



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

TESIS

ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA ALMEJA PATA DE MULA

Anadara multcostata (Sowerby, 1833) EN LA LAGUNA DE

GUERRERO NEGRO, B.C.S., MÉXICO

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA:

GABRIEL HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

DR. MARCIAL ARELLANO MARTÍNEZ

LA PAZ, B. C. S., MÉXICO, JUNIO DE 2014

INDICE

	Página
RESUMEN.....	i
Lista de figuras.....	ii
Lista de tablas.....	iii
1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.ANTECEDENTES.....	3
3.JUSTIFICACIÓN.....	8
4.OBJETIVO GENERAL.....	9
Objetivos específicos.....	9
5.MATERIALES Y METODOS.....	9
Área de estudio.....	9
Obtención de muestras.....	10
Caracterización de las fases de desarrollo gonádico.....	15
Ciclo reproductivo.....	15
Índice de condición.....	16
Proporción de sexos y distribución de tallas.....	16
Relación del ciclo reproductivo con la temperatura del agua.....	17
Talla de primera madurez.....	17
6.RESULTADOS.....	19
7.DISCUSIÓN.....	33
8.CONCLUSIONES.....	39
9.BIBLIOGRAFÍA.....	40

RESUMEN

Anadara multcostata es una de las especies de importancia comercial en Baja California Sur y su pesquería no está reglamentada debido a la poca información biológica que existe y a que es una especie que se captura cuando las especies de mayor importancia económica no son susceptibles de capturar debido a los programas de veda. El conocimiento de los aspectos reproductivos es importante para el manejo temporal de la pesca y para la creación de un ambiente artificial para el control de la reproducción en cautiverio. El objetivo de este estudio fue aportar información básica sobre algunos aspectos de la biología reproductiva como establecimiento del ciclo reproductivo, proporción sexual y talla media de primera madurez de una población de *A. multcostata* localizada en la Laguna Guerrero Negro, B.C.S., México. Para ello se realizaron colectas mensuales durante 14 meses, entre agosto de 1998 y septiembre de 1999. Se procesaron histológicamente secciones de tejido que incluyeran gónada y se realizó la caracterización cualitativa de las preparaciones, considerando cinco fases de desarrollo gonádico: indiferenciación, desarrollo, madurez, desove y posdesove. Se calculó también el Índice de Madurez como indicador de la actividad reproductiva. Los resultados histológicos corroboraron que *A. multcostata* es un organismo gonocórico, pero que presenta hermafroditismo casual o incidental; condición que no había sido previamente reportada para la especie. La proporción sexual, no fue diferente de la proporción 1:1. La actividad reproductiva de *A. multcostata* en la laguna Guerrero Negro fue estacional, relacionada con la variación de temperatura del agua, con desoves de julio a diciembre y un periodo de inactividad reproductiva de enero a junio. Sin embargo esta especie es capaz de desovar más de una vez durante la estación reproductiva, debido a que presenta células sexuales en diferentes fases de desarrollo gonádico dentro de un mismo acino. El índice de condición sugiere que la mejor fecha para extraer el recurso es en los meses de febrero y mayo.

Lista de Figuras

	Página
Figura 1. Características taxonómicas de <i>Anadara multicosmata</i>	3
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Anadara multicosmata</i>	4
Figura 3. Producción pesquera de las principales especies de importancia económica en Baja California Sur.....	7
Figura 4. Localización del área de estudio. La Laguna Guerrero Negro se indica con un círculo gris.....	10
Figura 5. Medidas morfométricas de la concha de <i>Anadara multicosmata</i>	11
Figura 6. Morfología interna de <i>Anadara</i> . Se muestra el lugar donde se tomo la muestra de la gónada.....	12
Figura 7. Se muestra el equipo utilizado en el proceso de inclusión...	13
Figura 8. Se muestra el equipo utilizado para el proceso de corte y montado del tejido. Imagen izquierda: micrótopo. Imagen derecha: Baño de flotación.....	13
Figura 9. Se muestra el equipo utilizado en el proceso de tinción de las preparaciones.....	14
Figura 10. Microfotografía de la fase indiferenciado de <i>Anadara multicosmata</i> (20x).....	22
Figura 11. Microfotografía de la fase desarrollo de <i>Anadara multicosmata</i> (20x). A) hembra, B) macho.....	22
Figura 12. Microfotografía de la fase madurez de <i>Anadara multicosmata</i> (20x). hembra, B) macho.....	23
Figura 13. Microfotografía de la fase desove de <i>Anadara multicosmata</i> (20x). A) hembra, B) macho.....	24
Figura 14. Microfotografía de la fase posdesove de <i>Anadara multicosmata</i> (20x). A) hembra, B) macho.....	24
Figura 15. Microfotografía de una gónada hermafrodita de <i>Anadara multicosmata</i> (20x).....	25
Figura 16. Ciclo reproductivo de <i>Anadara multicosmata</i> durante 1999-2000 en la laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México.....	26
Figura 17. Variación del Índice de Madurez de <i>Anadara multicosmata</i> durante el periodo de agosto de 1998 a septiembre de 1999 en la Laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México.....	27
Figura 18. Variación del índice de condición de hembras y machos de <i>Anadara multicosmata</i> durante agosto de 1998 a septiembre de 1999 de la Laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México. Se presenta la media mensual (\pm desviación estándar).....	29
Figura 19. Variación mensual de la temperatura superficial del agua de la Laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México.....	30
Figura 20. Relación de la temperatura del agua con el Índice de Madurez.....	31

Lista de Tablas

	Página
Tabla 1. Proporción de sexos mensual y total de <i>Anadara multcostata</i> de la laguna Guerrero Negro, B.C.S., México, obtenidos de agosto de 1998 a septiembre de 1999.....	20
Tabla 2. Proporción de sexos por rango de talla de <i>A. multcostata</i> de la laguna Guerrero Negro, B.C.S., México.....	21
Tabla 3. Frecuencia de organismos maduros de <i>Anadara multcostata</i> por intervalos de talla.....	32

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del reino animal, el phylum mollusca es actualmente el segundo grupo en importancia numérica de especies después de la clase insecta (Seed, 1983). En él han sido descritas más de 100,000 especies vivientes y alrededor de 35,000 fósiles (Seed, 1983). Los moluscos son el grupo de invertebrados marinos mejor estudiados en la actualidad, se conocen cerca de 20,000 especies de gasterópodos y 10,000 de bivalvos (Holguin-Quiñones y González-Pedraza, 1994).

En particular, los moluscos bivalvos han sido explotados intensamente en todo el mundo a lo largo del tiempo, las capturas mundiales obtenidas en 2011 representaron una producción de más de 374,118 toneladas en peso fresco (FAO, 2011). Estos organismos bentónicos son susceptibles a la sobreexplotación por su fácil captura y por constituir parte de la dieta humana, no sólo de las poblaciones asentadas cerca de las costas, sino también de aquellos que se encuentran en sitios apartados de estas (Baqueiro y Massó, 1988). Su consumo es de gran tradición en nuestro país, en este sentido Martín Del Campo (1984) menciona que los antiguos mexicanos incluían en su dieta varias especies de moluscos tales como almeja, caracol, abulón y pulpo, además de que utilizaban las conchas para elaborar diversos instrumentos. Como ejemplo de la importancia económica que actualmente tienen para el país, en el 2012 la captura total nacional del conjunto de especies conocidas como “almejas” fue de 15,431 toneladas de peso vivo, de las que 12,715 corresponden al Pacífico y 2,716 al golfo de México y Mar Caribe (CONAPESCA, 2012).

En México, la explotación de muchas especies de almejas es intensiva, pero el desconocimiento de su biología y dinámica poblacional no permite una regulación pesquera, por lo que los bancos son generalmente agotados (Baqueiro et al. 1981). *Anadara multcostata* es una de las especies de importancia comercial en Baja California Sur y su pesquería no está reglamentada debido a la poca información biológica que existe y a que es una especie que se captura cuando las especies de mayor importancia económica no son susceptibles de capturar debido a los programas de veda.

En este sentido, el conocimiento de la reproducción como una de las respuestas biológicas más importantes de una especie, por ejemplo, la estimación de la talla media de primera madurez, sirve como parámetro en la determinación de la talla mínima de captura, que funge como un importante regulador del esfuerzo pesquero en muchas especies

(Camacho-Mondragón et al. 2012). La determinación de las épocas de reproducción, así como el desarrollo gonádico y tipo de desove (sincrónico o asincrónico), tienen gran importancia para el conocimiento biológico de las especies, además, resultan indispensables para realizar estudios posteriores sobre fecundidad, frecuencias de desoves y viabilidad de los óvulos (Camacho-Mondragón et al. 2012).

Por otro lado, el conocimiento de la estacionalidad del proceso reproductivo y los factores que la regulan (principalmente temperatura y disponibilidad de alimento), son una referencia para el manejo temporal de la pesca y para la creación de un ambiente artificial para el control de la reproducción en cautiverio (Camacho-Mondragón et al. 2012).

A pesar de la importancia pesquera de *A. multcostata* existen pocos estudios y todos son referencias descriptivas y de su distribución (Keen, 1971; Abbott, 1974; Brusca, 1980; Abbot, 1986, 1991; Holguin-Quiñones y González-Pedraza, 1994). Respecto a estudios sobre su reproducción no hay estudios y los pocos que existen son de otras especies de la familia Arcidae como *A. tuberculosa* (Carta Nacional Pesquera, 2010), *A. grandis* (Reynoso-Granados et al. 2012) y *A. notabilis* (Freites et al. 2010).

Por lo anterior, el presente trabajo aportará información básica sobre algunos aspectos de la biología reproductiva de una población de *A. multcostata* localizada en la Laguna Guerrero Negro, B.C.S., México como: establecimiento del ciclo reproductivo, proporción sexual y talla media de primera madurez de una serie de muestras mensuales obtenidas entre agosto de 1998 y septiembre de 1999.

2. ANTECEDENTES

Ubicación taxonómica y descripción de la especie.

De acuerdo a Keen (1971) *Anadara multcostata* se ubica taxonómicamente como sigue:

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Subclase: Pteriomorphia (Beurlen, 1949)

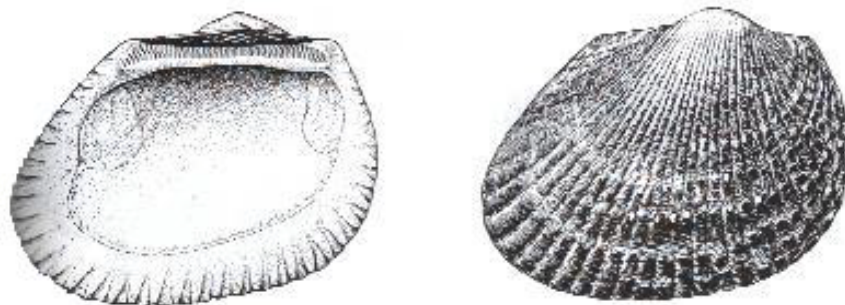
Orden: Arcoida (Stoliczka, 1871)

Familia: Arcidae (Lamarck, 1809)

Género: *Anadara*

Especie: *Anadara multcostata* (Sowerby, 1833)

En México esta especie es conocida comúnmente como “pata de mula”, presenta una concha equivalva, inequilátera, más bien sólida, de contorno ovalado oblicuo y alargada. Borde dorsal un tanto angulado en ambos extremos. Área cardinal delgada y elongada. Unas 33 (de 31 a 36) costillas radiales redondeadas, relativamente juntas y de textura lisa. Periostraco grueso, fuertemente arrugado, a menudo erosionado en los umbos, dejando al descubierto la concha blanca. Ligamento con una serie de surcos en V y cubriendo la totalidad del área cardinal. Charnela larga, delgada y bastante recta. Bordes internos con fuertes crenulaciones que corresponden a las costillas externas. Abertura bisal ausente (Fig. 1). Alcanza una talla máxima de 10 cm, común hasta los 6 cm (Keen, 1971).



Valva izquierda (interior)

Valva derecha (exterior)

Figura 1. Características taxonómicas de *Anadara multcostata*.

Distribución y hábitat

Se distribuye de los 5° S a los 35° N en las costas del Pacífico (FAO, 2011) desde la bahía de Newport, California, USA, a lo largo de las costas de la península de Baja California, incluyendo el Golfo de California hasta el sur de Panamá y en las Islas Galápagos (Fig. 2). Habita en fondos arenosos y areno fangosos, desde la línea de baja marea hasta unos 130 m profundidad (más común entre 20 y 50 m), aunque algunos organismos han sido tomados en aguas tropicales sobre barras arenosas en la bajamar, estos organismos son obtenidos comúnmente por dragado en aguas poco profundas, donde los moluscos viven aparentemente libres sobre el suelo marino (Keen, 1971).



Figura 2. Distribución geográfica de *Anadara multicostata*.

Aspectos biológicos

Existen pocos estudios sobre *A. multicosata*, sólo se tienen referencias descriptivas y de su distribución (Keen, 1971; Abbott, 1974; Brusca, 1980; Abbot, 1986, 1991; Holguin-Quñones y González-Pedraza, 1994), por lo que sólo se hace referencia a otras especies pertenecientes al mismo género.

Las almejas de la familia Arcidae son comunes a lo largo del mundo; muchas viven en zonas templadas someras. De las aproximadamente 200 especies, cuatro son comunes a lo largo del Pacífico (Abbott, 1991).

Las especies del género *Anadara* han sido estudiadas abordando temas como las variaciones mensuales en la estructura poblacional en el caso de *Anadara tuberculosa* la cual ha estado sujeta a explotación. En dicho estudio, se detectó por análisis histológico del ciclo reproductivo, un desove constante con tres máximos en los meses de abril, agosto y enero, lo que se reflejó en un constante reclutamiento de juveniles a la población, el cual se hizo más evidente en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre un mes después de los periodos de máximo desove. De las variaciones en la estructura de la población se detectó un incremento en talla de 4 a 6 mm mensuales y de 12 g en peso en organismos menores de 60 mm y 6 g en organismos mayores (Baqueiro et al. 1982).

Flores-Mendoza (1971), presentó una contribución al conocimiento biológico de la “pata de mula”, *Anadara tuberculosa*, este estudio abarca de forma general una descripción macro y microscópica, y la visualización de los aspectos biológicos requeridos para una administración más adecuada de este molusco; el trabajo se enfocó principalmente en el conocimiento del desarrollo cíclico gonadal, comparándolo con trabajos en otros moluscos como el ostión, madre perla y callo de hacha.

Por otro lado, Freitas y colaboradores (2010) indicaron que el ciclo reproductivo de *A. notabilis* en la península de Araya, Venezuela es continuo a través del año, con picos de desoves en junio y octubre, lo cual coincide con las más bajas temperaturas del agua. También reportaron que en marzo, septiembre y noviembre los especímenes tienen los valores más altos de biomasa en peso seco, mientras que los valores más bajos ocurren en junio y octubre. Se demostró que la temperatura y la materia orgánica particulada son los principales moduladores de la actividad reproductiva: cuando la temperatura disminuye

hubo desoves por pulsos, posiblemente induciendo una estrategia de supervivencia por el cual el período de desove es extendido para aumentar el éxito reproductivo.

Reynoso-Granados y colaboradores (2012) evaluaron el asentamiento y primeros estadios de crianza de juveniles de *A. grandis* en diferentes condiciones, probando primero dos densidades en las que se registraron cambios morfológicos de las larvas pediveliger hasta la etapa juvenil, así como en la tasa de crecimiento absoluto y la supervivencia. Posteriormente los juveniles fueron evaluados en dos unidades experimentales diferentes: canastas Nestier suspendidas en un estanque en las cuales el crecimiento fue de 4-6 mm / día, con una supervivencia de 15% y en unidades cilíndricas de tipo surgencia con aumento de flujo de agua en las cuales, el crecimiento fue de 5-6 mm / día, con una supervivencia de los 93%.

Otros estudios en especies de la familia Arcidae involucran investigaciones sobre la evaluación de *A. tuberculosa* como candidato para estudios de bioremediación de efluentes (Nieves-Soto, 2011), evaluación de la capacidad potencial de bioacumulación de *A. granosa* para la evaluación ambiental de marismas (Aghileh-Mirsadeghi et al. 2013), y de *A. trapezia* en ambientes contaminados por metales traça (Burt et al. 2007).

Aspectos pesqueros

La pesquería de moluscos en México está representada principalmente por especies de las familias Arcidae, Pectinidae y Haliotidae (García-Cubas et al. 1987). La península de Baja California registra la mayor producción pesquera del país debido tanto a su gran extensión de litoral como a la elevada producción de sus aguas (Carta Nacional Pesquera, 2010). En el Golfo de California, la extracción de moluscos para uso alimenticio ha sido orientada principalmente hacia especies de la zona intermareal o submareal rocoso (Hendrick, 1985).

En el Estado de Baja California Sur, la pata de mula ha representado un porcentaje importante de producción. En el año 2012, se registro una captura de 820,362 Kg de callo (RNPA, 2012). Esta almeja ha sido en los últimos años una de las principales fuentes de producción, de ahí la importancia y el interés que surge para estudiarla (Fig. 3).

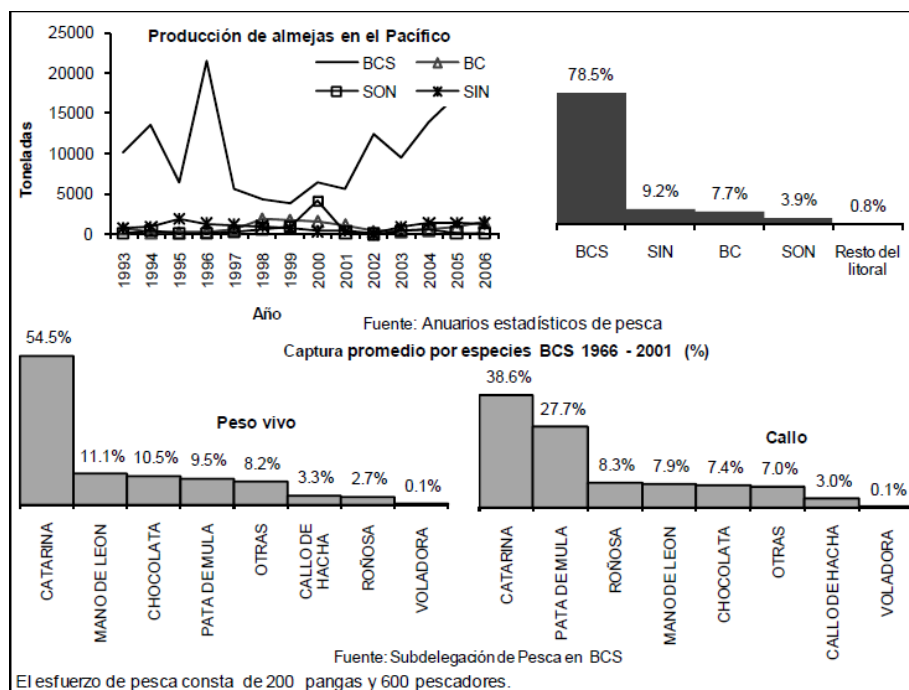


Figura 3. Producción pesquera de las principales especies de importancia económica en Baja California Sur (Carta Nacional Pesquera, 2010).

De acuerdo a la Carta Nacional Pesquera (2012), en el caso de la pata de mula de mangle *A. tuberculosa*, el esfuerzo de pesca consta de 20 embarcaciones, que transportan entre 6 a 10 personas para extraer el recurso durante los periodos de bajamar, por lo que el esfuerzo fluctúa entre 120 a 200 pescadores. Las otras especies son recursos potenciales por lo que no cuentan con un esfuerzo pesquero definido. Como medidas de manejo para *A. tuberculosa* el análisis histológico realizado en los esteros de Bahía Magdalena, indican un periodo reproductivo del 1 de diciembre al 28 de febrero. Por otro lado el estudio realizado para esta especie en la Ensenada de la Paz, B. C. S., indican un periodo reproductivo del 1 de julio al 30 de septiembre. Por lo anterior, se recomienda establecer dos periodos de veda, uno para el Pacífico y otro para el Golfo de California. La talla mínima es de 60 mm de longitud de concha. Para *A. multicostata*, no hay estudios sobre su reproducción y solo se establece una talla mínima provisional de 75 mm de longitud de concha. La tasa de aprovechamiento anual deberá ser del 20 al 30% de la población por arriba de las tallas mínimas de 60 mm de longitud en *A. tuberculosa* y 75 mm para *A. multicostata*. En B.C.S. *A. tuberculosa* se encuentra en deterioro en algunas de sus áreas de distribución y al máximo sustentable en otras. Para *A. multicostata* y *A. grandis* el estatus no está definido.

3. JUSTIFICACIÓN

En todas las pesquerías debe existir una captura racional y controlada que no afecte a las poblaciones, de tal manera que sea difícil recuperarlas debido a la sobreexplotación. Por esta razón son importantes los estudios de biología básica, sobre todo en aquellas especies que representan una importancia pesquera. Un aspecto que destaca en la situación de este recurso, es la necesidad de contar con un adecuado conocimiento biológico de la especie, ya que a pesar de que la pesquería de la pata de mula *A. multicosata* es importante para el estado de Baja California Sur, se tiene poco conocimiento general de la especie, y existe muy poca información biológica de ella.

El presente estudio aporta conocimientos acerca de la biología reproductiva de la especie en Baja California Sur hasta ahora inexistentes, estos conocimientos pueden ser aplicables en las estrategias de explotación y regulación para un manejo adecuado de su pesquería, así como en futuros estudios sobre acuicultura de este recurso.

4. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de algunos aspectos reproductivos de *Anadara multcostata* de la Laguna de Guerrero Negro, B. C. S., México.

Objetivos específicos.

- Determinar la proporción de sexos por mes y por clase de talla.
- Describir las fases de desarrollo de las gónadas de machos y hembras.
- Determinar el ciclo reproductivo anual.
- Estimar el índice de madurez
- Estimar el índice de condición.
- Relacionar el ciclo reproductivo con la temperatura del agua.
- Estimar la talla de primera madurez.

5. MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La laguna de Guerrero Negro se localiza entre los 27°56'24" y 28°06'16"N y los 114°02' y 114°09'10"O (Fig. 4). Tiene un área aproximada de 21 km y es de forma rectangular, con una longitud norte-sur de casi 13 km. La anchura máxima es 8 km y se comunica al mar abierto por una boca que mide cerca de 8.5 km. El sedimento se conforma de arena intercalada con aluvión orgánico; sobre la superficie de granos fosilíferos se encuentran estratos de arenisca (Contreras, 1985). La salinidad en verano fluctúa entre 35.5 y 37.5‰, mientras que en invierno presenta valores de entre 34.7 y 35.6‰. Las máximas corrientes de marea alcanzan los 2.5 nudos en la parte interna de la laguna. Este sistema lagunar se clasifica, según Lankford (1977), como una laguna tipo III-A: con barreras arenosas extensas, escorrentías de ríos o arroyos ausentes o muy localizadas, morfología y batimetría modificada por la acción de las mareas, energía relativamente baja excepto en los canales y durante condiciones de tormenta, salinidad variable, dependiendo del clima de la zona.

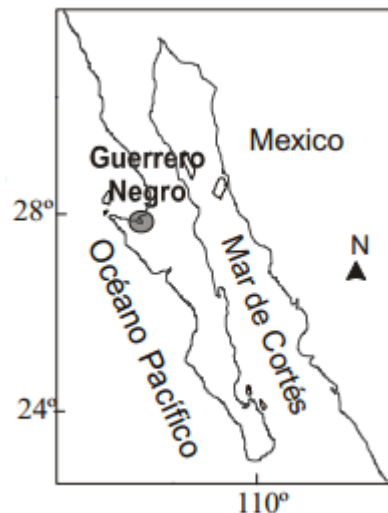


Figura 4. Localización del área de estudio.
La Laguna Guerrero Negro se indica con un círculo gris.

Obtención de muestras

El presente estudio se realizó bajo los auspicios de un proyecto institucional del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Para la determinación de los aspectos reproductivos se colectaron entre 20 y 30 ejemplares por muestreo, de forma manual durante la bajamar en la zona intermareal. Las muestras se obtuvieron desde agosto de 1998 hasta septiembre del 1999, con periodicidad mensual en la Laguna de Guerrero de Negro, B. C. S. México. Los organismos fueron fijados al momento de la colecta con formol al 10% preparado con agua de mar para evitar los cambios *postmortem* como la putrefacción y la autólisis de las partes blandas incluyendo la gónada. Después de la fijación fueron transportados al Laboratorio de Invertebrados Marinos del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) donde fueron limpiados de organismos epibiontes. Se registró la temperatura del agua al momento del muestreo con un termómetro de cubeta con una incertidumbre de ± 0.01 °C

Trabajo de laboratorio

Una vez en el laboratorio, los organismos se lavaron con agua corriente durante 12 horas para eliminar el exceso de formol. Después se midieron con un vernier con una precisión de 1 mm. A cada individuo se le registro la longitud de la concha (LC, distancia en línea recta desde el margen anterior al margen posterior de la concha) (± 1 mm) y altura (AC, distancia en línea recta desde el umbo al margen ventral de la concha) (± 1 mm) (Fig. 5).

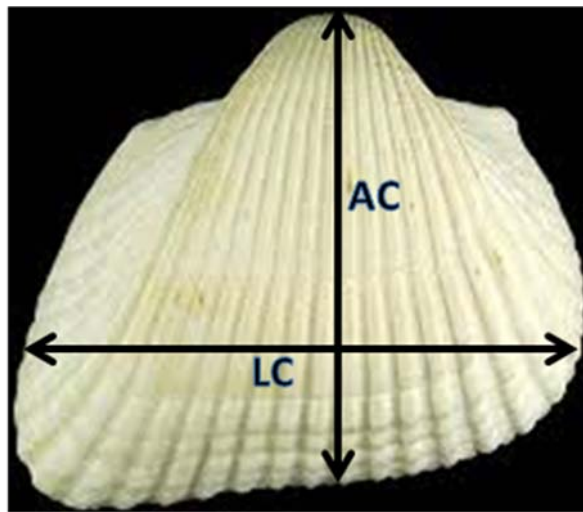


Figura 5. Medidas morfométricas de la concha de *Anadara multicostata*.

Después los organismos fueron pesados con una balanza con precisión de 0.1 g, se registro el peso total y peso húmedo sin concha, una vez pesados se eliminó el manto, branquias, músculos aductores y biso, dejando solamente la masa visceral. Dado que *A. multicostata* tiene una gónada difusa (la gónada se infiltra en la glándula digestiva formando la masa visceral), una porción de la masa visceral que contuviera tejido gonádico fue extraída de cada espécimen (Fig. 6), etiquetada y fijada en formol al 10% para su posterior proceso histológico.

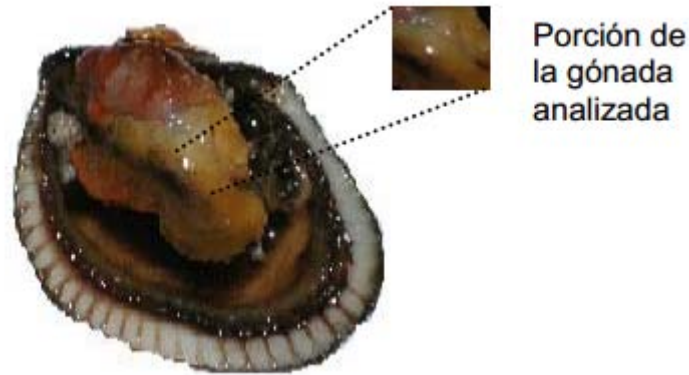


Figura 6. Morfología interna de *Anadara*.
Se muestra el lugar donde se tomo la muestra de la gónada.

Análisis histológico de las gónadas

Este estudio consistió en someter la muestra de masa visceral la cual contiene a la gónada a una serie de procedimientos que permiten la observación de sus características microscópicas. Los pasos básicos descritos por Humason (1979) son los siguientes:

Proceso de inclusión:

- Consiste en someter el tejido a la acción de diversos solventes para que uno penetre y conserve en la posición original a cada uno de los elementos que lo integran al realizar los cortes; el principal método de inclusión es con parafina y consiste en: deshidratación, aclaración, infiltración y colado de bloques.
- Deshidratación: se coloca la muestra a través de una secuencia de soluciones alcohólicas de concentraciones crecientes desde 70% a 100%.
- Aclaramiento: Xilol durante 45 minutos.
- Infiltración: se incluyeron en parafina a 58 – 60°C, dos horas.
- Colado del bloque: se colocan los tejidos en un molde dándoles la orientación adecuada respecto al plano estructural del órgano; se colocan en los cubos de plástico y se llenan con parafina, teniendo cuidado de que el tejido conserve la posición correcta (Fig. 7).



Figura 7. Se muestra el equipo utilizado en el proceso de inclusión.

Proceso de corte y montaje de tejido:

- Se realizaron de 3 a 5 cortes de 7 μm de grosor con un micrótopo rotatorio, una vez realizados los cortes, estos se colocaron en un baño de flotación que contiene agua destilada a una temperatura de 48 – 50°C y 5 gramos de gelatina farmacéutica por cada 100 mL. Los cortes son recuperados en un portaobjetos, se escurre el agua, se colocan en una estufa desparafinadora a 60°C para que el corte quede bien adherido y se colocan en el tren de tinción (Fig. 8).

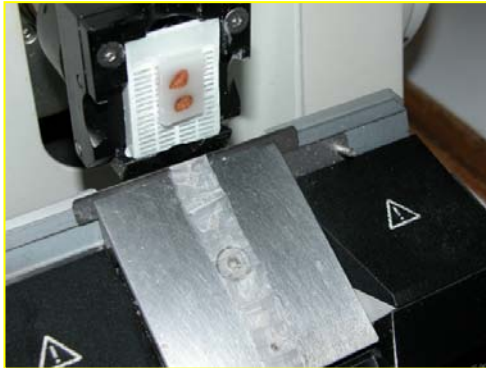


Figura 8. Se muestra el equipo utilizado para el proceso de corte y montaje del tejido. Imagen izquierda: micrótopo. Imagen derecha: Baño de flotación.

Proceso de tinción:

- La tinción tiene como objetivo que las estructuras celulares y tisulares queden contrastadas y de esta forma se facilite su identificación, en este caso se tiñeron con hematoxilina-eosina que es una tinción clásica que da idea de la organización histológica general, esta tinción requiere de la elaboración de dos soluciones: la solución hematoxilina de Harris y la solución de eosina, que a su vez necesita de una solución stock o madre con la que se elabora la de trabajo.
- El primer paso fue desparafinar e hidratar con agua.
- Los tejidos se tiñeron con hematoxilina de Harris por 7 minutos.
- Se lavaron en agua corriente por 5 minutos.
- Diferenciar en alcohol ácido por 2 segundos, no debe prolongarse por más tiempo pues los núcleos se destiñen.
- Se lavaron en agua corriente por 3 minutos.
- Los tejidos se pasaron por agua amoniacal hasta estos adquirieron un tono azulado.
- Se contrastaron con la solución de trabajo de eosina durante 3 minutos.
- Se deshidrataron en alcohol al 95% y alcohol absoluto, dos cambios de 5 minutos cada uno o hasta que el exceso de eosina sea removido.
- Se pasaron por Xilol, dos cambios de 5 minutos cada uno (Fig. 9).



Figura 9. Se muestra el equipo utilizado en el proceso de tinción de las preparaciones.

Por último, los cortes ya teñidos se montaron en porta-objetos con resina sintética, dejándose secar, posteriormente se limpiaron y se etiquetaron. Para el análisis e interpretación de las preparaciones histológicas se utilizó un microscopio compuesto marca Carl Zeiss, con los objetivos 10X y 40X.

Aspectos reproductivos

Caracterización de las fases del desarrollo gonádico

La caracterización de las fases de desarrollo gonádico se hizo con la observación directa de los cortes histológicos a través de un microscopio compuesto marca Olympus® BX41 con oculares de 10x y objetivos 10x, 20x y 40x. Para la caracterización de las fases de desarrollo gonádico se consideró el tamaño, cantidad y morfología de gametos y basándose en las descripciones hechas para *Periglypta multicostata* (García-Domínguez et al. 1998) y para *Pinna rugosa* (Ceballos-Vázquez et al. 2000). Las fases de desarrollo consideradas fueron: indiferenciación, desarrollo, madurez, desove y postdesove.

Ciclo reproductivo

Éste análisis se basó en el seguimiento de la variación mensual de las frecuencias de cada fase de desarrollo gonádico establecidas por el análisis histológico. Para ello se determinó la frecuencia relativa de las diferentes fases de desarrollo gonádico con el propósito de conocer el estado de actividad gametogénica durante el periodo de estudio. Estos resultados se presentan mediante gráficas de área. La fase de desove fue considerada como la época de reproducción de la especie.

Índice de madurez

Este índice nos permite conocer de manera numérica el grado de madurez que presenta el organismo en cada época del año y se utiliza frecuentemente cuando los organismos en estudio presentan gónada de tipo difusa (gónada inmersa en los tejidos del cuerpo), ya que en este tipo de gónadas es imposible obtener una estimación numérica de la actividad reproductiva por medio del uso de un índice convencional como el gonádico o gonadosomático. El Índice de Madurez (IM) utiliza las fases de desarrollo previamente

asignadas mediante la técnica histológica y se calcula según la fórmula utilizada por Heffernan (1989) como sigue:

$$IM = \frac{n(0) + n(1) + n(2) + n(3)}{N}$$

Donde 0, 1, 2, 3 son el número asignado para cada fase de desarrollo (0 = Indiferenciación y Postdesove, 2 = Desarrollo, 3 = Madurez, 1 = Madurez y Desove), n es el número de individuos de esa fase para cada mes, y N es el número total de individuos de cada mes.

Índice de condición

Este índice está basado en la relación que guarda el peso total de la almeja con su peso visceral, y explica fundamentalmente el grado de bienestar que guarda en relación con el cambio en la corpulencia durante su vida, esta puede ser grande o pequeña, progresiva o cíclica relacionada directamente con su crecimiento y/o madurez sexual (Rodríguez, 1992).

El índice de condición (IC), se estimó como el porcentaje del peso húmedo de las partes blandas (visceral) con respecto al peso húmedo total (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez, 1996), según la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\text{Peso visceral}}{\text{Peso total}} * 100$$

Se obtuvieron promedios mensuales del índice de condición para toda la colecta y se graficaron para su interpretación.

Proporción de sexos y distribución de tallas

Como *A. multicostrata* no presenta un dimorfismo sexual, el sexo de cada organismo se determinó mediante la observación microscópica del tejido gonadal. Para establecer la proporción hembras-machos se dividió el número total de hembras entre el número total de machos por mes y por tallas, utilizando la longitud en intervalos de 5.0 mm calculado mediante la regla de Sturges (Daniels, 1994). No se consideraron los ejemplares indiferenciados ya que en ellos no se presentaron gametos. Para determinar si existía

diferencia significativa en la proporción de sexos por mes, por talla y en el total de las muestras, se hicieron pruebas de hipótesis, asumiendo que la distribución muestral es aproximadamente normal, de acuerdo con el teorema de límite central. Se analizó bajo la hipótesis nula de que existe una proporción 1:1 utilizando el estadístico de prueba χ^2 (Sokal y Rohlf, 1979).

$$\chi^2 = \frac{\sum(O-E)^2}{E}$$

Donde, O es la proporción de hembras o machos observada y E es la proporción de hembras o machos esperada. La regla de decisión se hizo con una confianza del 95%, no aceptando la hipótesis cuando el valor de χ^2 calculado fuera mayor de 3.86 (Sokal y Rohlf, 1979).

Relación de la reproducción con la temperatura del agua

Para determinar la relación de la reproducción de *A. multcostata* con la temperatura del agua, se realizó un análisis de correlación no-paramétrico de Spearman entre la temperatura y el Índice de Madurez.

Talla de primera madurez

La talla de primera madurez es aquella a la cual el 50% de los organismos analizados están sexualmente maduros, y por lo tanto comienzan a reclutarse a la población reproductiva. Por tanto, se consideró como talla de primera madurez (L_{50}) aquella a la cual el 50% de los organismos estuvieron en fase de madurez o en desove (Somerton, 1980). Para ello se obtuvo la frecuencia de hembras maduras o en desove por intervalo de talla (5 mm), se calculó la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada para establecer el intervalo de talla de primera madurez.

Los datos de frecuencia relativa acumulada se ajustaron a un modelo logístico utilizando el programa Curve Expert Versión 1.3.

$$y = a / (1 + be^{cx})$$

Dónde:

y= Porcentaje de individuos sexualmente maduros (estadios: madurez y desove)

a=intercepto

b=pendiente

e=exponente

c= constante de proporcionalidad

x=longitud del organismo

Finalmente, por medio de la estimación de los parámetros del modelo logístico se calculó la talla media de madurez sexual, como el valor de x (la longitud de la concha de un individuo) para un valor de y= 50% (Masello y Defeo, 1986).

6. RESULTADOS

Proporción de sexos y distribución de tallas

Se recolectaron un total de 311 organismos de los cuales 150 fueron hembras (47.7%), 116 fueron machos (36.9%) y 45 fueron indiferenciados (14.3%). Adicionalmente se encontraron tres organismos hermafroditas (0.9%). La talla de todas las almejas incluyendo hembras y machos, varió de 45 a 122 mm de LC, con un promedio de 74 mm de LC (DE=10.4). Los machos presentaron tallas de entre 47.3 mm LC y 110.6 mm de LC (media =72.5, DE= 8.9), mientras que las hembras presentaron tallas de entre 51 mm de LC y 122 mm de LC (media =75.9, DE= 10.9). Las tallas de los organismos indiferenciados varió de 45 mm de LC a 100.5 mm de LC (media =71.2, DE= 11.5).

Para el análisis de la proporción de sexos se excluyeron a los organismos hermafroditas y a los organismos indiferenciados, debido a que no es posible identificar el sexo, por lo que solo se consideraron 266 ejemplares de *A. multicosata*, 150 hembras (56.4%) y 116 machos (43.6%). En la tabla 1 se presenta el número de hembras y machos por mes, el total y el correspondiente valor de χ^2 . En términos generales, se estimó que la proporción total fue de 1.3 hembras por cada macho y fue significativamente diferente de la proporción 1:1 ($\chi^2 = 4.3$, $p < 0.05$). El análisis por mes mostró diferencias significativas de la proporción 1:1 en los meses de septiembre de 1998 con 4.3 hembras por cada macho ($\chi^2=6.25$, $p < 0.05$), y en junio de 1999 con 2.2 hembras por cada macho ($\chi^2=2.57$, $p < 0.05$).

Tabla 1. Proporción de sexos mensual y total de *Anadara multcostata* de la laguna Guerrero Negro, B.C.S., México, obtenidos de agosto de 1998 a septiembre de 1999. El símbolo (*) indica diferencias significativas ($p < 0.05$) de la proporción esperada de 1H:1M (H=hembra y M=macho), de acuerdo a la prueba χ^2 .

MES	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL	PROPORCION H:M	χ^2	P
A	11	9	20	1.2:1	0.2	P > 0.05
S	13	3	16	4.3:1	6.3*	P < 0.05
O	13	7	20	1.9:1	1.8	P > 0.05
N	14	9	23	1.6:1	1.1	P > 0.05
D	13	12	25	1.1:1	0.04	P > 0.05
E	3	6	9	0.5	1	P > 0.05
F	2	8	10	0.25:1	3.6	P > 0.05
M	11	9	20	1.2:1	0.2	P > 0.05
A	10	10	20	1:1	0	P > 0.05
M	9	9	18	1:1	0	P > 0.05
J	13	6	19	2.2:1	2.6	P > 0.05
J	11	10	21	1.1	0.04	P > 0.05
A	11	9	20	1.2:1	0.2	P > 0.05
S	16	9	25	1.8:1	1.96	P > 0.05
Total	150	116	266	1.3:1	4.3*	P < 0.05

Por otro lado, en la tabla 2 se presentan las frecuencias de hembras y machos por rango de talla en intervalos de 5 mm de LC. En este estudio, se observaron diferencias significativas en las tallas de 85-90 mm de LC con una proporción de 4.5 hembras por cada macho ($\chi^2=8.9$, $p < 0.05$), y en el rango de talla 90-95 mm de LC con una proporción de 4 hembras por cada macho ($\chi^2=4.0$, $p < 0.05$).

Tabla 2. Proporción de sexos por rango de talla de *A. multicostata* de la laguna Guerrero Negro, B.C.S., México. El símbolo (*) indica diferencias significativas ($p < 0.05$) de la proporción esperada de 1H:1M (H=hembra y M=macho), de acuerdo a la prueba χ^2 .

TALLAS (longitud mm)	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL	PROPORCION H:M	χ^2	P
45 - 50	0	1	1	0:1	1	P > 0.05
50 - 55	1	1	2	1:1	0	P > 0.05
55 - 60	6	7	13	0.9:1	0.08	P > 0.05
60 - 65	17	10	27	1.7:1	1.8	P > 0.05
65 - 70	25	25	50	1:1	0	P > 0.05
70 - 75	29	33	62	0.9:1	0.3	P > 0.05
75 - 80	22	20	42	1.1:1	0.09	P > 0.05
80 - 85	18	12	30	1.5:1	1.2	P > 0.05
85 - 90	18	4	22	4.5:1	8.9 *	P < 0.05
90 - 95	8	2	10	4:1	3.6	P > 0.05
95 - 100	4	0	4	0:1	4 *	P < 0.05
100 - 105	0	0	0	0:1	0	P > 0.05
105 - 110	1	0	1	0:1	1	P > 0.05
110 - 115	0	1	1	0:1	1	P > 0.05
115 - 120	0	0	0	0:1	0	P > 0.05
120 - 125	1	0	1	0:1	1	P > 0.05

Caracterización de las fases del desarrollo gonádico

La descripción de las fases de desarrollo se basó principalmente en las características de los folículos femeninos y masculinos, obtenidas mediante el análisis de las preparaciones histológicas.

Indiferenciado:

Esta etapa se caracteriza por la presencia de acinos y la ausencia total de gametos, no es posible distinguir el sexo, el tejido conectivo es abundante, en algunas preparaciones se encontraron restos de folículos con algunos fagocitos y granulocitos posiblemente de un ciclo gonádico anterior (Fig. 10).

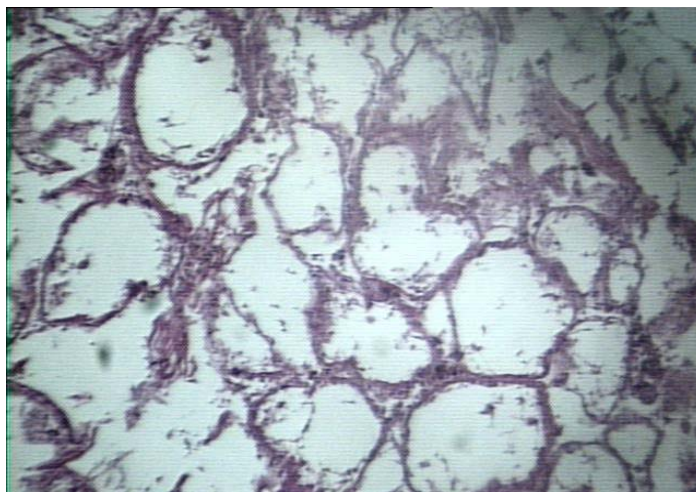


Figura 10. Microfotografía de la fase indiferenciado de *Anadara multicostata* (20x).

Desarrollo:

En las hembras, esta fase se caracterizó por la presencia de ovocitos en desarrollo adheridos a las paredes foliculares, y ovocitos primarios acidofilicos dirigiéndose hacia el lumen del folículo, incluso en algunas gónadas se llegaron a encontrar en el lumen del folículo algunos ovocitos ya maduros.

En los machos, esta fase presentó cantidades variables de células germinales, espermatocitos, espermatidas y espermias maduros. Los folículos son pequeños y compactos. Se observa una capa de espermatogonias bordeando la pared del folículo y estas dan lugar a varias capas de pequeños espermatocitos primarios y secundarios orientados hacia el lumen (Fig. 11).

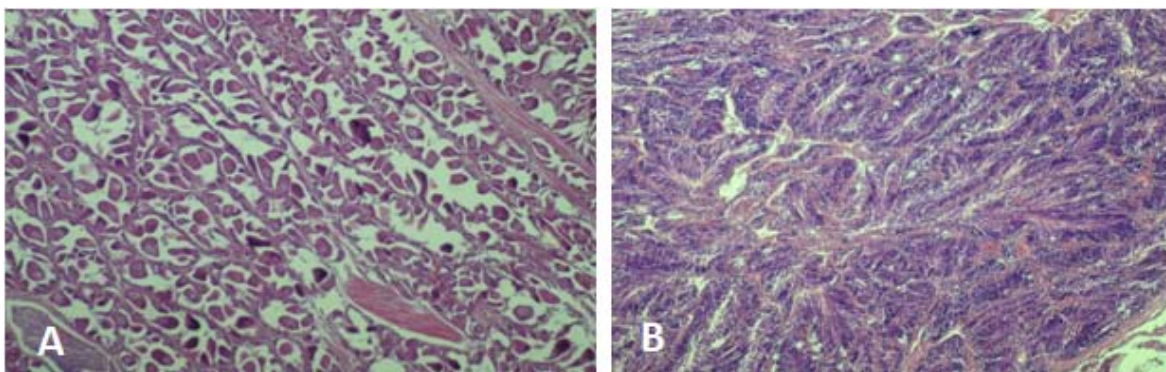


Figura 11. Microfotografía de la fase desarrollo de *Anadara multicostata* (20x)
A) hembra, B) macho.

Madurez:

En las hembras, se aprecian abundantes ovocitos libres dentro de los folículos, la mayoría presenta formas poligonales, se nota la ausencia de tejido conectivo y aún se pueden observar algunos ovocitos posvitelogénicos adheridos a las paredes de los folículos por pedúnculos delgados.

En los machos se caracteriza por tener los folículos llenos de espermatozoides arreglados en bandas radiales, casi todo el tejido conectivo ha sido completamente reemplazado por los folículos formando el tejido gonádico, el cual es ocupado por gametos. Los espermatocitos y espermátidas se encuentran restringidos a una fina capa en la periferia de los folículos (Fig. 12).

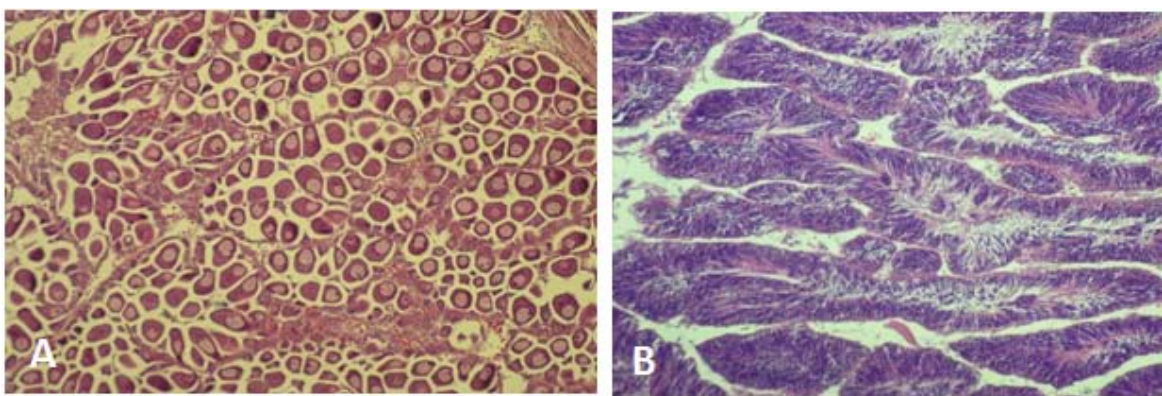


Figura 12. Microfotografía de la fase madurez de *Anadara multicostata* (20x).
A) hembra, B) macho.

Desove:

Las paredes de los folículos comienzan a romperse, los folículos comienzan a verse parcialmente vacíos, se empieza a notar algo de tejido conectivo. En las hembras se pueden encontrar algunos ovocitos maduros en cantidades variables dependiendo de lo avanzado del desove y en los machos se nota la presencia de espermatozoides residuales, los cuales se encuentran dispersos en los folículos (Fig. 13).

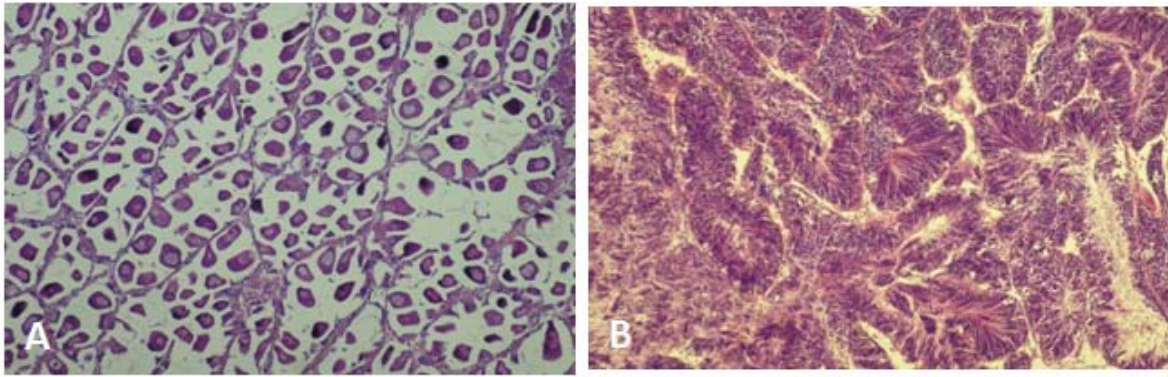


Figura 13. Microfotografía de la fase desove de *Anadara multicostata* (20x).
A) hembra, B) macho.

Posdesove:

Los folículos disminuyen su tamaño y se encuentran vacíos, a excepción de algunos ovocitos y espermias residuales. El tejido conectivo se incrementa, los folículos rotos son invadidos por fagocitos por lo que existe una alta actividad de lisis ovocitaria (atresia) (Fig. 14).

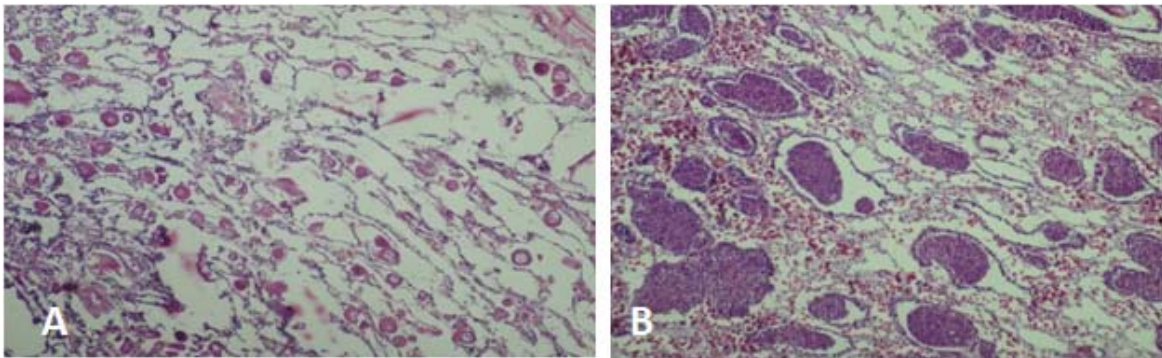


Figura 14. Microfotografía de la fase posdesove de *Anadara multicostata* (20x).
A) hembra, B) macho.

Hermafrodita:

En el tejido gonádico de los organismos hermafroditas se observó la presencia de células sexuales de cada sexo, pero estas se encontraban en acinos separados. En una parte de la gónada se observaron acinos rotos con presencia de algunas células espermáticas (espermatozoides residuales), esta parte de la gónada con apariencia de que había terminado la fase de desove como macho (apariencia de posdesove). En la otra parte de la gónada se observaron acinos pequeños con ovocitos previtelogénicos pegados a la periferia del acino y algunos ovocitos vitelogénicos, dando la apariencia de que se iniciaba el desarrollo como hembra (Fig. 15).

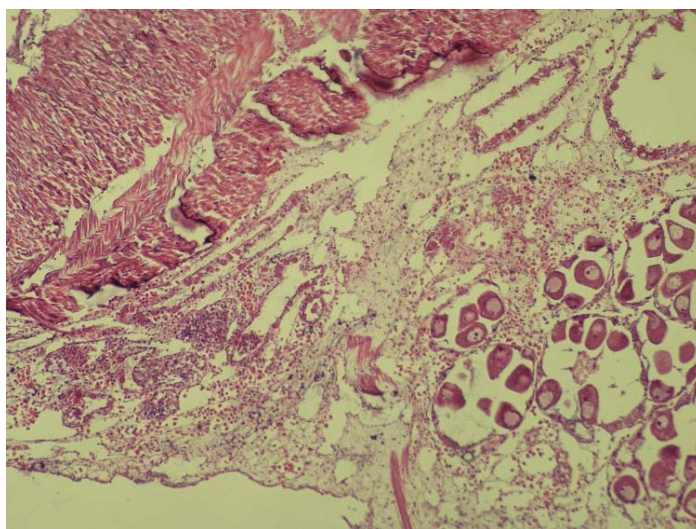


Figura 15. Microfotografía de una gónada hermafrodita de *Anadara multicostata* (20x).

Ciclo reproductivo

En la figura 16 se representa la frecuencia porcentual de hembras y machos en los diferentes fases de desarrollo gonádico. Los organismos en fase de indiferenciación se presentaron en casi todos los meses de estudio, excepto en noviembre y diciembre de 1998, y en agosto de 1999. De enero a mayo se presentaron los porcentajes más altos (entre 20% y 47.4%).

Los organismos en fase de desarrollo se presentaron en todos los meses analizados, aunque las mayores frecuencias ocurrieron de febrero a junio de 1998 (entre 40% y 69.6%). Los organismos en fase de madurez se presentaron en casi todos los meses analizados con las

mayores frecuencias de agosto a diciembre de 1998 (entre 21.7 y 42.8%) y de junio a septiembre de 1999 (entre 19 y 65.4%). De enero a mayo de 1999, se registraron los porcentajes más bajos de organismos en fase de madurez (entre 4.3 y 8%), mientras que en los meses de febrero y marzo de este mismo año no se registraron organismos maduros. Los organismos en fase de desove se presentaron en casi todos los meses analizados, con las mayores frecuencias en agosto y septiembre de 1998 (23.8% y 29.4% respectivamente), en noviembre y diciembre de 1998 (52.2 y 59.1% respectivamente) y durante junio y agosto de 1999 (22.7 y 42.1% respectivamente). No se registró ningún organismo en fase de desove en mayo y junio de 1999. Los organismos en posdesove se presentaron durante todos los meses analizados, con mayores porcentajes en los meses de octubre de 1998 (26.1%) y enero de 1999 (18.2%). En febrero y septiembre de 1999 no se encontraron organismos en fase de posdesove.

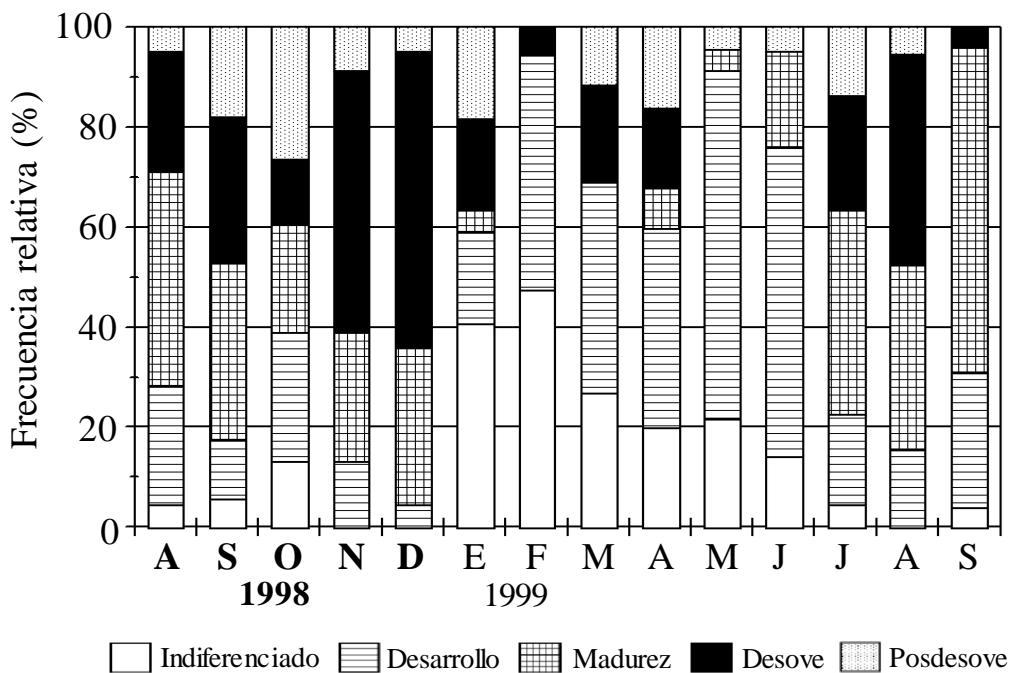


Figura 16. Ciclo reproductivo de *Anadara multicostata* durante 1999-2000 en la laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

Índice de Madurez

El índice de madurez vario estacionalmente (Fig. 17). A partir de agosto de 1998 el IM (3.4) comenzó a descender hasta llegar a un mínimo en enero de 1999 (0.37), en concordancia con la disminución de organismos en fases de desove y madurez, aunque en noviembre y diciembre de 1998 hubo un ligero aumento (valores entre 1.7 a 1.9) debido a las altas frecuencia de organismos en fases de desove y madurez que se presentaron en esos meses. A partir de febrero de 1999 el IM comenzó a aumentar (en concordancia con el aumento de organismos en fases de desarrollo, madurez y desove), hasta llegar a un máximo en septiembre de 1999 (3.2).

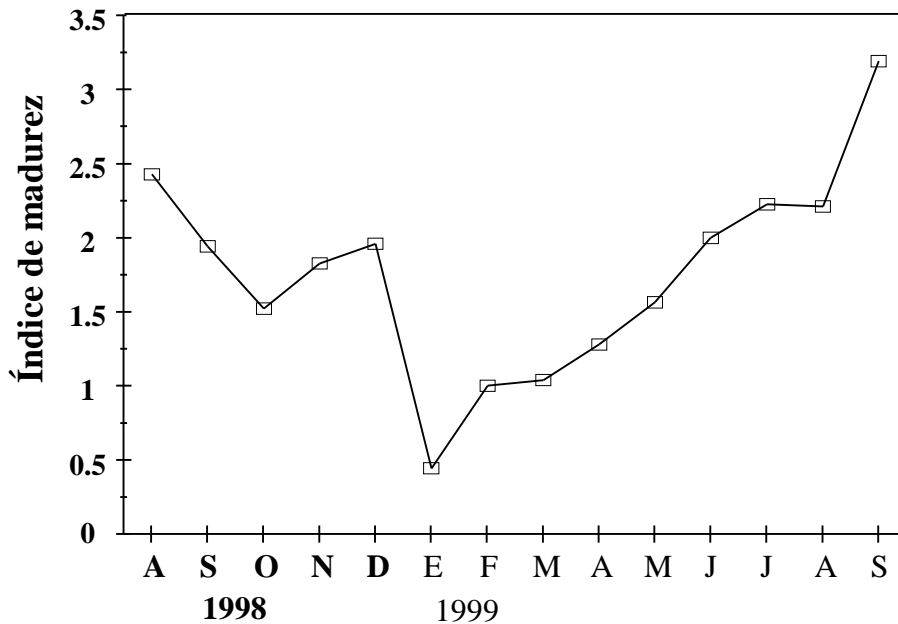


Figura 17. Variación del Índice de Madurez de *Anadara multicostata* durante el periodo de agosto de 1998 a septiembre de 1999 en la Laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

Índice de condición

En la figura 18 se muestran las medias y la desviación estándar del IC de machos y hembras para cada mes. La variación de este índice fue similar para hembras y machos y su variación fue concomitante durante el periodo de estudio. Sin embargo, se pudieron identificar tres periodos en el que el IC presentó los valores más altos: de noviembre de 1998 a febrero de 1999, marzo y junio de 1999 y en agosto y septiembre de 1999. Los valores más bajos ocurrieron de agosto a octubre de 1998, marzo y abril y en julio de 1999.

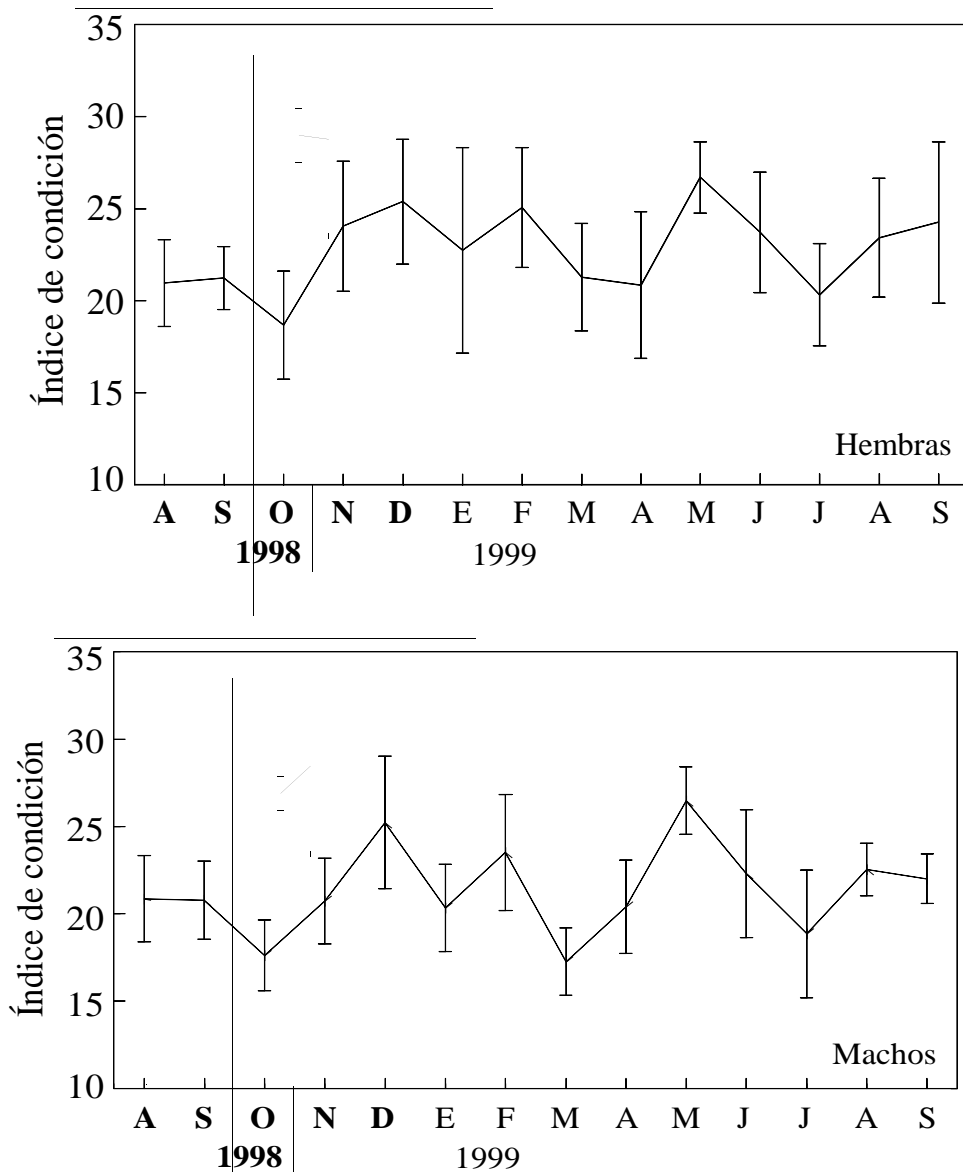


Figura 18. Variación del índice de condición de hembras y machos de *Anadara multicostata* durante agosto de 1998 a septiembre de 1999 de la Laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México. Se presenta la media mensual (\pm desviación estándar).

Variación de la temperatura del agua

La temperatura superficial del agua varió durante el periodo de estudio en la laguna Guerrero Negro de 15.9 a 24.0 °C. A partir de agosto la temperatura (23.3 °C) del agua comenzó a descender paulatinamente hasta llegar a un mínimo en febrero de 1999 (15.9 °C). En marzo la temperatura (17.3 °C) comenzó a aumentar hasta llegar a un máximo en agosto de 1999 (24 °C), para descender nuevamente alrededor de 1.2 °C en septiembre. Los meses más cálidos fueron de mayo a octubre con un pico máximo en el mes de agosto. Los meses más fríos son noviembre a abril, con valores mínimos en enero y febrero 1999 (Fig. 19).

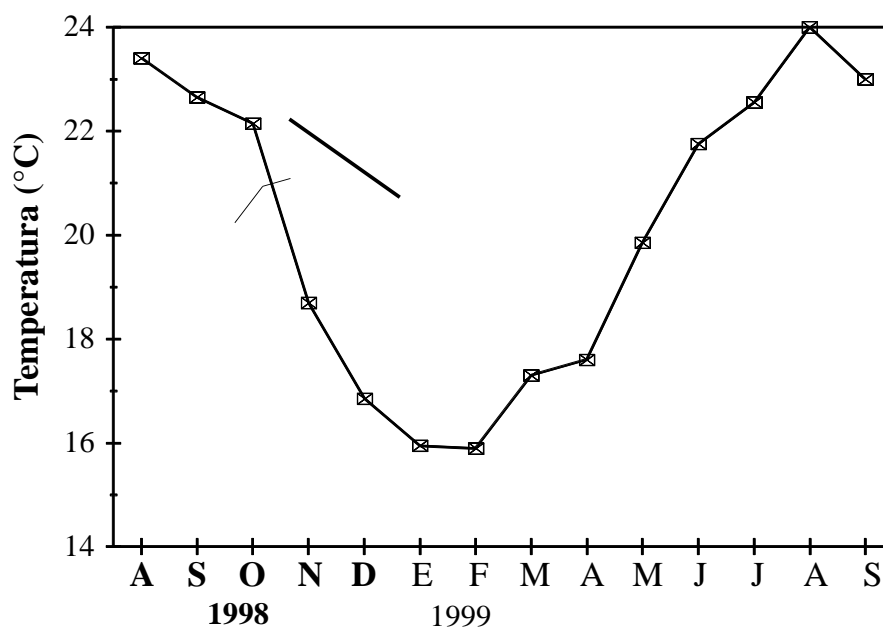


Figura 19. Variación mensual de la temperatura superficial del agua de la Laguna Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

Relación de la temperatura del agua con el Índice de Madurez

Para establecer la relación entre la temperatura y la reproducción de *A. multicosata* se correlacionó el IM con este parámetro y se graficaron junto con la temperatura, se realizó un análisis de correlación no paramétrica de Spearman, con lo cual se obtuvo una correlación positiva significativa ($R= 0.81$, $p< 0.05$) (Fig. 20).

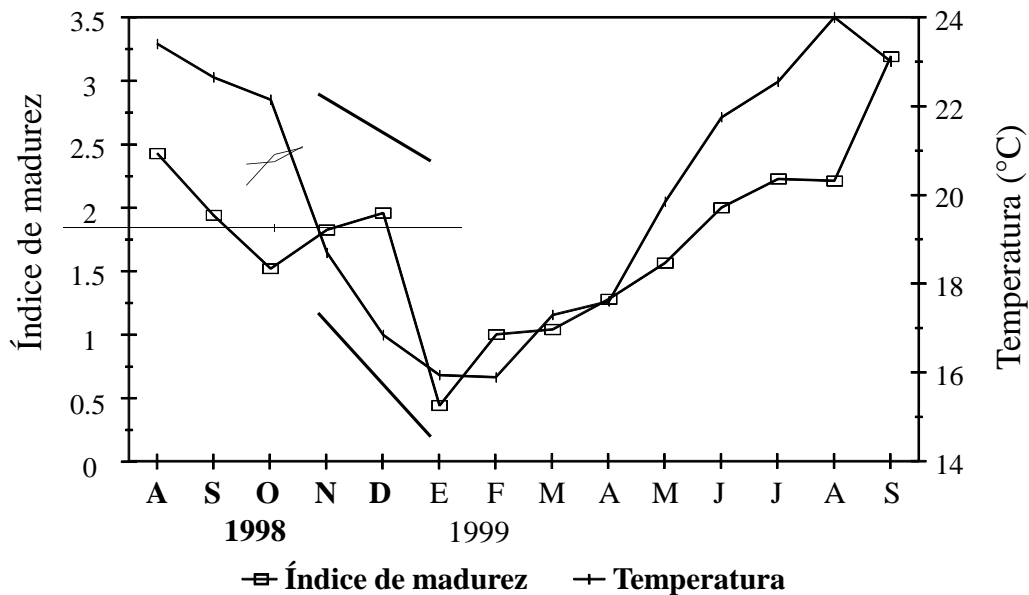


Figura 20. Relación de la temperatura del agua con el Índice de Madurez.

Talla de primera madurez.

En la tabla 3, se muestran las frecuencias relativas y relativas acumuladas de todos los organismos muestreados que presentaron estadio de madurez, por intervalos de tallas de 5 mm. Los ejemplares de las muestras de *A. multicosata* sexualmente maduros se encontraron dentro del intervalo de tallas de 45 a 115 mm de AC. Los resultados obtenidos nos indican que en el rango de talla a la cual el 50% o más de los organismos estudiados obtuvieron en estados de madurez fue de los 70 a los 75 mm.

Intervalos de tallas (mm)	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada (%)
45 - 50	0.3802	0.3802
50 - 55	0.7605	1.1407
55 - 60	4.9430	6.0837
60 - 65	10.2662	16.3498
65 - 70	19.0114	35.3612
70 - 75	23.1939	58.5551
75 - 80	15.5894	74.1445
80 - 85	11.4068	85.5513
85 - 90	8.3650	93.9163
90 - 95	3.8023	97.7186
95 - 100	1.5209	99.2395
100 - 105	0.0000	99.2395
105 - 110	0.3802	99.6198
110 - 115	0.3802	100.0000

Tabla 3. Frecuencia de organismos maduros de *Anadara multicostata* por intervalos de talla. Los números en negritas indica el intervalo de talla a la cual el 50% de los organismos muestreados se encuentran en fase de madurez, por lo que se establece como talla de madurez sexual.

7. DISCUSION

Se ha reportado que en general en la familia Arcidae la proporción sexual poblacional no difiere de la proporción 1:1 (Cruz, 1984; Ampie y Cruz 1989; Walker y Power, 2004), lo cual puede deberse a que la mortalidad natural y por pesca no es diferente entre sexos, y que no hay dimorfismo sexual en cuanto a talla en la que se pueda afectar algún sexo al momento de su captura, además de que posiblemente la tasa de crecimiento es igual para machos y hembras (Villalejo-Fuerte et al. 2000). Sin embargo, en este estudio se encontraron significativamente más hembras que machos de *A. multicosata* de la laguna Guerrero Negro, lo cual concuerda con lo reportado para *A. senilis* en la que se encontró una proporción de dos hembras por cada macho (Yankson, 1982), pero ésta se ha caracterizado por ser una especie hermafrodita protándrica en la que los ejemplares pequeños (5-17 mm) son machos, para luego, a los 20 mm transformarse en hermafroditas y finalmente establecerse como hembras en la población adulta (Yoyole, 1975). No obstante, en este estudio no se evidenció una estructura poblacional similar y solo se encontraron más hembras que machos en los intervalos de tallas de 85-90 y 95-100 cm LC y la evidencia de organismos hermafroditas fue baja (tres organismos en total). Otra explicación es que las situaciones de estrés nutricional en bivalvos provocado por condiciones ambientales desfavorables pueden provocar una desigualdad en la proporción sexual, pero esto resulta en una mayor proporción de machos en la población debido a que el estrés evita el desarrollo de gónadas femeninas (energéticamente más costosas) (Saucedo y Monteforte, 1997). Por otro lado, se sabe que el aumento de hembras en una población puede ser una estrategia para asegurar el éxito reproductivo en poblaciones sésiles y de baja densidad, ya que claramente, una proporción sexual sesgada hacia las hembras maximiza el aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles para las hembras reproductivas (Cole, 1954), resultando en un mayor grupo de productividad. Sin embargo, en este estudio en casi todos los meses la proporción sexual no fue significativamente diferente de 1:1. Por todo lo anterior, la única explicación de esta desigualdad en la proporción de sexos poblacional de *A. multicosata* es que en septiembre se capturaron significativamente más hembras que machos, lo cual influyó en la proporción total.

Como se mencionó anteriormente, en la población estudiada se encontraron organismos hermafroditas de *A. multicosata*, lo cual ya ha sido reportado para otras especies de arcidos como *A. granosa* (Broom, 1983; Afiati, 2007), *A. senilis* (Broom, 1985), *A. tuberculosa* (Pérez-Medina, 2005) y *A. antiquata* (Afiati, 2007). El análisis histológico de estos organismos hermafroditas permitió evidenciar que el cambio de sexo se dio de macho a hembra, debido a que en todos los casos las gónadas contenían espermatozoides residuales (fase de posdesove) mientras que se iniciaba el desarrollo de ovocitos, ya que se encontraron ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos (fase de desarrollo). También con el análisis histológico se encontró que el desarrollo de las células sexuales de machos y hembras en todos los casos se llevó a cabo en acinos separados, desarrollo que se denomina de sexos mezclados o de tipo I. Este arreglo de las células sexuales es considerado el más común en bivalvos (Sastry, 1979) y se ha observado en otras especies gonocóricas con incidencia de hermafroditismo como *Ruditapes philippinarum* (Ponurovsky y Yakovlev 1992; Drummond et al. 2006; Delgado y Pérez-Camacho 2007), *Limnoperna fortunei* (Darrigran, 1998), *Perna viridis* y *Atrina seminuda*. En este estudio la frecuencia de organismos hermafroditas fue baja (0.9%) y no se encontraron evidencias de una estructura sexual poblacional en el que hubiera altas proporciones de un sexo en tallas chicas o grandes, estructura que algunos autores lo proponen como evidencia de protandria o protoginia (Tranter, 1958; Asif, 1979; Thielley; 1993). Por lo tanto, de acuerdo a la clasificación de Coe (1943) *A. multicosata* en la laguna Guerrero Negro presenta hermafroditismo casual o accidental, y es el que ocurre en organismos que son considerados gonocóricos (Coe, 1943; Mackie, 1984; Beninger y Le Pennec, 2006) y que en general se presenta en baja frecuencia (entre 0.1-7%) (Morton, 1991). La ocurrencia de hermafroditismo accidental se atribuye a desviaciones en el proceso de desarrollo durante el mecanismo de diferenciación sexual (Coe, 1943). En muchos casos, el sexo es determinado al momento, o antes de la concepción, pero en otros es determinado subsecuentemente por alguna influencia ambiental sobre los juveniles (Morton, 1991). En este sentido, se puede esperar que en los bivalvos (en virtud de su modo de vida sésil), la determinación sexual se vea influenciada por el ambiente, y que como resultado de ello, la incidencia relativa de hermafroditismo y las proporciones sexuales presenten variaciones temporales (Morton, 1991).

Las características citológicas de la gónada de *A. multicosata* fueron similares a las descritas para *A. tuberculosa* (Pérez-Medina, 2005) y para *A. senilis* (Yankson, 1982), así como de otros bivalvos como *Argopecten ventricosus* (Villalejo-Fuerte y Ochoa Baez, 1993), *Megapitaria squalida* (Arellano-Martinez et al. 2006), *Atrina maura* (Camacho-Mondragón et al. 2012), evidenciando las principales células que caracterizan el proceso de ovogénesis (ovogonias, ovocitos primarios, previtelogenicos, vitelogenicos y posvitelogenicos) y espermatogénesis (espermatidas, espermatogonias y espermatozoides). Asimismo, la gónada de esta especie contiene gametos en diferentes estadios de desarrollo en el mismo acino, tal como ocurre en muchos bivalvos. La proporción y el arreglo de estas células dentro de los acinos permitió caracterizar el desarrollo gonádico de *A. multicosata* en cinco estadios gonadales, los cuales fueron adecuados para describir el ciclo reproductivo de la especie.

La determinación del ciclo reproductivo de una especie, es uno de los eslabones de la dinámica poblacional más importantes para poder comprender la biología de una especie antes de emprender cualquier aprovechamiento. Se han reportado ligeras diferencias en el patrón de gametogenesis y desoves entre hembras y machos de algunos bivalvos (Goodwin 1976; Baron y Ciocco, 2001). No obstante, en este estudio, el análisis histológico mostró que el desarrollo gonádico y el desove de hembras y machos de *A. multicosata* ocurren en paralelo a través del tiempo, tal como ha sido reportado para otros bivalvos (Villalejo-Fuerte et al. 2002; Choi y Chang, 2003). Esta sincronización parece estar relacionada con los cambios en la temperatura del agua, como ha sido reportado por Gribben et al. (2004) para *P. zelandica*, y es característica de las especies que viven en las zonas templadas, como es el caso de *A. multicosata* de la laguna Guerrero Negro, B.C.S., México y de *Nodipecten subnodosus* (Arellano-Martínez et al. 2004) y *M. squalida* (Arellano-Martínez et al. 2006) de la laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Asimismo, se observó un desarrollo gonádico asincrónico al interior de las gónadas, con la presencia de células sexuales en diferentes fases de desarrollo gonádico dentro de un mismo acino. Lo anterior puede indicar que *A. multicosata* es capaz de desovar más de una vez durante la estación reproductiva, como se sugiere para *A. tuberculosa* (Pérez-Medina, 2005).

Generalmente, la actividad reproductiva en los bivalvos puede ser continua (especies que desovan a través del año) o estacional (especies con desoves restringidos a un

periodo del año), y se ha visto que esto depende de la latitud y de las diferencias ambientales particulares (Sastry, 1979; Barber y Blake, 1991). En este estudio se observó que *A. multcostata* presenta un periodo de madurez y desove enmarcado solo en los meses de julio a diciembre, así como un periodo de inactividad reproductiva prolongado (enero a junio) caracterizado por una alta proporción de organismos con gónadas en fases de indiferenciación y posdesove. Lo anterior sugiere que en la laguna Guerrero Negro, B.C.S. *A. multcostata* presenta un ciclo reproductivo estacional, relacionado con la variación de la temperatura del agua, lo cual es apoyado por la alta correlación con el índice de madurez. Se ha comprobado que la temperatura es una de las variables más importantes que determinan el tiempo de la reproducción (Booolotian, 1966; Giese y Pearse, 1974). *A. multcostata* comienza a desovar a principios de verano, cuando la temperatura del agua alcanza los 22.5 °C y se prolonga hasta otoño. Aunque otros Arcidos también desovan a altas temperaturas o en verano (Baqueiro y Guajardo, 1984; Cruz, 1984), esto parece no ser una regla en el género *Anadara*, ya que los desoves pueden también ocurrir durante los meses fríos (Baqueiro y Guajardo, 1984; Vega, 1994), dos veces al año (Vega, 1994) o durante todo el año (Pérez-Medina, 2005; Freitas et al. 2010).

Desafortunadamente no hay estudios sobre la reproducción de esta especie en otras localidades que nos permita comparar su estrategia reproductiva en un contexto geográfico más amplio. Para otras especies del género *Anadara* de otras localidades se ha reportado que presentan un ciclo reproductivo continuo, como es el caso de *A. tuberculosa* del estero Santo Domingo, B.C.S. (Pérez-Medina, 2005), de la Bahía de La Paz B.C.S. (Baqueiro et al. 1982), y en áreas tropicales como Costa Rica (Cruz, 1984; Vega, 1994). Por otro lado, Freitas et al. (2010), reportaron que el ciclo reproductivo de *A. notabilis* de la península de Araya, Venezuela es continuo a través del año, con picos de desoves en junio y octubre.

Aunque se sabe que la temperatura del agua (que regula los momentos de inicio y finalización de los procesos reproductivos), es uno de los factores importantes en la reproducción de los bivalvos, otros factores como la cantidad de alimento disponible para los organismos filtradores juegan un papel importante, ya que se sabe que afecta la duración del periodo de producción de gametos en bivalvos marinos (MacDonald y Thomson, 1985; Campodónico, 2008; Freitas et al., 2010). Por lo anterior, una explicación por lo que *A. multcostata* presenta un ciclo reproductivo estacional (descanso prolongado

en la actividad reproductiva) es porque tal vez en este sitio (aunque presenta temperaturas óptimas para la reproducción de esta especie) la cantidad y calidad de alimento disponible es limitada, tal como se ha reportado para la laguna Ojo de Liebre (Arellano-Martínez et al. 2004), la cual junto con la laguna Guerrero Negro y Manuela forma parte del mismo complejo lagunar. Lo anterior es apoyado por el hecho de que otras especies que viven en este complejo lagunar también presentan un ciclo reproductivo estacional, como es el caso de *N. subnodosus* (Arellano-Martínez et al. 2004), *M. squalida* (Arellano-Martínez et al. 2006) y *P. sterna* (Hernández-Olalde, 2007), pero con reproducción continua a lo largo del año en otras áreas del Pacífico mexicano (Racotta et al. 2003; Romo-Piñera, 2010) y del Golfo de California (Yee-Duarte, 2009; Romo-Piñera, 2010) caracterizados por presentar alta productividad primaria (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Gómez-Gutiérrez et al. 2001). Se ha documentado que sitios como estos proporcionan a los organismos filtro-alimentadores condiciones para mantener una gametogénesis activa durante más tiempo (Baron, 1992), como reflejo de la adopción de una estrategia oportunista más ventajosa que una conservadora, la cual es típica en sitios de baja productividad primaria (Arellano-Martínez et al. 2004).

El índice de condición (IC) en los bivalvos es considerado una representación numérica de la calidad (i.e., estatus nutricional) de sus tejidos blandos (Crosby y Gale, 1990; Abbe y Albright, 2003). Es a menudo analizado de forma rutinaria para proporcionar estimaciones de la calidad de la carne y el rendimiento, útil en el manejo pesquero. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que *A. multicosata* presenta el mejor estatus nutricional en diciembre, febrero y mayo. De acuerdo a lo anterior y considerando que esta especie presenta una gran proporción de organismos en fase de desove en diciembre, la mejor fecha para extraer el recurso es en los meses de febrero y mayo.

En el presente trabajo se estimó que la talla de primera madurez (L_{50}) de *A. multicosata* se encuentra en el intervalo de 70-75 cm de longitud total, aunque se encontraron gónadas maduras (primera gametogénesis) a los 45 cm de AC. A la fecha no existen estudios sobre la talla de primera madurez (L_{50}) de *A. multicosata* en esta y otras localidades, por lo que este estudio es el primero en reportarla. No obstante existen datos sobre la talla de primera madurez de *A. tuberculosa* pero los resultados son contrastantes. Así se ha reportado que *A. tuberculosa* de Bahía Magdalena presenta su talla de primera

madurez en el intervalo de 36 y 38 mm (Pérez-Medina, 2005). Otros autores reportan tallas mínimas de madurez de esta especie de otras localidades como Colombia (machos 32 y hembras 32.5 y 36 mm) (Squires et al. 1977; Broom, 1985) y Bahía de La Paz (38 mm para las hembras y 28 mm para los machos) (Baqueiro et al. 1982). También se han reportado tallas a la cual se inicia la gametogénesis y desove en otras especies de esta familia como es el caso de Yankson (1982) quien reporta que el primer desove de *A. senilis* fue a los 20 mm, Broom (1983) reportó la presencia de gónadas maduras en *A. granosa* entre los 18-20 mm de longitud y Cruz (1986) reportó la maduración y desove en *A. grandis* entre los 21.04 y 24 mm. Sin embargo, Ting et al. (1972) reportaron la presencia de gónadas en *A. subcrenata* a los 15 mm y Toyo et al. (1978) reportaron la madurez sexual de *A. broughtonii* entre los 48.3 y 52.5 mm. Es común que haya una variación interespecífica en el inicio de la madurez sexual o desove, por un lado existen especies que se reproducen en pocas semanas (principalmente tropicales) y por otro lado, las que tardan mucho más tiempo, esto depende de la historia biológica y del nicho evolutivo que ocupe cada especie, es decir, de la estrategia reproductiva (Saborido, 2004).

8. CONCLUSIONES

- *Anadara multcostata* es una especie gonocócica con hermafroditismo casual.
- Es una especie que presenta una proporción sexual de una hembra por cada macho.
- El análisis histológico mostró que el desarrollo gonádico y el desove de hembras y machos de *A. multcostata* ocurren en paralelo a través del tiempo.
- La reproducción de *A. multcostata* en la laguna Guerrero Negro es estacional, relacionado con la variación de temperatura del agua, con desoves de julio a diciembre y un periodo de inactividad reproductiva de enero a junio.
- *A. multcostata* es capaz de desovar más de una vez durante la estación reproductiva, debido a que presenta células sexuales en diferentes fases de desarrollo gonádico dentro de un mismo acino.
- El índice de condición sugiere que la mejor fecha para extraer el recurso es en los meses de febrero y mayo.
- La talla de primera madurez de *A. multcostata* es en el intervalo de talla de 70-75 mm de altura de la concha.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, T. 1974. American Seashells. Second edition, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 633 p.
- Abbott, T. 1986. A guide to field identification. Sea Shells of North America. Edit. Golden Press, New York Western. 280 p.
- Abbott, T. 1991. Seashell of Northern Hemisphere. Edit Gallery, Books New York. 191 p.
- Afiati, N. 2007. Hermaphroditism in *Anadara granosa* (L.) and *Anadara antiquata* (L.) (Bivalvia: Arcidae) from central Java. Journal of Coastal Development 10: 171-179.
- Aghileh Mirsadeghi, S., M. Pauzi Zakaria, C. Kong Yap y F. Gobas. 2013. Evaluation of the potential bioaccumulation ability of the blood cockle (*Anadara granosa* L.) for assessment of environmental matrices of mudflats. Science of the Total Environment 454–455 584–597.
- Álvarez-Borrego, S. y J.R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. 555-567. En: J.P. Dauphin y B.R.T. Simoneit (Eds.). The Gulf and Peninsular Provinces of the Californias. American Association of Petroleum Geologists Memoirs. 47. 834 p.
- Ampie, C. y R.A. Cruz. 1989. Tamaño y Madurez sexual de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. Brenesia. 31: 21-24
- Conapesca, Sagarpa. 2012. Anuario Estadístico de acuicultura y pesca 2012. México. CONAPESCA.
- Arellano-Martínez M., I.S. Racotta, B.P. Ceballos-Vázquez y J.F. Elorduy-Garay. 2004. Biochemical composition, reproductive active and food availability of the lions paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. Journal Shellfish Research 23: 15-23.
- Arellano-Martínez, M., M. Quiñones-Arreola, B.P. Ceballos-Vázquez y M. Villalejo-Fuerte. 2006. Reproductive pattern of the squalid callista *Megapitaria squalida* from northwestern Mexico. Journal of Shellfish Research 25: 849–855.
- Asif, M. 1979. Hermaphroditism and sex reversal in the four common oviparous species of oysters from the coast of Karachi. Hydrobiologia. 66(1): 49-55

- Baqueiro, E. y J. A. Massó. 1988. Variaciones poblacionales y reproducción de dos poblaciones de *Chione undatella* (Sowerby, 1835), bajo diferentes regímenes de pesca en la Bahía de la Paz, B. C. S., México. *Ciencia Pesquera* (6): 51-67.
- Baqueiro E. y H. Guajardo. 1984. Análisis de la Pesquería de almejas y caracoles en Baja California Sur. En: Memorias III Simposium sobre Biología Marina. UABCS. México. 9-23.
- Baqueiro, E., Peña, I. R. y Massó, J. A. 1981. Análisis de una población sobreexplotada de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en la Ensenada de la Paz, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* 1(2): 57-65.
- Baqueiro, E., Muciño, M. y Merino, R. 1982. Análisis de una población de pata de mula, *Anadara tuberculosa* sujeta a explotación intensiva en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* (3):75-82.
- Barber, B.J. y N.J. Blake. 1991. Reproductive physiology. En: Shumway SE (ed.), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, Amsterdam, pp. 377–409.
- Baron, P.J. 1992. Reproductive cycle of bivalve molluscs *Atactodea striata* Gmelin, *Gafiarium timidum* Röding and *Anadara scapha* Linné in New Caledonia. *Austr. J. Mar. Freshw. Res.*
- Baron, P.J. y N.F. Ciocco. 2001. Reproductive cycle of the *Telina petitioniana* d'Orbigny, 1846, in Nuevo Gulf (Argentina). *Veliger*. 44: 370-380
- Beninger, P. G. y M. Le Pennec. 2006. Functional anatomy of scallops, 123–227 En: Shumway, S.E. (Ed.). *Scallops: biology, ecology and aquaculture*. Amsterdam: Elsevier. New York. 1469 p.
- Booolotian, R. A. 1966. Reproductive physiology. *Physiology of Echinodermata*. R. A. Booolotian. (Ed) John Wiley & Sons. Interscience, New York. pp. 561-614.
- Broom, M. J. 1983. Gonad development and spawning in *Anadara granosa* (L.) (Bivalvia: Arcidae) *Aquaculture* 30: 211-219
- Broom, M. J. 1985. The biology and culture of marine bivalve mollusc of the genus *Anadara* ICLARM, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. ICLARM Studies and Reviews 12, Contribution No. 263, 37 p

- Brusca, R. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Second edition. Edit. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 513 p.
- Burt, A., W. Maher, A. Roach, F. Krikow, P. Honkoop y B. Bayne. 2007. The accumulation of Zn, Se, Cd, and Pb and physiological condition of *Anadara trapezia* transplanted to a contamination gradient in Lake Macquarie, New South Wales, Australia. *Marine Environmental Research* 64: 54–78.
- Camacho-Mondragón, M.A., M. Arellano-Martínez y B.P. Ceballos-Vázquez. 2012. Particular features of gonadal maturation and size at first maturity in *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae). *Scientia Marina*. 76(3)
- Campodónico, S., G. Macchi, B. Lomovasky y M. Lasta. 2008. Reproductive cycle of the Patagonian scallop *Zygochlamys patagonica* in the south-western Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*. 88(3):603–611
- Carta Nacional Pesquera, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial México*, 2 de diciembre de 2010.
- Ceballos-Vázquez, B. P., M. Arellano-Martínez, F. García-Domínguez y M. Villalejo-Fuerte. 2000. Reproductive cycle of the rugose pen shell, *Pina rugosa* Sowerby, 1835 (Mollusca: Bivalvia) from Bahía Concepción, Gulf of California and its relation to temperature and photoperiod. *Journal of Shellfish Research*. 19(1):95-99.
- Choi, Y.H. y Chang Y.J. 2003. Gametogenic cycle of the transplanted–cultured pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Bivalvia: Pteriidae) in Korea. *Aquaculture* 220: 781–790.
- Coe, W.R. 1943. Sexual differentiation in mollusks. I. Pelecypods. *Quart. Rev. Biol.* 18. 154-164
- Cole, L.C. 1954. The population consequences of life history phenomena. *Q. Rev. Biol.* 29, 103–137
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca, México D. F., 265 pp.

- Crosby, M.P. y Gale L.D. 1990. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. *Journal of Shellfish Research*. 9: 233-237.
- Cruz, R.A. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 32 (1): 45-50.
- Cruz, R. A. 1986. Tamaño y madurez sexual en *Anadara grandis* (Pelecypoda: Arcidae) de Manzanillo, Puntarenas. Costa Rica. *Brenesia* 27: 9-12.
- Daniels, W.W. 1994. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa. México. 667 p.
- Darrigran, G. 1999. Composition and structure of molluscan fauna as indicators of environmental conditions. *Malacological Review Suppl.*, 8:1-12. USA
- Delgado M. y A. Pérez-Camacho. 2007. Comparative study of gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve) and *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia): Influence of temperature. *Scientia Marina* (Barcelona). 71(3): 471-484.
- Drummond, L., M. Mulcahy y S. Culloty. 2006. The reproductive biology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* from the north-west of Ireland. *Aquaculture*. 254:326–340
- FAO. 2011. Desarrollo de la Acuicultura. 4. Enfoque Ecosistémico de la Acuicultura. *FAO Directrices Técnicas para la Pesca Responsable*. No. 5, Supl. 4. Roma, FAO. 2011. 60p.
- Flores, M. A. 1971. Contribución al conocimiento biológico de la “Pata de Mula” *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833). Tesis Profesional. Esc. Nal. Cienc. Biol. I. P. N. México, 57 p.
- Freites, L., L. Montero, D. Arrieche, J. M. F. Babarro, P.E. Saucedo, C. Cordova y N. García. 2010. Influence of Environmental Factors on the Reproductive Cycle of the Eared Ark *Anadara notabilis* (Ro“ Ding, 1798) In Northeastern Venezuela. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 29, No. 1, 69–75.

- García-Cubas, A., G. Zoila, C. Rodríguez, H. Alvarez y C. Muñoz. 1987. Moluscos comestibles en las costas de México. pp. 429-456. En III Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología (Memoria) Monterrey, N.L. Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L.
- García-Domínguez, F., B. P. Ceballos-Vázquez, M. Villalejo-Fuerte y M. Arellano-Martínez. 1998. Reproductive cycle of the giant reef clam *Periglypta multicostata*, Sowerby, 1835 (Pelecypoda: Veneridae) at Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research*. 17(4):1009-1013.
- Giese, C. A. y J. S. Pearse. 1974. Reproduction de marine invertebrates. Academic Press. New York. Vol. 1. 344 p.
- Gómez-Gutiérrez, J., R. Palomares-García, S. Hernández-Trujillo y A. Carballido Carranza. 2001. Community structure of zooplankton in the main entrance of Bahía Magdalena, México during 1996. *Revista de Biología Tropical*. 49: 545-558
- Goodwin, C. L. 1976. Observations on spawning and growth of subtidal geoduck (*Panope generosa*, Gould). *Proc. Natl. Shellfish. Ass* 65:49-58.
- Gribben, P.E., J. Helson y A.G. Jeffs. 2004. Reproductive cycle of the New Zealand geoduck, *Panopea zelandica*, in two north island populations. *Veliger* 47:53-65.
- Heffernan, B. P., Randall L. W. y L.C. John. 1989. Gametogenic cycles of three bivalves in wassaw sound, Georgia: I. *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758). *Journal of Shellfish Research* 8(1):51-60.
- Hendrick, M. 1985. Biodiversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. Pp. 95-141. En Yañes-Arancibia (ed). Recursos pesqueros potenciales de México (la pesca acompañante del camarón). Primera edición: 1985. UNAM.
- Hernández-Olalde, L., F. García-Domínguez, M. Arellano-Martínez y B.P. Ceballos-Vázquez. 2007. Reproductive Cycle of the pearl oyster *Pteria sterna* (Pteriidae) in the Ojo de Liebre Lagoon, B.C.S., México. *Journal of Shellfish Research* 26(2):543-548.
- Holguín-Quñones, O. E. y A. C. González-Pedraza. 1994. Moluscos de la franja costera de Michoacán, Colima y Jalisco, México. Instituto Politécnico Nacional. 133 p.

- Humanson, G. L. 1979. *Animal Tissue Techniques*. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 661 pp.
- Keen, M. 1971. *Sea Shell of tropical west America*. 2a. Ed. Stanford University Press, Stanford, 1064 p.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. In: M. Wiley (ed.) *Estuarine Processes*. Academic Press Inc., New York, pp. 182-215.
- MacDonald, B.A., y R.J. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. 11. Reproductive output and total production. *Marine Ecology Progress Series*. 25: 295-303
- Mackie, G.L. 1984. *Bivalves*. Academic Press. USA. 351 pp.
- Martín del Campo, S.R. 1984. Etnomalacología mexicana antigua. Mem. I Reun. Nal. Malacología y Conquiliología. UABCS., La Paz, B.S.C. (Ed.) L. Segura-Vernis. I-4 de Mayo: 34-40
- Masello A. y O. Defeo. 1986. Determinación de la longitud de primera madurez sexual en *Mesodesma mactroides* (Deshayes, 1854). Com Un. Sociedad Malacológica del Uruguay. 6(51): 387-392
- Morton, B. 1991. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. *J. Zool. (Lond.)* 223:131–142.
- Nieves-Soto, M, F. Enríquez-Ocaña, P. Piña-Valdez, A. N. Maeda-Martínez, J. R. Almodóvar-Cebreros, H. Acosta-Salmón. 2011. Is the mangrove cockle *Anadara tuberculosa* a candidate for effluent bioremediation? Energy budgets under combined conditions of temperature and salinity. *Aquaculture* 318: 434–438
- Pérez-Medina, 2005. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el Estero Santo Domingo, B.C.S. México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 70 pp.
- Ponurovsky, S.K. y Y.M. Yakovlev. 1992. The reproductive biology of the japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A. Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Shellfish Research*. 11(2): 265-277

- Racotta, I. S., J. L. Ramírez, A. M. Ibarra, M. C. Rodríguez-Jaramillo, D. Carreño y E. Palacios. 2003. Growth and gametogenesis in the lion's paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture*. 217:335-349.
- Reynoso-Granados, T. P. Monsalvo-Spencer, P.E. Saucedo, J.M. Mazo N-Sua Stegui1 y M. Robles-Mungaray. 2012. Settlement and Early Nursery of Juvenile *Anadara grandis* (Pelecypoda: Arcidae) under different conditions at the Hatchery and Ponds. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 31, No. 3, 769–775
- RNPA. 2012. Registro Nacional de Pescadores Artesanales.
- Rodríguez, G. M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor, S. A. México, 79 p.
- Romo-Piñera, A.K. 2010. Estrategia reproductiva de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en dos zonas de Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN. 107 pp.
- Saborido, F. 2004. Ecología de la Reproducción y Potencial Reproductivo en las Poblaciones de Peces Marinos. Instituto de Investigaciones Marinas. 71 p.
- Sastry, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). pp. 131-192. In A. C. Giese & J. S. Pearse (eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press, New York.
- Saucedo, P. y M. Monteforte, 1997. In situ growth of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) and *Pteria sterna* (Gould 1851) under repopulation conditions at Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Aquaculture Research*. 28 (5): 367–378.
- Seed, R. 1983. Introduction, pp. 1-2. En: *The Mollusca*. Hochachka, P. W. y K. M. Wilbur (Eds.). Vol. 1. Structural organization, adaptative radiation, and classification of mollusks. Academic Press, New York. 510 p.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf (1979). *Biometría. Principios y Métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 832 pp.
- Somerton, D. A. 1980. A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1488-1494.
- Squires, H. J. M. Estévez, O. Barona y O. Mora. 1977. Mangrove cockles, *Anadara* spp. Of the Pacific coast of Colombia. *Veliger* 18 (1): 57-68

- Thielley, M. 1993. Etude cytologique de la gamétogenèse, de la sex-ratio et du cycle de reproduction chez l'huître perlière *Pinctada margaritifera* (L) var. *cummingi* (Jameson), (mollusques, bivalves): comparaison avec le cycle de *Pinctada maculata* (Gould). PhD diss., Université Française du Pacifique, French Polynesia. 233 pp.
- Ting, Y.Y, S. Kasahara y N. Nakamura. 1972. An ecological study of the so-called Mogai (*Anadara subcrenata* (Lischke)) cultured in Kasaoka Bay. J. Fac. Fish. Amin. Husb. 11: 91-110
- Toyo, T., I. Tesuji, y N. Inove. 1978. The culture of ark *Anadara* and their problems in Yamaguchi Prefecture. Cult. Res. 7: 51-66.
- Tranter, D.J. 1958. Reproduction in Australian pearl oysters (Lamellibranchia). IV. *Pinctada margaritifera* (Linnaeus). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 9:511-525.
- Vega, A. J. 1994. Ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Tesis. Magisterial. Sc. Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Posgrado en Biología, San José Costa Rica. 100 pp.
- Villalejo-Fuerte M. y B.P, Cevallos-Vázquez. 1996. Variación de los índices de condición general, gonádico y de rendimiento muscular en *Argopecten circularis* (Bivalvia: Pectinidae). Rev. Biol. Trop. 44(2): 591-594.
- Villalejo-Fuerte, M, y R. I. Ochoa-Báez. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con la temperatura y fotoperiodo, en Bahía Concepción, B.C.S. México. Ciencias Marinas. 19(2): 181-202.
- Villalejo-Fuerte, M., M. Arellano-Martínez, B. P Ceballos-Vázquez y F. García Domínguez. 2000. Ciclo reproductivo de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Juncalito, Golfo de California, México. Hidrobiológica 10:165-168 p
- Walker, R. L. y A. J. Power. 2004. Growth and gametogenic cycle of transverse ark, *Anadara transversa* (Say, 1822) in coastal Georgia. Amer. Malacological Bulletin. 21 (1): 157-162

- Yankson, K. 1982. Gonad maturation and sexuality in the West African bloody cockle, *Anadara senilis* (L). J. Mollusc Stud. 48: 294-300.
- Yee-Duarte, J.A. 2009. Reproducción de la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*, SOWERBY 1835 en Bahía de Los Ángeles, B.C. México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México, 73 p.
- Yoyole, V. 1975. The habitats and functional anatomy of the West African bloody cockle, *Anadara senilis* (L), Proc. Malac. Soc. Lond. 41: 277-299