* los R^2 tiene valores de 0.69 y 0.54 para cada localidad respectivamente, estos valores podrían considerarse no muy altos, sin embargo, son significativos.

Debe tenerse en cuenta que en los muestreos, los rangos de talla no son muy amplios (Figura 7), lo anterior principalmente en muestreo de San Agustín, el muestreo proveniente de Punta Norte presenta un mayor rango de talla, pero están escasamente representadas las tallas pequeñas y grandes; esta diferencia en los muestreo está influenciada por el número de muestras, que fue menor para la zona de San Agustín. Para observar de una manera más clara la relación entre área y edad de las conchas del abulón, es necesario realizarlo con un tamaño de muestra mayor y más amplio el rango de talla, de tal manera que se tengan representados tanto organismos juveniles como longevos.

Observando los resultados referentes a la edad se encontró la presencia de organismos desde 1 año hasta 16 años (Figura 8), los ejemplares de menor y mayor edad fueron escasos, igualmente el número de muestra influye no representa de manera

representativa todo el rango de edad. Algunos de estos ejemplares por su talla indican que son organismos de rápido crecimiento, estas conchas presentaron una menor abundancia de epibiontes. La técnica de conteo de las líneas oscuras del espiral, puede no indicar la edad exacta, debido a la erosión de las conchas, sin embargo los estudios cronológicos del abulón amarillo y azul de Baja California, indican que los anillos de crecimiento es un buen estimador de la edad (Shepherd *et al.*, 1995; Shepherd y Avalos, 1997; Shepher y Turrubiates, 1997).

IV.1. 2. Simbiontes en la concha del abulón

Al ser el abulón un organismo longevo y por el tamaño de su concha, ésta es colonizada por una variedad de epibiontes, que en determinados casos ocasionan daño en su estructura, los antecedentes sobre este tipo de organismos se han desarrollados principalmente en el abulón rojo *Haliotis rufescens*, negro *H. cracherodii*, europeo *H. tuberculata*, japonés *H. diversicolor* (Hansen, 1970; Clavier, 1989; Kojima e Imajima, 1982). Siendo los abulones amarillo *Haliotis corrugata* y azul *Haliotis fulgens* los de mayor importancia comercial en Baja California, se tiene sólo la mención de la presencia de la almeja perforadora *Lithophaga subula* en el abulón *H. fulgens* de Bahía Tortugas, Baja California Sur (Avila, 1987).

IV. 1.2. 1. Organismos perforadores

Las diferencias en la abundancia de las almejas perforadoras entre las especies de abulón de una misma localidad, puede ser debido a la distribución vertical de las almejas y

el hábitat de los abulones. Por una parte las especies del género *Lithophaga* se encuentran desde la zona de intermareal bajo hasta los 30 m de profundidad (Hansen, 1970), que es también la profundidad en que se distribuye *H. corrugata* desde 3 a 30 m (Cox, 1960). En tanto *P. conradi* se distribuye en la zona de intermareal, misma zona en que se encuentra limitado el abulón *H. fulgens* hasta los 8 m (Cox, 1960). Otro factor que puede estar influenciado en la abundancia de almejas perforadoras por especie de abulón, es la conformación de la superficie de las conchas; teóricamente, la rugosidad de la concha del abulón amarillo puede representar un mejor lugar para el asentamiento de mitílidos, como lo son las almejas del género *Lithophaga*, en comparación de la concha menos rugosa del abulón azul; al respecto Cáceres *et al.* (1994) indican que el asentamiento de varias especies de mitílidos, así como de otros bivalvos es favorecido en sustratos filamentosos y rugosos. La distribución de tallas de las almejas perforadoras, sobre las conchas de ambas especies de abulón analizados, muestra para la zona de Punta Norte que una población estable en su mayoría de talla media, para la zona de San Agustín la distribución de tallas indica una población joven, donde posiblemente está ocurriendo un reclutamiento por la época del muestreo (junio). Sin embargo, no se cuenta con información acerca de la reproducción de las mismas, para corroborar lo anterior. Sobre la acción de las almejas perforadoras del género *Lithophaga*, se han reportado principalmente en corales donde son causantes de grandes destrucciones (Scott, 1986; Krumm y Jones, 1993) en estructuras de construcción sumergidas, rocas calcáreas (Kleman, 1994) y en conchas de otros moluscos como la ostra perlera del género *Pinctada* (Doroudi, 1996). En el abulón, se tiene la mención de Avila (1987) sobre la presencia de *Lithophaga subula* en las conchas del abulón azul; pero Avila

no indica su abundancia solo la presencia. Los reportes que describen la acción de almejas perforadoras en el abulón, sólo mencionan a *Penitella conradi*, Haderlie y Abbott (1980) indican que en los abulones de California, el abulón rojo *H. rufescens* es el más afectado por esta almeja. Hansen (1970) describe la actividad comensal de *P. conradi* en el abulón *H. rufescens* y *H. cracherodii* de California E.U.A., indicando que la abundancia en las conchas de los abulones es debido a su distribución vertical, lo que concuerda con las observaciones del presente estudio.

Otros organismos perforadores que se registraron en las conchas los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* son las esponjas *Cliona* spp. observándose significativamente en mayor cantidad sobre la concha del abulón azul de la zona de San Agustín. Bakus y Abbott (1980) indican que *Cliona celata* tiene un mejor crecimiento en áreas con una mayor intensidad de luz; lo que en el presente estudio, corresponde a la distribución vertical de *H. fulgens*, sin embargo, en el muestreo proveniente de Punta Norte no se encontraron diferencias significativas en la cobertura de *Cliona* spp. entre ambas especies de abulón, lo que podría deberse a las diferentes épocas de los muestreos, así como a las características propias de cada zona, esto último se refiere a que la zona de Punta Norte, tanto en el hábitat del abulón azul como en el amarillo, son áreas rocosas; en tanto que en San Agustín el hábitat del abulón azul es un área rocosa y la del abulón amarillo es terreno salteado, es decir, se presentan rocas y arena, por lo que en esta zona la abrasión es mayor, lo que pudiera estar afectando el crecimiento de *Cliona* spp. de ahí que en esta zona se presenten diferencias significativas en la cobertura de la esponja perforadora entre las dos especies de abulón.

Los resultados obtenidos indican que las almejas perforadoras del género *Lithophaga* y las esponjas perforadoras *Cliona spp.* son en los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* los que provocan mayor daño en la estructura de las conchas. Doroudi (1996) en un estudio sobre las ostras perleras *Pinctada margaritifera* y *P. radiata* considera que la esponja *Cliona* y la almeja *Lithophaga* son los organismos perforadores más destructivos sobre las conchas de las ostras.

Por otra parte, los resultados de la utilización de Rayos X indican que esta técnica es sólo para visualizar el daño interno de las conchas ocasionado por organismos perforadores. Las placas de Rayos X no muestran el total de perforaciones, además que no es posible diferenciar las especies de almejas perforadoras del género *Lithophaga*, por lo que la revisión manual es más exacta, aunque más laboriosa y destructiva.

Considerando la importancia de la concha del abulón, como un recurso que se comercializa para la elaboración de una gran variedad de artículos ornamentales, la calidad de la misma juega un papel muy importante para determinar su valor. Sobre este punto, los organismos perforadores de la concha tienen una gran influencia, su acción disminuye la calidad de la concha lo que reduce su precio en el mercado, precio que varía entre 1,500 a 3,000 Dll por tonelada. La concha del abulón amarillo al presentar una gran carga de organismos perforadores la hace poco atractiva para su comercialización. La concha del abulón azul, si bien, presenta organismos perforadores, éstos se encuentran en una menor intensidad en comparación con las conchas del abulón amarillo. Debido a la belleza y calidad de la concha del abulón azul, ésta tienen una demanda internacional, principalmente en los países asiáticos. Lo anterior resalta la importancia de los resultados del presente

estudio, que permiten conocer la carga de organismos perforadores en los abulones que se comercializan, de tal manera, que se cuenta con la información para identificar los organismos que mayor daño ocasionan a las conchas. Estudios de la carga epibiontes de diferentes zonas de la captura comercial en Isla de Cedros, permitirá localizar áreas donde la presencia de los organismos perforadores sea baja, de tal forma, que las conchas obtenidas tengan una mejor cotización para su venta en el mercado internacional.

IV.1.2.2. Organismos asociados

Otros organismos asociados a la concha de los abulones *Haliotis corrugata* y *Haliotis fulgens* son los poliquetos, que con base a las descripciones de Hernández (s/a) y Salazar (1985) se clasificaron en las familias Serpulidae y Spirorbidae, así como en el género *Polydora* spp. Clavier (1989) indica que los poliquetos del género *Polydora* son de los organismos perforadores de mayor impacto y reporta su acción sobre la concha del abulón europeo *Haliotis tuberculata*, indicando que a pesar de su acción sobre la concha el efecto fisiológico sobre el abulón es mínimo. En el presente estudio los poliquetos se presentan de manera común en las dos especies de abulones, pero con coberturas bajas, su acción sobre las conchas ocasiona daño sólo en casos de extrema colonización, lo anterior solamente se presentó en un ejemplar de *H. corrugata*; de manera general los poliquetos encontrados en los abulones amarillo y azul en las localidades de muestreo en Isla de Cedros no ocasionan daño considerable en la concha.

El resto de epibiontes de la concha de los abulones amarillo y azul de las diferentes localidades de muestreo en Isla de Cedros, como lo son las almejas asociadas, algas,

balanos y briozoarios, se presentan de manera común en ambas especies de abulón y no ocasionan daño a las conchas. Sobre las almejas asociadas estas aumentan considerablemente su abundancia en el abulón amarillo proveniente de San Agustín y no se registró en esta zona en el abulón azul, posiblemente debido a que se esté dando un reclutamiento de estas almejas y las corrugaciones del abulón amarillo favorezcan su asentamiento, debido también a que a mayor profundidad (hábitat del abulón amarillo) menor efecto del oleaje. Para esta zona de San Agustín el 96 % de las almejas corresponden a *Gregariella chenui*. En el caso de la presencia de costras en la cara interna de las conchas del abulón, éstas son ocasionadas principalmente por granos de arena que son cubiertas por capas de material al parecer quitinoso, secretado por los amebocitos del manto del abulón para aislar las partículas, la ocurrencia de las costras es baja así como su cobertura, por lo que el efecto sobre el abulón se considera mínimo.

IV. 2. Relación entre la carga de epibiontes con el área y edad de las conchas del abulón

Para el análisis de la presencia de epibiontes en las conchas de los abulones *Haliotis corrugata* y *Haliotis fulgens* se determinó el área de las conchas, ya que en los estudios de epibiontes del abulón generalmente se utiliza la talla de la concha, sin embargo, ésta no refleja la superficie disponible para ser colonizada, ya que además de la longitud de la concha implica la rugosidad y curvatura de las mismas, factores que si se consideran al

estimar el área de las mismas.

Otro punto que se consideró en la carga de epibiontes es la edad, que generalmente no se toma en cuenta en los análisis de epibiontes; al ser el abulón un organismo longevo, el tiempo en que está acumulando epibiontes juega un papel importante. No en todas las conchas de los muestreos se estimó la edad, debido principalmente al daño ocasionado en la zona del espiral de la concha por organismos perforadores, como las almejas del género *Lithophaga* y las esponjas *Cliona* spp. Sin embargo, por las características de las conchas, talla y grosor de las mismas, se consideró que pertenecen a organismos de edad avanzada, esta situación se presentó principalmente en el abulón amarillo.

El abulón *Haliotis fulgens* muestra en la zona de Punta Norte una relación significativa entre la abundancia de almejas perforadoras y el área de las conchas, con relación a la edad no resultó ser significativa, lo anterior puede ser debido, a que en esta especie no se determinó la edad de todas las conchas debido a la condición de deterioro de la zona del espiral y como consecuencia el tamaño de muestra disminuyó, por otra parte, las observaciones indican que sí existe una relación entre las almejas perforadoras y la edad del abulón, lo que habría de esperarse encontrar al estar correlacionada de manera significativa el área y edad de los abulones. La presencia de *Cliona* spp. es común tanto en organismos pequeños y grandes, lo anterior se refleja en las correlaciones significantes tanto en el abulón amarillo como en el azul de la zona de Punta Norte con el área y edad de las conchas. En el caso del muestreo de San Agustín, éste está influenciado por el número de muestra que fue menor, por lo que las correlaciones no se observan. En el abulón azul de la zona de Punta Norte se presentó una correlación negativa significativa, entre la abundancia

de Spirorbidae con el área y edad de las conchas, de igual manera en el abulón amarillo de la zona de San Agustín, presentó una relación negativa significativa entre la abundancia de Serpulidae y Spirorbidae con la edad de las conchas, estas relaciones negativas; esto es, a menor área o edad, mayor la abundancia del epibionte; sugiere que en la colonización de las conchas, ocurre una sucesión y/o competencia por el sustrato entre los epibiontes dominantes, las observaciones muestran que en los organismos juveniles se presentó poca abundancia de epibiontes, resaltando la presencia de los poliquetos de las familias anteriormente mencionadas, principalmente de Spirorbidae. Lo anterior debe ser confirmado analizando un mayor número de conchas de tallas pequeñas, que están poco representadas en el presente estudio.

Los epibiontes perforadores son los que sobresalen por su acción sobre las conchas de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*, la Tabla IX muestra que otro epibionte presenta relación significativa con la edad de las conchas en el abulón azul, sin embargo, su efecto sobre las conchas no es considerable.

Las relaciones entre la abundancia de epibiontes con el área de las conchas, así como la abundancia de epibiontes con la edad de los abulones de ambas especies analizadas, no se observan claramente de manera general. Sin embargo, como ya se ha dicho, se debe considerar que las muestras obtenidas, no presentan edades y áreas de las conchas variadas, por otra parte como ya se mencionó con respecto a la edad de las conchas, no se incluyó el total de muestras al no poder determinar la edad de algunos ejemplares, debido la acción de los organismos perforadores en la zona del espiral. Sin embargo, a pesar que estadísticamente no se observa claramente las relaciones, de manera

general las observaciones indican que sí existe una tendencia que indica que a mayor área y edad de las conchas es mayor la carga de epibiontes, principalmente de los organismos perforadores.

Referente a investigaciones que indiquen relaciones entre epibiontes y el tamaño de la concha de abulón, se cuenta con el estudio de Hansen (1970). Este autor indica una correlación positiva entre la talla de las conchas del abulón rojo y negro de California, con la tasa de infestación por la almeja perforadora *Penitella conradi*. Lo anterior es similar a lo encontrado en la presente tesis, respecto a la presencia de almejas perforadora con relación al área de las conchas de los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens*. Por otra parte, Hansen (1970) indica una relación logarítmica de *Cliona celata* con la talla de conchas de abulón rojo y negro de California, los resultados obtenidos en el presente estudio indican una correlación entre la cobertura de *Cliona* spp. con el área de las conchas del abulón azul; los resultados obtenidos no muestran una relación logarítmica, sino lineal lo anterior posiblemente es debido a la falta de análisis de conchas en organismos pequeños, además que el presente estudio utiliza el área de la concha que toma en cuenta las corrugaciones de las mismas, corrugaciones que no son consideradas al utilizar sólo la talla de la concha como lo hizo Hansen (1970).

IV. 3. Análisis microscópico

IV. 3. 1. Bacterias tipo Rickettsia

Los resultados del presente estudio muestran una considerable abundancia de

colonias de bacterias tipo rickettsia (BTR) en los epitelios del tracto digestivo. El grado de infección se presentó principalmente en valores altos (4-5+), tanto en el abulón *Haliotis corrugata* como en *Haliotis fulgens* de las diferentes localidades analizadas (Tabla XI). Bacterias similares se han reportado en el abulón negro (*Haliotis cracherodii*) de California, E.U.A. (Vanblaricon *et al.*, 1993; Gardner *et al.*, 1995; Friedman *et al.*, 1997), en el abulón negro de Bahía Tortugas B.C.S. (Valles, 1998) y en el abulón rojo (*H. rufescens*) en Baja California (Cáceres y Tinoco, 2000).

Las BTR son microorganismos intracelulares que ocasionan una hipertrofia de las células hospederas destruyendo la estructura de los epitelios. Esto se registró principalmente en el epitelio intestinal (Tabla XII), lo cual interfiere con la absorción de nutrientes, además, también se observó la presencia de BTR en las células de los divertículos digestivos, aunque en menor abundancia, mismas que pueden estar interfiriendo con la secreción de enzimas digestivas. El efecto de las BTR puede producir una mala nutrición del abulón cuando éstas se presentan en una gran cantidad, según con lo reportado por Gardner *et al.* (1995) y Valles (1998) en el abulón *H. cracherodii*.

La infección de las células del tracto digestivo por BTR, no generó una respuesta defensiva visible por parte de ambas especies de abulón, en pocos casos se observó una respuesta inflamatoria leve, se considera que al ser las BTR microorganismos intracelulares y al no estar en contacto directo con la hemolinfa, no son detectados por los mecanismos de defensa del abulón, por lo que no se genera respuesta por parte del hospedero, lo anterior se ha observado en el abulón negro (Gardner *et al.*, 1995). En los moluscos los mecanismos de defensa se activan cuando el agente extraño entra en contacto con la hemolinfa, los

hemocitos activan los procesos de defensa ya sean celulares (fagocitosis) que son visibles o humorales (secreciones) que en su mayoría no son visibles (Sindermann, 1990).

Como ya se ha mencionado la presencia de BTR en el abulón negro de California, E.U.A. se ha asociado al Síndrome de Deshidratación (SD) que ha ocasionado mortalidades en masa de esta especie de abulón (Vanblaricon *et al.*, 1993, Gardner *et al.*, 1995). Inicialmente las mortalidades en masa del abulón negro se asociaron a la ocurrencia del fenómeno El Niño (Tissot, 1990; Culver y Richards, 1992). Las mortalidades alertaron a la industria abulonera de California, por lo que se desarrollaron estudios para determinar las causas. Vanblaricon *et al.* (1993) encontraron la presencia de BTR en el tracto digestivo del abulón *Haliotis cracherodii*, que causa la atrofia de las células infectadas y la autólisis de la glándula digestiva, también estos autores reportan la presencia del coccidio renal *Margolisiella haliotis* (Dresser y Bower, 1997), así mismo Vanblaricon *et al.* (1993) señalan un aumento de células serosas en el tejido del músculo en abulones con el SD; estos autores concluyen que se desconoce la etiología del SD, sin embargo, sugieren que el coccidio renal pueda ser el posible agente e indican que probablemente el SD esté presente de manera crónica en la población del abulón negro de California, pero en frecuencias bajas. Para 1995, Gardner *et al.* señalan una relación entre el SD con el incremento del daño del sistema digestivo y la atrofia del músculo del pie, indican que el daño histopatológico del tracto digestivo por la presencia de BTR, al parecer es responsable indirectamente de la atrofia del pie vía prolongada mala nutrición; no encontrado evidencia de que algún tipo de microorganismo de vida libre o contaminación química sea el causante del SD. Por otra parte, Friedman *et al.* (1997) realizaron un estudio para determinar si la temperatura del

agua, la disponibilidad de alimento o bien parásitos, es la posible causa del Síndrome de Deshidratación en el abulón *H. cracherodii* de California, sus resultados indican que la temperatura elevada no es la causa directa del SD, sin embargo, acelera la muerte en abulones con SD, de igual manera mencionan que la escasez de alimento no es la causa directa del SD. Con relación a parásitos se destaca la presencia de BTR, sin embargo, no determinan una relación con el SD, al no encontrar una asociación entre la intensidad de la infección por BTR y la condición de degeneración de la glándula digestiva. Así mismo indican que los patrones de dispersión de la enfermedad sugieren que el SD es causado por un agente infeccioso y consideran a BTR como una causa potencial. Recientemente, Friedman *et al.* (2000) proponen la identificación de las BTR como "Candidatus *Xenohaliotis californiensis*", bacterias Gram negativas, parásitos intracelulares obligadas del orden de los Rickettsiales y las consideran como el agente causal de SD, basados en el control de la bacteria con Oxitetraciclina en abulón rojo y negro con SD y la posterior recuperación de un porcentaje significativo de los mismos.

Los resultados del presente estudio muestran la presencia de BTR tanto en el abulón amarillo como en el azul, no indican una relación significativa entre BTR con el SD de estas especies en los diferentes muestreos analizados (Tabla XV). Las BTR se encuentran con abundancia variada en abulones con y sin características externas del SD, esto es, retracción de la masa visceral, falta de pigmentación y achicamiento del pie, lo anterior ha sido reportado por Vanblaricon *et al.* (1993), Valles (1998), así como por Cáceres y Tinoco (2000). Referente a la presencia de BTR en organismos sanos y enfermos Friedman *et al.* (1997) sugieren que el SD necesita una larga incubación para que aparezcan las señales

externas. Kismohandaka *et al.* (1993) reportan que en abulones con el SD decremanta el consumo de alimento y presentan un incremento en la excreción de amonio, en comparación de organismos sanos, lo que indica una mala absorción de nutrientes, lo mismo se ha relacionado con la presencia de BTR en los epitelios del tracto digestivo (Friedman *et al.*, 1997). Sin embargo, los resultados del presente estudio indican que no todos los abulones con características del SD presentan BTR (Figura 21), lo que se contrapone con lo reportado por Valles (1998) donde el 100% de los abulones con SD presentaron BTR. En este aspecto, las observaciones indican que podría haber diferentes grados de virulencia de estas BTR y/o que el grado de susceptibilidad de cada especie de abulón es diferente o bien, que el SD esté en diferente grado de desarrollo, también es posible que algunas características de condición indicadas para el SD sean compartidas con otras afecciones. Por lo anterior es necesario realizar estudios con técnicas más finas, para obtener una mayor información.

El grado de susceptibilidad entre especies de abulón es evidente en los estudios de Friedman *et al.* (2000) donde el tratamiento con Oxitetraciclina de abulones con SD muestra para el abulón rojo una sobrevivencia del 100%, en tanto en el abulón negro la sobrevivencia fue del 50%, por otra parte en los abulones con SD del control (sin aplicar tetracilcina) el abulón rojo presentó una mortalidad del 40% y el abulón negro del 100%, lo que manifiesta la resistencia diferencial de las especies de las BTR.

Durante el periodo de muestreo del presente estudio, se tuvo en la zona la ocurrencia del fenómeno El Niño 97-98, su efecto fisiológico en los abulones debe tomarse en consideración, ya que como se ha mencionado anteriormente, es posible que se estén

tomando como abulones sintomáticos del SD a ejemplares adelgazados y débiles, debido a la falta de alimento en la zona por la ocurrencia del fenómeno y no por la presencia de BTR. Lo anterior con base en que las características en escala utilizada para identificar abulones con SD no son exclusivas de dicha condición, además que a nivel histológico, no todos los ejemplares sintomáticos presentaron las características del SD, así como en la falta de relación entre la presencia de abulones sintomáticos con las BTR.

Como se ha mencionado, durante el periodo de muestreo se presentó en el área de estudio la ocurrencia del fenómeno El Niño, que para el muestreo de Punta Norte (noviembre de 1997) registró un aumento de la temperatura oceánica de 2 a 2.5 grados, para los muestreos de Islas San Benito (marzo de 1998) y San Agustín (junio de 1998) el aumento fue de 1 a 1.5 grados por encima de lo normal (NOAA, 1998). Durante este periodo se presentó en la zona la muerte de los bancos de macroalgas, lo que ocasionó una escasez del alimento del abulón. El efecto de la ocurrencia del fenómeno El Niño se observa de manera muy clara en la madurez gonadal de los abulones analizados, donde, para la zona de San Agustín la gran mayoría de los abulones se encontraron indiferenciados y la gónada presentó un proceso de degeneración, cuando habría de esperarse que las gónadas se presentaran en un proceso de maduración avanzado y en madurez (Gúzman del Prío, 1994). Por lo anterior y al no encontrar que algún simbionte sea causante directo de esta degeneración en las gónadas, se asume, que el estado gonadal está siendo afectado por las condiciones ambientales desfavorables, de tal manera, que los abulones están dirigiendo su energía a sobrevivir y no a la reproducción.

Por comunicación personal (A. Ojeda.)^{*} se tiene conocimiento de que el abulón *H. fulgens* presentó con mayor frecuencia características del SD durante la captura 97-98 en comparación con el abulón *H. corrugata*, lo anterior es similar con la prevalencia de BTR en el presente estudio. Considerando la importancia del abulón para la PNA, la información obtenida en el presente trabajo, permite generar una serie de recomendaciones a fin de controlar la ocurrencia del SD. Por una parte, al considerar a BTR como el agente causal del SD en abulones de California y al encontrar BTR en los abulones de Isla de Cedros e Islas San Benito, además que la presencia de BTR está limitada al tracto digestivo del abulón, es conveniente no utilizar las viseras como carnada, ni tirarlas al aire libre, ya que pueden ser consumidas por aves, lo que dispersaría las BTR al defecar las mismas sobre el mar; también es recomendable realizar monitoreos de los bancos de abulón en épocas sin El Niño y eliminar aquellos que presenten características del SD a fin de evitar su propagación. Lo anterior de manera precautoria hasta obtener mayor información sobre la identidad y virulencia de las BTR presentes en los abulones de Isla de Cedros e Islas San Benito, que permita tomar medidas de control más específicas.

IV.3.2. Ciliados

Además de BTR, se encontró en el abulón amarillo y azul de los diferentes muestreos, la presencia de protozoos ciliados entre los filamentos branquiales, aumentando considerablemente la prevalencia de los ciliados en ambas especies de abulón en el muestreo de San Agustín (Figura 17), lo anterior posiblemente es debido a que el muestreo

^{*} Alejo Ojeda Ibarra. Contador de la Cooperativa PNA, base Isla de Cedros.

se realizó en época cálida en comparación del muestreo de Punta Norte que se realizó en invierno, lo que favorece la presencia de los protozoos, esto también se ve en el muestreo de Islas San Benito que presenta ejemplares de abulón azul. Vanblaricon *et al.* (1993) reportan protozoos succionadores entre las branquias del abulón negro. Los protozoos son comunes en los invertebrados marinos, las observaciones realizadas no muestran una respuesta por parte del abulón amarillo y azul por la presencia de los protozoos ciliados, por lo que se consideran organismos inocuos para los abulones.

IV.3.3. Copépodos

Igualmente en los abulones de los tres muestreos, se encontró la presencia de copépodos en la cavidad del manto entre los filamentos branquiales. Este es el primer reporte de copépodos asociados con los abulones. En algunos casos, tanto en el abulón amarillo como en el azul, se observó una reacción inflamatoria de los filamentos branquiales asociada a la presencia de los copépodos, ocasionalmente los copépodos ejercen presión sobre las células epiteliales de las branquias lo que genera la reacción inflamatoria por parte del epitelio branquial, no se tienen evidencias de que rasguen o penetren al tejido del abulón. Las asociaciones Cópepodo-Molusco son poco conocidas y en la gran mayoría de los casos no se tiene una idea clara si existe el parasitismo o en realidad son comensales (Sindermann, 1990; Olivas, 1999). Debido a la falta de evidencia de daño tisular considerable y a la escasa abundancia de los cópepodos, éstos se consideran organismos inocuos para el abulón.

IV.3.4. Microprotozoos

A lo largo del tracto digestivo de ambas especies de abulón y en los tres muestreos analizados, se encontró la presencia de microprotozoos entre las células de los epitelios del tracto digestivo, por su tamaño pequeño es difícil observar los microprotozoos claramente, las observaciones no indican respuesta por parte del abulón a la presencia de los microprotozoos. Por la falta de respuesta, su presencia común y al no mostrar daño alguno en los epitelios en que se encuentran, se consideran parte de la fauna normal de los abulones. En los moluscos es común encontrar protozoos entre los epitelios, que en su mayoría son considerados comensales inocuos (Lauckner, 1983) por ejemplo entre los epitelios del mejillón se registra de manera común protozoos del orden Thigmotrichia (Kudo, 1982).

IV.3.5. Inclusión de naturaleza desconocida

Se reporta por primera vez en el abulón, la presencia de inclusiones basófilas de gran tamaño de naturaleza desconocida, estas inclusiones se presentaron en el epitelio del intestino, conductos de los divertículos digestivos y principalmente en los divertículos digestivos, por la presencia de dichas inclusiones se observa una reacción de encapsulamiento, muy evidente en los divertículos digestivos. En los moluscos el encapsulamiento es un mecanismo de defensa para aislar y posteriormente degradar las partículas extrañas. En los divertículos digestivos, entre las células alfa y beta que los conforman, se tiene la presencia de amebocitos (Beverlander, 1986) por lo que se genera de manera evidente el encapsulamiento de las inclusiones. Es importante profundizar en el

estudio de estas inclusiones y dilucidar su naturaleza.

IV.3.6. Otros microorganismos

IV.3.6.1. Protozoos tipo gregarina

Unicamente en el abulón *H. fulgens* se encontró la presencia de protozoos tipo gregarinas en branquias y senos hemales del riñón, estos protozoos presentaron una baja prevalencia y abundancia, no se observó daño aparente en los tejidos del abulón azul por la presencia de los protozoos tipo gregarinas, estas observaciones coinciden con lo reportado por Vanblaricon *et al.* (1993) y Valles (1998) realizadas en el abulón *H. cracherodii* de California E.U.A. y Bahía Tortugas B.C.S. respectivamente, ambos estudios consideran que los protozoos tipo gregarinas son microorganismos inocuos para el abulón, sin embargo coinciden en que se desconoce con precisión la patogenicidad de estos microorganismos en el abulón. El desconocimiento de la patogenicidad de los protozoos del tipo de las gregarinas se ha reportado en moluscos bivalvos como la ostra *Ostrea edulis*, donde *Nematopsis ostrearum* ha sido reportado como patógeno, así como inocuo a su hospedero (Sindermann, 1990).

IV.3.6.2. Metazoos

En el abulón amarillo de la zona de Punta Norte y en el azul de Islas San Benito, se encontró con una baja incidencia la presencia de metazoos, éstos se localizaron en el lumen del esófago e intestino, no se observó reacción por parte del abulón por la presencia de los metazoos, sin embargo, se observa en algunos casos que los metazoos ocupan casi la

totalidad de la luz del lumen por lo que obstruyen el paso del alimento. Las observaciones no permitieron identificar a estos organismos. En el abulón azul de Isla Magdalena B.C.S. se tiene el antecedente de Romero (1996) sobre la presencia de un tremátodo de la familia Opecoelidae causante de la enfermedad naranja, esta autora describe su presencia en gónada, glándula digestiva, manto, corazón y recto.

IV.3.6.3. Encapsulaciones

En diferentes casos tanto en el abulón amarillo como en el azul, se encontró reacciones de encapsulamiento por hemocitos, sin observar el agente causal, se registró este tipo de reacciones en el epitelio branquial, en riñón y tejido conectivo que rodea a los divertículos digestivos. El encapsulamiento es un mecanismo de defensa, en respuesta a la invasión por un cuerpo extraño para ser fagocitado (Sindermann, 1990).

IV.4. Comentarios adicionales

Debe tenerse presente que durante la época de los muestreos noviembre de 1997 a junio de 1998 se tuvo la presencia del fenómeno El Niño 97-98 y los resultados obtenidos están influenciados por la escasez del alimento debido a la muerte de los bancos de macroalgas, por las elevadas temperaturas, así como por el grado de susceptibilidad de cada especie de abulón a los microorganismos descritos. Es claro que la temperatura afecta la abundancia de los microorganismos en el medio acuático, Sindermann (1990) indica la

influencia de la temperatura en la infección por microorganismos en moluscos, de tal manera que algunas enfermedades pueden ser causadas por patógenos facultativos, ya sea por un aumento de la infección y/o un decremento de la resistencia de los moluscos.

V. CONCLUSIONES

Se encontró la presencia tanto en las conchas de los abulones amarillo *Haliotis corrugata*, como en el zul *Haliotis fulgens* de las dos localidades analizadas, la presencia de simbioses (epibiontes), entre los que destacan las almejas perforadoras *Lithophaga aristata*, *Lithophaga plumula* y *Penitella conradi*, así como las esponjas perforadoras *Cliona* spp. por el daño que ocasionan a las conchas de los abulones. En menor grado las conchas son afectadas por poliquetos de las familias Serpulidae y Spirorbidae así como del género *Polydora*. Ocasionando un mínimo o nulo efecto sobre las conchas de los abulones se encontró la presencia de almejas asociadas, algas, balanos, briozoarios y caracoles, también se registraron marcas de pústulas, ámpulas y costras, que son ocasionadas por algún epibionte o un cuerpo extraño.

De los epibiontes registrados las almejas perforadoras ocasionan el mayor daño a las conchas de ambas especies de abulón. En el abulón *H. corrugata* de ambas localidades de muestreo se encontró a *Lithophaga aristata* y *Lithophaga plumula*, en tanto en el abulón *H. fulgens* se encontró la presencia de *L. aristata*, *L. plumula* y *Penitella conradi*.

El abulón amarillo fue mayormente afectado por las almejas perforadoras, principalmente por *L. aristata*. La diferencia en abundancia de las especies de almejas perforadoras entre las especies de abulón de una misma localidad, está relacionada con la distribución vertical de las almejas perforadoras y al hábitat del abulón.

La relación entre la abundancia de epibiontes con el área y edad de las conchas de los abulones no se observa claramente, sin embargo, las observaciones muestran que el área

y edad de las conchas si influye en la abundancia de los epibiontes.

En el cuerpo blando del abulón se encontró la presencia de simbiontes como bacterias tipo Rickettsias (BTR), protozoos ciliados, copépodos, microprotozoos, inclusiones de naturaleza desconocida, protozoos tipo gregarinas, metazoos, así como encapsulaciones por hemocitos sin observar el agente causal.

Las BTR fueron los microorganismos más abundantes tanto en el abulón *H. corrugata*, como en *H. fulgens* el grado de infección en ambas especies fue alto. La prevalencia de BTR fue mayor en el abulón azul.

No se encontró relación entre la presencia de BTR y la presencia de abulones con características del Síndrome de Deshidratación (SD). La presencia tanto en abulones con y sin características del SD sugiere que existen diferentes grados de virulencia en las BTR y/o que existe diferente grado de susceptibilidad entre las especies e individuos analizados. La ausencia de BTR en algunos abulones con características del SD indica que las características del pie utilizadas como diagnóstico no son apropiadas al no ser exclusivas del SD y se están considerando abulones con otras condiciones. No todos los abulones sintomáticos y asintomáticos del SD portadores de BTR presentaron alteraciones en los tejidos (tal vez exista un disparador del SD).

Durante el periodo de muestreo se presentó en la zona la presencia del fenómeno El Niño 97-98, por lo que los resultados están influenciados por sus efectos así como el grado de susceptibilidad de cada especie de abulón a los simbiontes descritos.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere el realizar un estudio más detallado sobre la relación entre área y edad de las conchas de los abulones, utilizando un mayor rango de áreas y edades, de tal manera que estén representados organismos jóvenes y longevos, además se recomienda realizar un ajuste de área y edad tomando en cuenta las diferencias en tamaño y velocidad de crecimiento entre las especies de abulón *Haliotis corrugata* y *Haliotis fulgens*, lo anterior para determinar si la diferencia en corrugaciones de la concha entre las especies de abulón tiene efecto en el asentamiento de epibiontes.

Se sugiere realizar estudios más finos para determinar la naturaleza de las inclusiones en los divertículos digestivos y epitelio intestinal, debido a su abundancia y a que genera una reacción por parte del hospedero.

Se sugiere realizar estudios para determinar si las BTR encontradas en los abulones *H. corrugata* y *H. fulgens* de Baja California, México son las mismas encontradas en los abulones *H. cracherodii* y *H. rufescens* de California, E.U.A.

Se recomienda profundizar en los efectos fisiológicos sobre los abulones, por condiciones ambientales desfavorables (fenómeno El Niño), para determinar su relación con la ocurrencia de el Síndrome de Deshidratación.

LITERATURA CITADA

- Avila, C. L. P. 1987. Atlas de histología del abulón azul *Haliotis fulgens* Philippi, 1845, (Mollusca, Haliotidae) de las costas de Bahía Tortugas Baja California. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Escuela Superior de Ciencias. Biología. México. 114 p.
- Bakus, G. y D. P. Abbott. 1980. Porifera: The sponges. p 21-39. En: Morris, R. H., Abbott, D. P. y Haderlie, E. C. Intertidal invertebrates of California. Stanford University Press. 690 p.
- Bevelander, G. 1988. Abalone. Gross and Fine Structure. The Boxwood Press. California, E.U.A. 79 p.
- Bower, S. M. 1987a. *Labyrinthuloides haliotis* n. sp. (Protozoa: Labyrinthomorpha), a pathogenic parasite of small juvenile abalone in a British Columbia mariculture facility. Can. J. Zool. 65 : 1996-2007.
- Bower, S. M. 1987b. Pathogenicity y host specificity of *Labyrinthuloides haliotis* (Protozoa: Labyrinthomorpha), a parasite of juvenile abalone. Can. J. Zool. 65 : 2008-2012.
- Bower, S. M., N. McLean y D. J. Whitaker. 1989. Mechanism of infection by *Labyrinthuloides haliotis* (Protozoa: Labyrinthomorpha), a parasite of abalone (*Haliotis kamtschatkana*) (Mollusca: Gastropoda). J. Inv. Path. 53 : 401-409.
- Cáceres, M. J. A., Robledo, F. J. A. y Figueras, A. 1994. Settlement and post-larvae behaviour of *Mytilus galloprovincialis*: field and laboratory experiments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 112 : 107-117.
- Cáceres, M. J. A. y G. D. Tinoco. 2000. Symbionts of red abalone *Haliotis rufescens* from Baja California, Mexico. 4th International Abalone Symposium. February 6-11, University of Cape Town, South Africa, Abstracts p. 63.
- Cheng, T. C. 1986. General Parasitology. Academic Press, Inc. United Kingdom. 386 pp.

- Clavier, J. 1989. Infestation of *Haliotis tuberculata* Shells by *Cliona celata* y *Polydora* especies. En: Guzmán del Prío, S. A., Tegler, M. J. y Shepherd, S. A. (Eds) Abalone of the world. Biology, Fisheries y Culture. Supplementary Paper. Proceedings of the 1st. International Symposium on Abalone, La Paz, México 21-25 Noviembre, 1989. p 16-20.
- Cox, K. W. 1960. Review of the abalone in California. Cal. Fish Game. Vol. 46, (4) : 381-406.
- Culver, C. S. y J. B. Richards. 1992. Black abalone mortality: Establishing a research agenda. Report No. T-CSGCP-024. California sea Grand College. University of California.
- Culver, C. S., A. M. Kuris y B. Beede. 1997. Identification y Management of the Exotic Sabellid Pest in California Cultures Abalone. California Sea Grant College System. 29 pp.
- Davis, G. E. 1993. Mysterious demise of Southern California Black abalone, *Haliotis cracherodii* Leach 1814. J. Shellfish Res. 12 (2) : 183-184.
- Dresser, S. S. y Bower, S. M. 1997. *Margolisiella kabata* gen et sp, n, (Apicomplexa : Eimeriidae), a parasite of native littleneck clams, *Protothaca staminea*, from British Columbia, Canada, with a taxonomic revision of coccidian. Folia Parasit. 44 (4) : 241-247.
- Dixon, M. G., T. Hecht y C. R. Bryt. 1991. Identification y treatment of *Clostridium* y *Vibrio* infection in South African abalone, *Haliotis midae* L. J. Fish Dis. 14 : 693-695.
- Doroudi, M. S. 1996. Infestation of perl oysters by burrowing and fouling organisms in the Northern Persian Gulf. Indian J. of Mar. Sciences, 25 : 168-169.
- Elston, R. y G. S. Lockwood. 1983. Pathogenesis of vibriosis in cultures juvenile red abalone, *Haliotis rufescens* Swainson. J. Fish Dis. 6: 103-110.
- Friedman, C. S., G. R. Gardner, R. P. Hyrick, M. Stephenson, R. J. Cawthorn y S. J. Upton. 1995. *Pseudoklossia haliotis* sp. n. (Apicomplexa) from the Kidney of California Abalone, *Haliotis* spp. (Mollusca). J. Inv. Path. 66 : 33-38.

- Friedman, C. S., M. Thomson, C. Chun, P. L. Haaker y R. P. Hedrick. 1997. Withering syndrome of black abalone, *Haliotis cracherodii* (Leach): water temperature, food availability y parasites as possible causes. *J. Shellfish Res.* 16 (2) : 403-411.
- Friedman, C. S., K. B. Andree, T. T. Robbins, J. D. Shields, J. D. Moore, K. Beauchamp y R. P. Hedrick. 2000. "Candidatus *Xenohaliotis californiensis*", a newly described bacterial pathogen and etiological agent of Withering Syndrome found in abalone, *Haliotis* spp., along the west coast of North America. 4th International Abalone Symposium. February 6-11, University of Cape Tow, Sud Africa, Abstracts p. 20.
- Fritzghug, K. y G. W. Rouse. 1999. A remarkable new genus and species of fan worm (Polychaeta:Sabellidae) associated with marine gastropods. *Invetebrate Biology.* 118 (4) : 357-390.
- Galinou-Mitsoudi, S. y A. I. Sinis. 1997. Population dynamics of the date mussel, *Lithophaga lithophaga* (L.,1758) (Bivalvia:Mytilidae), in the Evoikos Gulf (Greece). *Helgolander Meeresunters.* 51 : 137-154.
- Gardner, G. R., J. C. Harshbarger, J. L. Lake, T. K. Sawyer, K. L. Price, M. D. Stephenson, P. L. Haaker y H. A. Togstad. 1995. Association of prokaryotes with symptomatic appearance of withering syndrome in black abalone *Haliotis cracherodii*. *J. Inv. Path.* 66 : 111-120.
- Goggin, C. L. y R. J. G. Lester. 1995. *Perkinsus*, a Protistan Parasite of Abalone in Australia: A Review. *Mar. Freshwater Res.* 46 : 639-646.
- Grindley, R. M., J. A. Keogh y C. S. Friedman. 1998. Shell lesions in New Zealand *Haliotis* spp. (Mollusca, Gastropoda). *J. Shell. Res.* 17(3) : 805-811.
- Guzmán del Prío, S. A. 1994. Biología, ecología y dinámica de población del abulón (*Haliotis* spp.) de Baja California, México. Tesis Doctoral. Intituto Politécnico Nacional. México. 189 p.
- Haderlie, E. C. y P. D. Abbott. 1980. Bivalvia: The clams and allies. p 354-411. En: Morris, R. H., Abbott, D. P. y Haderlie, E. C. Intertidal invertebrates of California. Stanford University Press. 690 pp.
- Hansen, J. C. 1970. Commensal activity as a function of age in two species of California abalones. *The Veliger.* 13(1) : 90-94.

- Harada, T., Okazaki, N., Kamiya, S., Hayakawa, Y. y Kubot, S. 1993. Tumors in nervous tissues of abalones, *Nordotis discus*. J. Invertebr. Pathol. 62 :257-261.
- Hatai, K. 1982. On the fungus *Haliphthorus milfordensis* isolated from temporarily abalone (*Haliotis sieboldii*). Fish Pathol. Tokyo. 17 (3) : 199-204.
- Hernández, A. P. s/a. Taxonomía, abundancia numérica y distribución geográfica de los piliquetos (Annelida: Polichaeta) de la plataforma continental del Golfo de California, México. 420 pp.
- Humason, G. L. 1967. Animal tissue techniques. Freeman and Company. U.S.A. 569 pp.
- INEGI. 1990. XI Censo general de población y vivienda. Baja California. Resultados definitivos, datos por localidad. México. 84 pp.
- Keen, A. M. y E. Coan. 1974. Marine molluscan genera of Western North America. Stanford University Press. 208 pp.
- Kismohandaka, G., Friedman, C. S., Roberts, W. y Hedrick, R. P. 1993. Investigation of physiological parameters of black abalone Withering Syndrome. J. Shellfish Res. 12 (1) : 131-132.
- Kleeman, K. 1994. Biocorrosion by bivalves. En: Dworschak, P. C., M. Stachowitsch y J. A. Ott. (Editores). Influences of organisms on their environment. Berlin FRG Blackwell Wissenschafts Verl. 17 (1-3) : 145-158.
- Kojima, H. y M. Imajima. 1982. Burrowing polychaetes in the shell of the abalone *Haliotis diversicolor aquatilis* Chefly on the species of polydora. Bulletin of Japanes Society of Scientif. Fis. 48 (1) 31-35.
- Krumm, D. K. y D. S. Jones. 1993. New-Bivalves Association (Actinastrea-Lithophaga) from the Eocene of Florida. J. Paleont., 67 (6) : 945-951.
- Kudo, R. R. 1982. Protozoología. Ed. Continental. México. 905 pp.
- Lauckner, G. 1983. Diseases of mollusca: bivalvia. p. 520-602. En: O. Kinne (Editor) Diseases of marine animals, Vol. II. Introduction, Bivalvia to Scaphopoda. Biologische Anstal Helgoland. Hamburg. 1038 pp.
- Milleman, R. E. 1963. Estudios on the taxonomy y life history of echinocephalid worms (Nematoda: Spiruroidea) with a complete description of *Echinocephalus pseudouncinatus* Milleman, 1951. J. Paras. 49 : 754-764.

- NOAA, 1998. Anomaly charts. <http://psbgi1.nesdis.noaa.gov.8080/psb/eps/sst/climo.html>
- Olivas, V. J. A. 1999. Infestación del mejillón azul *Mytilus gallorprovincialis* por el Copépodo *Pseudomycola spinosus*, en el muelle de Ensenada, Baja California, México. Tesis. Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. México. 71 pp.
- PESCA. 1997. Folleto de información de campos pesqueros Isla de Cedros e Islas San Benitos. Subsecretaría de Pesca. SEMARNAP. México.
- Ponce, D. G., V. A. Vega, V. M. Ramade, C. G. León y S. R. Franco. 1998. Socioeconomic characteristics of the abalone fishery along the west coast of the Baja California Peninsula, México. J. Shell. Res. 19(3) : 853-857.
- Ramade, V. M., C. D. Lluch, C. S. Lluch, V. S. Hernández, M. A. Espinoza y V. A. Vega. 1998. An evaluation of the annual quota mechanism as a management tool in the Mexican abalone fishery. J. Shell. Res. 17(3) : 847-851.
- Romero, H. L. S. 1996. Descripción morfológica y abundancia de los parásitos en gónada de abulón azul (*Haliotis fulgens*, Philippi) de Isla Magdalena, B.C.S., México. Tesis de licenciatura. Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 67 pp.
- Salazar, V. S. 1985. Contribución al conocimiento de los poliquetos (Annelida Polichaeta) de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 331 pp.
- SEMARNAP, 1999. Registros estadísticos. Departamento de Informática y Registro Pesquero. Subsecretaría de pesca. México.
- Scott, P. J. B. 1986. A new species of *Lithophaga* (Bivalvia:Lithophaginae) boring corals in the caribbean. J. Moll. Stud. 52 : 55-61.
- Shepherd, S. A., B. M. Avalos y M. Ortiz. 1995. Toward a chronology of *Haliotis fulgens*, with a review of abalone shell microstructure. Mar. Freshwater Res. 46 : 607-615.
- Shepherd, S. A. y B. M. Avalos. 1997. The shell microstructure and chronology of the abalone *Haliotis corrugata*. Moll. Res. 18 : 197-207.
- Shepherd, S. A. y M. J. R. Turrubiates. 1997. A practical chronology for the abalone *Haliotis fulgens*. Moll. Res. 18 : 219-226.

- Shields, J. D. y F. O. Perkins 1997. Parasitological examination of wasting disease in black abalone, *Haliotis cracherodii*. National Marine Fisheries Service. 23 p.
- Sindermann, C. J. 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. Second edition. Volume 2. Diseases of marine Shellfish. Academic press, Inc. 516 pp.
- Soot-Ryen, T. 1955. A report on the family Mytilidae (Pelecypoda). Allan Hancock Pacific Expedition, 20 (1) : 249 p. The University of Southern California Press.
- Tissot, B. N. 1990. El niño responsible for decline of black abalone of southern California. Hawaiian Shell New. 38 (6) : 3-4.
- Valles, H. R. 1998. Análisis histopatológico del abulón negro *Haliotis cracherodii* afectado por el Síndrome de Deterioro. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Biología. México. 52 p.
- Vanblaricom, G. R., J. L. Ruediger, C. S. Friedman, D. D. Woodard y R. P. Hedrick. 1993. Discovery of Winthering Syndrome among black abalone *Haliotis crecherodii* Leach, 1814, populations at San Nicolas Island, California. J. Shell. Res. 12 (2) : 185-188.
- Zar, J. 1984. Biostatistical analysis, 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood, Cliffs. U.S.A 178 pp.

Apéndice

Protocolo de técnicas histológicas

Fijación

La carne del abulón se fija en líquido Davidson (solución fijadora) para su transportación, la relación entre volumen de muestra y líquido es de 1:5 y después se pasa a la solución conservante.

Davidson conservante:

Glicerina	400ml
Formol	800 ml
Alcohol 95%	1200 ml
Agua de mar filtrada	1200 ml
Agitar bien	

Davidson fijador:

Se mezcla 9 partes de solución conservante y una parte de ácido acético

Deshidratación e inclusión en parafina

Se utiliza un histoquinete LEICA TP 1040 con los siguientes tiempos:

Producto	Tiempo Hrs.	Producto	Tiempo Hrs.
1) Alcohol 70 %	1	7) Benceno	2
2) Alcohol 96 %	2	8) Benceno	2
3) Alcohol 96 %	2	9) Benceno-parafina	3
4) Alcohol 100 %	2	10) Parafina	2
5) Alcohol 100 %	2	11) Parafina	2
6) Etano-benceno	3		

Una vez deshidratado e incluido en parafina el tejido se coloca en un bloque de parafina para realizar los cortes histológicos, para lo que se utiliza un microtomo American Optical modelo Spencer 820, los cortes se realizan a 5 μ m, éstos se extienden en un baño de agua a 37 °c y se colocan en porta objetos.

Tinción

Desparafinado:

Antes de teñir es necesario eliminar la parafina para que puedan penetrar los colorantes. El desparafinado se realiza mediante 3 baños de xileno de 5 min cada uno a 30-35°C, posteriormente se rehidrata el tejido con alcoholes de diferente graduación y agua, ambos a temperatura ambiente.

Rehidratación:

1) Xileno	5 min	6) Alcohol 96%	5 min
2) Xileno	5 min	7) Alcohol 10%	5 min
3) Xileno	5 min	8) Agua destilada	5 min
4) Alcohol 100%	5 min	9) Agua destilada	5 min
5) Alcohol 100%	5 min	10) Agua destilada	5 min

Tinción con Hematoxilina Eosina:

1) Agua destilada	2 min	9) Alcohol 96%	25 seg
2) Hematoxilina	30 min	10) Alcohol 96%	3 min
3) Alcohol ácido	3 seg	11) Alcohol 100%	90 seg
4) Agua corriente	7 min	12) Alcohol 100%	3 min
5) Agua amoniacal	5 seg	13) Alcohol 100%-Xileno	5 min
6) Agua destilada	3 min	14) Xileno	5 min
7) Alcohol 96%	3 min	15) Xileno	5 min
8) Eosina	15 min		

Montaje

El montaje del cubreobjetos se realiza con una resina sintética y se deja secar a temperatura ambiente antes de su observación en el microscópio.

