

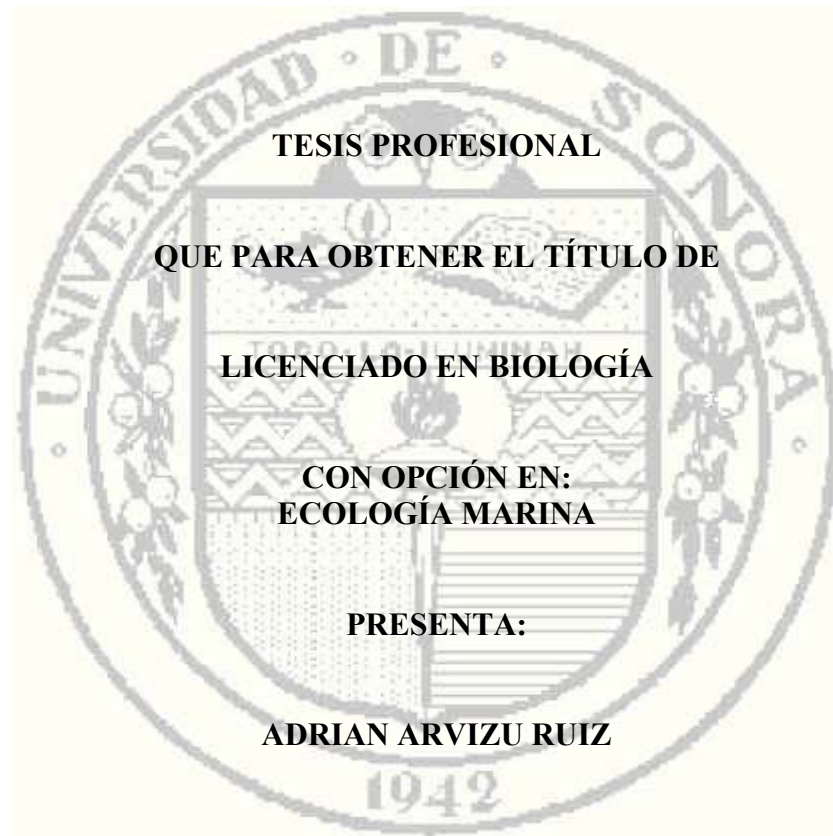
UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**ESTUDIO DEL CRECIMIENTO Y EDAD DE PRIMERA MADUREZ DEL
MEJILLÓN, *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) EN CONDICIONES
EXPERIMENTALES EN LA LAGUNA COSTERA LA CRUZ, SONORA, MÉXICO**



HERMOSILLO, SONORA

JULIO, 2014

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Adrian Arvizu Ruiz la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Ecología Marina.

Dra. Reina Castro Longoria
Director de Tesis

M.C. Sergio David Leal Soto
Sinodal Secretario

Dr. José Manuel Grijalva Chon
Sinodal

Dr. Marco Antonio López Torres
Suplente

DEDICATORIA

A mi familia, ya que sin ustedes no hubiese sido posible.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Sonora**, por brindarme la oportunidad de ser alumno de la Licenciatura en Biología.

Al **Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora O.P.D. (IAES)**, por brindarnos todas las facilidades para llevar a cabo esta investigación y apoyarme con sus instalaciones, además de su asesoría.

Al **Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES)**, en especial al **Coordinador del Centro M.C. Francisco Hoyos Ch.** por facilitar la semilla de mejillón, las instalaciones y asesorías para llevar a cabo este trabajo.

A mi comité de tesis, **Dra. Reina Castro Longoria, M. en C. Sergio David Leal Soto, Dr. José Manuel Grijalva Chon, Dr. Marco Antonio López Torres**; por brindarme su apoyo, compartir su conocimiento, su tiempo y dedicación durante la elaboración de este trabajo.

Quiero hacer énfasis en agradecer a la **Dra. Reina Castro Longoria**, por darme la oportunidad y la confianza de trabajar con usted y sobre todo por darme esa oportunidad de permanecer en el camino de la investigación, ¡gracias!

M.C. Sergio David Leal Soto, no me queda más que agradecer el gran apoyo que me brindó durante la elaboración de este escrito, tanto con la facilitación de documentos, correcciones y asesorías fue una grata experiencia haber trabajado con usted.

A mis padres, ¡gracias por su apoyo! a mi madre **Juanita** y a mi padre **Adrian** que siempre estuvieron detrás de mí para apoyarme no solo en este estudio sino en toda mi vida. A mis hermanos **Juan Carlos** y **Diana** también gracias por los aprendizajes que me han dado.

A la familia **Riesgo Sr. Alfonso** y **Sra. Rosa María**, gracias por ese apoyo incondicional de su parte en cualquier situación, también a **Aaron** y **Rosita** por sus consejos y ánimos.

A **Angélica** por tu gran apoyo incondicional, tanto en este trabajo, durante la licenciatura y en mi vida cotidiana, realmente muchas gracias por aceptar ser parte de mi vida. También a mis otros queridos compañeros de licenciatura **Mónica, Atenas, Lulú, Lucy** y mis queridos “Sarras”: **David, Jesús Ramón, Isaí, Erandi, Cesar, Emmanuel, Ibor, Carlos**. Gracias por dejarme gratas experiencias y sobre todo por permitirme ser su amigo por siempre.

También agradecer a mis amigos que me brindaron apoyo y alentaron a seguir este trabajo,
Gregorio, José Luis, Eram, José Antonio.

¡Gracias!

CONTENIDO

FROMATO DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	vi
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Fisiología de los Moluscos Bivalvos	3
II.1.1. Ciclo reproductivo	5
II.1.2. Biología de la familia Mytilidae	5
II.2. Biología de <i>Mytella guyanensis</i>	8
II.3. Distribución de <i>Mytella guyanensis</i>	9
II.3.1. Depredadores de moluscos bivalvos	11
II.3.2. Clasificación de <i>Mytella guyanensis</i>	11
II.4. Importancia del Cultivo del Mejillón <i>Mytella guyanensis</i>	11
II.5. Sistema de Producción para el Mejillón	12
II.5.1. Líneas de cultivo	12
II.6. Cultivo de <i>Mytella guyanensis</i>	14
III. JUSTIFICACIÓN	15
IV. HIPÓTESIS	16
V. OBJETIVO GENERAL	17
V.1. Objetivos Particulares	17
VI. METODOLOGÍA	18
VI.1. Descripción del Sitio de Estudio	18
VI.2. Sistema de Cultivo	19
VI.3. Análisis de Agua de Mar	22
VI.4. Sólidos Suspendidos y Materia Orgánica	22
VI.5. Determinación de Clorofila “a”	22
VI.6. Técnica Histológica	23

VI.7. Crecimiento	25
VI.8. Análisis Estadístico	26
VII. RESULTADOS.....	27
VII.1. Crecimiento de <i>Mytella guyanensis</i> en la Laguna Costera La Cruz	27
VII.1.1. Longitud total (LT) y ancho total (AT).....	27
VII.1.2. Peso fresco de la carne (PFC)	29
VII.1.3. Peso fresco de la concha (PFC1)	30
VII.1.4. Peso fresco total (PFT).....	31
VII.1.5. Correlación entre variables biométricas.....	32
VII.2. Parámetros Fisicoquímicos	33
VII.2.1. Temperatura	33
VII.2.3. Saturación de oxígeno disuelto (SOD)	35
VII.2.4. Salinidad	36
VII.2.5. Potencial de hidrógeno (pH)	37
VII.3. Sólidos Suspendidos y Clorofila “a”	38
VII.3.1. Sólidos suspendidos totales (SST).....	38
VII.3.2. Materia orgánica particulada (MOP)	39
VII.3.3. Materia inorgánica particulada (MIP).....	40
VII.3.4. Relación: materia inorgánica particulada / orgánica particulada (MIP/MOP)	41
VII.3.5. Clorofila “a”.....	42
VII.3.6. Correlación de Pearson de variables biológicas de <i>Mytella guyanensis</i> con variables fisicoquímicas en la laguna La Cruz, Sonora.....	43
VII.4. Madurez Gonádica	44
VIII. DISCUSIONES	48
IX. CONCLUSIONES	53
X. RECOMENDACIONES	54
XI. LITERATURA CITADA.....	55

LISTA DE TABLAS

Tabla I.	Clasificación taxonómica de <i>Mytella guyanensis</i> .	11
Tabla II.	Proceso de deshidratación y tinción histológica, para gónada del mejillón <i>Mytella guyanensis</i> . Tomado de Howard y Smith (1983). Cálculo para 1000 mL.	24
Tabla III.	Proceso de tinción Hematoxilina y Eosina, para gónada del mejillón <i>Mytella guyanensis</i> . Tomado de Howard y Smith (1983). Cálculo para 1000 mL.	24
Tabla IV	Matriz de correlación, Coeficiente Pearson, entre las variables biométricas del mejillón <i>Mytella guyanensis</i> en la laguna La Cruz, Sonora. Coeficiente de correlación (r) de Pearson, altamente significativo: *** $p < 0.0001$.	32
Tabla V.	Coeficiente de correlación de Pearson entre el crecimiento del mejillón <i>Mytella guyanensis</i> y las variables físicas, químicas y biológicas del agua en la Laguna La Cruz, Sonora. Coeficiente de correlación (r) de Pearson significativo: * $p < 0.05$; SST= Sólidos suspendidos totales, MOP= Materia orgánica particulada, MIP= Materia inorgánica particulada.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Superficie externa de dos especies de mejillones. Tomado de FAO (1995).	6
Figura 2.	Interior de valva izquierda de Mytilidae. Tomado de FAO (1995).	7
Figura 3.	Vista dorsal y posterior de <i>Mytella guyanensis</i> de acuerdo con INBIO (1999).	8
Figura 4.	Distribución de <i>Mytella guyanensis</i> a lo largo del Golfo de California y costas del Pacífico (FAO, 1995).	10
Figura 5.	Imagen satelital de la Laguna La Cruz, Sonora, México. Tomado de Google Earth.	18
Figura 6.	<i>Mytella guyanensis</i> en crecimiento experimental dentro de canastas ostrícolas “Nestier”.	20
Figura 7.	A) <i>Mytella guyanensis</i> en malla mosquitera en charola Nestier. B) Mediciones mensuales de su crecimiento en la laguna costera La Cruz, Sonora.	21
Figura 8.	Crecimiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) en longitud total (LT) y ancho total (AT) de la concha de <i>Mytella guyanensis</i> en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de pre-engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).	28
Figura 9.	Peso Fresco Total de la Carne ($\pm$ d.e.) de <i>Mytella guyanensis</i> en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de pre-engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).	29
Figura 10.	Peso Fresco de la Concha ($\pm$ d.e.) de <i>Mytella guyanensis</i> en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).	30
Figura 11	Peso Fresco Total ($\pm$ d.e.) de <i>Mytella guyanensis</i> en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).	31
Figura 12.	Comportamiento promedio ($\pm$ d.e) mensual de un ciclo diurno de la temperatura del agua durante los 6 meses de engorda en la laguna costera La Cruz, de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).	33
Figura 13.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) del oxígeno disuelto de un ciclo diurno en la laguna costera La Cruz durante el periodo de pre-engorda de <i>Mytella guyanensis</i> . a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).	34
Figura 14.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de la saturación del oxígeno disuelto en el agua de un ciclo diurno, en la laguna costera La Cruz durante la pre-engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010.	35
Figura 15.	Comportamiento promedio mensual de un ciclo diurno ($\pm$ d.e.) de la	36

	salinidad del agua, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	
Figura 16.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) del pH del agua, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	37
Figura 17.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de los sólidos suspendidos totales, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	38
Figura 18.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) del séston orgánico, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	39
Figura 19.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de la materia inorgánica particulada, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	40
Figura 20.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de la relación MIP/MOP, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	41
Figura 21.	Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de clorofila “a”, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de <i>Mytella guyanensis</i> de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).	42
Figura 22.	Frecuencia de madurez en <i>Mytella guyanensis</i> tanto en machos como en hembras en la laguna costera La Cruz Sonora. Se agrupan los datos de febrero a abril. N=53.	45
Figura 23.	Desarrollo histológico de la madurez de las hembras de <i>Mytella guyanensis</i> en cultivo experimental en la laguna costera La Cruz, Sonora.	46
Figura 24.	Histología de gónadas de macho de <i>Mytella guyanensis</i> donde se muestran las diferentes etapas de madurez.	47

RESUMEN

El estudio de nuevas especies para fines de acuacultura se presenta como una nueva alternativa de producción. A nivel internacional la pesquería y el cultivo de mitílidos poseen gran importancia en la industria alimenticia. Sin embargo, en Sonora el cultivo de mejillón es una actividad no desarrollada. En el Golfo de California existe gran variedad de moluscos bivalvos como el mejillón *Mytella guyanensis* que puede ser viable para acuacultura. En este estudio se pre-engordó el mejillón *Mytella guyanensis*, de noviembre 2009 a abril 2010 para conocer su desempeño biológico en la laguna costera La Cruz, Sonora. Se cultivó un lote de 3000 semillas con cinco meses de edad, abastecidas por el CREMES. La pre-engorda se realizó en un sistema de cultivo de suspensión tipo “Long-line” con densidad de 200 organismos/canasta, con talla inicial promedio de 25.19 ± 3.33 mm para longitud total (LT) y final de 33.57 ± 4.99 mm; 12.43 ± 1.60 mm para ancho total inicial (AT) y final de 17.02 ± 2.37 mm. Se registraron mensualmente las variables morfométricas de *Mytella guyanensis* (n=30). Las muestras se analizaron histológicamente mediante la técnica de tinción de Hematoxilina y Eosina. Se midió *in situ* las variables fisicoquímicas y biológicas del agua de mar. La temperatura presentó un comportamiento estacional de 14.8-22.1 °C ($p < 0.05$). Se registraron los niveles de oxígeno disuelto (> 4.0 mg/L). La salinidad osciló alrededor de 38 UPS. El pH permaneció estable (7.5-8.2). Los sólidos suspendidos fueron los parámetros que más variación presentaron. En este trabajo se encontró que *Mytella guyanensis* presenta su primera madurez dentro de su primer año de vida; su gametogénesis temprana inicia en febrero para lograr madurar en los meses de marzo y abril. Se concluye que las variables fisicoquímicas de La Cruz, tienen muy poca influencia en el crecimiento de la especie, lo cual es una ventaja más para su cultivo.

I. INTRODUCCIÓN

El Phylum Mollusca es un grupo de invertebrados bastante diverso y abundante. En la actualidad se encuentran alrededor de 130,000 especies. Este grupo es sobrepasado en lo que respecta a número de especies solo por los insectos y nematodos. Sin embargo, en lo que concierne a los hábitos de vida y hábitats que ocupan, éstos son superiores. La distribución de los moluscos es cosmopolita, se encuentran desde los trópicos hasta las zonas polares, en desiertos, bosques, ríos, lagunas, bahías e incluso hasta en zonas abisales. Con respecto a los hábitos alimenticios hay desde consumidores primarios, herbívoros, detritívoros, hasta depredadores de segundo nivel y parásitos especializados. Dentro de ellos existen especies altamente especializadas, así como oportunistas, que manifiestan diferentes respuestas a las modificaciones del hábitat (Baquero-Cárdenas et al., 2007).

Los moluscos son uno de los grupos de invertebrados marinos que mejor se conocen a nivel mundial. Éstos presentan distintas características morfológicas por lo que se dividen en siete clases: monoplacophora, polyplacophora, aplacophora, gastropoda, bivalvia, scaphopoda, cephalopoda (Brusca, 1973; Barnes y Ruppert, 1996).

Los moluscos han sido considerados por el hombre como una fuente importante de alimento a lo largo de la historia, como algunos bivalvos tales como los pertenecientes a las familias *Veneridae* (almejas), *Ostreidae* (ostras) y *Mytilidae* (mejillones). Estos organismos pueden ser explotados directamente de sus bancos naturales o también pueden ser cultivados (Meglitsch, 1978).

La fauna malacológica del Pacífico centro-oriental comprende unas 900 especies de bivalvos marinos y de aguas salobres, agrupadas en 70 familias (FAO, 1995). Dentro de los bivalvos existe un grupo conocido comúnmente como mejillones, estos presentan una amplia distribución a lo largo de las costas de América, África y Europa. En lo que respecta al grupo perteneciente a la familia *Mytilidae* está representado por unas 117 especies incluidas en más de 30 géneros distribuidas en casi todo el mundo (Beauperthuy, 1967; Bolaños-Blanco, 1988). En países como Costa Rica, las especies del género *Mytella* presentan una importancia comercial y están agrupados por *Mytella arciformes*, *M. strigata*, *M. speciosa* y *M. guyanensis* (Bolaños-Blanco, 1988; Madrigal, 1979).

En lo que respecta a los mitílidos, se encuentran dentro de uno de los grupos de bivalvos de mayor importancia para la industria pesquera internacional, ya que en este grupo se encuentran especies de alto valor comercial y de fácil producción controlada. Algunos países donde se ha podido desarrollar mejor su cultivo son España, Francia y Holanda, las cuales utilizan las especies *Mytillus edulis* y *M. galloprovincialis* (Porto-Romero, 1975; Ceccherelli y Rossi, 1984).

De acuerdo a la FAO (2012), la producción acuícola en aguas marinas fue de 18.3 millones de toneladas de las cuales el 75.5% pertenece a los moluscos marinos, seguidos por peces sin escamas con un 18.7%, crustáceos marinos 3.8% y en la categoría de otros animales acuáticos (cohombres de mar y erizos) les concierne el 2.1%. La producción de moluscos bivalvos en la acuicultura fue de 13.9 millones de toneladas, y ocupan el primer lugar las “almejas, berberechos y arcas” con una producción de casi cinco toneladas, seguido de las ostras con cerca de las 4.5 toneladas, en tercero, los mejillones, con una producción de casi dos millones de toneladas. A nivel mundial el consumo *per cápita* anual de pescados y mariscos se encuentra alrededor de los 18.6 kg (FAO, 2012). En México el consumo está por debajo de la media mundial con tan solo 10.5 kg *per cápita* (COMEPESCA, 2014). En un estudio realizado por Leal-Soto (Com. Pers.) para la región de Hermosillo, Sonora, reportó que en la ciudad el consumo de moluscos bivalvos es bajo y en lo que respecta al mejillón su consumo es nulo.

Los moluscos bivalvos son sedentarios y una gran mayoría de estos tienen su hábitad natural en la zona intermareal o sublitoral en áreas rocosas o estuarinas, lo cual ha favorecido la práctica de ensayos para cultivos y aprovechamiento de la producción (Flores, 1972; Glude, 1981). Los moluscos bivalvos al ser organismos filtradores, permiten producirlos a bajo costo; es por esto que algunos autores como Bardach et al. (1972) y Coll (1983) los consideran con un gran potencial en la maricultura.

Por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue analizar el desempeño biológico y la edad de primera madurez del mejillón *Mytella guyanensis* en un cultivo experimental en la laguna costera La Cruz, Sonora.

II. ANTECEDENTES

En los últimos años la acuicultura marina experimenta un desarrollo muy importante como actividad productiva que utiliza el litoral como un soporte espacial. En algunos países como España, en especial en la comunidad de Andalucía, se ha presentado un avance de producción de 768 a más de 7400 toneladas de mejillón durante un periodo de 14 años, lo cual evidencia el potencial que tiene el cultivo de mejillón, *Mytilus galloprovincialis*.

Análisis realizados en las últimas décadas indican que el eje central de la producción acuícola en España es el mejillón *M. galloprovincialis*, el cual representa un 25% de la producción total de este organismo en Europa (Tirado-Narváez y Macías-Rivero 2007).

El cultivo de moluscos bivalvos en México inició con el cultivo de ostras perleras en una isla de Baja California Sur (Cariño y Monteforte, 1995). México se encuentra entre los primeros lugares en la producción de moluscos bivalvos en América Latina (Maeda-Martínez, 2008).

México cuenta con una gran extensión de costa frontal en el Golfo de México y el Caribe, aproximadamente de 2,769 km, mientras que en el Pacífico es de 7,775 km (Ortíz-Pérez y De la Lanza-Espino, 2006). El desarrollo de la acuicultura en las costas del Atlántico no se ha podido consolidar, debido a la falta de organización, centros de investigación y contaminación de cuerpos de agua. Por otra parte en las costas del Pacífico mexicano la situación es completamente distinta. En este se llegan a explotar más de 54 especies de moluscos (Baquero-Cárdenas, 1984) ya que existen cuerpos de agua propicios para el desarrollo de cultivos. Por otro lado, esta actividad solo se ha centrado en la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas*, que fue introducida en los años setentas (Maeda-Martínez, 2008).

II.1. Fisiología de los Moluscos Bivalvos

Los bivalvos son moluscos acuáticos de simetría fundamentalmente bilateral. Su principal característica es su concha formada por dos valvas calcificadas. Generalmente las dos valvas

tienden a ser igualmente convexas, pero también en algunos casos pueden ser de diferentes tamaño y forma, dando como resultado la alteración de la simetría bilateral. Las valvas se encuentran articuladas entre sí a lo largo de una prominencia marginal del borde dorsal, a este se le llama charnela, y están conectadas por una estructura elástica, poco calcificada llamada ligamento. Por la acción de este ligamento, las dos valvas tienden a abrirse a lo largo de sus bordes anterior, posterior y principalmente, ventral. En cambio, se cierran por la contracción de uno o dos (algunas tres) músculos aductores. Estos se encuentran insertados en áreas bien definidas de la superficie interna de las valvas (FAO, 1995).

El cuerpo blando, no segmentado de los bivalvos es lateralmente comprimido, pero carece de cabeza y órganos de masticación. Está cubierto por manto, una lámina de tejido formada por dos lóbulos que secretan y revisten internamente las respectivas valvas. Estos lóbulos paleales están fusionados dorsalmente con la masa visceral y circundan ventralmente una cavidad visceral comunicada con el medio ambiente. Estos lóbulos pueden estar parcialmente fusionados entre sí formando dos sifones a través de los cuales el agua es aspirada hacia el interior o expulsada hacia el exterior. Poseen un pie musculoso situado en posición ventral, puede tener forma de hacha y permite al animal desplazarse, excavar, o adherirse a sustratos duros por medio de filamentos elásticos llamados biso. Muchos bivalvos poseen un par de branquias de estructura laminar, cuya actividad genera un complejo sistema de corrientes de agua que permite la recolección del alimento (FAO, 1995).

La mayoría de estas características representan modificaciones que permitieron a los bivalvos convertirse en formas excavadoras de fondos blandos, para lo que poseer un cuerpo comprimido lateralmente, resulta bastante adecuado. Aunque los bivalvos modernos han invadido otros hábitats, sus adaptaciones originales para excavar en el lodo o en la arena, están tan arraigadas que están casi totalmente obligados a llevar una vida sedentaria (Barnes y Ruppert, 1996).

II.1.1. Ciclo reproductivo

La edad a la cual los bivalvos llegan a ser sexualmente maduros varía dependiendo de la especie. Por ejemplo, las almejas del género *Mercenaria* pueden presentar desarrollo gonadal a los cinco meses de edad (Menzel, 1990). El mejillón *Mytilus edulis* puede madurar en el primer año, mientras que en escalopas toma de dos a tres años (Gosling, 2003); *Ostrea edulis* de 8 a 10 meses (Uyan y Aral, 2000). Los métodos más confiables para evaluar el curso del ciclo reproductivo en bivalvos, son los basados en preparaciones histológicas o frotis de tejido gonadal. El primer método es el más preciso, pero es más costoso, lleva mucho tiempo y requiere el sacrificio del animal; este método proporciona información sobre el desarrollo, madurez, desove y postdesove de los individuos y puede ser estimado en intervalos regulares a través del año (Gosling, 2003; Helm et al., 2006).

El índice gonadal también es utilizado para evaluar el desarrollo gonádico y se obtiene dividiendo el peso de la gónada por el peso de las partes blandas, multiplicado por 100. El índice gonadal se incrementa durante la gametogénesis y decrece durante el desove (Gosling, 2003; Helm et al., 2006). No todos los moluscos bivalvos pueden ser valorados por el índice gonadal, pues en algunas especies la gónada se encuentra inmersa en el cuerpo blando, como en almejas, mejillones y ostiones.

II.1.2. Biología de la familia Mytilidae

Existe una gran cantidad de especies de mejillones, los cuales ocupan una gran cantidad de hábitats. Algunos tienden a estar en sustratos duros como rocas o inclusive algunas conchas, gracias a la capacidad de fijación de su biso, algunos otros se pueden encontrar en marismas. Los miembros de la familia son organismos sésiles y tienden a estar en grandes masas. Como muchos de los bivalvos, los mejillones son filtradores con lo cual obtienen microorganismos suspendidos en el agua (Brusca, 1973).

II.1.3. Morfología

Los mejillones son bivalvos dióicos, poseen una concha equivalva y muy inequilatera, generalmente elongada-ovalada, subtriangular o cilíndrica, muy comúnmente con una estrecha abertura bisal en el borde ventral. Los umbos son prosigeros, situados en o cerca del extremo anterior. La superficie externa completamente lisa o con costillas radiales (Figura 1), la escultura frecuentemente más marcada en las áreas póstero-lateral y anterior, reducida en el área ventral. Periostraco generalmente prominente, liso, lamelado o piloso. Ligamento hundido, situado a lo largo del área póstero-dorsal, sostenido por un relieve blancuzco calcificado, compacto o cubierto de diminutas foseas. Los dientes de la chamela son reducidos o ausentes. Las cicatrices de los músculos aductores son desiguales, la anterior es pequeña o ausente; la cicatriz posterior es grande, más o menos confluyente con las cicatrices de los músculos retractores del pie o del biso (Figura 2). La superficie interna de la concha es extensamente nacarada y los bordes internos lisos o crenulados; el biso se encuentra bien desarrollado. Las branquias son de tipo filibranquial, las hojas branquiales son frecuentemente desiguales. El pie alargado y los sifones se presentan cortos o en algunos casos están ausentes (FAO, 1995).

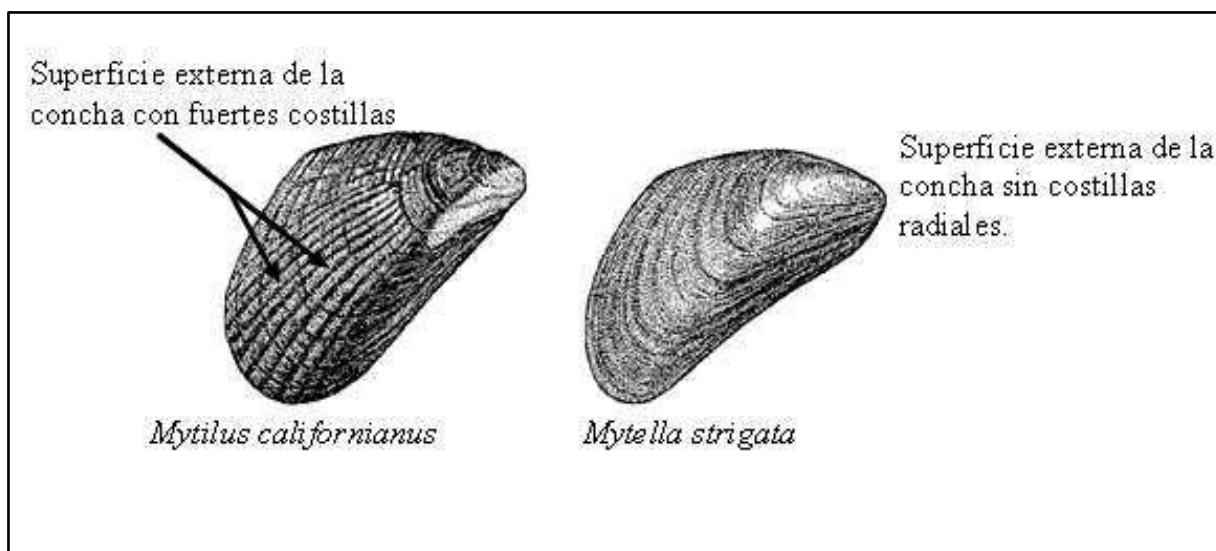


Figura 1. Superficie externa de dos especies de mejillones. Tomado de FAO (1995).

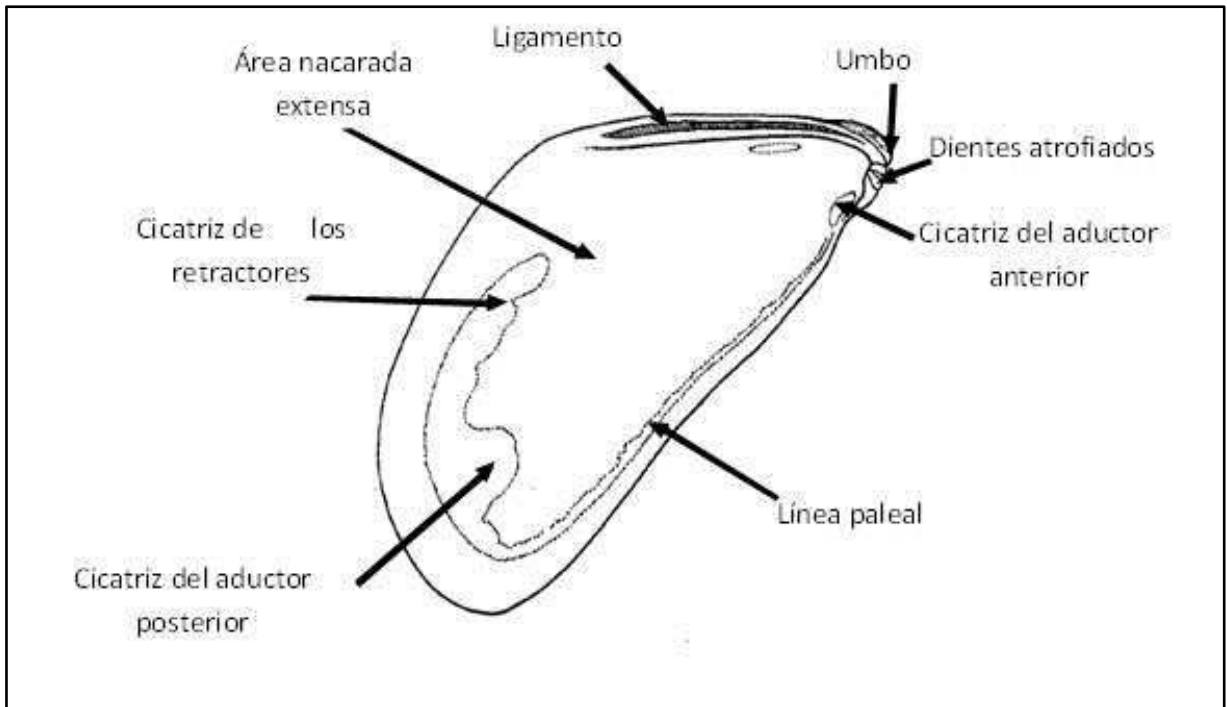


Figura 2. Interior de valva izquierda de Mytilidae. Tomado de FAO (1995).

II.2. Biología de *Mytella guyanensis*

Es un mejillón conocido comúnmente como “mejillón fanguero o de fango”. Este habita comúnmente en los manglares, playas arenosas o limo-arenosas, también es común entre los neumatóforos de *Avicennia* sp. Su alimentación es por medio de filtración de materia orgánica. Desova con una proporción de 1:1; durante todo el año, pero los meses que lo hace con mayor intensidad es entre los periodos de marzo–mayo y septiembre-noviembre (INBIO, 1999). Posee una concha moderadamente delgada, cuneiforme-oblicua, con un borde postero-dorsal recto terminado posteriormente en un ángulo obtuso (Figura 3). El borde anterior es liso, este se encuentra levemente prolongado por delante de los umbos (FAO, 1995). Los umbos no se encuentran al extremo de la concha, como en otros mejillones. El periostraco tiende a ser delgado con colores variantes, van desde un tono verdoso hasta casi negro y hace una separación en dos zonas; en la parte posterior la coloración es opaca o verdosa oscura, por lo general con líneas finas en forma de zigzag, la parte ventral el color es generalmente café vidrioso. En los ejemplares más viejos es común encontrar muchas líneas concéntricas en la parte posterior de la concha, mientras que en otros más jóvenes posee menos líneas. En la parte interior de la concha posee un color blanco iridiscente con manchas violetas sobre las huellas musculares. Esta especie, de acuerdo al tipo de sustrato en el que habita, varía la forma de su concha. Las medidas que esta especie generalmente alcanza son: longitud 58 mm, ancho 28 mm, diámetro 25 mm (INBIO, 1999).

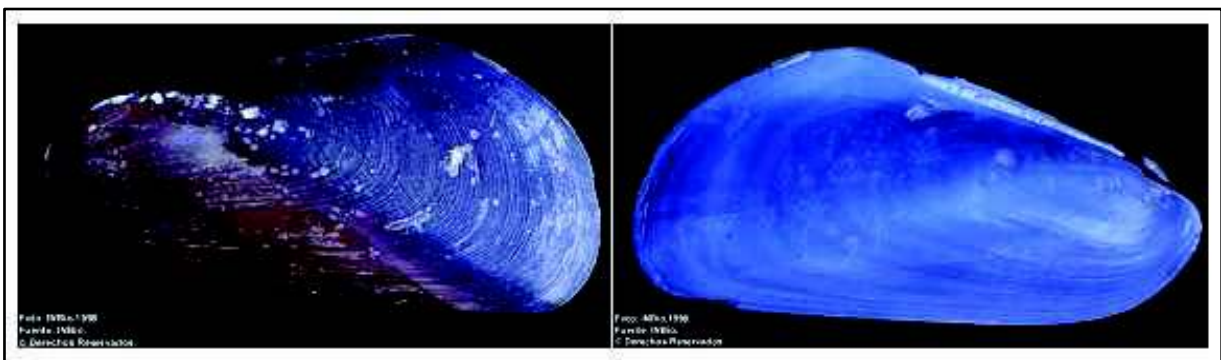


Figura 3. Vista dorsal y posterior de *Mytella guyanensis* de acuerdo con INBIO (1999).

II.3. Distribución de *Mytella guyanensis*

Mytella guyanensis habita comúnmente formando nidos bisales en bancos fangosos o manglares pantanosos (FAO, 1995). Se le suele nombrar “Choro de mangle” en algunas localidades, también se puede encontrar adherido a conchas y estratos rocosos (Brusca, 1973), o semi-enterrado en arena fangosa. Este alcanza tallas entre 7 cm y 9 cm. Puede ser encontrado desde la zona intermareal hasta el nivel superior de la zona sublitoral (FAO, 1995). La distribución de *Mytella guyanensis* está a lo largo de las costas del Golfo de California (Figura 4) hasta el sur de Perú (Brusca, 1973).



Figura 4. Distribución de *Mytella guyanensis* a lo largo del Golfo de California y costas del Pacífico (FAO, 1995).

II.3.1. Depredadores de moluscos bivalvos

Algunos de los depredadores más comunes para los bivalvos, incluidos los mejillones, son crustáceos como la jaiba (*Callinectes* spp.), y algunos peces como el botete diana (*Sphoeroides* spp.), que son principalmente depredadores de los juveniles (González-Corona, 2003).

II.3.2. Clasificación de *Mytella guyanensis*

En la Tabla I se presenta la clasificación taxonómica de *Mytella guyanensis* (INBIO, 1999).

Tabla I. Clasificación taxonómica de *Mytella guyanensis*.

Phylum	Mollusca
Clase	Bivalvia
Orden	Mytiloida
Familia	Mytilidae
Familia	<i>Mytella</i>
Nombre científico	<i>Mytella guyanensis</i> (Lamarck, 1819)

II.4. Importancia del Cultivo del Mejillón *Mytella guyanensis*

El cultivo de mitílicos se ha incrementado en Latinoamérica gracias al apoyo que ha tenido la investigación de la biología, reproducción, cría en cautiverio, estudios de tecnologías y sistemas de cultivo en mar abierto (Arroyo y Marin, 1998). En lo que respecta al cultivo de bivalvos a nivel comercial, se requiere desarrollo y estandarización de metodologías que garanticen el suministro adecuado de semillas de buena calidad y también el conocimiento de la respuesta de los parámetros de producción de las especies candidatas al cultivo. En la

actualidad el cultivo de bivalvos en las costas de Sonora se basa principalmente en el ostión del Pacífico, *Crassostrea gigas*. Por lo tanto, se requiere de otras especies nativas como alternativas al cultivo. El campo que se ha explorado con estas es muy reducido, como es el caso del “callo de hacha” (*Atrina maura*) y la almeja *Chione fluctifraga*, además de estas dos especies poco se ha trabajado con algunas otras (Maeda- Martínez, 2008).

II.5. Sistema de Producción para el Mejillón

Uno de los principales sistemas utilizados en la producción de mejillón es líneas de cultivo o long-lines. A continuación se realiza una breve descripción de este sistema (Labarta et al., 2004).

II.5.1. Líneas de cultivo

Este tipo de cultivo es utilizado comúnmente en Estados Unidos de América, Suecia e Irlanda (Tirado-Narváez y Macías-Rivero, 2007). La estructura básica de este sistema consta de lo siguiente:

a) Sistema de flotación: básicamente consiste en una línea de flotadores de distinto tamaño y material. El número de flotadores o boyas depende del momento del cultivo, de modo que en aquellas fases en que las cuerdas soportan poco peso, debe reducirse el número de éstos para evitar la inestabilidad de la estructura. Conforme el cultivo va avanzando se aumenta el peso de las cuerdas, se deberán añadir más flotadores para evitar el hundimiento de la estructura.

b) Sistema de soporte: denominado “línea madre”, es una cuerda de la que penden las cuerdas de cultivo. Las líneas de cultivo pueden ser individuales (una sola línea madre por línea de flotadores) o, para incrementar la densidad de cultivo, de dos o más líneas por soporte. La instalación más habitual es la de dos líneas madres colocadas paralelamente entre sí (Tirado-Narváez y Macías-Rivero, 2007).

c) Sistema de cuerdas: se realiza con cuerdas, generalmente de nylon, cuya longitud varía dependiendo de la profundidad de la zona de cultivo, y que cada 30-45 cm están atravesadas por unos palos para evitar el desprendimiento del mejillón (Tirado-Narváez y Macías-Rivero, 2007).

d) Sistema de amarre: formado por varios pesos o muertos situados en el fondo, que se unen a flotadores colocados al final de cada sección de la línea madre. Con esto se consigue además de anclar la estructura al punto de fondeo, mantener la tensión del sistema de soporte (Tirado-Narváez y Macías-Rivero, 2007).

La ventaja de este método de cultivo radica en su mejor adaptación a zonas más expuestas. Sin embargo, a pesar de su mejor adecuación a estas zonas, este método no se podía utilizar en muchas áreas potenciales de cultivo, debido entre otras causas, a condiciones oceanográficas desfavorables (Labarta et al., 2004). Para solucionar este problema, se ideó una línea de cultivo subsuperficial que se mantiene sumergida en el agua en la que existen flotadores en superficie, otros bajo el mar y otros laterales para garantizar la tensión de la estructura (Tirado-Narváez y Macías-Rivero, 2007).

El último avance es la línea de cultivo continua, en el que se emplea una única cuerda que puede superar los 2000 m de largo y que se va enganchando a modo de zigzag en unos lazos separados que cuelgan de la línea madre y que distan entre sí unos 40 cm. Con este sistema se facilitan las operaciones de desdoble y recolección (Tirado-Narváez y Macías-Rivero, 2007).

II.6. Cultivo de *Mytella guyanensis*

Dentro de las costas de Sonora existen algunas especies de bivalvos con una alta demanda cada vez más alta dentro de la población, debido a esto, en los últimos años los bancos naturales de estos organismos han sufrido una gran presión por pesca, aunado a ello, las alteraciones antropogénicas y perturbaciones naturales, han provocado que las especies enfrenten una baja producción por captura (Ángel-Pérez et al., 2007). *Mytella guyanensis*, no se cultiva en las costas de Sonora y el conocimiento de su biología es escaso. El potencial de cultivo puede ser establecido mediante el manejo de su reproducción, para producir su semilla en cautiverio (Sibaja, 1986), así como los tiempos que logra llegar a la etapa comercial. Esta puede ser una buena alternativa de expansión de cultivo de especies, además de otros bivalvos.

III. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de mejillón es una actividad poco desarrollada para México. En las costas de Baja California hay estudios que reportan el cultivo de la especie *M. galloprovincialis* (Maeda-Martínez, 2008). En las costas de Sonora, no se tiene desarrollado el cultivo de ninguna especie de mejillón y para *Mytella guyanensis* no se tienen estudios sobre la acuicultura de esta especie, por lo cual tampoco se cuenta con sus protocolos de cultivo.

Dada la importancia de incrementar el conocimiento de la biología y manejo de esta especie, se propuso en este trabajo hacer un cultivo experimental de *Mytella guyanensis*. Para lo cual se implementó un cultivo piloto para valorar la pre-engorda en la laguna costera La Cruz, Sonora, con el propósito de contribuir con información básica relacionada al cultivo y sobre todo ofrecer una nueva alternativa de producción para la producción de moluscos bivalvos nativos.

En la actualidad no existen estudios para *Mytella guyanensis*, se tiene la expectativa de que este trabajo con *Mytella guyanensis* en la laguna costera La Cruz, proporcione conocimiento sobre su biología para que pueda dar pie a desarrollar las técnicas adecuadas para llevar su cultivo a nivel comercial en el Golfo de California.

IV. HIPÓTESIS

Mytella guyanensis podrá ser cultivado exitosamente de manera experimental, bajo las condiciones ambientales de la laguna costera La Cruz, Sonora.

V. OBJETIVO GENERAL

Analizar el desempeño biológico y madurez del mejillón *Mytella guyanensis* en un cultivo experimental en la laguna costera La Cruz, Sonora.

V.1. Objetivos Particulares.

- a) Determinar el crecimiento y edad de primera madurez del mejillón *Mytella guyanensis* en la laguna costera La Cruz.
- b) Caracterizar las variables fisicoquímicas del agua de mar como: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno disuelto y pH.
- c) Estimar la disponibilidad de alimento natural por medio de los sólidos suspendidos totales y biomasa fitoplanctónica, mediante la determinación de clorofila “a” durante el cultivo experimental de *Mytella guyanensis*.
- d) Relacionar los parámetros fisicoquímicos y la variación temporal del alimento natural con el crecimiento del mejillón durante su cultivo experimental.

VI. METODOLOGÍA

VI.1. Descripción del Sitio de Estudio

La laguna costera La Cruz, se encuentra entre las coordenadas geográficas $28^{\circ} 47' 52''$ N y $111^{\circ} 54' 51''$ O. Lankford (1977) la clasifica por su origen en los tipos I-C, mientras que Carranza-Edwards et al. (1975) en III-A y Contreras (1985) la clasifica en la Unidad VII. Esta zona presenta condiciones ambientales extremas en lo que respecta principalmente a su hidrología, por lo que se puede decir que tiene un comportamiento antiestuario (Figura 5).



Figura 5. Imagen satelital de la Laguna La Cruz, Sonora, México. Tomado de Google Earth.

Los factores como temperatura, niveles de oxígeno disuelto y la salinidad, son parámetros que fluctúan ampliamente durante el día, sobretodo en meses cálidos. La dinámica de las mareas en la laguna afecta y contribuye en el registro de niveles altos de sólidos suspendidos. La laguna costera La Cruz, posee una acumulación de sedimento con niveles altos de materia orgánica, esto es una característica común de estos ambientes (Barraza-Guardado et al., 2009). Castro-Longoria y Grijalva-Chon (1991), analizaron nutrientes y seston en el agua de la laguna y mencionan que el sistema es muy dinámico debido al fuerte intercambio de agua por efecto de las mareas y que gran parte de la fuente de nutrientes inorgánicos son las hojas de las especies de mangle que rodean a la laguna así como de otras especies de vegetales asociadas al cuerpo de agua. Actualmente un aporte importante de materia orgánica puede provenir de descargas de granjas (Barraza-Guardado et al., 2013).

La laguna costera La Cruz posee una superficie de 27 km² en la cual se pueden encontrar a los mangles *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, estas forman una franja de bosque sobre los márgenes de la laguna. El fondo está principalmente compuesto de lodo y arena. El único sustrato duro disponible se encuentra en algunos canales con pequeñas zonas de guijarros, conocidos localmente como “tepetates”.

La laguna costera La Cruz es de gran importancia para diversas especies de aves marinas, mamíferos terrestres, peces y gran cantidad de invertebrados marinos incluidos entre ellos los moluscos bivalvos (Moreno et al., 2005; Grijalva-Chon y Barraza-Guardado, 1992; Grijalva-Chon et al., 1996) también la laguna tiene una gran importancia socioeconómica localmente ya que tradicionalmente ha sido utilizada por grupos de pescadores organizados y libres para la captura de diversas especies marinas (Barraza-Guardado et al., 2009).

VI.2. Sistema de Cultivo

Este estudio se realizó de noviembre de 2009, a abril del 2010. La semilla de mejillón se obtuvo del ingreso de larvas del medio natural a un cultivo larvario de una corrida de producción de almeja negra *Chione fluctifraga*. De esas larvas se obtuvo un lote de 3,000 semillas las cuales se sembraron en canastas Nestier en suspensión (long-line) en la laguna

costera La Cruz (Figura 5) a una edad de cinco meses, una talla inicial de 25 mm y a una densidad de 200 semillas por canasta y protegidas con malla mosquitera (Figuras 6 y 7A). Mensualmente se tomaron muestras de 30 organismos para la medición de la longitud total (LT), ancho total (AT) y disección del cuerpo blando para el análisis de histología (Figura 7B).



Figura 6. *Mytella guyanensis* en crecimiento experimental dentro de canastas ostrícolas “Nestier”.



Figura 7. A) *Mytella guyanensis* en malla mosquitera en charola Nestier. B) Mediciones mensuales de su crecimiento en la laguna costera La Cruz, Sonora.

VI.3. Análisis de Agua de Mar

Se realizaron muestreos mensuales y colecta de muestra de agua. Las mediciones se realizaron cada cuatro horas durante un ciclo de 24 horas. Desde 08:00, 12:00, 16:00, 20:00, 24:00 y 04:00 horas. Los valores obtenidos en cada una de las horas de muestreo de un día fueron promediados para representar el valor promedio del mes correspondiente. La medición *in situ* de parámetros fisicoquímicos (T °C, O₂, S ‰ y pH) se realizó con oxímetro de campo y potenciómetro.

VI.4. Sólidos Suspendidos y Materia Orgánica

El análisis de sólidos suspendidos totales (SST); materia orgánica particulada (MOP); materia inorgánica particulada (MIP); y muestras de agua colectadas se fijaron a través de filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C. Los análisis se realizaron de acuerdo a la técnica de Strickland y Parsons (1972).

VI.5. Determinación de Clorofila “a”

Las muestras de agua colectadas se filtraron mediante una bomba de vacío equipada con un sistema de filtración. Para ello se utilizarán filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C. Los filtros con la muestra retenida se envolvieron en papel aluminio y se congelaron hasta su análisis. La determinación de clorofila *a* se realizaron de acuerdo con Parsons et al. (1984).

VI.6. Técnica Histológica

El análisis del desarrollo gonadal se aplicó para 52 organismos. La determinación de la madurez de los organismos fue mediante histología, con la aplicación de la técnica de Hematoxilina y Eosina, H&E (Howard y Smith, 1983) (Tabla II y Tabla III). Este comprende: el proceso de deshidratación de tejidos en alcoholes de concentración creciente, inclusión en parafina, corte al micrótomos de 5-8 micras, montaje y tinción, H&E.

Se obtuvieron aproximadamente 10 mm de tejido de gónada, previamente fijados en formalina neutralizada al 10%. Se depositaron las secciones de tejido en casetes etiquetados, después se dejaron en agua corriente por una hora con el fin de eliminar la formalina contenida en el tejido para colocarlos posteriormente en el procesador de tejidos, el cual contenía alcoholes para deshidratar la muestra en concentraciones crecientes de etanol del 70-100%.

Tabla II. Proceso de deshidratación y tinción histológica, para gónada del mejillón *Mytella guyanensis*. Tomado de Howard y Smith (1983). Cálculo para 1000 mL.

Deshidratación, Horas	Solución
1	70 % Etanol
1	70% Etanol
1	85% Etanol
1	95% Etanol
1	95% Etanol
1	100% Etanol
1	50:50% Etanol-Xileno
1	50:50% Etanol-Xileno
1	100% parafina

Tabla III. Proceso de tinción Hematoxilina y Eosina, para gónada del mejillón *Mytella guyanensis*. Tomado de Howard y Smith (1983). Cálculo para 1000 mL.

Cajas (Tinción)	Reactivo	Tiempo (Minutos)
1	Xileno I	5
2	Xileno II	5
3	Xileno III	5
4	Alcohol absoluto Xileno	5
5	Alcohol absoluto Xileno	5
6	Alcohol 96%	5
7	Alcohol 96%	5
8	Alcohol 70%	5
9	Alcohol 70%	5
10	Agua destilada	5
11	Agua destilada	5
12	Hematoxilina	1-8
13	Agua de la llave	Enjuagar
14	Alcohol ácido	Enjuagar
15	Agua destilada	Enjuagar
16	Agua amoniacal	Enjuagar
17	Agua de la llave	Enjuagar
18	Agua destilada	Enjuagar
19	Eosina	1-3
20	Alcohol absoluto	Rápido
21	Alcohol absoluto +	5
22	Xileno I	5
23	Xileno II	5
24	Xileno III	5
	Montar en resina	Montar en resina

El equipo que se empleó para el deshidratado fue un procesador automático de tejidos modelo TISSUE-TEK II de *Sakura Finetechnical Co. Ltd.* Este fue programado para 11 horas de trabajo con las muestras en alcohol. Posteriormente, las muestras procesadas se llevaron a un inclusor de parafina marca Leica, modelo EG1160 para obtener los bloques con el tejido, el cual se cortó en un micrótopo rotatorio AO, *Scientific Instruments* a 7 µm de espesor.

Se obtuvieron montajes de secciones de tejido sobre portaobjetos de cada organismo por duplicado. Para el montaje en portaobjetos se utilizó un baño de tejidos, con gelatina, a temperatura controlada de 45 °C. Los portaobjetos con el corte de tejido se desparafrinaron a 56 °C en un horno para llevarlos al proceso de tinción de H&E. Después de dicho proceso, se montaron en resina para quedar en preparaciones permanentes para su observación al microscopio e interpretación.

Se definieron cuatro estados de madurez gonádica en el mejillón: Indiferenciado, el cual indica ausencia de células reproductivas en ningún estadio; Gametogénesis temprana, donde se observan células en proceso de diferenciación, como ovocitos en crecimiento (oogonias) o esperma en diferenciación (espermatogonios); Gametogénesis avanzada, donde se demuestra que tanto el esperma como los ovocitos comienzan a diferenciarse en tamaño y forma dentro de la estructura acinar ovárica o testicular; Madurez, que demuestra que los ovocitos han logrado su máximo tamaño predominantemente. En el caso de los machos, se observan los espermatozoides maduros y orientados hacia el centro de la estructura acinar. De las observaciones se tomaron impresiones fotográficas mediante una cámara Leica Modelo EC3, acoplado a un microscopio Leica, Modelo DM 1000.

VI.7. Crecimiento

Mensualmente se realizaron muestreos a 30 organismos para determinar el crecimiento de *Mytella guyanensis*. Se tomaron las medidas siguientes: longitud total (LT), ancho total de la concha (AT), peso fresco total del organismo (PFT), peso fresco de la concha (PFC) y el peso fresco de la carne (PFC₁). El cultivo experimental del mejillón *Mytella guyanensis* permaneció durante seis meses en un sistema de cultivo *long-line* sobre canastas *Nestier* en la laguna La

Cruz, Sonora. El peso de los organismos se registró en una balanza analítica marca Ohaus, de precisión de 0.0001g.

VI.8. Análisis Estadístico

Los parámetros morfométricos y calidad de agua, se ordenaron en tablas y figuras, utilizando la hoja de cálculo Microsoft Excel, 2010. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva considerando la media aritmética y la desviación estándar.

Del mismo modo, los datos registrados se sometieron a una prueba de normalidad y homocedasticidad, lo cual fue para determinar que los datos son paramétricos. Por ende se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía, con su respectiva prueba *posteriori* (Tukey-Kramer), esto para determinar la diferencia entre meses, con un nivel de significancia del 95% de confiabilidad ($p < 0.05$). Aunado se realizó un análisis multivariado con la correlación de Pearson para determinar el nivel de asociación entre variables. Para las pruebas estadísticas se utilizó el paquete estadístico JMP versión 5.0.1.

VII. RESULTADOS

VII.1. Crecimiento de *Mytella guyanensis* en la Laguna Costera La Cruz

Las variables morfométricas registradas para *Mytella guyanensis* durante el periodo de pre-engorda en la laguna costera La Cruz arrojaron un promedio inicial de siembra en LT de 25.19 ± 3.33 mm en el mes de noviembre de 2009 y al final del cultivo fue de 33.57 ± 4.99 mm en abril de 2010.

VII.1.1. Longitud total (LT) y ancho total (AT)

Durante los tres primeros meses de cultivo, de noviembre a enero, se observó un crecimiento lento y en los meses posteriores aumentó la talla de LT hasta alcanzar una final de 33.57 ± 4.99 en abril-2010 (Figura 8). Respecto a AT esta inicialmente fue de 12.43 ± 1.60 mm (noviembre 2009) y al finalizar el periodo esta fue de 17.02 ± 2.37 (abril de 2010).

En la figura 8 se puede apreciar el incremento de LT de *Mytella guyanensis* durante los seis meses de cultivo. En los meses de febrero a marzo no se presentó un incremento estadísticamente diferente. Aun así existió una diferencia significativa en el incremento de LT al comparar el inicio del cultivo con los datos obtenidos al final ($p < 0.05$). En ambos registros, AT y LT se observó que el incremento fue muy variable, lo cual indica que el crecimiento no fue homogéneo. Se observa mayormente en el LT de los organismos.

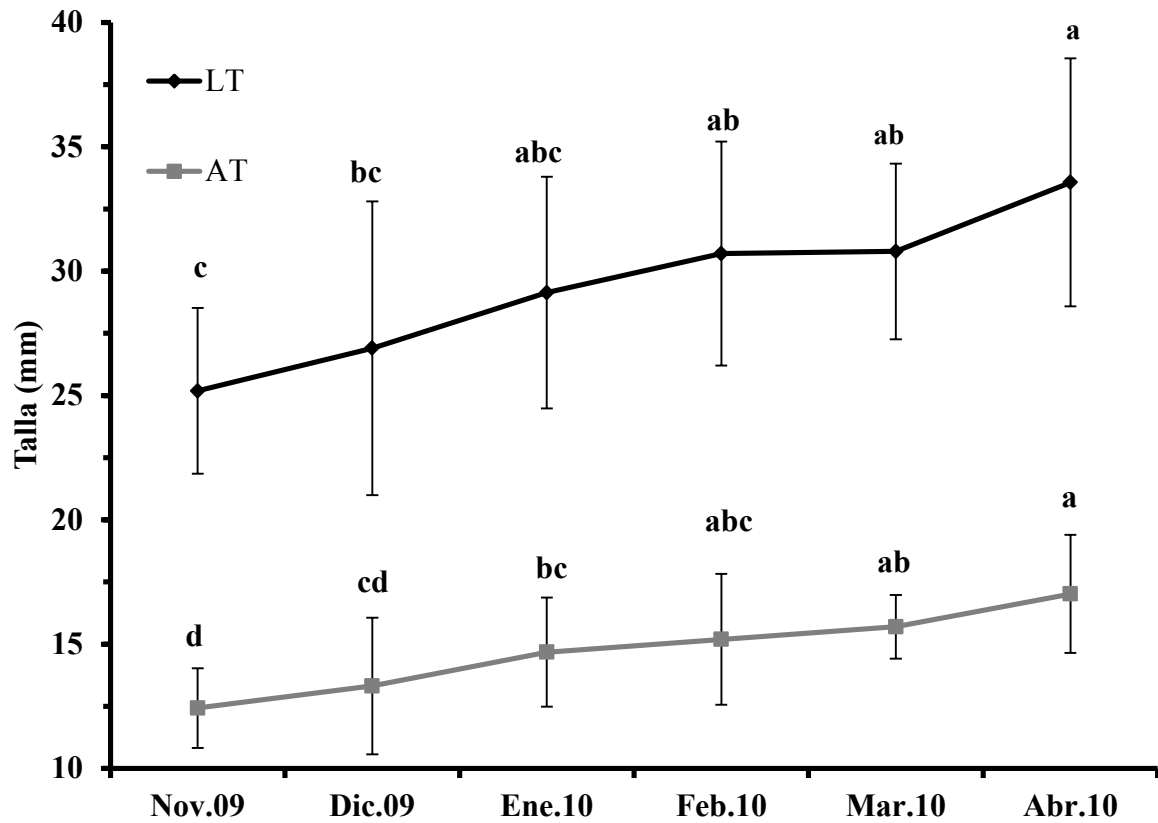


Figura 8. Crecimiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) en longitud total (LT) y ancho total (AT) de la concha de *Mytella guyanensis* en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de pre-engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).

VII.1.2. Peso fresco de la carne (PFC)

El crecimiento de PFC registró un incremento desde 0.25 g en noviembre hasta un promedio de 0.90 ± 0.28 g; a lo largo del cultivo se observa una alta variabilidad de PFC (Figura 9). Sin embargo, se notan diferencias marcadas a partir de enero en comparación con los meses previos de noviembre y diciembre.

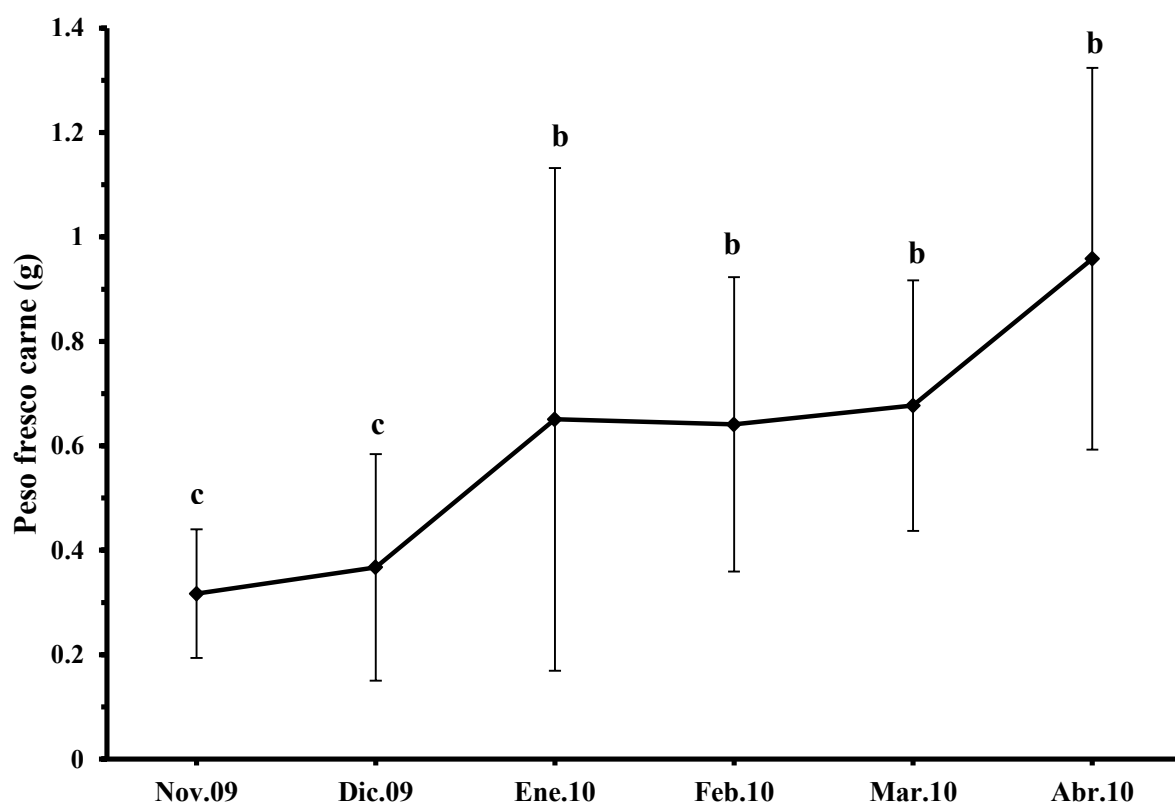


Figura 9. Peso Fresco Total de la Carne ($\pm$ d.e.) de *Mytella guyanensis* en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de pre-engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).

VII.1.3. Peso fresco de la concha (PFC₁)

El PFC₁ durante el periodo de pre-engorda de *Mytella guyanensis* registró un crecimiento promedio de 0.84 ± 0.35 g. En los meses de noviembre de 2009 a abril de 2010 se observa un crecimiento de la concha, con valores máximos cercanos a 1.5 g ($p < 0.05$), sin embargo de diciembre de 2009 a marzo de 2010 presenta un lento crecimiento ($p > 0.05$) (Figura 10).

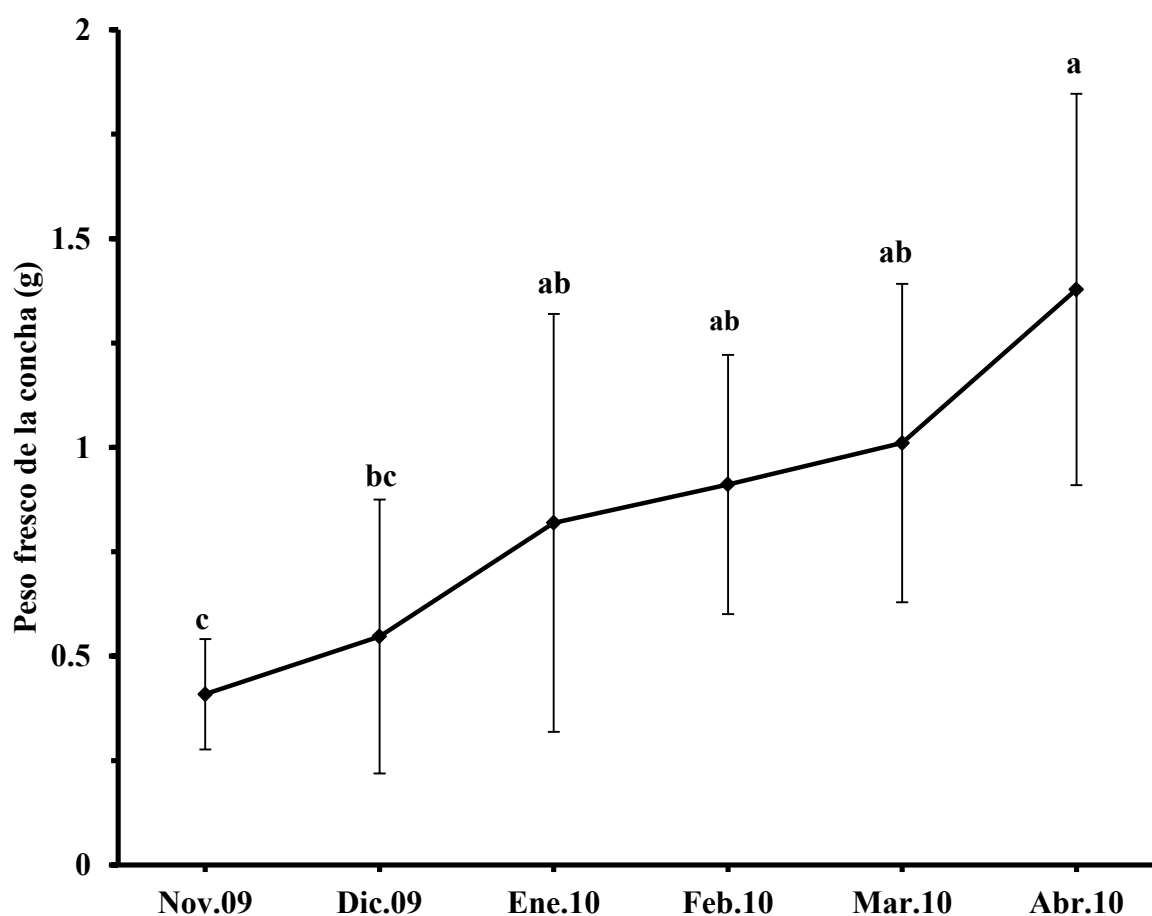


Figura 10. Peso Fresco de la Concha ($\pm$ d.e.) de *Mytella guyanensis* en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).

VII.1.4. Peso fresco total (PFT)

En el mes de noviembre al inicio del periodo de pre-engorda de *Mytella guyanensis* el promedio de Peso Fresco Total fue de $1.12 \pm .41$ g, y al finalizar el cultivo en el mes de abril alcanzó un promedio de 3.18 ± 10.24 g (Figura 11). Se observó que de noviembre de 2009 a abril de 2010 fue significativo ($p < 0.05$).

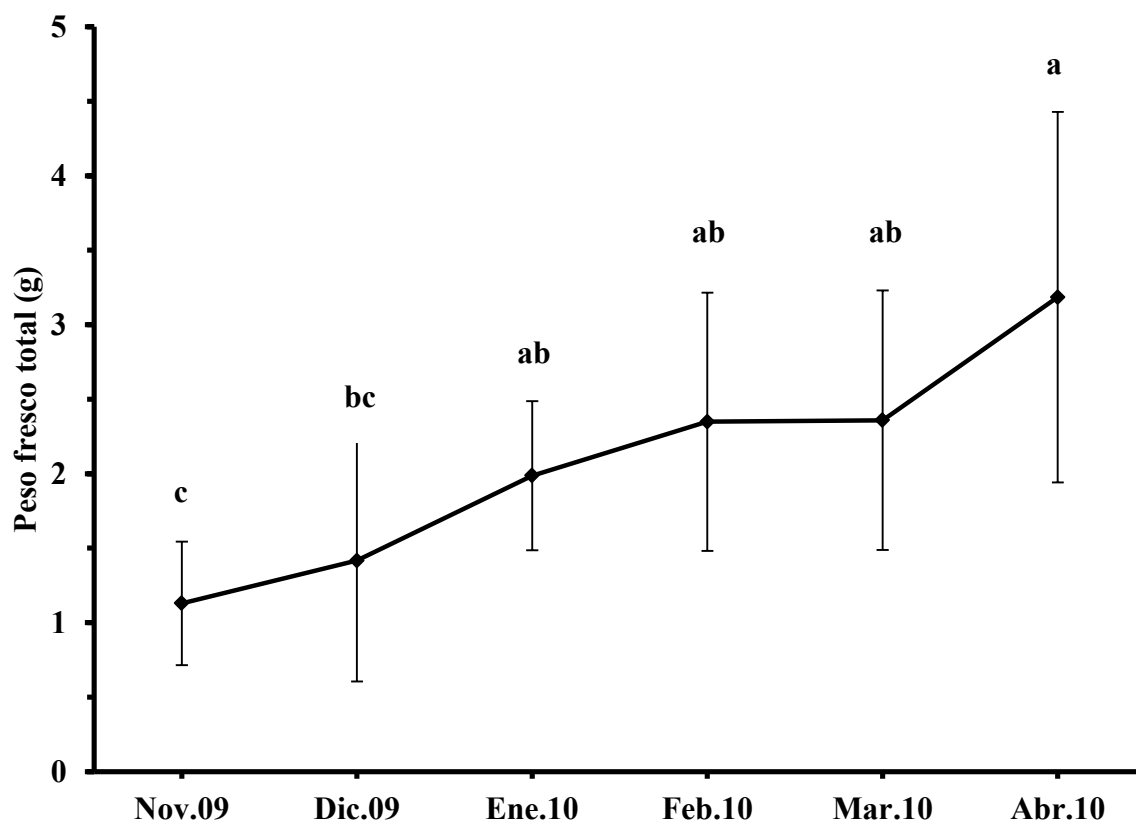


Figura 11. Peso Fresco Total ($\pm$ d.e.) de *Mytella guyanensis* en la laguna costera La Cruz, durante la etapa de engorda de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). $n=30$ (organismos por mes).

VII.1.5. Correlación entre variables biométricas

El coeficiente de Pearson demostró altos niveles de correlación entre las biometrías y fueron de 0.83 a 0.96 con altos valores de significancia. El valor más alto fue entre la longitud total (LT) y el ancho total (AT), con esto se demuestra que el crecimiento en AT (alto) es dependiente entre la longitud, alto, peso de la concha y peso de la carne ($p<0.0001$) de manera altamente significativa (Tabla IV).

Tabla IV. Matriz de correlación, Coeficiente Pearson, entre las variables biométricas del mejillón *Mytella guyanensis* en la laguna La Cruz, Sonora. Coeficiente de correlación (r) de Pearson, altamente significativo: *** $p<0.0001$

Variables biométricas	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Peso total (gr)	PF de la carne(gr)	PF de la concha(gr)
Longitud total, LT (mm)	1.0000	0.9635***	0.8970***	0.8322***	0.8427***
Ancho total, AT (mm)		1.0000	0.8985***	0.8336***	0.8504***
Peso fresco total, PFT (g)			1.0000	0.8539***	0.8695***
Peso fresco de concha, PFC (g)				1.0000	0.8730***
Peso fresco de concha, PFC ₁ (g)					1.0000

VII.2. Parámetros Fisicoquímicos

VII.2.1. Temperatura

Durante el periodo de pre-engorda, en la laguna costera La Cruz, la temperatura promedio más alta ($p < 0.05$) fue de 32.45 ± 1.41 °C registrada en el mes de abril y la más baja ($p < 0.05$) fue en enero con 14.75 ± 1.47 , (Figura 12). Los valores máximos se presentan en los meses más cálidos de verano y los mínimos en los meses de invierno, esto se debe a un comportamiento estacional de la temperatura ambiental la cual influye en la temperatura del agua, se puede apreciar que los cambios más significativos respecto a las temperaturas más altas y bajas se pertenecen a los meses de enero y abril.

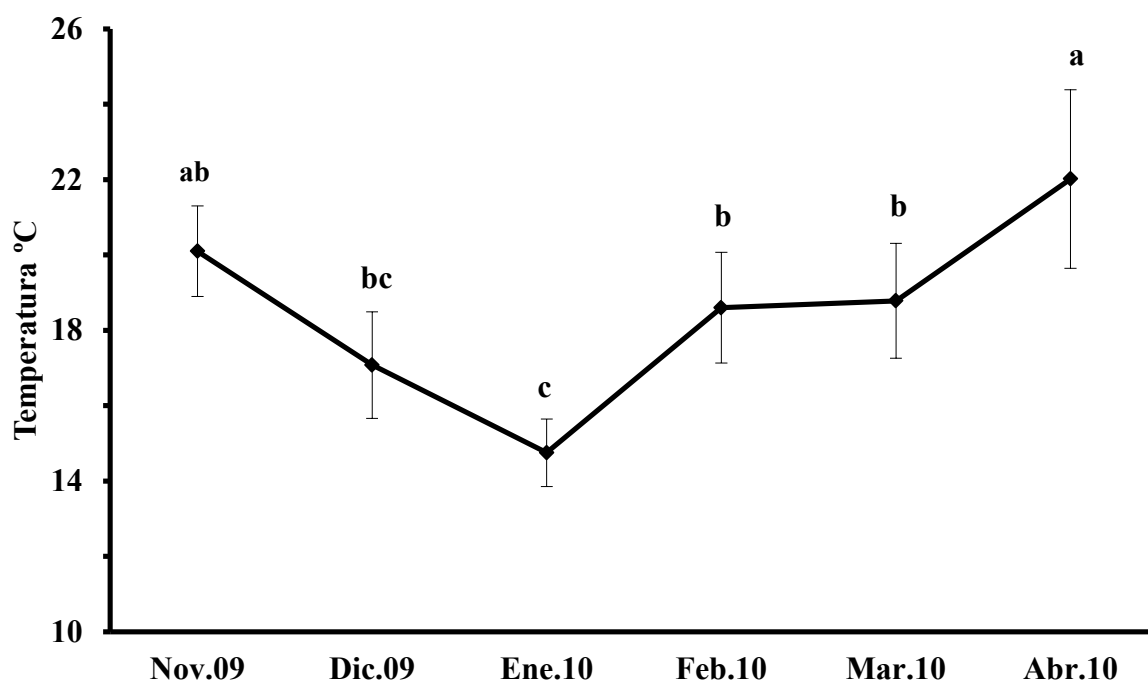


Figura 12. Comportamiento promedio ($\pm$ d.e) mensual de un ciclo diurno de la temperatura del agua durante los 6 meses de engorda en la laguna costera La Cruz, de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.2.2. Oxígeno disuelto (OD)

En el área de cultivo de la laguna costera La Cruz los niveles más altos de OD fueron en el mes de noviembre 2009 y los niveles más bajos ($p < 0.05$) se presentaron de diciembre a abril. Durante la pre-engorda de *Mytella guyanensis* en la laguna La Cruz, el promedio de OD se estableció entre los 11.54 ± 0.58 (noviembre 2009) a 6.23 ± 1.05 mg/L (abril 2010), arrojando un promedio de 70.20 ± 0.76 mg/L (Figura 13). Los niveles de oxígeno en La Cruz, no fueron diferentes de diciembre de 2009 a abril de 2010 ($p < 0.05$).

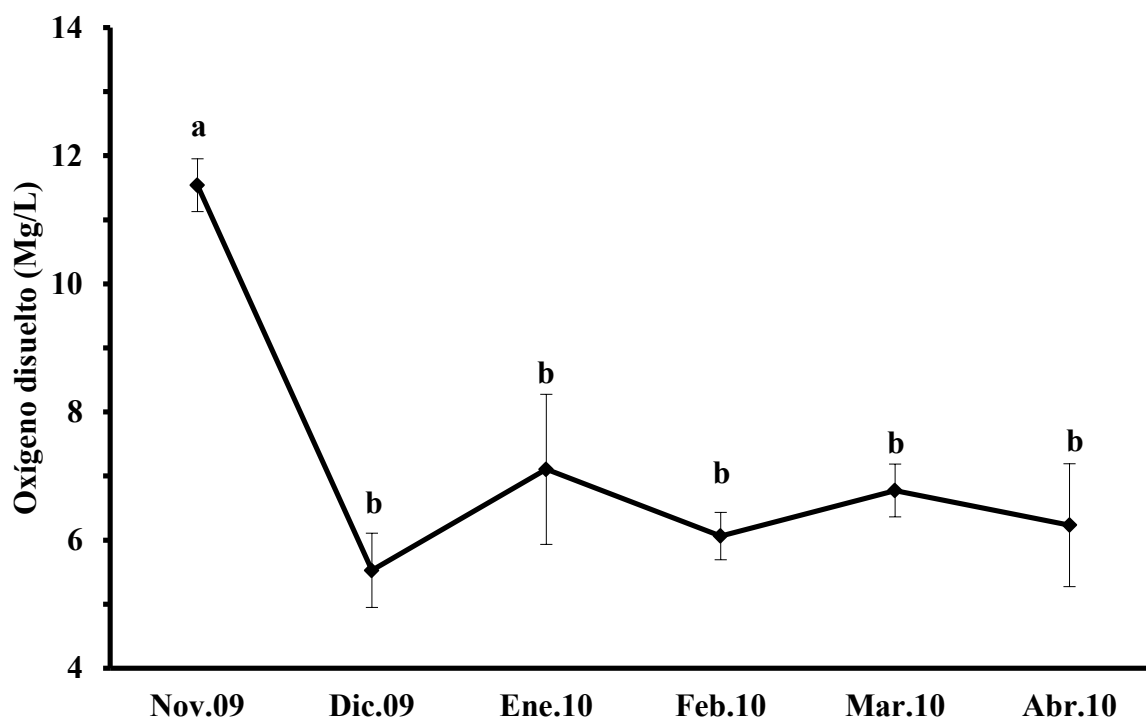


Figura 13. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) del oxígeno disuelto de un ciclo diurno en la laguna costera La Cruz durante el periodo de pre-engorda de *Mytella guyanensis*. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.2.3. Saturación de oxígeno disuelto (SOD)

El promedio de la saturación del oxígeno disuelto se presentó de 65.91 ± 6.87 a $158.95 \pm 12.23\%$, el cual arrojó un promedio de $94.05 \pm 11.49\%$. Los porcentajes mínimos de saturación de oxígeno se observaron durante los meses de diciembre a abril ($p < 0.05$) en cambio durante el mes de noviembre se alcanzaron los valores más altos. Respecto a los demás meses se observaron valores favorables ya que se mantuvieron muy cerca de la saturación y en algunos casos muy cercanos a los valores de sobresaturación del oxígeno (Figura 14).

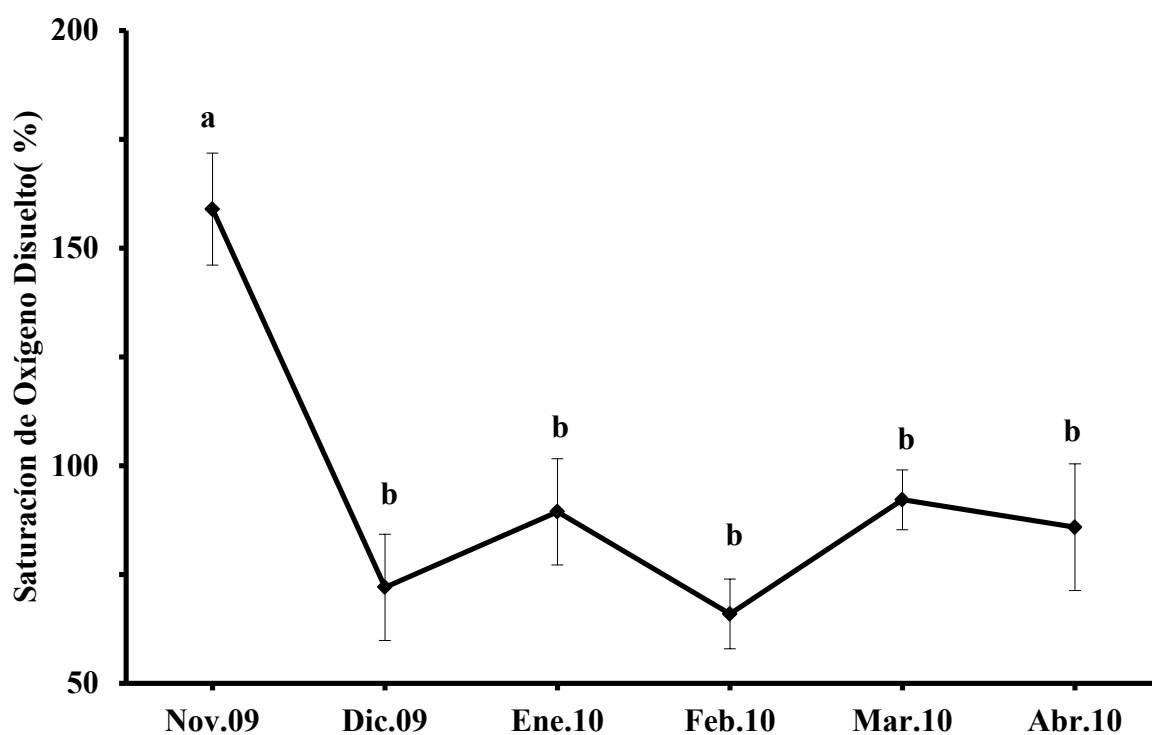


Figura 14. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de la saturación del oxígeno disuelto en el agua de un ciclo diurno, en la laguna costera La Cruz durante la pre-engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010.

VII.2.4. Salinidad

En la laguna La Cruz la salinidad promedio fue de 38.15 ± 0.86 ‰, sin embargo se presentó un nivel alto ($p < 0.05$) en el mes de febrero el cual tuvo un promedio de 40.6 ± 1.14 ‰. En el resto de los meses no hubo diferencias estadísticas significativas entre ellos (Figura 15). El máximo valor fue un registro en la marea más baja del mes.

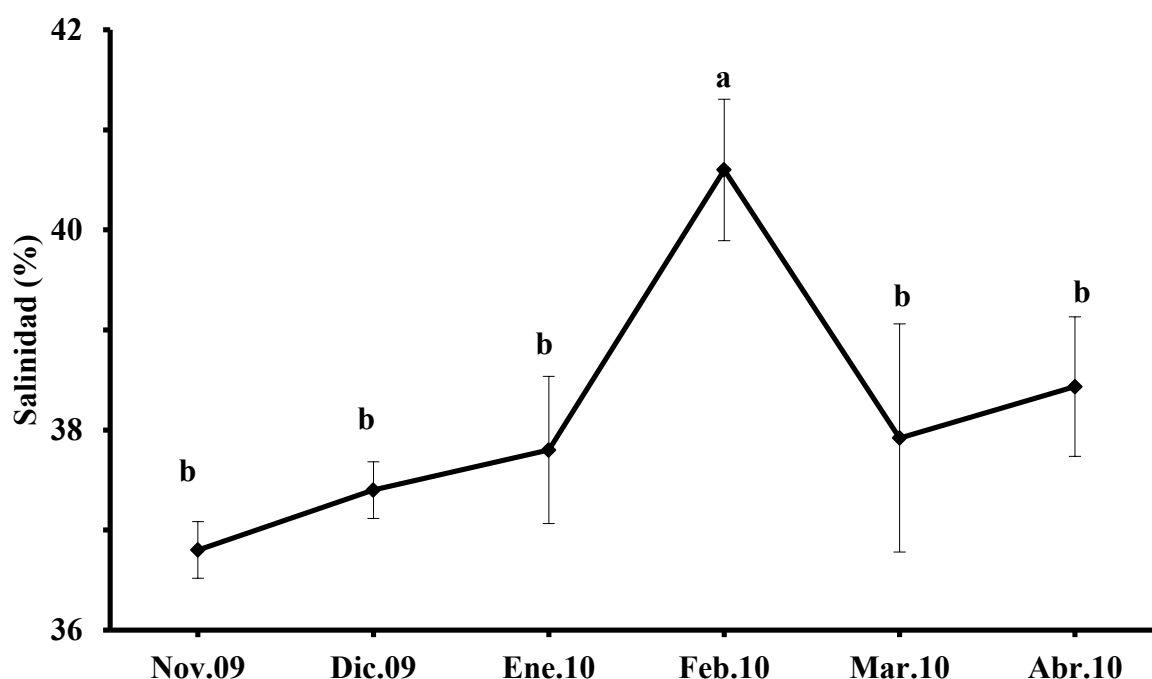


Figura 15. Comportamiento promedio mensual de un ciclo diurno ($\pm$ d.e.) de la salinidad del agua, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.2.5. Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores promedios registrados de pH en la laguna costera La Cruz durante la pre-engorda de *Mytella guyanensis* fueron de 7.96 ± 0.012 unidades. Los valores mayores se registraron de noviembre a enero sin diferencias significativas entre esos meses ($p > 0.05$). El valor absoluto más bajo se presentó en el mes de marzo (Figura 16).

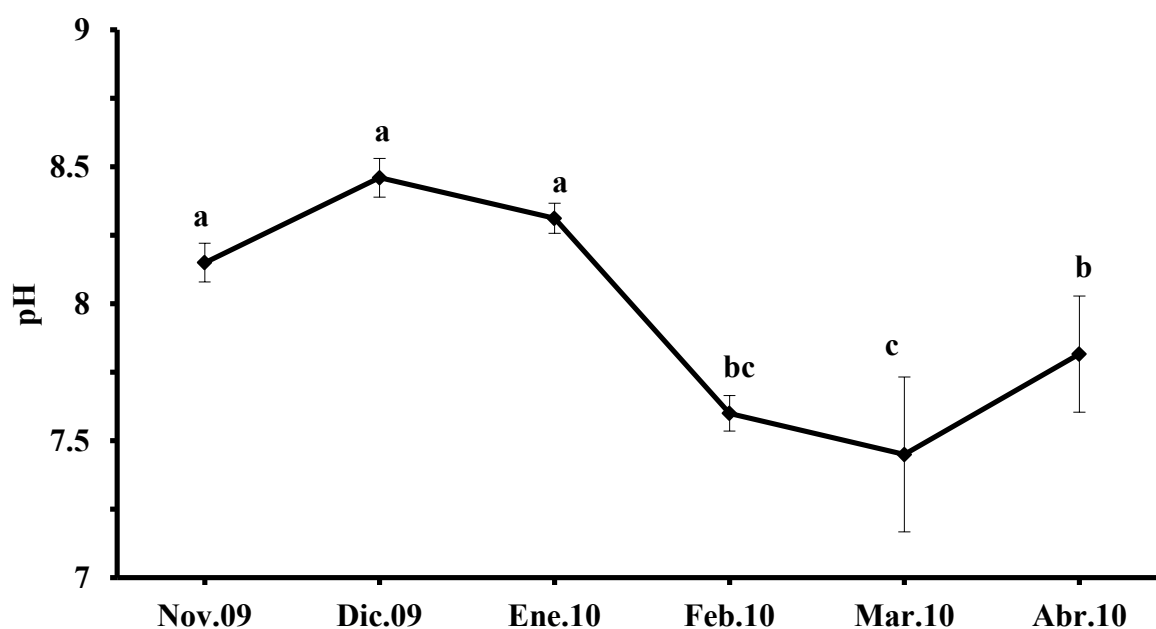


Figura 16. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) del pH del agua, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.3. Sólidos Suspendidos y Clorofila “a”

VII.3.1. Sólidos suspendidos totales (SST)

Tomando en cuenta a todo el período, el valor promedio de los sólidos suspendidos totales en los seis meses de estudio fue de 52.75 ± 9.03 mg/L y en la figura 17 se puede apreciar que el mes de noviembre de 2009 se registró la concentración mayor ($p < 0.05$) con un promedio de 83.16 ± 2.12 mg/L y el más bajo ($p < 0.05$) en diciembre 2009 con un promedio de 36.98 ± 9.90 mg/L.

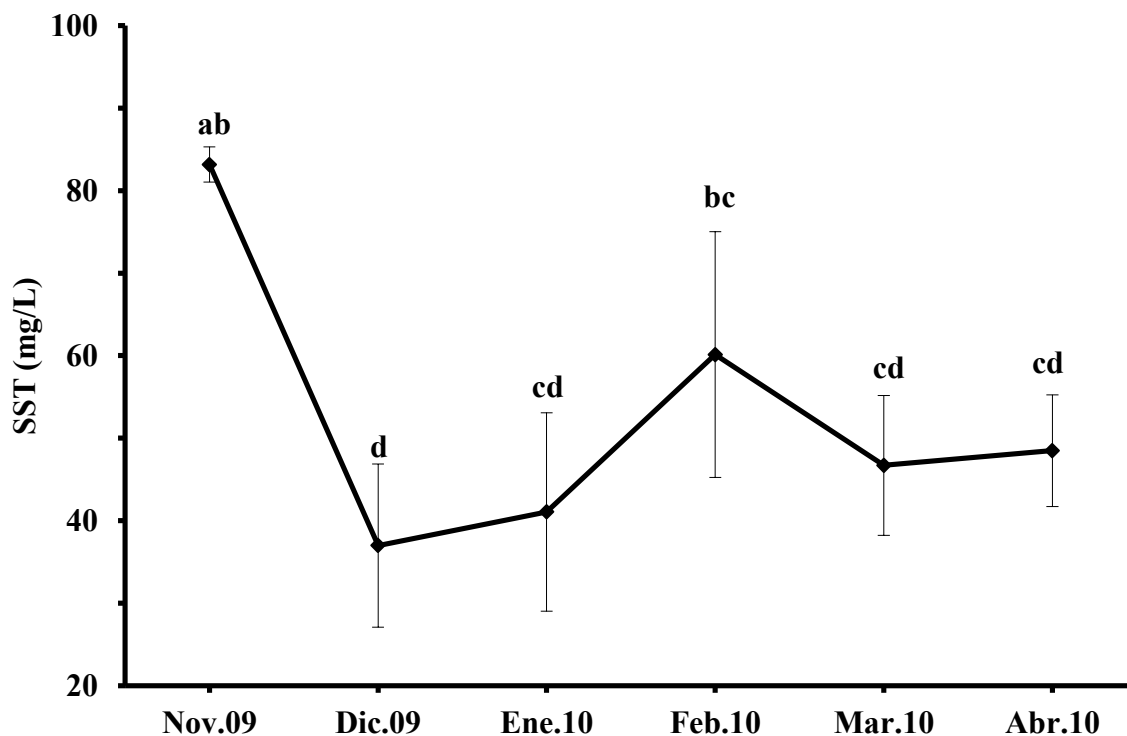


Figura 17. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de los sólidos suspendidos totales, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.3.2. Materia orgánica particulada (MOP)

Durante el cultivo de *Mytella guyanensis*, la materia orgánica particulada en la laguna La Cruz presentó un valor promedio de 8.13 ± 1.28 mg/L. El promedio mensual más alto ($p < 0.05$) se registró en noviembre 2009 ($p < 0.05$) con $14.66 \pm .47$ mg/L (Figura 18).

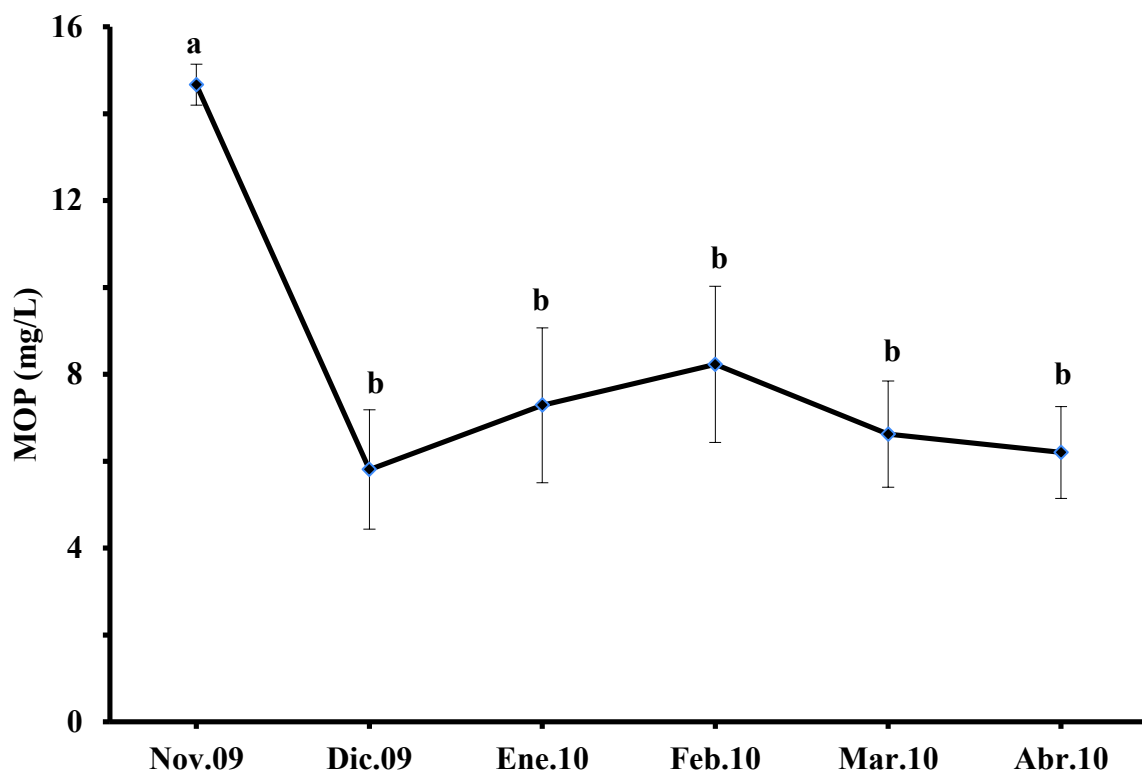


Figura 18. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) del séston orgánico, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.3.3. Materia inorgánica particulada (MIP)

Para los seis meses de estudio se registró un promedio de MIP de 44.25 ± 8.21 mg/L. En la figura 19 se puede apreciar que los promedios más bajos se encuentran en los meses de diciembre 2009 y enero 2010, el promedio más alto fue en el mes de noviembre 2009 con 68.50 ± 2.59 .

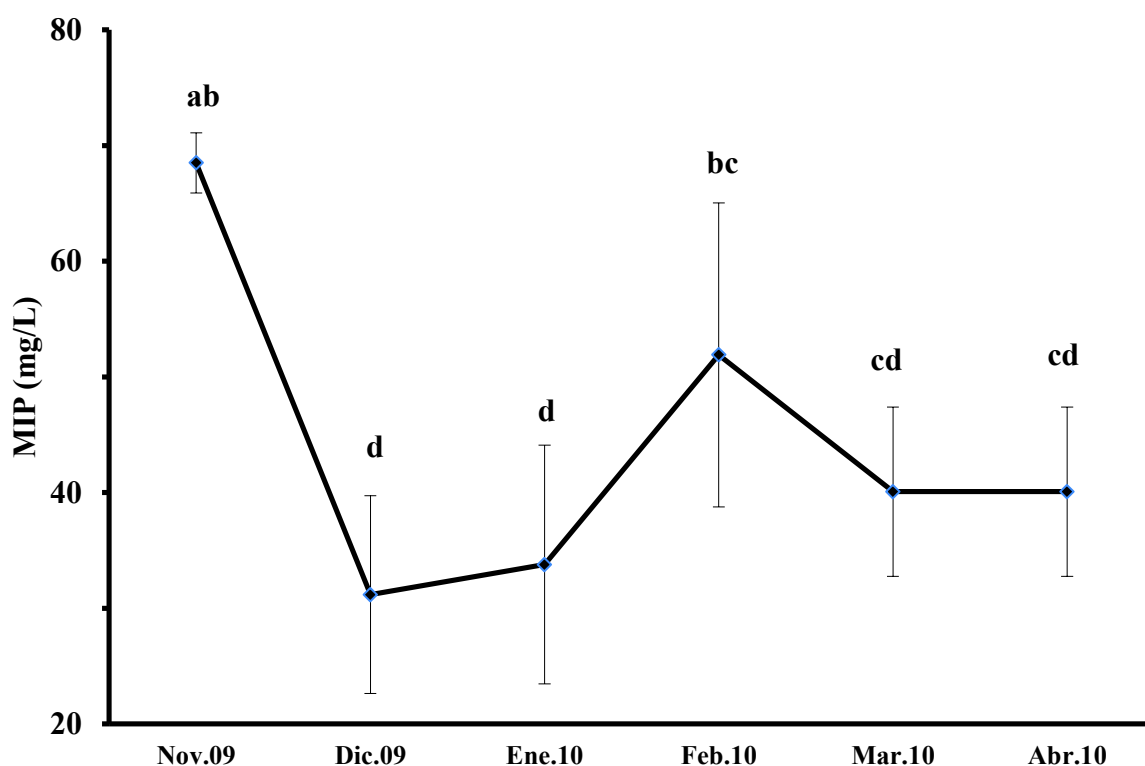


Figura 19. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de la materia inorgánica particulada, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.3.4. Relación: materia inorgánica particulada / orgánica particulada (MIP/MOP)

La relación MIP/MOP en la laguna La Cruz durante la pre-engorda arrojó un valor promedio de 5.63 ± 0.43 , teniendo como promedio máximo 6.86 ± 0.48 en el mes de abril del 2010 y como mínimo 4.58 ± 0.56 en el mes de enero del 2010 (Figura 20). Se observó un incremento desde noviembre 2009 hasta abril del 2010.

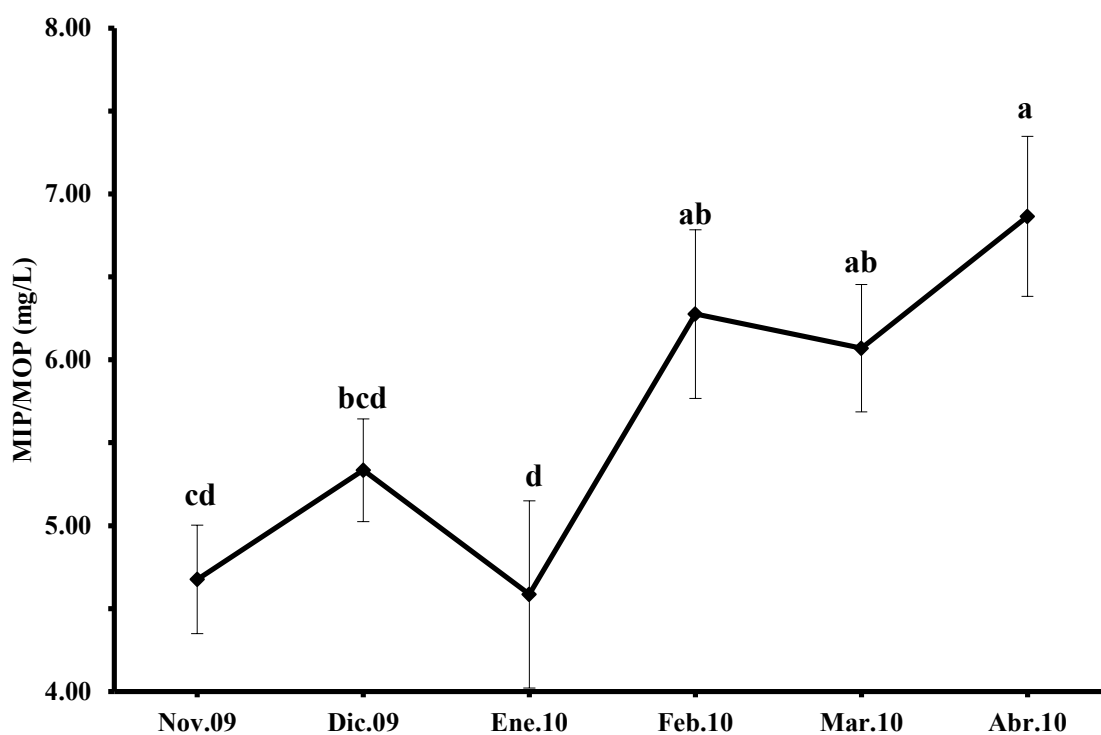


Figura 20. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de la relación MIP/MOP, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.3.5. Clorofila “a”

Las concentraciones de la disponibilidad y variación de la clorofila “a” presentaron un valor promedio de $2.54 \pm 0.92 \text{ mg/m}^3$ para los seis meses de estudio. El dato más alto ($p < 0.05$) se presentó en el mes de noviembre 2009 con $3.99 \pm 10.56 \text{ mg/m}^3$ y por otro lado el más bajo ($p < 0.05$) se presentó en enero 2010 con un promedio de $1.70 \pm 0.64 \text{ mg/m}^3$, tal como se muestra en la figura 21.

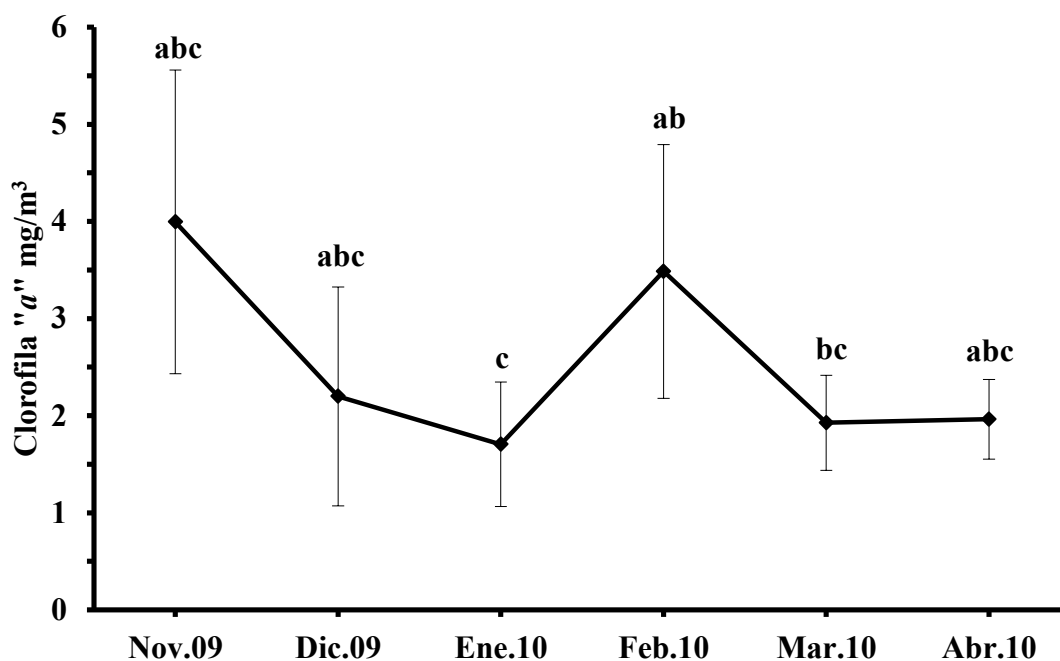


Figura 21. Comportamiento promedio mensual ($\pm$ d.e.) de clorofila “a”, en la laguna costera La Cruz durante la engorda de *Mytella guyanensis* de noviembre 2009 a abril 2010. a-d: medidas con literal diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

VII.3.6. Correlación de Pearson de variables biológicas de *Mytella guyanensis* con variables fisicoquímicas en la laguna La Cruz, Sonora

La correlación entre parámetros ambientales y los biológicos no demostró estar relacionada y solamente la temperatura fue significativa, pero baja, así como la MOP con el PFC₁ (Peso fresco de la concha).

Tabla V. Coeficiente de correlación de Pearson entre el crecimiento del mejillón *Mytella guyanensis* y las variables físicas, químicas y biológicas del agua en la Laguna La Cruz, Sonora. Coeficiente de correlación (r) de Pearson significativo: *p<0.05; SST= Sólidos suspendidos totales, MOP= Materia orgánica particulada, MIP= Materia inorgánica particulada.

Variables biométricas	Variables físicas, químicas y biológicas del agua							
	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Oxígeno (mg/L)	pH	SST (mg/L)	MOP (mg/L)	MIP (mg/L)	Clorofila "a" (mg/m3)
LT (mm)	0.3472	0.0532	-0.3060	-.2891	-0.0188	-0.2678	0.0289	-0.2009
AT (mm)	0.1766	-0.0043	-0.2562	-0.0353	0.0376	-0.1442	0.0713	-0.1268
PFT (g)	0.4357*	0.1581	-0.2826	-0.3952	0.0671	-0.1987	0.1161	-0.0605
PFC (g)	0.0921	-0.1078	-0.0896	-0.2321	-0.0941	-0.2162	-0.0689	-0.1933
PFC ₁ (g)	0.2534	-0.0668	-0.2295	0.4107	-0.1816	-0.3686*	-0.1422	-0.2780

VII.4. Madurez Gonádica

Los organismos estuvieron indiferenciados en el mes de noviembre cuando fueron sembrados y el inicio de la madurez temprana de las hembras ocurrió en enero. Los diferentes estadios de madurez fueron encontrados después de febrero cuando empezó la gametogénesis tanto en hembras como en machos (Figura 22). Se observó que predominó la gametogénesis temprana en *Mytella guyanensis* junto con los organismos indiferenciados. Así mismo existió una mayor predominancia de machos con relación a las hembras, la proporción fue de 2:1 (macho:hembra), característica observada de un sesgo en este estudio al inicio de la primera madurez.

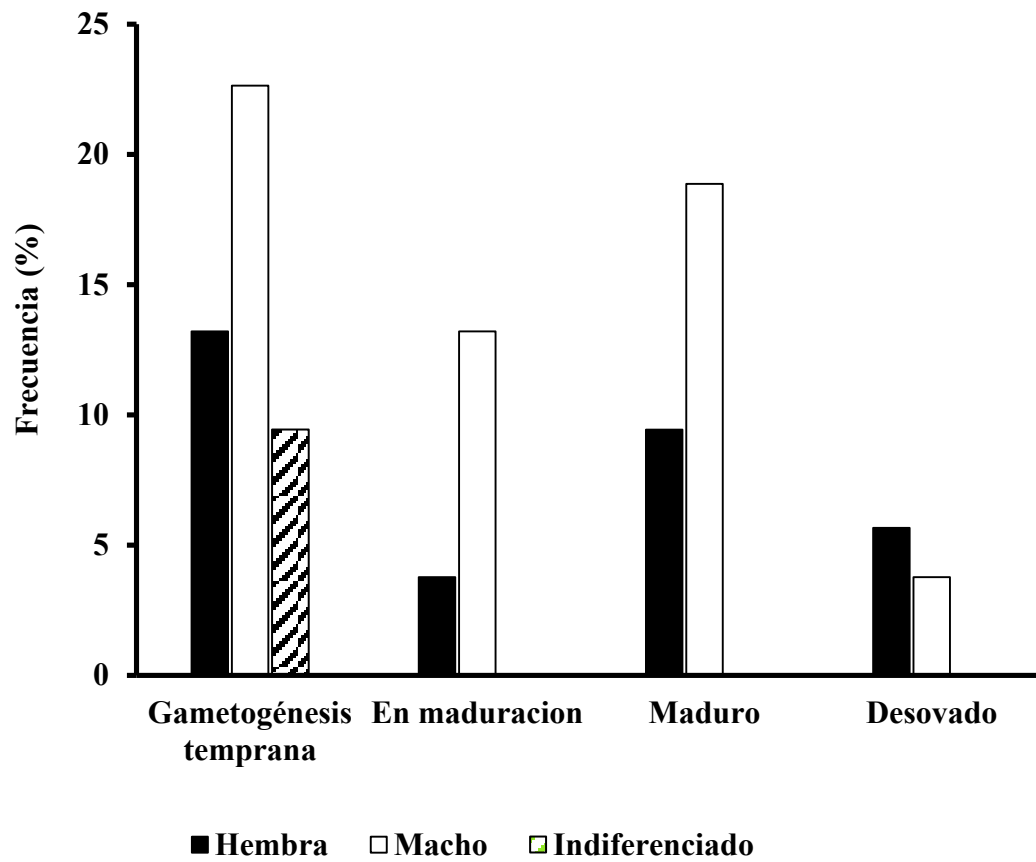


Figura 22. Frecuencia de madurez en *Mytella guyanensis* tanto en machos como en hembras en la laguna costera La Cruz Sonora. Se agrupan los datos de febrero a abril. N=53.

Los cambios histológicos de las hembras se pueden observar en la figura 23. En el estado indiferenciado no se observan gametos en desarrollo y predomina el tejido indiferenciado (Figura 23A). En la gametogénesis temprana se puede observar la presencia de ovocitos (Figura 23B) para posteriormente alcanzar mayor desarrollo (Figura 23C) hasta alcanzar la madurez (Figura 23D). Posterior a esto, en la condición de desove se puede observar a los ovocitos en reabsorción (Figura 23E).

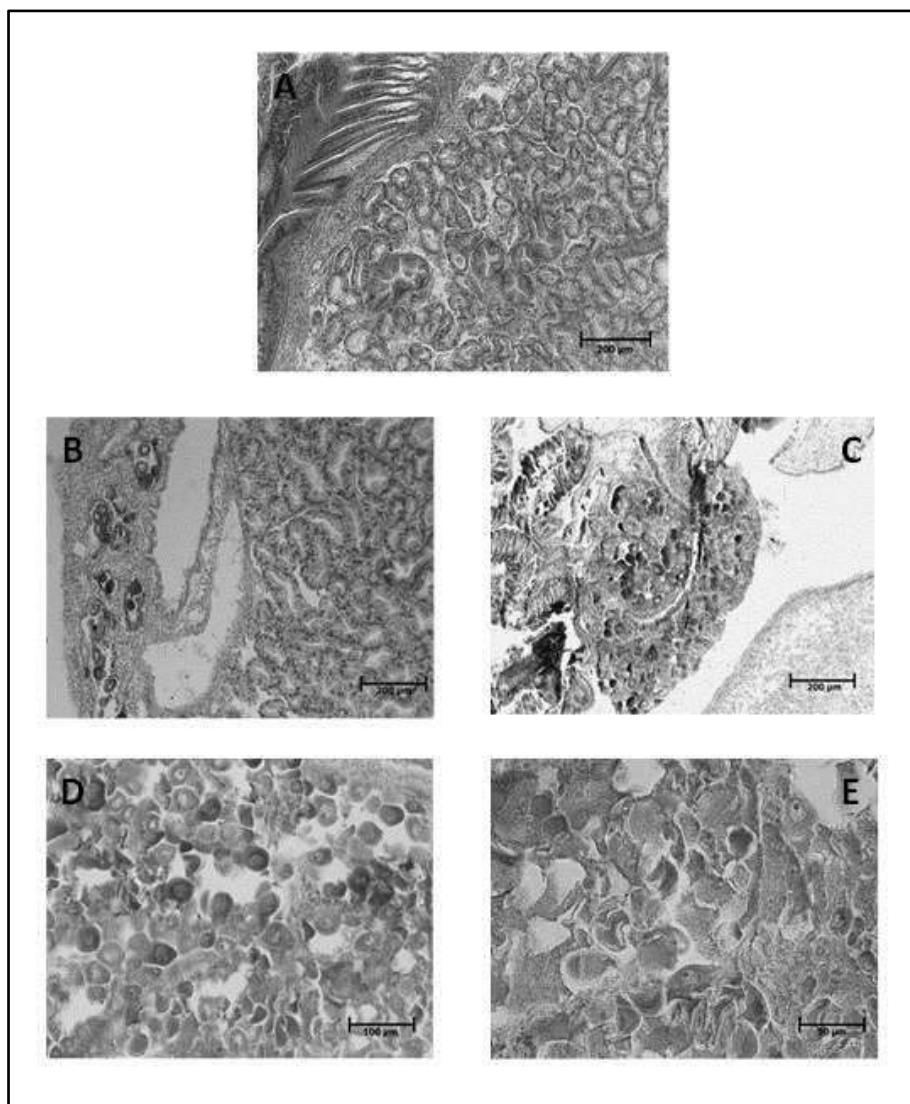


Figura 23. Desarrollo histológico de la madurez de las hembras de *Mytella guyanensis* en cultivo experimental en la laguna costera La Cruz, Sonora.

La gametogénesis en los machos demostró predominantemente organismos maduros en un 19% de los organismos. En relación con el tejido gonádico, el inicio de la gametogénesis dentro del tejido indiferenciado, mostró sitios de proliferación de espermatogonios (Figura 24A) Así mismo, el avance de la madurez se logra observar en el crecimiento de acinos, o túbulos en el tejido testicular (Figura 24B). Cuando el organismo ha alcanzado su madurez se observa completamente la presencia de estructuras acinares con todas las células espermáticas en desarrollo, es decir, espermatogonios, espermatocitos primarios, secundarios, espermátides y espermatozoides (Figura 24C). La condición de desove se logra distinguir cuando se pierde la estructura acinar, es decir se rompen los túbulos para dar lugar a la liberación de espermatozoides (Figura 24D).

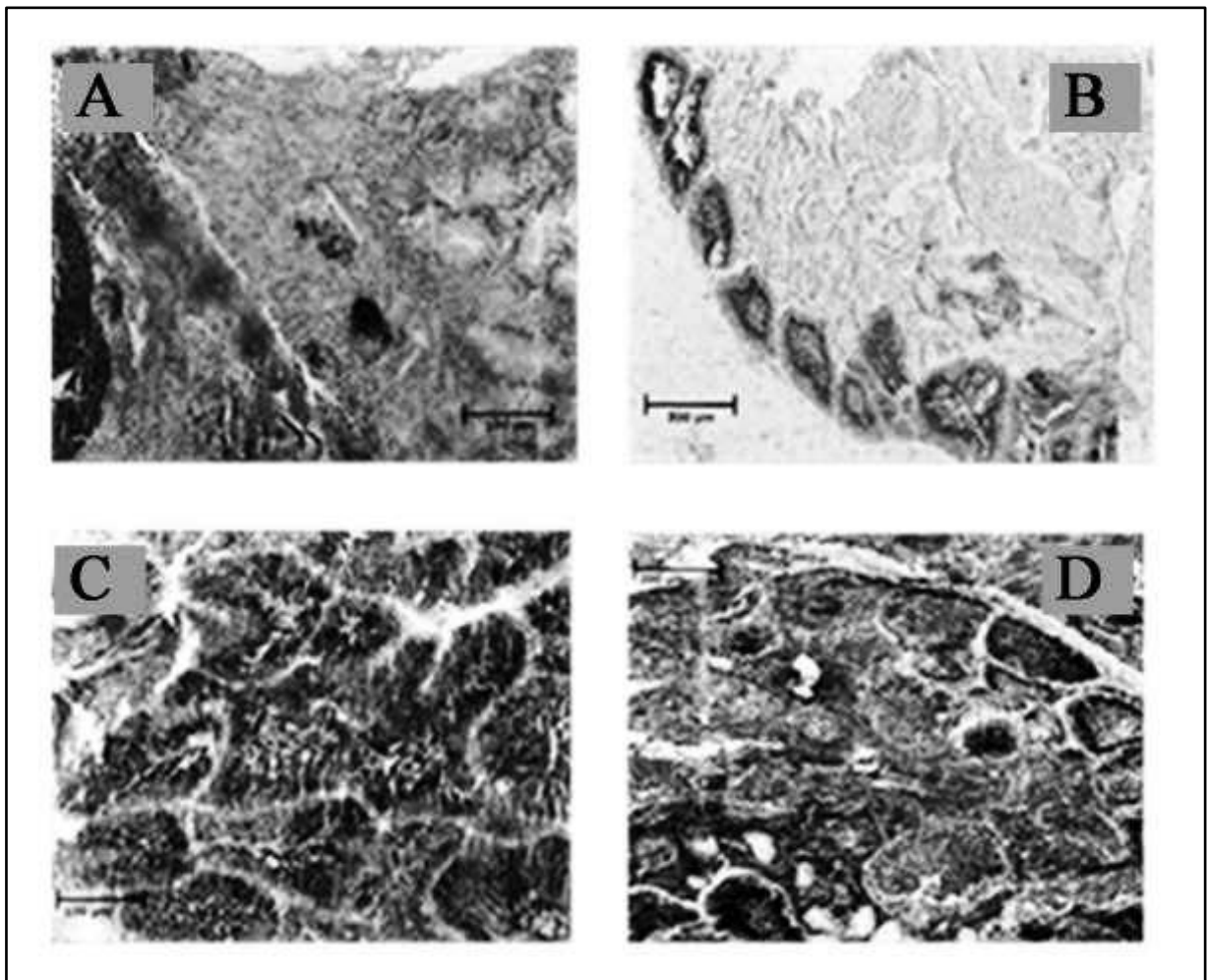


Figura 24. Histología de gónadas de macho de *Mytella guyanensis* donde se muestran las diferentes etapas de madurez.

VIII. DISCUSIONES

El cultivo de moluscos en México es una actividad que ha tomado gran impulso en las últimas décadas, sin embargo este ha sido enfocado básicamente a la ostricultura (FAO, 2012). En México, singularmente en el estado de Baja California el cultivo de mejillón solo se ha centrado a una sola especie, *M. galloprovincialis* (Maeda-Martínez, 2008). Por lo tanto, este es el primer estudio que se realiza en el noroeste de México con la especie *Mytella guyanensis* y la primera vez que se trabaja con el cultivo de mejillón en el estado de Sonora. En el cual se relaciona el crecimiento en base a las variaciones de los parámetros ambientales que se presentaron durante el tiempo de pre-engorda.

En el cultivo de moluscos bivalvos, uno de los factores más importantes es la calidad del agua ya que en esta se encuentran distintos factores que pueden ejercer acciones y efectos en los organismos, estos a su vez influyen sobre el crecimiento y la reproducción (Castelló-Orvay, 1993). Durante la pre-engorda de *Mytella guyanensis* el comportamiento de la temperatura siguió un comportamiento estacional tal como lo menciona Grijalva-Chon et al. (1996), ya que las temperaturas más bajas se presentaron en diciembre (invierno) y las más altas en abril (primavera).

La temperatura del agua fue muy importante durante el cultivo de estos organismos ya que se sabe que se encuentra altamente ligada al oxígeno disuelto, esto se debe a que es un gas y sus concentraciones en el agua tienden a aumentar o disminuir con la temperatura prevaleciente, por lo cual es común observar que entre más baja es la temperatura del agua mayor es el nivel de oxígeno y viceversa (Colt, 1983). Los niveles de oxígeno disuelto (OD) que se presentaron en la laguna costera La Cruz corroboran lo antes mencionado ya que los niveles de OD presentaron un comportamiento inverso a la temperatura. Según Leal-Soto (2010) los niveles bajos de OD se pueden deber a las condiciones de marea baja y a la temperatura las cuales pueden llevar a condiciones de hipoxia. Debido a esto el cultivo de *Mytella guyanensis* se encontró sometido a un gran estrés.

En cuanto a la salinidad del agua en La Cruz, varió entre los 36.8 y los 40.6 ‰. Este comportamiento está dentro de los rangos normales del sitio según Grijalva-Chon et al. (1996). Estas variaciones se deben a los distintos procesos que ocurren en este cuerpo de agua

y que estos a su vez propician que la laguna presente condiciones hipersalinas. Las mareas, la temperatura y la evaporación son las que influyen altamente en las variaciones de la salinidad (Leal-Soto, 2010).

Durante los monitoreos de las variaciones tanto en los diurnos como en los nocturnos se pudo observar que La Cruz experimenta tanto condiciones totalmente marinas cuanto la marea se encuentra en sus picos más altos y por el contrario hipersalinas cuando esta se encuentra baja. Según Castillo-Durán (2007) y Moreno et al. (2005), la hipersalinidad de la laguna La Cruz está altamente asociada a que esta se encuentra en una región semi-árida en la cual las tasas anuales de evaporación (≈ 2900 mm) están por encima de las tasas de precipitación (122 mm) a eso aunado que las lluvias que son bastante escasas, son la única entrada de agua dulce a la laguna ya que no posee descarga de ríos (Grijalva-Chon et al., 1996).

El pH del agua durante el cultivo se mantuvo dentro de un rango de entre 7.45 a 8.46 unidades. Lo cual indica que gracias a la presencia de carbonatos el agua llegó a tener un equilibrio hacia condiciones de alcalinidad. La variación que se pudo observar del pH del agua durante el cultivo tanto en las mediciones diurnas como nocturnas probablemente se deban a los procesos biológicos como la respiración tanto de plantas como de animales (Leal-Soto 2010).

Los valores promedio resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos de T°C: 14.75 a 22.01; S‰: 36.8 a 40.6; OD: 5.52 a 11.54 mg/L; pH: 7.45 a 8.46 y biológicos de Clorofila *a*: 1.70 a 3.99 mg/m³ del presente estudio son comparables, con los resultados obtenidos en los monitoreos que realizaron Castro-Longoria y Grijalva-Chon (1991), en la laguna La Cruz. Otros estudios realizados en la laguna La Cruz fueron los de Barraza-Guardado y Atilano-Silva (1999) y Barraza-Guardado et al. (2009), en los cuales registraron la calidad del agua durante un año con mediciones semanales en el sitio donde se colocó la siembra del mejillón. Estos estudios les arrojó rangos de temperatura de 13.0 a 33.0 °C, salinidad de 36 a 41‰, oxígeno disuelto de 2.0 a 8.3 mg/L y pH de 7.7 a 8.9. La laguna costera La Cruz es considerada dentro de las principales zonas para llevar a cabo el cultivo de bivalvos en el Estado de Sonora, ya que según IAES (2007), la calidad de agua es adecuada, con rangos de temperatura de 13.2 a 32.4 °C, salinidad de 37.0 a 40.3, oxígeno disuelto de 3.2 a 8.3 mg/L y pH de 8.1 a 9.6.

Dentro de los registros de SST, MIP y MOP en la laguna costera La Cruz se pueden observar algunas variaciones, esto se debe a que se ven afectadas por las mareas. Dentro de las variaciones, tanto diurnas como nocturnas, se pudo observar que los valores más bajos se registraron durante la marea alta y los altos durante la marea baja, por lo cual esto indicó que en el mismo día se registraron niveles muy altos y bajos. Como es de esperarse durante las mareas bajas, los sólidos tendieron a concentrarse lo que provocó que los niveles se elevaran, por otra parte cuando la marea subía las condiciones marinas predominaron con agua transparente lo que llevó a que los niveles de sólidos registrados fueran bajos.

Debido a que los fondos lodosos son predominantes en La Cruz, estos favorecen la resuspensión de los sólidos debido a los efectos de corrientes de marea y del viento (Leal-Soto, 2010), se presentó un porcentaje proporcional de MIP de los SST de 85% lo que indica una gran presencia de sólidos inorgánicos.

Los valores obtenidos de seston por Barraza-Guardado y Atilano-Silva (1999) y Barraza-Guardado et al. (2009), en la laguna costera La Cruz, son similares a los obtenidos en el presente estudio con valores para los SST de 13.25 a 89.9 mg/L y para MOP de 1.88 a 12.86 mg/L. También en otro estudio realizado por IAES (2007), en el mismo sitio arrojó un rango de SST de 100 a 200 mg/L, para MOP de 26.3 a 41.2 mg/L y para MIP de 133.7 a 197.1 mg/L. Respecto a los valores obtenidos en el presente estudio de SST fueron de 36.98 a 83.16 mg/L para MOP de 5.80 a 14.66 mg/L.

Dentro de la MIP y la MOP se encuentra el alimento natural necesario para el crecimiento y supervivencia de los moluscos bivalvos durante su pre-engorda, por lo cual la relación MIP/MOP puede explicar el efecto de los sólidos sobre estos organismos ya que su variación en cantidad y calidad puede influir dentro de su crecimiento según Leal-Soto (2010).

Se encontró que en La Cruz la relación MIP/MOP es alta (5.63 ± 0.43 mg/L). Uno de las determinantes que establece un balance energético positivo es la cantidad de material inorgánico particulado (MIP) en relación al material orgánico particulado (MOP) (Wallace y Reinsnes, 1985). En situaciones cuando la MOP se presenta en proporciones bajas en comparación con la MIP, la MOP tiende a ser absorbida con menor eficiencia (Velasco y Navarro, 2003).

En el cultivo de ostión realizado por Castillo-Durán (2007), en la laguna Las Guásimas, Sonora, demostró que la relación MIP/MOP fue >4 , a excepción de agosto y

septiembre lo que se podría decir que fue una reducción en el valor nutritivo del seston cuando la relación fue superior a 4. En cultivos de *C. gigas* se ha observado que este bivalvo rechaza selectivamente MIP, esta capacidad de clasificar tiende a disminuir cuando las cargas de seston inorgánico son mayores a 160 mg/L (Barillé et al., 1997), por lo cual deja de alimentarse. Con base a esto último, el crecimiento de *Mytella guyanensis* posiblemente se debió a la cantidad de sólidos presentes en este ambiente.

Broom y Mason (1978) y Wallace y Reinsnes (1985), indican que las concentraciones de clorofila *a*, seston y la relación MIP/MOP, son indicadores de la disponibilidad de alimento para los moluscos bivalvos. En lo que respecta a las concentraciones de clorofila *a* en La Cruz durante el periodo de pre-engorda de *Mytella guyanensis*, presentaron valores positivos los cuales oscilaron entre 1.70 a 3.99 mg/m³, los datos obtenidos en este estudio son similares a los obtenidos por Barraza-Guardado y Atilano-Silva (1999) y Barraza-Guardado et al. (2009).

Según Arroyo y Marin (1998), es común en los moluscos presentar un crecimiento acelerado. Sibaja y Villalobos (1986), realizaron un análisis con organismos de *Mytella guyanensis* y concluyeron que esta especie posee un crecimiento activamente en los primeros doce meses de vida, pero en general a los 20 meses alcanza su longitud asintótica.

En el presente trabajo *Mytella guyanensis* durante la pre-engorda de 6 meses registró un incremento mensual de LT aproximadamente de 1.68 mm y para AT un incremento promedio de 0.92 mm. El peso fresco total (PFT) se registró con un incremento promedio mensual en el cultivo de 0.41g.

Trabajos anteriormente asociados con el cultivo de *Mytella guyanensis* en nuestro país no se han llevado a cabo, sin embargo, Arroyo y Marin (1998), realizaron un estudio con *Mytella guyanensis* en las costas de Isla de Chira en Costa Rica, el cual duró 343 días de los cuales tres de los meses fueron destinados para la recolección y desarrollo de semilla y nueve para la pre-engorda y desove. Los autores realizaron una siembra aproximada de 675 juveniles por balsa con un promedio de LT de 19.41 mm y un peso promedio de 0.79 g. El incremento en peso y longitud promedio individual fue respectivamente de 0.73 ± 0.54 g/mes y de 3.62 ± 3.02 mm/mes, obteniendo un tamaño y peso al final del cultivo de 44.4 mm y 8.7 g/mejillón cultivado.

Los bivalvos más jóvenes crecen más rápido convirtiendo toda la energía disponible en crecimiento somático, pero con el incremento en la talla existe una gradual transferencia del

crecimiento somático a la reproducción, así que en los animales más grandes la energía (>90%) es utilizada en la síntesis de gametos (Gosling, 2003). Sibaja (1986) realizó un estudio la madurez sexual de *Mytella guyanensis* en el cual utilizó un muestreo estratificado de 388 especímenes, en base a los resultados obtenidos en ese estudio registró que su madurez sexual inicia cuando la concha tiene entre los 30 y 35 mm que corresponde al quinto mes de vida.

Comparando los registros de Sibaja (1986), con los datos obtenidos en el presente estudio podemos inferir que son similares ya que fue en enero del 2010 cuando se pudo apreciar la madurez temprana de las hembras y en febrero del 2010 inicio la gametogénesis tanto en hembras como en machos. Esto también concuerda con Cruz y Villalobos (1993), ya que mencionan que *Mytella guyanensis* efectúa varios desoves durante el año, sin embargo, los más importantes se presentan en los periodos de agosto a septiembre y de febrero a abril. Esto probablemente se deba a la temperatura ya que es un factor exógeno de mayor influencia en la gametogénesis en bivalvos, sin embargo, en muchas especies, el alimento, más que la temperatura, es el principal factor más determinante en el inicio de ésta; esto es lógico, ya que el proceso es demandante de energía y por lo tanto depende del alimento disponible, de las reservas de energía almacenadas o de ambas (Chávez-Villalba et al., 2002).

La especie *Mytella guyanensis* podría ser afectada también por efectos de las corrientes de mareas lo cual ocasiona movimientos de sedimentos o periodos largos de exposición, estas situaciones adversas para los juveniles resultan ser desfavorables.

IX. CONCLUSIONES

El cultivo de pre-engorda realizado de *Mytella guyanensis* en la laguna La Cruz, se pudo observar con éxito durante los seis meses posteriores a la obtención de la semilla. Esto debido a que las condiciones de parámetros biológicos (disposición de alimento) y parámetros fisicoquímicos propician un lugar adecuado para el desarrollo de este animal. Por ende las primeras maduraciones gonádicas de *Mytella guyanensis* lograron ser observadas en los meses de enero del 2010, a los nueve meses de edad.

Dentro de las variables fisicoquímicas que presentó una correlación con el crecimiento de *Mytella guyanensis* fue la temperatura, esto debido a que los parámetros fisicoquímicos como lo es la temperatura en este caso, en la laguna La Cruz tienden a tener altas fluctuaciones en los meses cálidos.

Mytella guyanensis es una alternativa viable para cultivo, ya que la tasa de crecimiento que presentó durante este estudio es prometedora. Sin embargo, las condiciones de exposición a tiempo de desecación y las altas temperaturas en verano, hacen que el cultivo en la laguna La Cruz presente algunas dificultades.

X. RECOMENDACIONES

Realizar más investigaciones acerca del cultivo de *Mytella guyanensis* en distintos ambientes costeros, presentes en el estado de Sonora.

Considerar los métodos de cultivo a mar abierto de *Mytella guyanensis*, con las que se puedan integrar a las zonas costeras de Sonora, México, como áreas de producción de acuicultural de estos organismos.

XI. LITERATURA CITADA

- Ángel-Pérez, C., S. J. Serrano-Guzmán y M. A. Ahumada-Sempual. 2007. Ciclo reproductivo del molusco *Atrina maura* (Pterioidea: Pinnidae) en un sistema lagunar costero, al sur del Pacífico tropical mexicano. *Revista Biología Tropical* 55(3-4):839-852.
- Arroyo M. D. y A. B. Marin. 1998. Crecimiento de *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) en balsas flotantes. *Revista Biología Tropical* 46(6):21-26.
- Baqueiro-Cárdenas, C. E. 1984. Status of molluscan aquaculture on the Pacific coast of Mexico. *Aquaculture* 39:83-93.
- Baqueiro-Cárdenas, E. R., L. Borabe, C. G. Gold-Arancena-Islas y J. Rodríguez-Navarro. 2007. Los moluscos y la contaminación. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:1S-7S.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther y M. O. McLarney. 1972. *Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organism*. Wiley Interscience. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Barillé, L., J. Prou, M. Héral y D. Razet. 1997. Effects of high natural seston concentration on the feeding selection, and absorption of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 212:149-172.
- Barnes, R. D. y E. E. Ruppert. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. McGraw-Hill Companies, Inc. México, D. F.
- Barraza-Guardado, R. H. y H. M. Atilano-Silva. 1999. Estudio sobre la calidad biológica y fisicoquímica del agua de mar utilizada para la pre-engorda de semilla comercial de moluscos bivalvos en el centro reproductor de especies marinas del estado de Sonora (CREMES) en Bahía de Kino, Sonora. *Informe Técnico Final*. 100. Clave DICME96-04I. DICTUS-UNISON-Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora.
- Barraza-Guardado, R. H., J. Chávez-Villalba, H. M. Atilano-Silva y F. J. Hoyos-Cháirez. 2009. Seasonal variation in the condition index of Pacific oyster postlarvae (*Crassostrea gigas*) in a land-based nursery in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research* 40:118-128.
- Barraza-Guardado, R. H., J. A. Arreola-Lizárraga, M. A. López-Torres, R. Casillas-Hernández, A. Miranda-Baeza, C. Ibarra-Gámez, y F. Magallón-Barrajas. 2013.

- Effluents of Shrimp Farms and Its Influence on the Coastal Ecosystems of Bahía de Kino, Mexico. Hindawi Publishing Corporation doi:10.1155/2013/306370.
- Beauperthuy, I. 1967 Los mitílidos de Venezuela (Mollusca: Bivalvia). Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela 6:7-115.
- Bolaños-Blanco, J. 1988. Estudio preliminar sobre el comportamiento del mejillón *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae), en un parque fijo y una estructura flotante en la isla Chira, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Escuela de Biología. San Pedro Montes de Oca, Costa Rica.
- Brusca, R. C., 1973. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. Estados Unidos de América.
- Broom, M. J. y J. Mason. 1978. Growth and spawning of the pectinid *Chlamys opercularis* in relation to temperature and phytoplankton concentration. Marine Biology 47:277-285.
- Cariño, M. y M. Monteforte. 1995. History of pearling in the Bay of La Paz, South Baja California, México (1533-1914). Gems & Gemology 31:88-108.
- Carranza, A. M., E. Gutiérrez y R. Rodríguez. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. UNAM 2(1):81-88.
- Castelló-Orvay, F. 1993. Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universidad de Barcelona. Barcelona España.
- Castillo-Durán, J. A. 2007. Influencia de la variabilidad ambiental de una laguna costera semiárida subtropical en el desarrollo de los ostiones, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) y *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951), bajo condiciones de cultivo. Tesis de Maestría. DICTUS, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora. México.
- Castro-Longoria, R. y J. M. Grijalva-Chon. 1991. Variabilidad espacio-temporal de nutrientes y seston en la laguna costera La Cruz, Sonora. Ciencias Marinas 17:83-97.
- Ceccherelli, V. U. y R. Rossi. 1984. Settlement, growth and production of mussel *Mytilus galloprovincialis*. Marine Ecology Progress Series 16:173-184.
- Chávez-Villalba, J., J. Pommier, J. Adriamisez, S. Pouvreau, J. Barret, J. C. Cochard y M. Le Pennec. 2002. Broodstock conditioning of the oyster *Crassostrea gigas*: origin and temperature effect. Aquaculture 214:115-130.
- Coll, M. J. 1983. Acuicultura marina animal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. España.

- Colt, J. E. 1983. The computation of dissolved gas levels as a function of temperature, salinity, and pressure. *Water Research* 17:841–849.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca. México D. F.
- COMEPESCA (Consejo Mexicano de Promoción de los Productos Pesqueros y Acuícolas), 2014. ¿Quiénes somos? comepesca.com.mx. Consulta junio 9, 2014. (<http://comepesca.com.mx/quienes-somos/>).
- Cruz R. A. y C. R. Villalobos. 1993. Shell length at sexual maturity and spawning cycle of *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) from Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 41:89-92.
- FAO. 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental, Vol. 1 Plantas e Invertebrados. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma, Italia.
- Flores, C. 1972. La maricultura y su futuro en Venezuela. *Laguna, Instituto Oceanográfico, Universidad Oriente* (30):43-56.
- Glude, J. 1981. The potential for mollusc farming in Costa Rica; A report to the aquaculture development and coordination program of FAO. Glude aquaculture consultants Inc. San José, Costa Rica.
- González-Corona, M. E. 2003. Estudio de la fisiología reproductiva y gametogénesis del Callo de Hacha, *Atrina maura*, (Sowerby, 1835). Tesis de maestría. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Grijalva-Chon, J. M. y R. H. Barraza-Guardado. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del género *Penaeus* Bahía Kino y laguna La Cruz, Sonora, México. *Ciencias Marinas* 18:153-169.
- Grijalva-Chon, J. M., S. Nuñez-Quevedo, y R. Castro-Longoria. 1996. Ictiofauna de la laguna costera La Cruz, Sonora, México. *Ciencias Marinas* 22:129-150.

- Gosling, E. 2003. Bivalve Molluscs. Biology Ecology and Culture. Blackwell Publishing. Estados Unidos de América.
- Helm, M. M.; N. Bourne y A. Lovatelli. 2006. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 471.FAO, Roma, Italia.
- Howard, D. W. C. y C. S. D. Smith. 1983. Histological techniques for marine bivalve mollusks. NOAA Technical memorandum. NMFS-F/NEC-25. U. S. Department of commerce. Woods Hole, Massachusetts, Estados Unidos de América.
- IAES (Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora). 2007. Determinación de agentes causales de mortalidad en los cultivos del ostión japonés *Crassostrea gigas* de las costas de Sonora. Informe Técnico Final UNISON-CIBNOR-CIAD-CEDO-CESUES-COSAES.
- INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad), 1999. *Mytella guyanensis*. <http://www.inbio.ac.cr/>. Consulta noviembre 5, 2013. (<http://darnis.inbio.ac.cr/ubis/FMPro?-DB=UBIPUB.fp3&-lay=WebAll&-error=norec.html&-Format=detail.html&-Op=eq&id=462&-Find>).
- Labarta, U. 2004. El Mejillón, un Paradigma Bioeconómico. Editorial Galaxia, Vigo, España.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. 182-215p. En: Wiley, M. (Eds.). Estuarine Processes, Academic Press Inc., Nueva York, Estados Unidos de América.
- (Leal-Soto, S. D. 2014. Comunicación personal. Segundo Foro Internacional de Moluscos Bivalvos. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México).
- Leal-Soto, S. D. 2010. Cultivo experimental del callo de hacha, *Atrina maura* (Sowerby, 1835) en dos ambientes ecológicos de la costa de Sonora, México. Tesis de licenciatura. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Madrigal, A. E. 1979. Algunos moluscos marinos de importancia comercial del litoral Pacífico costarricense. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. Biología Marina Pesquera 5:11.
- Maeda-Martínez, A. N. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. 91-100 p. En: A. Lovatelli, A. Farias e I. Uriarte (Eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en

- América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. N°. 12. Roma, FAO.
- Meglitsch, P. A. 1978. Zoología de Invertebrados. H. Blume Ed. Madrid, España.
- Menzel, W. 1990. Estuarine and Marine Bivalve Mollusk Culture. CRC Press. Boca Raton, Florida, Estados Unidos de América.
- Moreno, C. J. Torre, L. Bourillón, M. Durazo, A. H. Weaver, R. Barraza y R. Castro. 2005. Estudio y evaluación de la pesquería de callo de hacha (*Atrina tuberculosa*) en la Región de Bahía de Kino, Sonora y Recomendaciones para su Manejo. Comunidad y Biodiversidad, A.C. Reporte interno.
- Ortíz-Pérez, M.A. y G. De la Lanza-Espino. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: Un inventario regional. Geografía para el Siglo XXI. Serie Textos Universitarios No. 3. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F.
- Tirado-Narváez, C. y J. C. Macías-Rivero. 2007. Cultivo de mejillón. Aspectos generales y experiencias en Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía, España.
- Parsons, T.R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. A Manual Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Sibaja, W. G. 1986. Madurez sexual en el mejillón chora *Mytella guyanensis* Lamark, 1819 (Bivalvia: Mytilidae) del manglar en Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 34(2):231-236.
- Sibaja, W. G. y C. R Villalobos. 1986. Crecimiento del Mejillón Chora *Mytella guyanensis* L. (Bivalvia: Mytilidae), en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 34:151-155.
- Porto-Romero, M. 1975. Estudio de la situación de los tres sectores económicos del mejillón. Sociedad Mejillonera de Galicia. España.
- Strickland, J. D. H. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Second Edition. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canadá.
- Uyan, O. y O. Aral. 2000. A study on the possibilities of obtain larva from native oysters (*Ostrea edulis* L.) living in the Black sea and larval metamorphosis stage. Turkish Journal of Zoology 24:345-350.

- Velasco, L. A. y J. M. Navarro. 2003. Energetic balance of infaunal (*Mulinia edulis* King, 1831) and epifaunal (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854) bivalves in response to wide variations in concentration and quality of seston. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 296:79-92.
- Wallace J. C. y T. G. Reinsnes. 1985. The significance of various environmental parameters for growth of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (Pectinidae), in hanging culture. *Aquaculture* 44:229-242.