

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
CON ORIENTACIÓN EN ACUICULTURA**

**ASENTAMIENTO Y DISPERSIÓN DE *Mytilus galloprovincialis* Y *Mytilus californianus* EN
CONDICIONES NATURALES Y DE LABORATORIO**

**TESIS
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL
GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS**

**PRESENTA:
SERGIO CURIEL RAMÍREZ GUTIÉRREZ**

ENSENADA BAJA CALIFORNIA, MÉXICO, OCTUBRE DE 2005.

TESIS DEFENDIDA POR:

SERGIO CURIEL RAMÍREZ GUTIÉRREZ

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dr. Jorge Abelardo Cáceres Martínez

Director del Comité

Dr. Miguel Ángel del Río Portilla

Miembro del comité

Dra. Carmen Paniagua Chávez

Miembro del comité

Dr. Carlos Robles

Miembro del Comité

Dr. Facundo Márquez Rocha

Coordinador del Programa de Posgrado
en Acuicultura y Biotecnología Marina

Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla

Director de Estudios de Posgrado

3 DE OCTUBRE 2005

Resumen de la tesis de **SERGIO CUIEL RAMÍREZ GUTIÉRREZ**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de **DOCTOR EN CIENCIAS** con orientación en **ACUICULTURA**. Ensenada, Baja California, México. Octubre de 2005.

Asentamiento y dispersión de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en condiciones naturales y de laboratorio.

Aprobado por:

Dr. Jorge A. Cáceres Martínez

Director de Tesis

La competencia interespecífica entre *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* durante el asentamiento y dispersión ha sido muy poco estudiada. Para conocer esta competencia se estudió el ciclo reproductivo, el asentamiento, la dispersión, el crecimiento diario, la presencia, ausencia y características del filamento mucoso de contacto (FMC), el grosor de las conchas y las velocidades de hundimiento de ambas especies. El ciclo reproductivo se estudió mediante la estereología cuantitativa, mientras que el asentamiento se determinó usando colectores artificiales. El estudio de crecimiento se realizó en laboratorio en donde también se realizaron las pruebas sobre el filamento mucoso de contacto. Para determinar el grosor de las conchas, se utilizó un microscopio electrónico de barrido. El cálculo de la velocidad de hundimiento se realizó en un tubo de acrílico vertical. Los resultados indicaron que el periodo de desove más importante de *M. galloprovincialis* se presentó de diciembre a enero y el de *M. californianus* se presentó de febrero a junio. El mayor asentamiento en el área de cultivo se registró en la profundidad de 2 m y el menor asentamiento en la profundidad de 18 m. Enero fue el mes de mayor asentamiento (99 318 mejillones). El asentamiento más abundante en enero (99.95 %) y febrero (96.61 %) perteneció a mejillones recién asentados. *M. galloprovincialis* registró el asentamiento más abundante tanto en enero (93.37) como en febrero (88.13 %), por lo que fue la especie predominante. Las relaciones al ápice dorsal registradas entre las especies fueron diferentes y no existió un traslape entre ellas. Las postlarvas de 500 μm registraron un crecimiento de 47.57 y 10.93 $\mu\text{m d}^{-1}$ para *M. galloprovincialis* y *M. californianus* respectivamente. La longitud máxima del FMC de *M. galloprovincialis* se registró en la talla de 1.05 mm y dejó de producir el FMC en mejillones >2.25 mm. *M. californianus* registró su máxima longitud del FMC en la talla de 1.35 mm y dejó de producirlo en las tallas >3.90 mm. Los grosores de la concha de *M. californianus*, fueron mayores que las de *M. galloprovincialis*. Las velocidades de hundimiento registradas en *M. galloprovincialis* en estado activo fueron mayores que las registradas en *M. californianus*, pero sucedió lo contrario con los mejillones inactivos y muertos. Los coeficientes de fricción en los tres estados de actividad decrecieron conforme aumentó la talla de los mejillones de las dos especies, pero éstos fueron mayores en *M. californianus* que en *M. galloprovincialis*. El aumento relativo de la

fricción fue mayor en las tallas pequeñas y disminuyó en las tallas grandes. Las diferencias en el ciclo reproductivo, en el asentamiento, en las velocidades de crecimiento, en el largo y la producción de los FMC, en los grosores de las conchas y en las velocidades de hundimiento, dan como resultado una coexistencia en la cual *Mytilus galloprovincialis* resulta dominante. Por otro lado, se propone establecer que el término de la producción del FMC en los mejillones de estas especies se considere como un criterio anatómico funcional para establecer el término del estado postlarvas y el inicio del estado juvenil. Además con el fin de mejorar la captación de semillas del medio natural en la zona de cultivo se propone que los productores de mejillón incrementen la longitud de las cuerdas colectoras de 7m a 16 m, ya que este aumento significaría captar en promedio un 34.58 % más de semillas de *M. galloprovincialis* por colector, lo cual repercutiría en una mayor producción.

Palabras Claves: Asentamiento, dispersión, coexistencia, *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilus californianus*.

Abstract of the thesis by **SERGIO CUIEL RAMIREZ GUTIERREZ**, presented as a partial requirement for obtaining the degree of **DOCTOR IN SCIENCE** with orientation in **AQUACULTURE**. Ensenada, Baja California, Mexico. October 2005.

Settlement and dispersion of *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus californianus* under natural and laboratory conditions.

Approved by:

Dr. Jorge A. Cáceres Martínez

Thesis Director

The interspecies competition between *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus californianus* during settlement and dispersion has been seldom studied. In order to understand this competition, the reproductive cycle, settlement, dispersion, daily growth, presence, absence and characteristics of the contact mucous filament (CMF), the shell width and sinking velocity of both species were studied. The reproductive cycle was studied through quantitative stereology, while settlement was determined using artificial collectors. The growth study and tests over the contact mucous filament were carried out done in the laboratory. The calculation of the sinking velocity was done in a vertical acrylic tube. The results indicated that the most important spawning season for *M. galloprovincialis* was from December to January and for *M. californianus* from February to June. The greater settlement in the culture area was recorded in the 2 m depth and the least settlement in the 18 m. January was the month of greater settlement (99 318 mussels). The most abundant settlement on January (99.95 %) and February (96.61 %) belonged to recently settled mussels. *M. galloprovincialis* recorded the most abundant settlement both in January (93.37 %) an in February (88.13 %), so it was the most abundant species. The ratios to the dorsal apex recorded between the species were different and no overlapping occurred between them. The 500 μm postlarvae recorded a growth of 47.57 and 10.93 $\mu\text{m d}^{-1}$ for *M. galloprovincialis* and *M. californianus*, respectively. The maximum length of the CMF of *M. galloprovincialis* was recorded in the 1.05 mm size and it no longer produced the CMF in mussels > 2.25 mm. *M. californianus* recorded its maximum length for CMF in the 1.35 mm size and it no longer produced it in the > 3.90 mm size. *M. californianus* shell widths were greater than those of *M. galloprovincialis*. The sinking velocities recorded for *M. galloprovincialis* in active state were greater than those recorded for *M. californianus*, but the contrary occurred with inactive and dead mussels. The friction coefficients in the three activity states decreased as the size of mussels increased, but these were greater in *M.*

californianus than in *M. galloprovincialis*. The relative increment of friction was greater in the small mussel sizes and decreased in the large sizes. The differences in the reproductive cycle, in the settlement, in the growth velocities, in length and in production of CMF, in shell widths and in sinking velocities, result in a coexistence in which *Mytilus galloprovincialis* is dominant. On the other hand, it is proposed that the end of CMF production in the mussels of these species can be considered as a functional anatomic criterion for establishing the end of postlarval stages and the beginning of the juvenile stage. Besides, with the objective of improving the collection of seeds from the natural environment in the culture zone, it is proposed that mussel producers increase the length of the collecting ropes from 7 m to 16 m, since this increase would represent an average collection of 34.58 % more seeds of *M. galloprovincialis* per collector, which would reflect a greater production.

Key Words: Settlement, dispersion, coexistence, *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilus californianus*.

DEDICO ESTA TESIS

A MI ESPOSA KARLA HORTA POR TODO EL APOYO, LA AYUDA Y LA COMPRENSIÓN QUE ME HAS BRINDADO DURANTE ESTOS CUATRO AÑOS QUE HEMOS CAMINADO JUNTOS EN LA VIDA.

A MIS PADRES POR TODO SU APOYO INCONDICIONAL, DURANTE ESTOS 32 AÑOS DE VIDA.

AL ING. MARCIANO MORENO ROMERO (QEPD) QUIEN CON SU AYUDA Y CONSEJOS ME ENSEÑO A SEGUIR ADELANTE Y ALCANZAR LAS METAS.

A TODOS AQUELLOS QUE LUCHAN POR ALCANZAR UNA META, RECUERDEN QUE “LO IMPOSIBLE NI EN LA CABEZA DE LOS NIÑOS CABE”.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge Cáceres Martínez, que en lugar de ser un Director de tesis, es un amigo y ejemplo a seguir, así como al proyecto interno del CICESE 623106 en el cual se desarrollo este trabajo.

A mis Sinodales por todos los consejos brindados para mejorar la Tesis.

Al Dr. Carlos Robles y a Catalina Hernández de la Universidad Estatal de California en Los Ángeles, por enseñarme la técnica de identificación morfométrica de los mejillones.

Al Dr. Miguel Ángel del Río Portilla y a la M en C. Marisela Aguilar del CICESE, por enseñarme y ayudarme con la identificación de los mejillones utilizando la técnica de electroforesis.

A la M. en C. Yanet Guerrero Renteria, a Luis M. Castro y Antonia del Carmen Arrásate por su ayuda en la separación, conteo e identificación de los mejillones presentes en los colectores.

Al CONACYT por el apoyo económico durante los estudios del Doctorado.

A Sergio Guevara de la Empresa Acuicultura Oceánica, así como a su equipo técnico por todo el apoyo durante los meses de muestreo en la zona de cultivo.

A todos los que pertenecemos al Laboratorio de Patología de Moluscos Bivalvos del departamento de Acuicultura, por todos los momentos compartidos en las buenas y en las malas.

ÍNDICE

	Página
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.- Competencia entre organismos.....	1
I.2.- Competencia intraespecífica.....	1
I. 3.- Competencia interespecífica.....	2
I. 4.- Resultados de la competencia interespecífica.....	3
I. 5.- Características generales de los mejillones.....	8
I. 6.- Procesos de asentamiento y metamorfosis.....	10
I. 7.- Importancia del asentamiento.....	16
I. 8.-Identificación de mejillones en estadios tempranos.....	18
I. 9.- Justificación del trabajo.....	19
II.- OBJETIVO GENERAL.....	22
II.1.- Objetivos Particulares.....	22
III.- ÁREAS DE ESTUDIO.....	23
IV.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
IV.1.- Ciclo reproductivo de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i>	25
IV.2.- Asentamiento de los mejillones en las estaciones, profundidades y meses de estudio.....	25
IV.3.- Distribución de tallas de los mejillones asentados.....	27
IV.4.- Identificación y cuantificación de los mejillones asentados.....	28
IV.5.-Crecimiento diario de <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus galloprovincialis</i> en laboratorio.....	28
IV.6.- Presencia y longitud del filamento mucoso de contacto.....	30
IV.7.- Grosor de las conchas de <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus galloprovincialis</i>	31
IV.8.- Comportamiento y velocidad de hundimiento de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> en laboratorio.....	32
V.- RESULTADOS.....	35
V.1.- Ciclo reproductivo de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i>	35
V.2.- Asentamientos de los mejillones en las estaciones, profundidades y meses de estudio.....	35
V. 3.- Distribución de tallas de los mejillones asentados.....	36
V.4.- Identificación y cuantificación de los mejillones asentados.....	44
V.5.- Crecimiento diario de <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus galloprovincialis</i> en laboratorio.....	56
V.6.- Presencia y longitud total del filamento mucoso de contacto.....	58

V.7.- Grosor de las conchas de <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus galloprovincialis</i> ..	60
V.8.- Comportamiento y velocidad de hundimiento de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> en laboratorio.....	63

Índice (continuación)

	Página
VI.- DISCUSION.....	69
VI.1.- Ciclo reproductivo de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i>	69
VI.2.- Asentamiento de los mejillones en las estaciones, profundidades y meses de estudio.....	72
VI.3.- Distribución por tallas de los mejillones asentados.....	74
VI.4.- Identificación y cuantificación de los mejillones asentados.....	75
VI.5.- Crecimiento diario de <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus galloprovincialis</i>	77
VI.6.- Presencia y longitud total del filamento mucoso de contacto.....	81
VI.7.- Grosor de las conchas de <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus galloprovincialis</i> .	83
VI.8.- Comportamiento y velocidad de hundimiento de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> en laboratorio.....	84
VII.- CONCLUSIONES.....	89
VIII.- RECOMENDACIONES.....	92
IX.- LITERATURA CITADA.....	94
X.- APÉNDICES.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Nichos fundamentales y realizados que ocupan <i>Mytilus californianus</i> y <i>Mytilus trossulus</i> . A. Nichos observados en la parte norte de la costa de Washington. B. Nichos observados en Vancouver, el sur de Washington y Oregon. Los nichos fundamentales y realizados de <i>M. trossulus</i> se representan por las líneas punteadas negras y los de <i>Mytilus californianus</i> por las líneas sólidas grises. El esquema se realizó con base a la literatura citada.....	6
2. Nichos fundamentales y realizados que ocupan <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> en Santa Bárbara, Isla Catalina, San Diego y Baja California. A. Muestra la distribución en áreas protegidas. B. Muestra la distribución en áreas expuestas. Los nichos fundamentales y realizados de <i>M. galloprovincialis</i> se representan por las líneas punteadas negras y los de <i>Mytilus californianus</i> por las líneas sólidas grises. El esquema se realizó con base a la literatura citada.....	7
3. Diagrama de un corte sagital que muestra la disposición de las glándulas de soporte S ₁ y S ₂ presentes en el pie de un mejillón de 1 mm de longitud. map, músculo aductor posterior; gp, ganglio del pie; eso, esófago; sl, sistema laminar; cpo, conducto posterior; t, talón; cp, conducto del pie; p, pie; dp, depresión del pie. Modificado de Lane <i>et al.</i> (1982).....	11
4. A. Mejillones de 290 y 330 µm de longitud que muestran la localización de la curvatura de la prodisoconcha I (PI) y la separación de los puntos medios de la mancha del pigmento del provinculo lateral de los dientes (PLD). B. Mejillones de 1.666 mm de longitud muestran las medidas usadas en la identificación por especie. La flecha arriba de cada concha indica la localización del ápice dorsal (AD) y la línea media en la concha indica la longitud total (L). Modificado de Martel <i>et al.</i> (1999 y 2000).....	19
5. Localización de las áreas de estudio en Baja California, México.....	24
6. Posición de los sistemas de colectores en la zona de cultivo, de acuerdo con Castro (1987), la flecha negra indica la dirección de la corriente litoral.....	27
7. Sección del corte perpendicular al ápice de las conchas de los mejillones.....	32
8. Histograma de la sumatoria del número de mejillones asentados en los tres colectores de cada estación y profundidad estudiada. (A) enero y (B) febrero.	

(N) número de mejillones registrados en cada estación. (Σ) sumatoria de los mejillones asentados en las tres estaciones..... 36

Lista de figuras (continuación)

Figura	Página
9. Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 1 durante el mes de enero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.....	38
10. Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 2 durante el mes de enero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.....	39
11. Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 3 durante el mes de enero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.....	40
12. Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 1 durante el mes de febrero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.....	41
13. Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 2 durante el mes de febrero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.....	42

Lista de figuras (continuación)		
Figura		Página
14.	Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 3 durante el mes de febrero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.	43
15.	Histograma de la distribución de tallas de larvas recién asentadas y postlarvas en las profundidades y estaciones estudiadas. La barra negra corresponde al mes de enero y la blanca al mes de febrero. N representa el total de mejillones asentados en los colectores. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.....	44
16.	Histograma del número total de mejillones identificados de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> . 0 indica los valores promedios de los porcentajes de los mejillones identificados de las tres estaciones, para cada mes de muestreo.....	46
17.	Intervalos de las relaciones al ápice dorsal de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (Mg) y <i>Mytilus californianus</i> (Mc) obtenidos durante la identificación. Las relaciones al ápice dorsal más grandes pertenecen a <i>M. californianus</i> y las menores a <i>M. galloprovincialis</i>	53
18.	Fotografías de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (izquierda; A-H) y <i>Mytilus californianus</i> (derecha; I-P) identificados utilizando las RAD. Las longitudes de los mejillones fueron: A e I) 0.400 mm. B y J) 0.600 mm. C y K) 1.249 mm. D y L) 1.666 mm. E y M) 1.915 mm. F y N) 2.165 mm. G y O) 2.665 mm. H y P) 3.700 mm. Distancia al ápice (DA). Longitud Total (L).	54
19.	Incrementos de las longitudes registradas en el laboratorio en las diferentes tallas para <i>Mytilus galloprovincialis</i> (■) y <i>Mytilus californianus</i> (●) durante el periodo de estudio. En <i>M. galloprovincialis</i> cada punto representa el incremento promedio de 10 mejillones ± DE y en <i>M. californianus</i> representa el incremento promedio de 13 mejillones ± DE.....	57
20.	Filamento mucoso de contacto (FMC) producido por <i>Mytilus galloprovincialis</i> con talla de 1.332 mm (A) y (B) <i>Mytilus californianus</i> con talla de 1.200 mm...	59

Lista de figuras (continuación)

Figura	Página
21. Longitud del filamento mucoso de contacto (FMC) para <i>Mytilus galloprovincialis</i> (□) y <i>Mytilus californianus</i> (□). Cada línea horizontal representa la longitud promedio de tres FMC, el rectángulo representa el promedio ± EE y las líneas verticales el promedio ± DE.....	60
22. Fotografías de los cortes perpendiculares al ápice hechos a las conchas de <i>Mytilus californianus</i> (izquierda; A-E) y <i>Mytilus galloprovincialis</i> (derecha; F-J), tomadas con un microscopio electrónico de barrido. Las longitudes de las conchas y los aumentos a los que se tomaron las fotografías fueron: A) 0.60 mm y 1500x. B) 0.70 mm y 2000x. C) 1.60 mm y 200x. D) 2.40 mm y 500x. E) 3.70 mm y 500x. F) 0.64 mm y 1500x. G) 0.70 mm y 1500x. H) 1.60 mm y 1500x. I) 2.40 mm y 1500x. J) 3.70 mm y 1000x.....	62
23. Grosor de las conchas de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (●) y <i>Mytilus californianus</i> (■) para cada clase de talla. Cada punto en <i>M. galloprovincialis</i> representa el promedio de seis medidas de una concha ± DE y en <i>M. californianus</i> representa el promedio de cinco medidas de dos concha ± DE. r^2 indica el coeficiente de determinación.....	63
24. Velocidades de hundimiento registradas en las diferentes tallas promedios y estados de actividad. A. <i>Mytilus galloprovincialis</i> . B <i>Mytilus californianus</i> . El triángulo representa a los mejillones activos, el cuadrado a los mejillones inactivos y el círculo a los mejillones muertos. En <i>M. galloprovincialis</i> cada punto representa el promedio de seis mejillones ± DE y en <i>M. californianus</i> representa el promedio de nueve mejillones ± DE.....	66
25. Coeficientes de fricción (CF*) contra el número de Reynolds (Re) registrados durante los experimentos de la velocidad de hundimiento de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (○) y <i>Mytilus californianus</i> (■) para cada estado de actividad y talla. En <i>M. galloprovincialis</i> cada punto representa el promedio de seis CF* ± DE y en <i>M. californianus</i> representa el promedio de nueve CF* ± DE.....	67
26. Distribución del aumento relativo de la fricción (n) contra la talla de los mejillones registrados durante los experimento en las diferentes tallas de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (○) y <i>Mytilus californianus</i> (■). En <i>M. galloprovincialis</i> cada punto representa el promedio de seis mejillones ± DE y en <i>M. californianus</i> representa el promedio de nueve mejillones ± DE.....	68

Figura	Lista de figuras (continuación)	Página
27.	Ciclo reproductivo de los mejillones parecidos a <i>Mytilus edulis</i> a lo largo de la costa oeste de Norteamérica. De acuerdo con las actuales diferenciaciones y distribuciones de los mejillones parecidos a <i>Mytilus edulis</i> , los mejillones que se localizan desde Alaska hasta la parte norte de California fueron considerados como <i>M. trossulus</i> , los mejillones en el norte de California fueron considerados como híbridos entre <i>M. trossulus</i> y <i>M. galloprovincialis</i> , y los mejillones del centro de California hasta Baja California, México fueron considerados como <i>M. galloprovincialis</i> (Soot Ryen 1955, McDonald and Koehn 1988, Koehn 1991, Seed 1992, Suchanek <i>et al.</i> 1997).....	71
28.	Ciclo reproductivo del mejillón de California <i>Mytilus californianus</i> a lo largo de la costa oeste de Norteamérica. La barra más gruesa indica la estación de mayor desove.....	72
29.	Nichos fundamentales y realizados de <i>Mytilus galloprovincialis</i> (●) y <i>Mytilus californianus</i> (●) en las cuerdas de la zona de cultivo de la Bahía de Todos Santos. Los nichos fundamentales y realizados de <i>M. galloprovincialis</i> se representan por las líneas punteadas negras y los de <i>Mytilus californianus</i> por las líneas sólidas grises.....	79
30.	Se ilustra la secuencia del ciclo de vida de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> incluyendo la terminación de la vida postlarval propuesta en esta tesis.....	83

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I. Comparación de la duración de los estadios larvales y postlarvales en especies como los abulones, camarones y erizos	10
II. Estudios realizados del FMC en laboratorio, donde se muestra la velocidad necesaria para suspender un mejillón en la columna de agua (VS), así como la velocidad de hundimiento de mejillones de diferentes tallas (VH).....	12
III. Estudios realizados en Baja California, México sobre la utilización de colectores artificiales para determinar la época de asentamiento de semillas de mitílidos del medio natural.....	17
IV. Intervalos de las tallas de los mejillones observadas en las diferentes estaciones y profundidades durante el período de estudio. En cada estación se resalta la talla máxima registrada de los mejillones en dispersión.....	44
V. Porcentajes de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> identificados para cada profundidad, estación y mes de muestreo.....	45
VI. Longitudes y RAD para la identificación de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> asentados en los colectores de la estación 1 del mes de enero.....	47
VII. Longitudes y RAD para la identificación de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> asentados en los colectores de la estación 2 del mes de enero.....	48
VIII. Longitudes y RAD para la identificación de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> asentados en los colectores de la estación 3 del mes de enero.....	49
IX. Longitudes y RAD para la identificación de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> asentados en los colectores de la estación 1 del mes de febrero.....	50
X. Longitudes y RAD para la identificación de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> asentados en los colectores de la estación 2 del mes de febrero.....	51

Lista de tablas (continuación)

Tabla	Lista de tablas (continuación)	Página
XI.	Longitudes y RAD para la identificación de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> asentados en los colectores de la estación 3 del mes de febrero.....	52
XII.	Relación de crecimiento promedio de <i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mytilus californianus</i> en las diferentes tallas durante el periodo de estudio.....	58
XIII.	Estudios del crecimiento diario del género <i>Mytilus</i> realizados en el mundo.....	80
XIV.	Muestra las diferencias entre las especies, que resulta en la dominancia de una especie sobre la otra en función del ambiente protegido o expuesto.....	86

Asentamiento y dispersión de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en condiciones naturales y de laboratorio.

I.- INTRODUCCIÓN

I. 1.- Competencia entre organismos

Desde el origen de la vida, los seres vivos han estado en una constante competencia, lo que ha motivado la evolución, extinción o coexistencia de las especies. Los individuos y las especies pueden utilizar los mismos recursos sin competir si la cantidad de recursos es lo suficientemente grande, o si la presencia de un individuo o de la especie no reduce el acceso a los recursos para la otra especie (Purves *et al.*, 1992). Sin embargo, en la naturaleza raramente se presenta el caso en el que los recursos sean suficientes para satisfacer las necesidades de todos los individuos o las especies. Por tal motivo en la naturaleza se genera la competencia intraespecífica e interespecífica (Purves *et al.*, 1992).

I. 2.- Competencia intraespecífica

La competencia intraespecífica se presenta dentro de una población de la misma especie. Esta competencia puede tomar muchas formas e implicar que la competencia sea por cualquiera de los recursos (alimento, espacio, pareja, refugio, nutrientes, entre otras) y por lo general causa un cierto daño al perdedor de la lucha, como puede ser: la reducción del crecimiento y de la tasa reproductiva, la reducción del número de organismos de la especie, el confinamiento de los organismos a cierto espacio o que se alimenten a cierta hora del día, la exclusión de algunos individuos del hábitat y en casos extremos puede causar la muerte del organismo. Esta competencia es importante donde las poblaciones tienden a regularse por sí mismas (Odum, 1978; Wallace *et al.*, 1986; Purves *et al.*, 1992; Audesirk y Audesirk,

2000). Por ejemplo, en estudios de lapas se ha visto que la mortalidad de los individuos jóvenes se debe a la reducción del espacio disponible para el asentamiento de las lapas, además mientras mayor sea la densidad, más baja será la tasa de crecimiento de los organismos y su tasa reproductiva (Branch, 1975).

I. 3.- Competencia interespecífica

La competencia interespecífica se presenta entre diversas especies estrechamente relacionadas las cuales compiten por los recursos (alimento, espacio, nutrientes o refugio) y a menudo es más grande entre los organismos que obtienen su alimento de manera similar que entre los que la obtienen de forma distinta (Wallace *et al.*, 1986, Purves *et al.*, 1992; Raven y Johnson, 1992). Cuando dos especies compiten por el mismo recurso, cualquier ventaja adicional y persistente que consiga una de las especies en la utilización del recurso, decide, al cabo de un tiempo, la eliminación de la otra especie, que se encuentra en inferioridad, o bien, si las condiciones son cambiantes, una especie gana terreno en ciertos períodos, y en otras ocasiones, es la otra especie la que va aumentando, sin que llegue a eliminarse ninguna de las dos.

La mayoría de las veces la competencia se centra sobre el alimento, aunque no es posible desarrollar una teoría única. En unos casos se trata de la capacidad de obtener una mayor cantidad de alimento lo que decide, otras veces será el utilizarlo lo más eficientemente que sea posible y aún otras veces será la resistencia a las condiciones adversas representadas por falta de alimento. Por lo tanto, las especies planctónicas capaces de filtrar más rápidamente tendrán ventajas en etapas iniciales de la sucesión, mientras que es posible que especies que utilicen el alimento de modo más eficiente sean superiores en etapas más avanzadas (Margalef, 1974). La definición general de nicho ecológico, abarca la

posición ecológica de la especie dentro de la comunidad y la gama de condiciones físicas y de los recursos requeridos por la especie. Sin embargo, si queremos determinar el lugar exacto que requiere una especie, tenemos que considerar otros factores como los descritos por Purves *et al.* (1992) y Raven y Johnson (1992) quienes indican que los nichos pueden ser caracterizados determinando los factores críticos que influyen directamente una especie como son el alimento, la temperatura, las condiciones apropiadas para adaptarse, los requerimientos de humedad y el intervalo de los valores de estos factores críticos bajo los cuales la especie puede realizar todas sus funciones, además también se considera su comportamiento y las maneras en las cuales cambia su comportamiento en diversas horas del día y estaciones del año. Por lo tanto, el nicho de una especie se puede dividir en: (1) Nicho fundamental o teórico; el cual es el rango de las condiciones bajo las cuales una especie puede sobrevivir sino hay competidores, depredadores u otras influencias negativas y (2) Nicho realizado o real; el cual es el lugar que ocupa realmente una especie cuando existe la presencia de otra especie. Por lo tanto, el conocer la competencia dentro del nicho real de una especie respecto a otra es importante, ya que así se puede juzgar el grado de competencia entre las especies considerando cuánto traslape existe entre los nichos reales (Wallace *et al.*, 1986).

I. 4.- Resultados de la competencia interespecífica

Si dos especies que ocupan el mismo nicho fundamental o llegan a estar juntas en el tiempo y en el espacio, se puede producir por regla general, uno de estos tres resultados: (1) La extinción, en la cual tenemos que una de las dos especies se extingue localmente, porque su competidor ha tenido más éxito en la utilización de los recursos disponibles, tales como el alimento o el espacio. (2) La exclusión competitiva (si dos especies están en el mismo

nicho fundamental compitiendo por el mismo recurso limitado, no podrán vivir indefinidamente juntas e interactuar con el ambiente de la misma manera), por lo que una de las especies es expulsada de una parte del nicho, pero sobrevive en porciones adyacentes al mismo (Wallace *et al.*, 1986; Purves *et al.*, 1992; Raven y Johnson, 1992); y (3) El desplazamiento de caracteres se presenta cuando dos especies potencialmente competidoras se encuentran en situaciones simpátricas, presentan mayores diferencias en sus adaptaciones que en regiones en donde no coexisten (Emmel, 1982). Sin embargo, con frecuencia se encuentra que las especies involucradas son capaces de vivir juntas a densidades reducidas compartiendo los mismos recursos en algún tipo de equilibrio, aún aquellas que no pueden vivir juntas en un microcosmo reducido, se adaptan a la coexistencia cambiando sus nichos para reducir la presión de la competencia mediante cambios fisiológicos o del comportamiento o explotando los mismos recursos en diferentes tiempos o cambiando sus posiciones en los gradientes ambientales (Wallace *et al.*, 1986; Purves *et al.*, 1992; Raven y Johnson, 1992).

Como ejemplo del resultado de la competencia interespecífica entre los mejillones del género *Mytilus* por los nichos fundamentales y realizados en regiones de la costa oeste de Norte América se cuenta con algunos estudios, los cuales se irán describiendo de acuerdo a la región geográfica correspondiente, además con esta información se irán realizando para cada caso las figuras de sus nichos fundamentales y realizados. En las costas expuestas de la isla de Vancouver, Canadá y en los estados de Washington y Oregon, Estados Unidos, se localizan poblaciones de los mejillones *Mytilus californianus* y *Mytilus trossulus*. En la parte norte de la costa de Washington *M. trossulus* ocupa la parte alta y baja del intermareal, mientras que en la zona media se encuentra una población mixta de las dos

especies, siendo *M. californianus* la más abundante (Suchanek, 1978). En la isla de Vancouver, en la parte sur de la costa de Washington y en la costa de Oregon *M. californianus* ocupa la parte alta del intermareal, en la zona intermedia se presenta una población mixta de *M. californianus* y *M. trossulus*, donde *M. trossulus* es la más abundante, mientras que la parte baja del intermareal *M. trossulus* predomina (Suchanek, 1981; Marsh, 1986; Ross y Goodman, 1974, Chesney, 2001). La dominancia de *M. trossulus* en la parte alta del intermareal de la zona norteña no es debido a la competencia entre las especies, sino es controlada por la temperatura fría del agua, que afecta a *M. californianus* (Suchanek, 1978). En las zonas sureñas la distribución de *M. trossulus* en la parte alta del intermareal es limitada por la supervivencia de las semillas fijadas, las temperaturas altas y la desecación (Suchanek, 1981), en la parte media por la competencia por el espacio con otras especies como *M. californianus* o *Balanus glandula* (Ross y Goodman, 1974), y en el nivel bajo por la presión de los depredadores como la estrella *Pisaster ochraceus* y el caracol *Thais* sp. (Ross y Goodman, 1974), con esta información he construido la Figura 1.

En las costas de Santa Bárbara, en la isla Catalina y San Diego, California, así como en Baja California, México, encontramos a los mejillones *M. californianus* y *M. galloprovincialis* (Chesney, 2001; Cáceres-Martínez *et al.*, 2003). En las áreas protegidas de estas zonas encontramos que *M. galloprovincialis* predomina sobre *M. californianus* en toda la zona del intermareal y lo contrario ocurre en las zonas expuestas (Young, 1946; Petraitis, 1978; Harger, 1968, 1970a,b, 1972ab; Chesney, 2001; Observaciones personales). El hecho de que *M. galloprovincialis* predomine en las áreas protegidas se ha asociado al comportamiento de reptación de esta especie (Harger, 1968, 1970a), lo cual le permite que

se coloque en la parte exterior de las camas de los mejillones, donde no se acumulan sedimentos y pseudoheces, otra razón es la velocidad de crecimiento de la especie la cual es mayor en comparación con *M. californianus* (Harger, 1970a). Por otro lado, el hecho de que *M. californianus* predomina en las áreas expuesta se debe a que esta especie presenta un biso más fuerte que *M. galloprovincialis*, con el cual se fija firmemente al sustrato (Harger, 1970b), además su comportamiento de reptación es menor que en *Mytilus galloprovincialis*, lo cual en esta área puede ser un peligro, ya que pudiera ser arrastrado por la acción del oleaje, por lo tanto el comportamiento de reptación de *M. galloprovincialis* puede ser una adaptación de la especie a la interacción con *M. californianus* (Harger, 1968, 1970a), con esta información he construido la Figura 2. Este establecimiento diferenciado puede proporcionar a cada una de las especies un refugio en particular, lo cual promueve una exclusión competitiva entre estas especies, pero mantiene una coexistencia entre ambas.

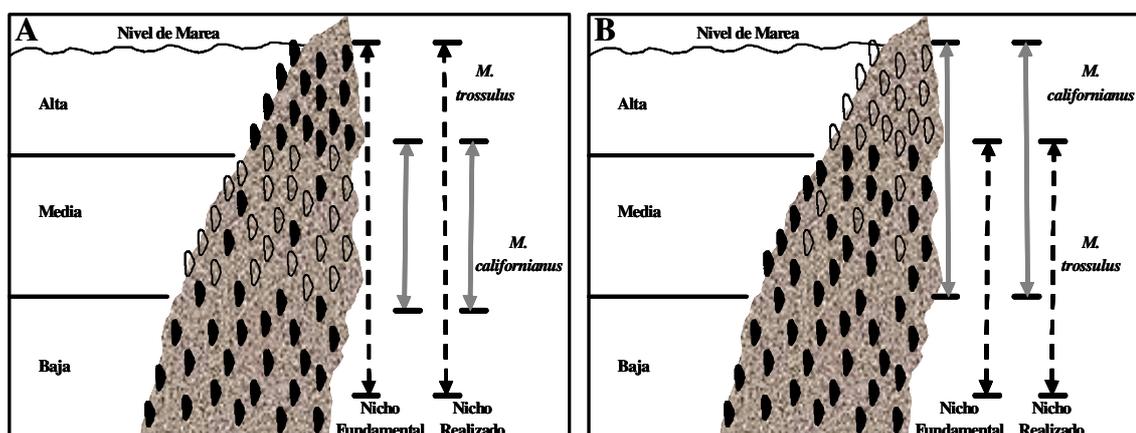


Figura 1.- Nichos fundamentales y realizados que ocupan *Mytilus californianus* y *Mytilus trossulus*. A. Nichos observados en la parte norte de la costa de Washington. B. Nichos observados en Vancouver, el sur de Washington y Oregon. Los nichos fundamentales y realizados de *M. trossulus* se representan por las líneas punteadas negras y los de *Mytilus californianus* por las líneas sólidas grises. El esquema se realizó con base a la literatura citada.

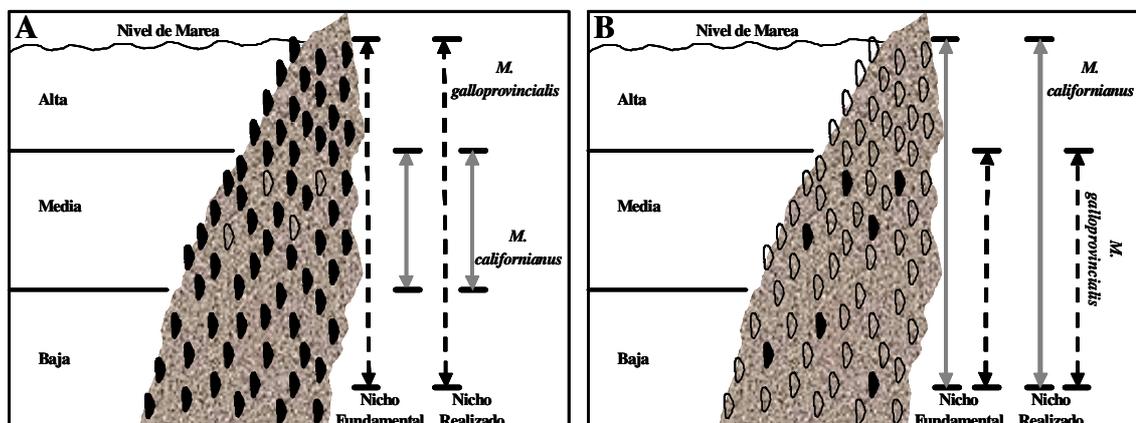


Figura 2.- Nichos fundamentales y realizados que ocupan *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en Santa Bárbara, Isla Catalina, San Diego y Baja California. A. Muestra la distribución en áreas protegidas. B. Muestra la distribución en áreas expuestas. Los nichos fundamentales y realizados de *M. galloprovincialis* se representan por las líneas punteadas negras y los de *Mytilus californianus* por las líneas sólidas grises. El esquema se realizó con base a la literatura citada.

Además de las razones que mencioné anteriormente, por las cuales se mantiene la coexistencia entre *M. californianus* y *M. galloprovincialis*, existen otras como es el hecho de que *M. californianus* es una especie que presenta un rango de distribución grande en la parte norte de la costa oeste de Norteamérica (Soot-Ryen, 1955; McDonald y Koehn, 1988; Koehn, 1991; Seed, 1992; Suchanek *et al.*, 1997). En la zona rocosa expuesta es un mejillón de talla grande ~20 cm, robusto, el cual presenta mecanismos de disuasión de los depredadores, como una concha gruesa y dura (Harger, 1972b), también presenta una mayor resistencia a la desecación (Harger, 1970b), así como un biso fuerte (Harger, 1970b), su estrategia reproductiva se basa en desoves continuos durante todo el año, aunque en algunas zonas puede existir uno o dos desoves masivos que son los más importantes (Suchanek, 1981) (ver discusión). Esta especie alcanza la madurez sexual entre los 4 y 8 meses después del asentamiento, además forma densas agrupaciones resistentes a la acción

del oleaje y la marea (Harger, 1970a, Harger y Landenberger, 1971, Suchanek, 1981). Por otro lado, *M. galloprovincialis* es una especie que presenta un rango de distribución pequeño en la costa oeste de Norte América (Soot-Ryen, 1955; McDonald y Koehn, 1988; Koehn, 1991; Seed, 1992; Suchanek *et al.*, 1997) y presenta una concha menos gruesa y dura (Harger, 1972b), de tamaño pequeño ≤ 10 cm en la zona expuesta (Harger, 1968; observaciones personales). Su estrategia reproductiva se basa en una sola estación de desove en el año, la cual varía de acuerdo a la zona geográfica donde se encuentre. Es decir, las poblaciones del hemisferio Norte que se encuentren más al sur desovan a principios del año, mientras que las poblaciones que se encuentran más al norte desovan de mediados y finales del año (Seed, 1976, ver discusión).

I. 5.- Características generales de los mejillones

Los mejillones son moluscos bivalvos que viven adheridos unos con otros, o bien a las rocas u otros tipos de sustratos, mediante el biso. Los mejillones son filtradores activos, en tallas de ~ 8 cm de longitud de concha, filtran aproximadamente 8 l h^{-1} (Durán *et al.*, 1992). Estos organismos se alimentan ingiriendo partículas de 2 a $8 \mu\text{m}$ de diámetro (Jørgensen, 1966; Vahl, 1972), provenientes de materia orgánica (detritus), fitoplancton (microalgas) y en menor medida de bacterias, también son capaces de absorber directamente compuestos orgánicos que se encuentran disueltos en el agua de mar como amino ácidos y azúcares, los cuales son absorbidos en las branquias antes de ser trasladados al manto y a la glándula digestiva (Stephens, 1967, 1968; Péquignat, 1973). La fertilización de los mejillones es externa y da origen a una larva trocófora entre las 24 y 48 h posteriores a la fertilización. Después de este periodo, la larva pasa al estadio "D" en donde alcanza una longitud de

concha de 0.100 a 0.120 mm. A continuación la larva desarrolla el velo con el cual se desplaza en la columna de agua y empieza alimentarse (estadio veliger), alcanzando una longitud de concha de 0.120 a 0.250 mm. Posteriormente, la larva desarrolla el pie (estadio pediveliger) y alcanza una talla entre los 0.250 a 0.260 mm, y desarrolla la mancha ocular, la cual indica que están próximos los procesos de asentamiento y metamorfosis (Bayne, 1976). El tiempo que transcurre desde la fertilización hasta la metamorfosis con condiciones controladas de laboratorio (temperatura de 19 °C y salinidades de 35 ‰) es de 20 días para *Mytilus californianus* (Anguiano, 1989) y de 22 días para *Mytilus galloprovincialis* (Observaciones personales, resultado de desove en laboratorio). Sin embargo, la duración del estadio de postlarva y las características del mejillón en esta etapa apenas se conoce. Esto es debido a que se ha determinado cuando comienza el estadio postlarval (Yonge, 1962; Bayne, 1964, 1971), pero no cuando termina. Un ejemplo de los organismos en los que se sí se conoce el tiempo de duración de sus estadios larvales y de postlarva son los abulones, los camarones y los erizos (Tabla I). El conocer cuánto dura el estadio postlarval, ayudará a entender mejor los procesos de dispersión de los mejillones en una zona determinada, así como hacer mejores interpretaciones de la competencia interespecífica de los mejillones por los nichos fundamentales y realizados.

Tabla I. Comparación de la duración de los estadios larvales y postlarvales en especies como los abulones, camarones y erizos.

Especie	Estadios larvales	Duración (días)	Estadio Postlarval	Duración	Autor
Abulones	Trocófora Veliger	9 a 10	Inicia al terminar la metamorfosis y termina con la presencia del 1 ^{er} poro respiratorio	1 a 3 meses	Shepherd y Turner, 1985 Fallu, 1991
Camarones	Nauplio (5 subestadios) Protozoa (3 subestadios) Misis (3 subestadios)	9.5 a 10	Inicia al terminar el 3er subestadio de Misis y termina hasta postlarva 18 o postlarva 25	18 a 25 días	McVey, 2000
Erizos	Pluteus Pluteus de 4 brazos Pluteus de 6 brazos Pluteus de 8 brazos	12.5 a 15	De inicio al final de la metamorfosis	18 a 25 días	Strathmann, 1992 Martínez, 1994 Preciado, 2000
Mejillones	Trocófora Larva D Larva veliger Larva pediveliger	20 a 30	Inicia al final de la metamorfosis, pero no esta definido cuando termina		Yonge, 1962 Bayne, 1964, 1971

I. 6.- Procesos de asentamiento y metamorfosis

El asentamiento de los mejillones se realiza cuando la larva pediveliger competente (organismo entre los 0.250 a 0.470 mm), presenta un geotactismo positivo y un fototropismo negativo, lo cual hace que la larva se precipite de la columna de agua hacia el fondo (Bayne, 1976). Durante este proceso la larva presenta un movimiento en espiral y secreta el filamento mucoso de contacto (FMC), el cual le permite hacer contacto con cualquier sustrato disponible para adherirse a él y posteriormente fijarse, además este filamento mucoso también le ayuda en los procesos de distribución y dispersión (Yonge, 1962; Sigurdsson *et al.*, 1976; De Blok y Tan Maas, 1977; Cummings *et al.*, 1993; Cáceres-Martínez *et al.*, 1994; Wen-Xiong y Zhen-Zu, 1997). En la formación del FMC están involucradas dos glándulas de soporte, S₁ y la S₂. La glándula S₁ que presenta un tamaño mayor, se localiza en la base del pie y se extiende dentro de la masa visceral, hacia la parte posterior hasta el músculo aductor y hacia la parte anterior alrededor del esófago. La prueba histoquímica de esta glándula indica la presencia de grupos ácidos débiles probablemente un grupo carboxilo o un mucopolisacárido ácido, además de algunos sulfatos. La secreción

de células de la glándula S_1 son dirigidos directamente hacia la parte central del sistema laminar. La glándula S_2 es de un tamaño menor que la glándula S_1 , se encuentra localizada en la base del pie y se extiende hacia la parte posterior hasta el músculo aductor y hacia la parte anterior hasta el sistema digestivo por debajo de la glándula S_1 . La prueba histoquímica indica una alta concentración de grupos éster sulfatos y probablemente un mucopolisacárido de sulfato ácido. La secreción de las células de la glándula S_2 son dirigidos a todos los espacios del sistema laminar. Considerando lo anterior, tenemos que el filamento mucoso de contacto se forma por la secreción de las células de las glándulas S_1 y S_2 , las cuales se descargan en el sistema laminar y posteriormente pasa a través del conducto del pie, el cual le da la forma de filamento (Lane y Nott, 1975; Lane *et al.*, 1982) (Fig. 3).

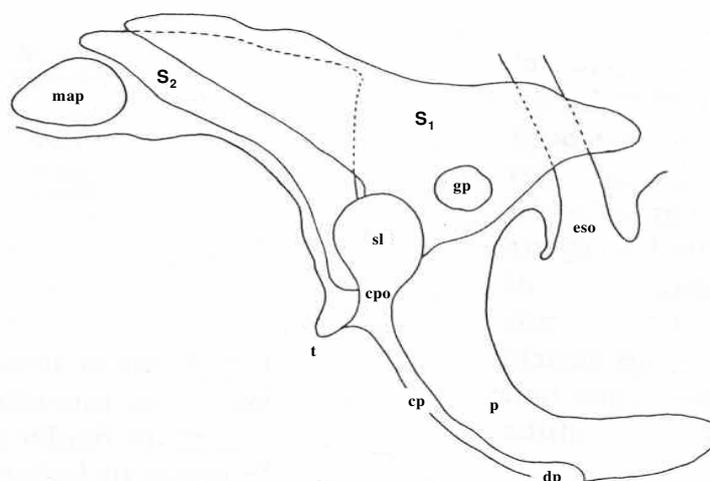


Figura 3.- Diagrama de un corte sagital que muestra la disposición de las glándulas de soporte S_1 y S_2 presentes en el pie de un mejillón de 1 mm de longitud. map, músculo aductor posterior; gp, ganglio del pie; eso, esófago; sl, sistema laminar; cpo, conducto posterior; t, talón; cp, conducto del pie; p, pie; dp, depresión del pie. Modificado de Lane *et al.* (1982).

En la Tabla II se observan los estudios que abordan la utilización del filamento mucoso de contacto (FMC) en mejillones de diferentes tallas. Sigurdsson y colaboradores en 1976

describen que las fuerzas de fricción experimentadas por los mejillones muertos e inactivos se comportan de una manera casi idéntica, mientras que los animales activos las fuerzas de fricción se comportan absolutamente diferente, aunado a esto, él observa que las características de la fricción de los organismos varía de acuerdo a la talla y el estado de actividad y concluyen que el bicho de deriva (FMC) es una adaptación que le ayuda a prolongar la fase pelágica larval por una fase bicho-pelágica para las postlarvas jóvenes de los bivalvos sublitorales. Por otro lado, Lane y colaboradores en 1985 describen que existe una marcada desaceleración de la velocidad de hundimiento en los primeros centímetros de caída libre, seguido por una declinación asintótica en la velocidad para la parte terminal y concluyen que la habilidad de las postlarvas de resuspenderse en la columna de agua es debido a la secreción del bicho de deriva (FMC), el cual es un factor adicional que puede mejorar la duración de la vida planctónica, manteniéndolas por prolongados periodos en la columna de agua, lo cual ayuda en la dispersión de los estadios juveniles.

Tabla II.- Estudios realizados del FMC en laboratorio, donde se muestra la velocidad necesaria para suspender un mejillón en la columna de agua (VS), así como la velocidad de hundimiento de mejillones de diferentes tallas (VH).

Especie	Localidad	Talla (mm)	VS (cm s ⁻¹)	VH (cm s ⁻¹)	Autor
<i>Mytilus edulis</i>	Reino Unido	0.50 a 2.50	1.00		Sigurdsson <i>et al.</i> , 1976
<i>Mytilus edulis</i>	Reino Unido	0.50 a 0.70 1.00 a 1.10		0.03 0.30	Lane <i>et al.</i> , 1985

Como hemos observado, los estudios del filamento mucoso de contacto han abordado el tema de cómo influye el filamento mucoso de contacto *per se* en la velocidad de hundimiento y cómo incrementa la fuerza de fricción. Sin embargo, no se han realizado estudios comparativos en laboratorio en especies simpátricas de mejillones (*Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*) donde se determinen si existen otros factores

implicados en la velocidad de hundimiento, como es el caso del grosor de la concha, ya que se sabe que los mejillones adultos presentan diferencia en el grosor de la concha, lo cual puede tener una implicación en la distribución en la zona del intermareal, así como en la protección a los depredadores (Harger, 1972b). Por lo tanto, se puede asumir que el grosor de la concha puede tener una implicación en la diferencia de la velocidad de hundimiento de las postlarvas de estas especies, esto es debido a que si consideramos que la concha de los mejillones principalmente está compuesta por calcita y aragonita (Fuller y Lutz, 1989), una concha más gruesa representará un mayor peso. Además, tampoco existen estudios en campo que indiquen si el grosor de la concha tiene una implicación en la distribución vertical de las postlarvas de estas especies en la columna de agua, o si el grosor de la concha es una adaptación de estas especies para la competencia interespecífica.

De ser ciertas estas implicaciones, se puede asumir en el primero de los casos, que los mejillones que tengan una concha más gruesa tenderán a precipitarse más rápido que los mejillones que tienen una concha menos gruesa, por lo tanto, podríamos encontrar sus asentamientos a mayor profundidad y en el segundo caso se encontraría un asentamiento diferenciado por especie de acuerdo a la profundidad. Respecto a la distribución vertical de postlarvas de especies de mejillones sólo se cuenta con el estudio de Kenchington *et al.* (2002). Estos autores describen que los asentamientos de *Mytilus edulis* y *Mytilus trossulus* en Nueva Escocia, Canadá, tiene una diferencia de acuerdo a la profundidad. El asentamiento de *M. edulis* es mayor conforme aumenta la profundidad (5 m), mientras que el asentamiento de *M. trossulus* es mayor en la superficie (1 m). Concluyen que uno de los factores que puede modificar la distribución en la profundidad de las especies es la termoclina, además de que puede haber otras cuestiones ecológicas implicadas en la

distribución. Pero el conocer la distribución de las especies por profundidad representa una importancia práctica para los productores de mejillones, ya que pueden captar más eficientemente las semillas de la especie que están cultivando. Por otro lado, durante el proceso de metamorfosis, la larva tiene una reorientación de los órganos en la cavidad del manto, el velo se colapsa y desaparece, se forman los palpos labiales, se desarrollan las láminas branquiales y los filamentos ciliares de la cavidad del manto, los cuales se encargarán de generar las corrientes para facilitar la alimentación de los organismos, estos cambios preparan al organismo para la vida bentónica (Bayne, 1976).

La colonización de los mejillones *Mytilus* spp., sobre los sustratos naturales o artificiales se puede dar por larvas pediveliger competentes (King *et al*; 1989; Cáceres-Martínez *et al*; 1993), las cuales de acuerdo con Cáceres-Martínez *et al*. (1994) colonizan el sustrato de la siguiente manera:

1. Si el sustrato brinda la protección necesario contra las corrientes, oleaje, competencia y depredación, las larvas competentes pueden establecerse y desarrollarse en el sustrato.
2. Si el sustrato no es el óptimo las larvas competentes son eliminadas por las corrientes y el oleaje, ocasionando que ocurran otros asentamientos hasta que mueran o alcancen eventualmente un sustrato óptimo, colonizando así nuevas áreas.
3. Las postlarvas de mejillones en el sustrato pueden reptar para alcanzar una mejor posición y formar agrupaciones debido a su comportamiento gregario.

También la colonización de los sustratos naturales o artificiales se puede dar por postlarvas en dispersión. Para determinar si la colonización de un sustrato en particular se debe a larvas competentes o postlarvas, es necesario conocer la talla máxima que podría alcanzar una larva competente que se asienta desde el primer día hasta el día en que

recogemos el sustrato de la zona de asentamiento. Este cálculo se realiza utilizando el crecimiento diario de postlarvas de *Mytilus* spp., propuesto por Bayne (1964), que es de aproximadamente $25 \mu\text{m d}^{-1}$ entre los 15-17 °C, este crecimiento se multiplica por los días en que el sustrato permaneció bajo el agua y al resultado se le suma el promedio de las larvas pediveliger competentes registradas. Por lo tanto, los mejillones que alcancen una talla mayor a la calculada corresponderán entonces a una colonización por postlarvas en dispersión. Respecto al crecimiento diario de mejillones sólo existen 7 reportes. Bayne, (1964) quien realizó un estudio en la localidad de Menai Strait (Reino Unido) describe que el crecimiento diario del mejillón *Mytilus edulis* con temperatura de 15 a 16 °C se encuentra entre los 14 y $30.6 \mu\text{m d}^{-1}$. Satuito *et al.* (1994) realizaron su estudio en Japón con la especie de *Mytilus edulis galloprovincialis* (sic) y describen que esta especie presentó un crecimiento diario de $22 \mu\text{m d}^{-1}$ a 19 °C y salinidad de 28 ‰. Leck *et al.* (1999) describieron que en Dinamarca el mejillón *M. edulis* con temperatura de 21 a 23 °C y salinidad de 20 ‰ registraron crecimientos diarios entre los 4.3 y $13.1 \mu\text{m d}^{-1}$. Gilg y Hilbish (2000) quienes realizaron sus estudios en Whitsand Bay (Reino Unido) con el mejillón *Mytilus* spp., obtienen crecimientos diarios de $27.3 \mu\text{m d}^{-1}$. Trevelyan y Chang (1983) describen que el crecimiento diario de *Mytilus californianus* en la costa de California es de $6.2 \mu\text{m d}^{-1}$ a 20 °C. Por lo tanto es importante conocer el crecimiento diario de las especies de mejillones que existen en nuestra zona, debido a que los crecimientos varían de acuerdo al lugar. Otro punto importante de conocer, si en la zona existen cultivos de mejillones es la época de asentamiento, ya se puede establecer cuando es el mejor momento para colocar los colectores en la zona de cultivo.

I. 7.- Importancia del asentamiento

El conocimiento de la época de asentamiento del mejillón en una localidad nos proporciona información sobre la competencia interespecífica, además también presenta una importancia práctica para los productores, ya que se puede establecer el momento más oportuno para introducir los colectores o se puede mejorar la oportunidad de captación de semillas de la naturaleza (organismos de 0.25-30 mm), debido a que se pueden recolectar a los organismos después de un proceso de asentamiento posterior a un desove o independientemente de un desove previo, siempre y cuando ocurran procesos de dispersión de postlarvas en la zona (Cáceres-Martínez *et al.*, 1993; Curiel-Ramírez, 2000), esta captación de semilla del medio natural es importante para el desarrollo y mantenimiento de las actividades de cultivo, ya que es el método más práctico y económico para cultivar mejillones (Cáceres-Martínez y Figueras, 1998a,b., Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez, 1999 y Curiel-Ramírez, 2000). Por lo tanto, las operaciones de cultivo del mejillón alrededor del mundo se han desarrollado en áreas donde hay disponibilidad de semilla todos los años (Mason, 1976). Los estudios sobre recolección de semilla del medio natural se han orientado, en diversas regiones del mundo, a determinar el tiempo y la abundancia de la fijación, localizar y abrir nuevas áreas para el cultivo y desarrollar sistemas eficientes para la colecta de semilla (Bohle, 1971; Dare, 1973; Hrs-Brenko, 1973; Cáceres-Martínez *et al.*, 1993; Cáceres-Martínez y Figueras, 1998b), lo que ha permitido hacer predicciones sobre los mejores meses y condiciones para la recolecta de semillas del medio natural.

En la Tabla III, se observan los estudios sobre la utilización de colectores artificiales para determinar la época de asentamiento de semillas de mitílidos del medio natural. Los estudios realizados en el Ejido Eréndira por Salas y Oliva (1983), Monje (1983) y Curiel-

Ramírez (2000) establecieron que las épocas de asentamiento ocurrieron durante el verano y durante el invierno, mientras que el estudio de Chí y García (1983) describe que el asentamiento se presentó durante el otoño y a mediados de primavera para la misma localidad. En el caso de los estudios realizados en la Bahía de Todos Santos por Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez (1999) y por Curiel-Ramírez (2000), establecen que el asentamiento más importante se presentó a principios del invierno.

Tabla III.- Estudios realizados en Baja California, México sobre la utilización de colectores artificiales para determinar la época de asentamiento de semillas de mitílidos del medio natural.

Especie	Localidad	Sustrato	Asentamiento	Autores
<i>Mytilus californianus</i>	Ejido Eréndira, B.C.	Biso de los mejillones Adultos	Mínimo: otoño Máximo: mediados de primavera	Chí y García, 1983
<i>Mytilus californianus</i>	Ejido Eréndira, B.C.	Biso de los mejillones Adultos	Mínimo: final del verano Máximo: invierno	Salasy Oliva, 1983
<i>Mytilus californianus</i>	Ejido Eréndira, B.C.	Colectores de fibra de nailon y vidrio	Finales del verano Principio de invierno	Monje, 1983
<i>Mytilus</i> spp.	Ejido Eréndira, B.C.	Cabos de: polipropileno, nailon, algodón con polipropileno y la fibra sintética comercial (scotchbrite)	Mínimo: verano Máximo: principios de invierno	Curiel-Ramírez, 2000
<i>Mytilus</i> spp.	Bahía de Todos Santos B.C.	Cabos de: polipropileno, nailon, algodón con polipropileno, estropajo (<i>Luffa</i> sp.) y fibra sintética comercial (scotchbrite)	Principios del invierno	Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez, 1999
<i>Mytilus</i> spp.	Bahía de Todos Santos B.C.	Cabos de: polipropileno, nailon, algodón con polipropileno y la fibra sintética comercial (scotchbrite)	Principios del invierno	Curiel-Ramírez, 2000

Sin embargo, para realizar estudios más detallados sobre el asentamiento, dispersión y la competencia interespecífica, en estadios tempranos de especies cercanas de mejillones como es el caso de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*, es necesario contar con una forma de identificación rápida, barata y confiable de cada especie, debido a que en los estadios tempranos de desarrollo las dos especies presentan características morfológicas muy similares

I. 8.-Identificación de mejillones en estadios tempranos

Existen varios estudios sobre la identificación de los mejillones en estadios tempranos, por mencionar algunos, tenemos los que han utilizado para la identificación la forma de la concha de los organismos (Shweinitz y Lutz, 1976; Fuller y Lutz, 1989; Castañeda, 1997; Innes y Bates, 1999), algunos autores han utilizando para la identificación el microscopio electrónico de barrido (Rees, 1950; Loosanof *et al.*, 1966; Hines, 1979; Lutz y Hidu, 1979; Le Penec, 1980; Suchanek, 1981; Petersen, 1984) otros autores han utilizado técnicas de biología molecular como la PCR para identificar a los mejillones (McDonald y Koehn, 1988; McDonald *et al.*, 1991; Hunt y Scheibling, 1998; Hilbish *et al.*, 2002; Gilg y Hilbish, 2003), pero uno de los más recientes y sencillos es utilizar dos medidas morfométricas de la concha. En el caso de los organismos de 250 a 500 μm se utiliza lo ancho de la curvatura de la prodisoconcha I (PI) y la longitud de la separación de los puntos medios de la mancha del pigmento del provínculo lateral de los dientes (PLD) (Martel *et al.*, 2000, Figura 4A), mientras que en el caso de los organismos $> 500 \mu\text{m}$, lo que se hace es utilizar la relación que existe del segmento dorsal anterior al ápice de la concha (DA) dividido entre la longitud total del organismo (L) (Martel *et al.*, 1999, Figura 4B). Martel *et al.* (1999) para validar la precisión de la identificación mediante estas medidas realizaron un análisis de PCR a los mismos organismos medidos y obtuvieron que la identificación hecha a los mejillones con las medidas morfométricas correspondían a las hechas con PCR, por lo tanto esta forma de identificación a través de las medidas morfométricas nos brinda una herramienta fácil y económica para la identificación de los mejillones, ya que es muy práctica, accesible y barata, lo que no tienen las otras técnicas (utilización del microscopio electrónico de barrido y las técnicas de biología molecular). Sin embargo, es necesario

corroborar que esta técnica de identificación funcione para la localidad donde se está llevando a cabo la investigación, por lo que es necesario realizar un estudio preliminar en el cual se comparen las medidas morfométricas con pruebas de biología molecular.

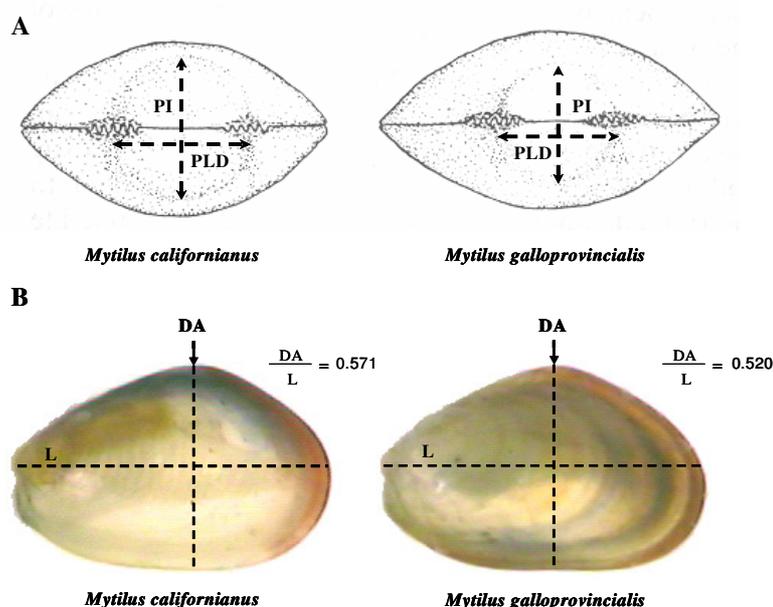


Figura 4.- A. Mejillones de 290 y 330 μm de longitud que muestran la localización de la curvatura de la prodisoconcha I (PI) y la separación de los puntos medios de la mancha del provínculo lateral de los dientes (PLD). B. Mejillones de 1.666 mm de longitud muestran las medidas usadas en la identificación por especie. La flecha arriba de cada concha indica la localización del ápice dorsal (AD) y la línea media en la concha indica la longitud total (L). Modificado de Martel *et al.* (1999 y 2000).

I. 9.- Justificación del trabajo

Los estudios sobre los procesos de asentamiento, dispersión, crecimiento diario y utilización del filamento mucoso, se han desarrollado en una sola especie de mejillón. La mayoría de dichos estudios se han realizado en Europa con el mejillón *Mytilus edulis*. Por tal motivo es necesario realizar estudios sobre los procesos de asentamiento y dispersión en estadios tempranos de especies simpátricas de mejillones de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en un contexto de coexistencia para la costa oeste de Norte América.

Esto es importante ya que como se ha visto en las zonas de coexistencia, *M. californianus* predomina sobre *M. galloprovincialis* en condiciones expuestas y lo inverso ocurre en condiciones protegidas. De hecho, la presencia de ejemplares adultos de *M. galloprovincialis* en los bancos de *M. californianus* en la zona expuesta, sugiere la hipótesis de supervivencia de algunos ejemplares en tales condiciones y por lo tanto la posibilidad de un asentamiento abundante de estadios tempranos, los cuales posteriormente pasan por un proceso de exclusión competitiva (Castañeda, 1997). Esto puede estar relacionado con el ciclo reproductivo de *M. californianus* y *M. galloprovincialis* de la Bahía de Todos Santos y el Ejido Eréndira.

Por otro lado, no existe ningún estudio que indique el crecimiento promedio diario de postlarvas de *M. galloprovincialis* y *M. californianus* bajo las mismas condiciones físico-químicas y biológicas. Esto es importante, ya que el cálculo que se realiza para determinar el tamaño máximo esperado de los mejillones que se asentaron en un sustrato artificial colocado en el mar durante un periodo determinado, se ha realizado utilizando el crecimiento promedio diario descrito por Bayne (1964), con lo cual podemos estar sobreestimando o subestimando esta talla. Aunado a esto, es necesario conocer la distribución de tallas de los organismos asentados en la localidad, ya que si se conocen podemos saber el impacto en el asentamiento de las larvas recién asentadas y de las postlarvas en dispersión en la actividad de cultivo. Si a esto se le agrega el conocer la distribución de tallas de acuerdo a la profundidad y qué especie es la que se está asentando en cada profundidad podemos, ofrecerle al productor de mejillón un mejor manejo de su cultivo, debido a que se puede mejorar los criterios de donde colocar los colectores y a qué profundidad colocarlos para captar la mayor cantidad de semillas de la especie que se está

cultivando, lo cual pudiera tener un impacto directo en la producción, además podemos estudiar las estrategias de competencia interespecífica que se presentan en estas condiciones. Sin embargo, para poder interpretar mejor los resultados del asentamiento y la dispersión de *M. galloprovincialis* y *M. californianus*, es necesario conocer aspectos tales como las características del filamento mucoso de contacto, el comportamiento de las postlarvas de los mejillones durante su hundimiento en la columna de agua, conocer el grosor de las conchas de las postlarvas en diferentes tallas y determinar si estas tienen una implicación en las velocidades de hundimiento, así como la distribución vertical de las especies en un contexto comparativo que nos permita dilucidar estrategias competitivas interespecíficas. Esta información nos permitirá conocer de forma general si hay o no diferencias entre las especies, en el proceso de asentamiento en la columna de agua, en la distribución del asentamiento, en el crecimiento, en las velocidades de hundimiento y en el grosor de la concha. También permitirá determinar que especie es la predominante y los nichos reales de cada una de ellas en la zona de cultivo, así como los procesos de adaptación competitiva entre ellas que permiten la coexistencia.

II.- OBJETIVO GENERAL

Determinar los procesos de asentamiento y dispersión de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* y su relación con la colonización del sustrato en el contexto de coexistencia tanto en laboratorio como en campo.

II.1.- OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar el ciclo reproductivo de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en la Bahía de Todos Santos.
2. Determinar el asentamiento de los mejillones en colectores artificiales colocados en diferentes puntos y a diferentes profundidades en el área de cultivo de la Bahía de Todos Santos.
3. Identificar y cuantificar los mejillones asentados en los colectores colocados en el área de cultivo de la Bahía de Todos Santos.
4. Determinar la distribución de tallas de los mejillones asentados en los colectores colocados en el área de cultivo de la Bahía de Todos Santos.
5. Determinar el crecimiento diario de postlarvas de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en condiciones de laboratorio.
6. Determinar la presencia y la longitud de los filamento mucosos de contacto de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*.
7. Determinar el grosor de las conchas de *M. galloprovincialis* y *M. californianus* en diferentes tallas.
8. Determinar la velocidad de hundimiento de *M. galloprovincialis* y *M. californianus* en laboratorio.

III. ÁREAS DE ESTUDIO

La Bahía de Todos Santos, Baja California, México, se localiza entre los paralelos $31^{\circ} 45' - 31^{\circ} 59'$ N y los meridianos $116^{\circ} 36' - 116^{\circ} 45'$ O, se encuentra delimitada al Norte por Punta San Miguel y al Sur por Punta Banda y las Islas de Todos Santos, su área aproximada es de 252 km^2 . Dentro de la Bahía, hacia el sur en la zona conocida como Rincón de Ballenas se localiza el cultivo comercial del mejillón *Mytilus galloprovincialis*, perteneciente a la empresa Acuacultura Oceánica, el cual ocupa un área de 2 Km^2 . El sistema que emplea la empresa es el de tipo francés de líneas largas sumergidas. El sistema está compuesto por una línea madre sumergida a una profundidad de 5 m de la cual cuelgan las cuerdas que sostienen a los mejillones. Estas cuerdas miden entre 7 y 10 m de largo. La zona tiene una profundidad aproximada de 30 m (Álvarez, 1971), siendo el fondo de tipo arenoso (Cáceres-Martínez, 1997). Esta zona es de baja energía y presenta también una alta productividad primaria debido a que se encuentra en la dirección de la corriente litoral que se establece entre la Isla Sur y Punta Banda con dirección Sureste. Esta corriente acarrea una gran cantidad de nutrimentos (Castro, 1987).

El Ejido Eréndira se localiza entre los paralelos $31^{\circ} 18'$ a $31^{\circ} 19'$ N y los meridianos $116^{\circ} 26'$ a $116^{\circ} 27'$ O. Dentro del Ejido Eréndira hacia el norte encontramos la localidad conocida como el Desfiladero. La zona presenta una costa expuesta de alta energía, la cual se caracteriza por presentar acantilados, playas de bolsillos y salientes rocosas, que forman plataformas de arenisca de superficie regular y de pendiente suave, delimitada en ambos extremos por un sustrato de origen volcánico (Fernández Mejía y Aldeco Ramírez, 1981) (Fig. 5).

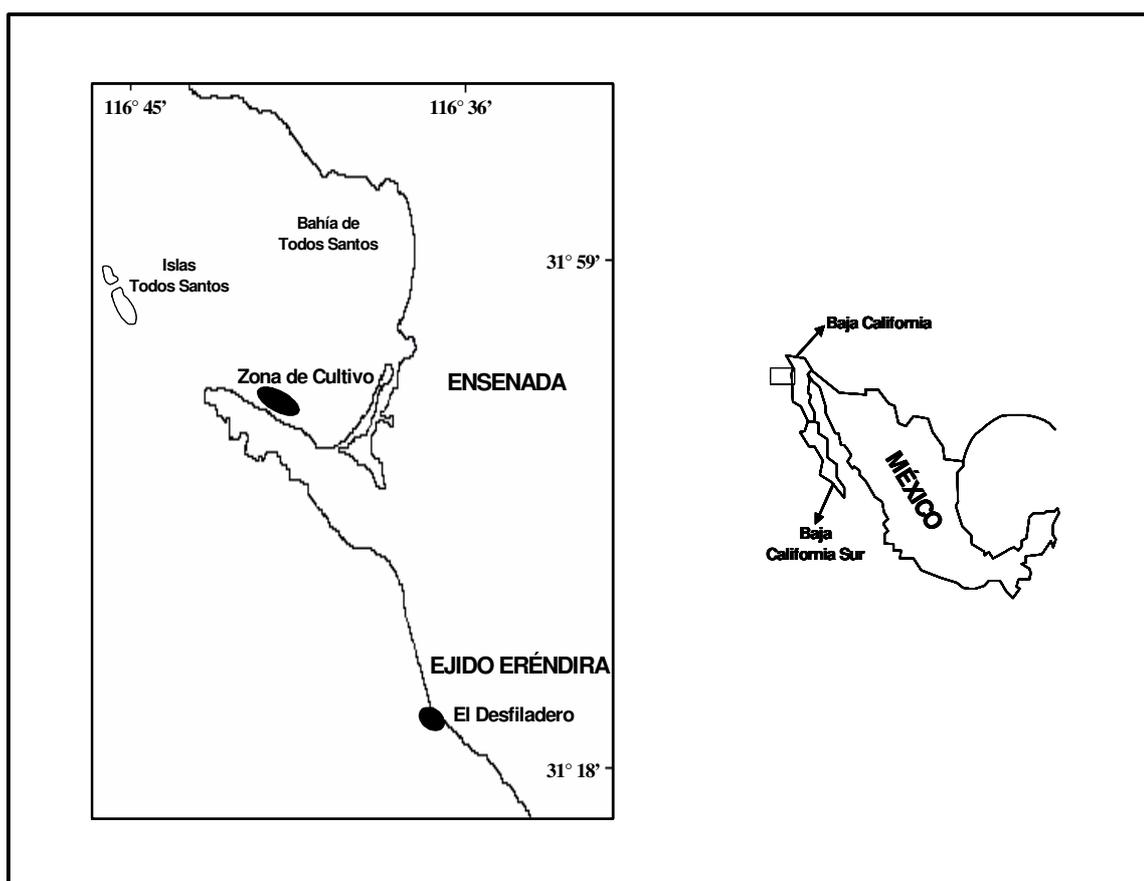


Figura 5.- Localización de las áreas de estudio en Baja California, México.

IV.- MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1.- Ciclo reproductivo de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*

Para iniciar el estudio del asentamiento y distribución de tallas, primero fue necesario conocer el ciclo reproductivo de ambas especies en la zona. Para establecer el ciclo reproductivo, se analizaron cortes histológicos, utilizando la técnica de estéreoología cuantitativa, con la cual se determinó la variación del porcentaje del tejido gonadal (gametos maduros y en desarrollo) y del tejido de reserva (células vesiculares del tejido conectivo, células adipogranulares) en poblaciones naturales y de cultivo de *Mytilus galloprovincialis* y en poblaciones naturales de *Mytilus californianus* (ver Apéndice 1).

IV.2.- Asentamiento de los mejillones en las estaciones, profundidades y meses de estudio

El estudio se realizó en el área de cultivo de mejillón de la Bahía de Todos Santos, el área de cultivo se dividió en tres estaciones, distribuyéndolas de la siguiente manera: la estación uno se ubicó en la zona Oeste del área de cultivo, la dos en la zona media del área de cultivo y la tres en la zona Este del área de cultivo. En cada una de las estaciones se suspendió un sistema de colectores, el cual consistió en poner tres colectores (trozos de 15 cm de largo por 7 cm de ancho $\sim 105\text{cm}^2$) de fibra sintética comercial “Scotchbrite®” sujetos a un tubo de PVC en cada profundidad. Cada uno de los sistemas de colectores se sujetó directamente de la línea de flotación del sistema de cultivo, la cual se encuentra en la superficie del mar. Además de probar el asentamiento en las diferentes zonas de cultivo, también se procedió a probar si el asentamiento de los mejillones es la misma en toda la columna de agua, para esto se colocaron colectores a los 2, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 15 y 18 m de

profundidad (Fig. 6). Los sistemas de colectores se sustituyeron cada 35 ± 5 días durante los meses de diciembre de 2001 a enero de 2002 y de enero a febrero de 2002, ya que son los meses de máximo asentamiento (ver Apéndice 1), así como los trabajos de asentamiento descritos por Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez (1999) y Curiel-Ramírez (2000). Los colectores se transportaron individualmente en bolsas de polietileno al laboratorio, una vez en el laboratorio los colectores se sumergieron en cloro comercial [7%], diluido al 10 % durante 5 minutos para eliminar la materia orgánica y facilitar con esto el desprendimiento de los mejillones.

Después de este proceso, cada uno de los colectores se colocó sobre un tamiz de $90 \mu\text{m}$ y se lavó con agua corriente, posteriormente se secó en una estufa a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 h. Pasado este tiempo se separó la semilla de forma manual y el material obtenido se depositó en viales previamente etiquetados. Estas muestras se separaron con la ayuda de diferentes tamices ($90, 180, 250, 355, 500$ y $710 \mu\text{m}$). Este proceso permitió fraccionar la muestra y así facilitar la medición, identificación y el conteo de los organismos, así como establecer los intervalos de las tallas por tamiz. Las mediciones y los conteos se llevaron a cabo con la ayuda de un vernier Digimatic (0.1 mm precisión) para los mejillones $> 5 \text{ mm}$ y los mejillones $< 5 \text{ mm}$ se contaron y midieron con la ayuda de un microscopio estereoscópico dotado con un micrómetro ocular. Para determinar si existía diferencia en el asentamiento entre profundidades, estaciones y el muestreo, se utilizó un análisis de varianzas de tres vías con efectos fijos (Neter *et al.*, 1990), cumpliendo con los supuestos de normalidad, independencia y homogeneidad de varianzas, para esto se utilizó el paquete estadístico Statistica[®] 4.5 software para PC con un $\alpha = 0.05 \%$.

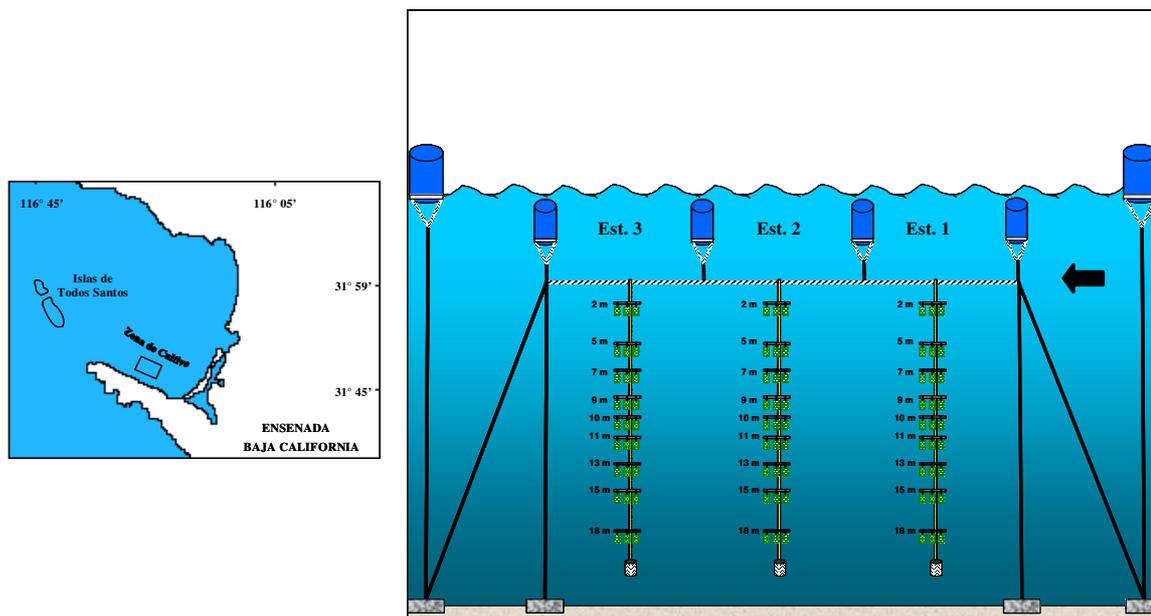


Figura 6.- Posición de los sistemas de colectores en la zona de cultivo, de acuerdo con Castro (1987) la flecha negra indica la dirección de la corriente litoral.

IV.3.- Distribución de tallas de los mejillones asentados

Para determinar la distribución de tallas de los mejillones asentados en los colectores colocados en el área de cultivo de la Bahía de Todos Santos, se procedió a calcular la expectativa del tamaño máximo de los mejillones que se asentaron durante el tiempo en el que los colectores permanecieron sumergidos bajo el agua. Este cálculo se realizó multiplicando el número de días que el colector permaneció en el mar por el crecimiento diario de las postlarvas de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* con clase de talla inicial de 500 μm determinado en esta tesis [*M. californianus* ca. 10.93 $\mu\text{m d}^{-1}$ y *M. galloprovincialis* ca. 47.57 $\mu\text{m d}^{-1}$, sección V.5] y a este resultado se le sumó la media de las tallas mínimas (0.250 mm) y máximas (0.470 mm) de las larvas pediveliger competentes registradas en los colectores (Rees, 1950; Bayne, 1965; Aguirre, 1979;

Widdows, 1991). Este cálculo permitió discriminar entre el asentamiento directo de larvas competentes y de postlarvas (Apéndice 2). Por lo tanto, únicamente individuos que excedieron el crecimiento esperado durante el tiempo de muestreo se consideraron como asentamientos de postlarvas producto de una dispersión.

IV.4.- Identificación y cuantificación de los mejillones asentados

Una vez confirmado que se puede realizar la identificación de las dos especies de mejillones utilizando las medidas morfométricas (Apéndice 3), se prosiguió a realizar la identificación de las especies asentadas en los colectores utilizados para determinar la distribución de tallas (ver sección IV.2). Del número total de organismos asentados que se obtuvo en cada una de las profundidades y estaciones, se tomó una muestra representativa del número total de organismos asentados, para determinar el porcentaje de mejillones pertenecientes a *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*. La muestra se calculó con la siguiente fórmula $n = N / (1 + Ne^2)$, donde (N) es el tamaño de la población y (e) es el error de estimación, en este caso 5 % (Taro, 1999). Las mediciones, identificaciones y el registro fotográfico se llevaron a cabo con la ayuda de un microscopio estereoscópico dotado de un micrómetro ocular y una cámara digital (Cohu).

IV.5.-Crecimiento diario de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* en laboratorio

Para determinar el crecimiento promedio diario de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* desde larvas recién asentadas hasta postlarvas, se prosiguió a recolectar en el mes de marzo de 2004 mejillones de las camas de los mejillones adultos de la zona superior del intermareal del Ejido Eréndira, con el fin de separar organismos de *M.*

californianus y en el mes de mayo de 2004 se recolectaron mejillones de las cuerdas captadoras de semillas de la profundidad de 2 m del área de cultivo de la Bahía de Todos Santos para separar los organismos de *M. galloprovincialis*. Los racimos se transportaron individualmente en bolsas de polietileno al laboratorio de Biología y Patología de Organismos Acuáticos del Departamento de Acuicultura del CICESE. En el laboratorio los racimos se lavaron con agua de mar corriente para desprender las larvas recién asentadas y postlarvas presentes en su matriz. La revisión de los organismos para su separación por tallas (0.470 a 3.500 mm) y su identificación (utilizando las medidas morfométricas de los mejillones, ver sección IV.2), se realizó bajo un microscopio estereoscópico dotado con un micrómetro ocular.

Los mejillones separados e identificados se mantuvieron en cubetas de plástico de 1 l con un volumen de agua de mar de 500 ml (35 ‰), con una temperatura promedio de 17.39 ± 0.83 para *M. californianus* y 17.51 ± 0.58 °C para *M. galloprovincialis*. A cada cubeta se le suministró aireación constante por un periodo de 60 días para cada especie. Los organismos fueron alimentados diariamente en una sola ración de 10 ml de la microalga *Isochrysis galbana* con una concentración de 20 ± 2 millones de células por ml, para mantener una concentración de $400\,000\text{ cel ml}^{-1}$ (Pechenik *et al.*, 1990 y Cerón, 2000). Los recambios de agua de los sistemas de cultivo se realizaron tres veces por semana con un recambio de agua del 100 % utilizando agua de mar filtrada. Se realizó una limpieza total de las cubetas cada dos semanas, con el fin de eliminar las microalgas adheridas a las paredes. Las longitudes totales de los mejillones de cada especie se midieron los días 1, 20, 40 y 60 del experimento. Posteriormente se realizaron las gráficas correspondientes del

crecimiento diario por talla de cada especie, así como el cálculo del crecimiento diario promedio utilizando estos datos.

IV. 6.- Presencia y longitud del filamento mucoso de contacto

Para determinar si las dos especies de mejillones producen el filamento mucoso de contacto (FMC), se observó bajo un microscopio estereoscópico, la presencia del FMC. Esta observación se realizó colocando mejillones de cada especie en cajas petri, los mejillones se estimularon moviéndolos de un lado al otro con el fin de que produjeran el FCM. Si este no se podía observar a simple vista, se colocaba en la caja petri polvo de carbón activado o azul anciano ($> 0.015 \text{ g ml}^{-1}$) el cual es una marca selectiva para los mucopolisacáridos ácidos (Lane y Nott, 1975; Sigurdsson *et al.*, 1976). Una vez identificado que las dos especies producen el FMC se procedió a determinar la talla máxima de producción del FMC (Sigurdsson *et al.*, 1976, $\sim 2.5 \text{ mm}$ en *Mytilus edulis*), así como el largo del FMC en diferentes tallas para cada especie. Para este experimento se tomaron tres organismos de cada especie en diferentes tallas y se estimularon en las cajas petri moviendo a los organismos de un lado al otro, si este movimiento no era suficiente para que los organismos produjeran el FMC, se ponía la caja petri en un agitador orbital (marca Heidolph Unimax 1010) por 2 minutos a 98 rpm, esto fue suficiente para que los organismos produjeran el FMC. Una vez que el organismo produjo el filamento, éste se registraba y se prosiguió a realizar la medición de lo largo del filamento. La longitud total del FMC se estimó tomando la punta del filamento con una aguja de disección y se estiró a lo largo de la caja petri, la cual se encontraba graduada en el fondo en intervalos de 0.5 mm. Esta medición se realizó tres veces en cada organismo.

IV.7.- Grosor de las conchas de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*

Para determinar el grosor de las conchas, se prosiguió a separar las conchas de tres mejillones de cada una de las talla de cada especie. La separación se realizó poniendo a los organismos en cloro comercial [7%] por un periodo de 2 horas para las tallas de 0.250 a 1.000 mm, mientras que las tallas mayores se mantuvieron en cloro por un periodo de 4 a 8 horas. Pasado este tiempo las conchas se separaron con la ayuda de una aguja de disección y se secaron en una estufa a 70 °C por 24 horas. Terminado este tiempo se procedió a realizar los cortes de las conchas. Los cortes se realizaron de forma perpendicular al ápice de las conchas, con la ayuda de una navaja de micrótopo (Fig. 7). Una vez hechos los cortes, las conchas se montaron en un porta muestra cilíndrico de 10 mm de diámetro cubierto con cinta de carbón de doble cara para su revisión en el microscopio electrónico de barrido (Jeol JSM-5300 a 10 kV y aumentos de 200x hasta 2000x para *M. californianus* y de 1000x hasta 1500x para *M. galloprovincialis*, los aumentos de las fotografías dependió de las condiciones del corte, así como el grosor de las conchas de cada especie), con el cual se tomaron fotografías de dos secciones de cada concha. Posteriormente las fotografías fueron analizadas para determinar el grosor de cada concha. Para determinar si se correlacionaba el grosor de la concha vs. talla del organismo, se realizó un análisis de correlación en cada especie. Por otra parte, se procedió obtener la ecuación que determinó el grosor de la concha de cada especie, para esto se utilizó la ecuación alométrica (Gould, citado en del Río Portilla, 1991).

$$Y=AX^b \tag{1}$$

donde X representa la talla de los mejillones y Y representa el grosor de la concha, A es la razón de las medidas bajo examen y b es el coeficiente de crecimiento. Para simplificar los cálculos de la ecuación, se realizó una transformación logarítmica de la ecuación: $\log Y = \log A + b \log X$ y se procedió a calcular las constantes A y b mediante un análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados. Una vez que se calculó el valor de b , se procedió a determinar si el grosor de las conchas fue alométrica o isométrica (prueba t de Students), utilizando el criterio de las relaciones dimensionales lineales que describen: si un valor de $b=1$ es un indicativo de un crecimiento isométrico, valores de $b > 1$ indicará un crecimiento alométrico positivo y valores de $b < 1$ indicará un crecimiento alométrico negativo (Kabat, 1985).

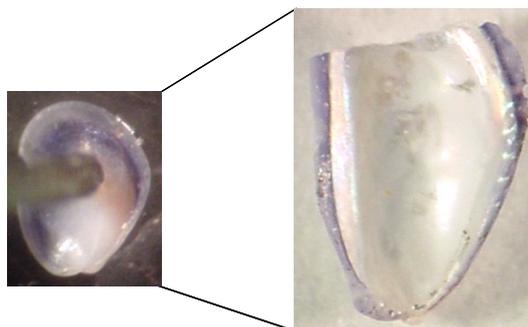


Figura 7.- Sección del corte perpendicular al ápice de las conchas de los mejillones.

IV.8.- Comportamiento y velocidad de hundimiento de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en laboratorio

En la realización de este estudio, se utilizaron organismos de los muestreos realizados en el punto IV.3. De estos muestreos se obtuvieron 150 mejillones tanto de *Mytilus californianus* como de *Mytilus galloprovincialis*, los cuales se separaron en grupos de 15 postlarvas por talla (0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50 mm). Una vez

separados los mejillones se mantuvieron durante 30 días para cada especie con las mismas condiciones de temperatura, salinidad, alimentación, recambios de agua que en los organismos del punto IV. 3. El cálculo de la velocidad de hundimiento de las postlarvas de las dos especies de mejillones se realizaron utilizando seis mejillones de cada clase de talla de *M. galloprovincialis* con tallas promedios de 0.641, 1.059, 1.863, 2.143, 2.334, 2.675 y 3.171 mm y nueve mejillones de cada clase de talla de *M. californianus* con tallas promedios de 0.687, 1.192, 1.862, 2.175, 2.340, 2.640 y 3.136 mm. Este experimento se realizó en un tubo de acrílico vertical de 0.12 por 1.65 m, el cual se llenó con agua de mar filtrada y la columna de agua se mantuvo en condiciones estáticas durante las mediciones de las velocidades de hundimiento para cada estado de actividad de las postlarvas de las dos especies (Lane *et al.*, 1985). 1.- vivo, inactivo; cuando el organismo no había producido el FMC en el agua. 2.- activo; el organismo ya presenta el filamento mucoso de contacto y 3.- muerto (sacrificado con formalina 1 %, ver Apéndice 4)

Posteriormente de los experimentos se procedió a obtener las siguientes mediciones:

La velocidad relativa del cuerpo para cada estado de actividad en las diferentes tallas (U):

$$U = L/t \quad (2)$$

donde L es la longitud del cilindro y t es el tiempo que tarda en caer el mejillón.

El número de Reynolds para cada estado de actividad y talla (Re) ¹

$$Re = aU / \nu \text{ (Vogel, 1994)} \quad (3)$$

donde a es la longitud lineal de la concha en las diferentes tallas, U es la velocidad relativa del cuerpo y ν es viscosidad cinemática del líquido ($1.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, Kaye y Laby, 1966).

¹ El número de Reynolds, nos indica si el flujo de agua que pasa por las valvas de los mejillones es laminar ($Re < 2\,000$) o si es turbulento ($Re > 2\,000$) (Blatt, 1991).

El parámetro modificado de la fricción, para cada estado de actividad en diferentes tallas (CF*)

$$CF^* = \frac{24}{Re} + \frac{6}{1+Re^{1/2}} + 0.4 \quad (\text{Vogel, 1994}) \quad (4)$$

donde Re es el número de Reynolds.

El aumento relativo de la fricción en las diferentes tallas (n)²

$$n = \frac{CF^* \text{ activos}}{CF^* \text{ muertos}} \quad (\text{Sigurdsson et al., 1976}) \quad (5)$$

donde CF* es el parámetro modificado de la fricción.

² El aumento relativo en la fricción: nos indica cual es la aportación del filamento mucoso de contacto en la velocidad de hundimiento.

V.- RESULTADOS

V.1.- Ciclo reproductivo de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*

La variación en el porcentaje del tejido gonadal de *M. galloprovincialis* registró su máximo nivel en octubre y noviembre, indicando el periodo de desove más importante, aunque el porcentaje del tejido gonadal se mantiene por arriba del 50 % para los meses de diciembre a abril. *M. californianus* registró su máximo nivel del tejido gonadal de febrero a junio, lo cual indicó el periodo de desove más importante (ver Apéndice 1).

V.2.- Asentamientos de los mejillones en las estaciones, profundidades y meses de estudio

El mayor asentamiento en el mes de enero se registró en la profundidad de 2 m (20 000 mejillones) de la estación 1 y el menor asentamiento se encontró en la profundidad de 18 m (402 mejillones) de la estación 3. En el mes de febrero el asentamiento fue menor que los registrados para el mes de enero (< 5 000 mejillones) para todas las estaciones, pero el asentamiento en todas las profundidades de las 3 estaciones fue más homogéneo (Fig. 8). Los resultados del asentamiento obtenidos durante el estudio indicaron diferencias significativas entre las estaciones ($F_{(2,108)} = 5.347$, $p = 0.006$), profundidades ($F_{(8,108)} = 22.743$, $p < 0.001$) y los meses de muestreo ($F_{(1,108)} = 31.132$, $p < 0.001$), por lo que se prosiguió a realizar las pruebas de comparación múltiple de Tukey, las cuales se muestran en el apéndice 5.

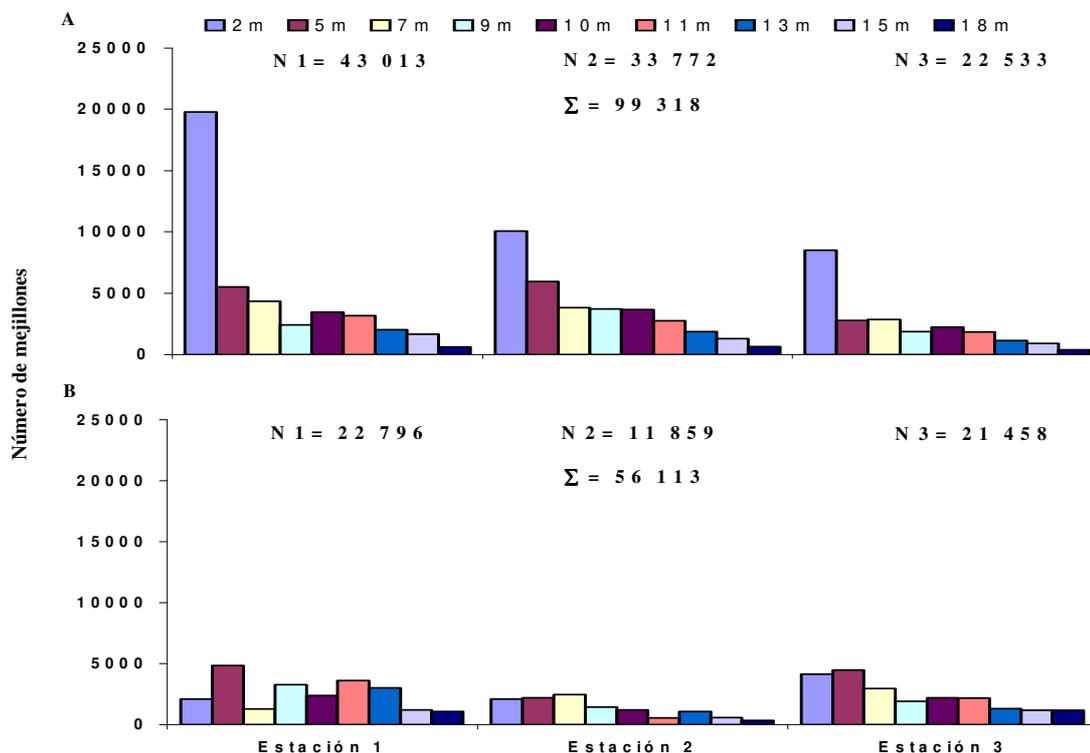


Figura 8.- Histograma de la sumatoria del número de mejillones asentados en los tres colectores de cada estación y profundidad estudiada. (A) enero y (B) febrero. (N) número de mejillones registrados en cada estación. (Σ) sumatoria de los mejillones asentados en las tres estaciones.

V. 3.- Distribución de tallas de los mejillones asentados

La distribución de tallas de los mejillones asentados en las estaciones y profundidades del mes de enero y febrero, presentaron un patrón de asentamiento similar, en el cual el mayor porcentaje de los mejillones asentados correspondió a mejillones recién asentados (mejillones entre los 0.250 a 1.740 mm) y en menor porcentaje se registraron postlarvas en dispersión (mejillones > 1.741 mm) (Fig. 9 a 14). Las tallas registradas de las postlarvas en dispersión del mes de enero se encontraron entre los 1.802 a 2.499 mm y las del mes de febrero entre los 1.999 a 9.998 mm (Tabla IV). Por otro lado, si se consideran las tallas de las larvas pediveliger competentes recién asentadas y su crecimiento teórico esperado

durante la permanencia del colector bajo el agua (Apéndice 2), éste indicó que el porcentaje de mejillones recién asentados en el mes de enero y febrero fue del 99.95 y 96.61 % respectivamente, por lo que el porcentaje de las postlarvas en dispersión fue tan solo del 0.05 % en el mes de enero y del 3.39 % en el mes de febrero (Fig. 15).

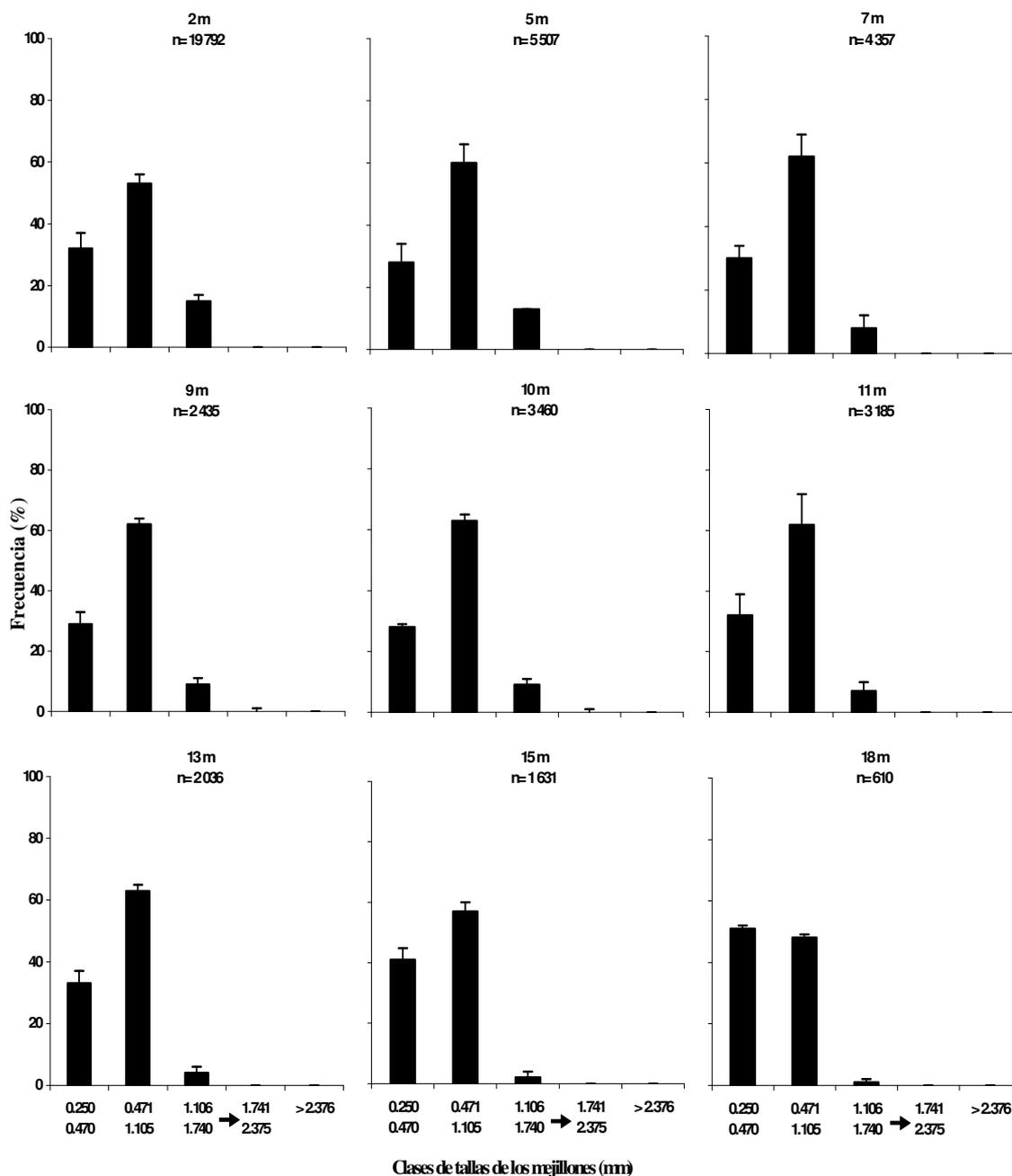


Figura 9.- Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 1 durante el mes de enero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

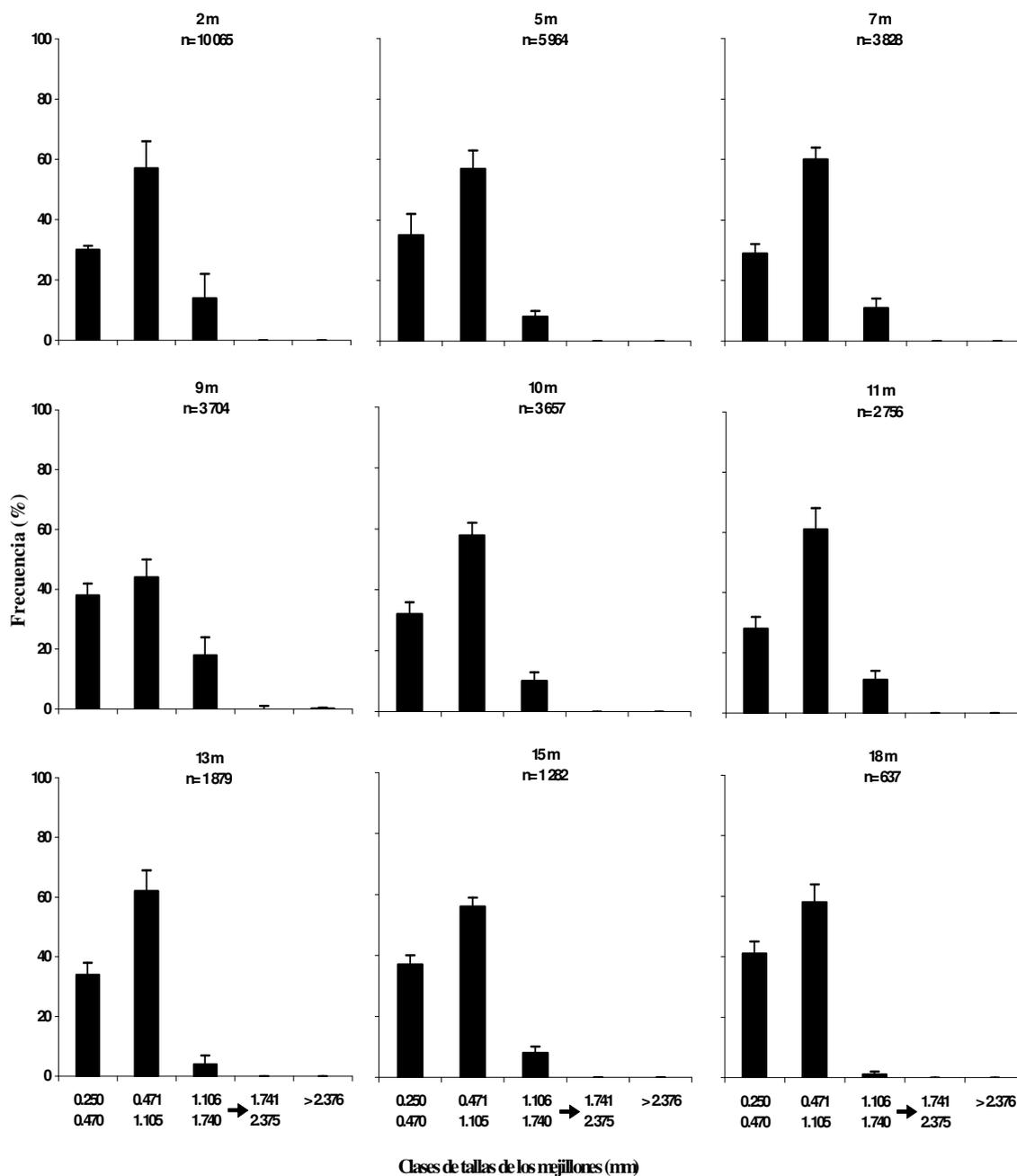


Figura 10.- Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 2 durante el mes de enero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea vertical la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

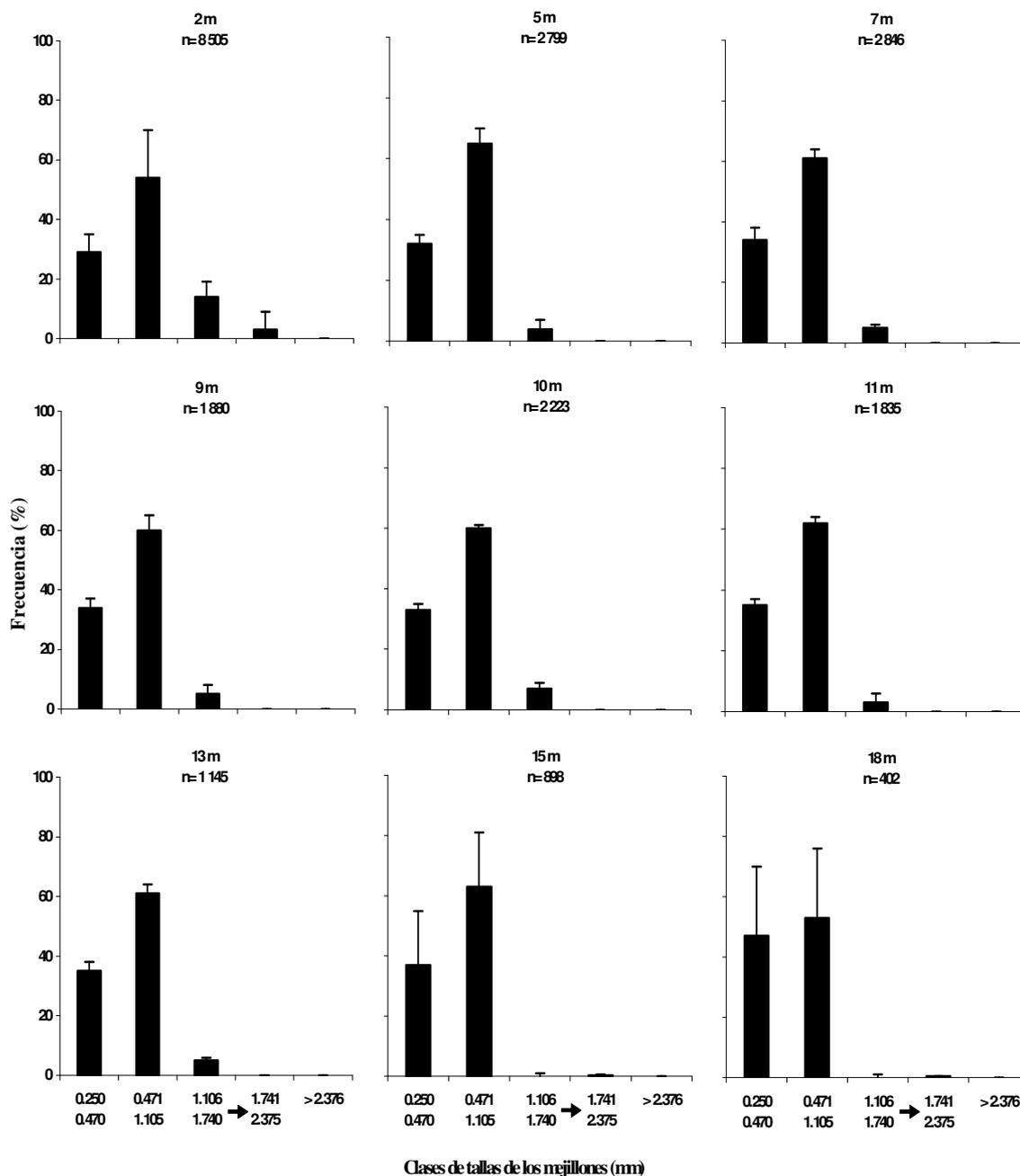


Figura 11.- Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 3 durante el mes de enero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea vertical la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

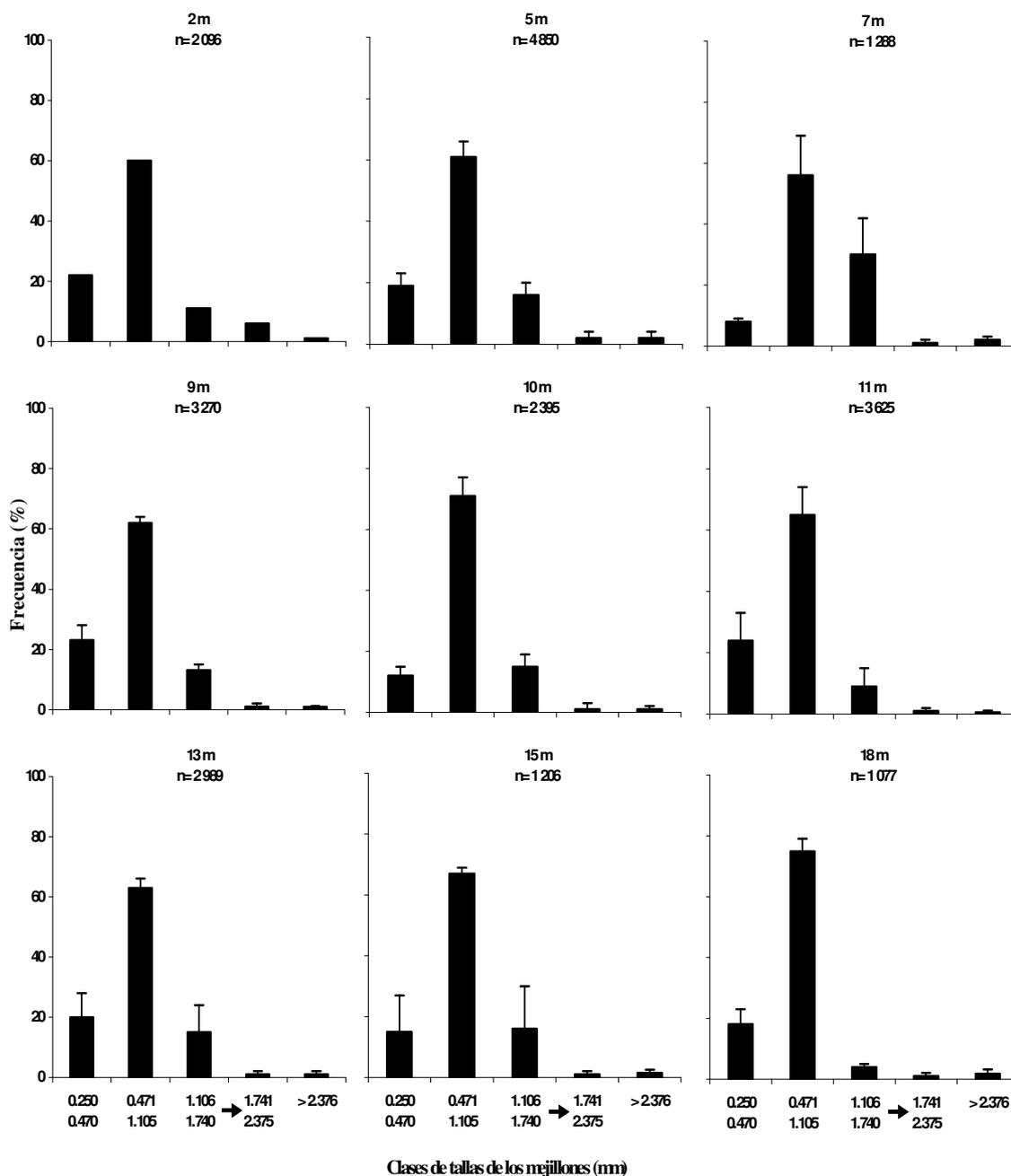


Figura 12.- Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 1 durante el mes de febrero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

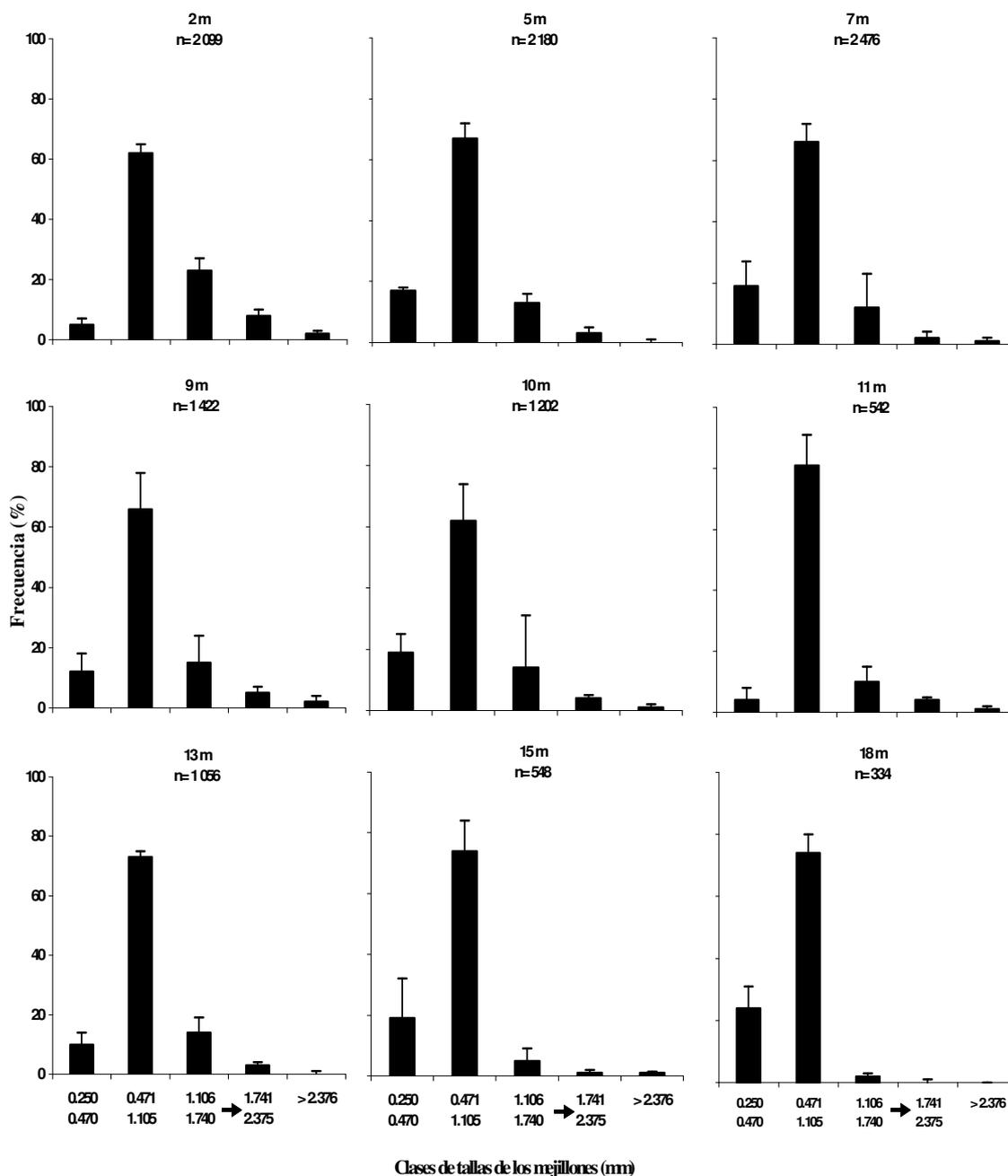


Figura 13.- Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 2 durante el mes de febrero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea vertical la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

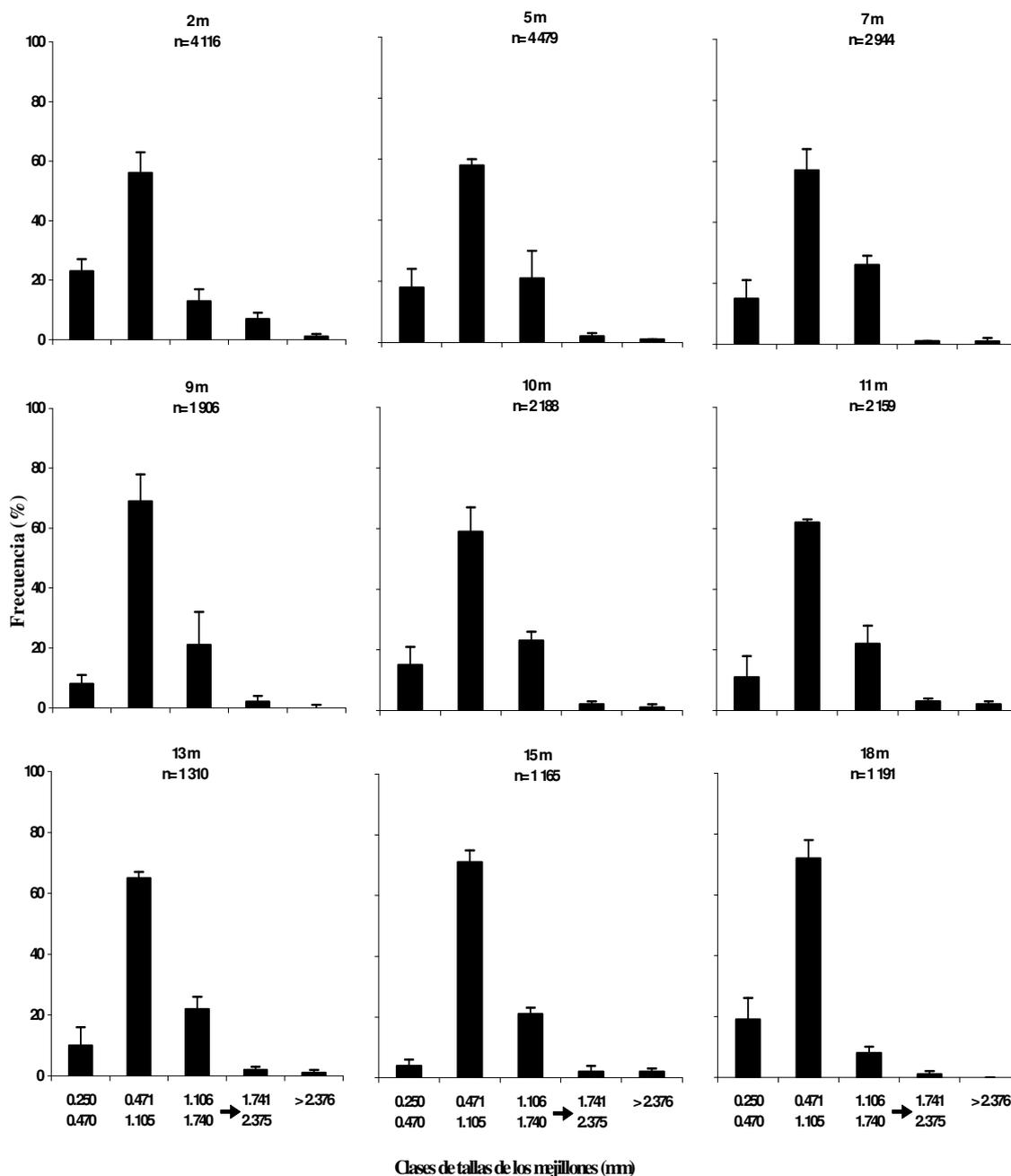


Figura 14.- Histograma de la distribución de tallas de los mejillones asentados sobre los colectores correspondientes a la estación 3 durante el mes de febrero. Cada barra representa el promedio del número de mejillones asentados en los colectores y la línea verticales la desviación estándar. (n) es el número total de mejillones asentados en cada profundidad. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

Tabla IV.- Intervalos de las tallas de los mejillones observadas en las diferentes estaciones y profundidades durante el período de estudio. En cada estación se resalta la talla máxima registrada de los mejillones en dispersión.

Profundidad	Talla mínima (mm)	Enero			Febrero		
		Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 1	Estación 2	Estación 3
		Tallas máximas registradas (mm)					
2 m	0.250	1.666	1.666	1.999	3.831	3.165	3.165
5 m	0.250	1.499	1.499	1.499	4.831	2.832	3.498
7 m	0.250	1.999	1.666	1.666	6.164	3.831	4.998
9 m	0.250	1.999	2.499	1.499	2.999	3.332	2.499
10 m	0.250	1.832	1.666	1.499	2.832	3.998	2.832
11 m	0.250	1.499	1.666	1.332	2.499	8.163	5.331
13 m	0.250	1.499	1.666	1.332	9.998	2.499	2.832
15 m	0.250	1.416	1.499	1.166	5.498	2.998	3.498
18 m	0.250	1.680	1.802	1.166	5.831	1.999	2.832

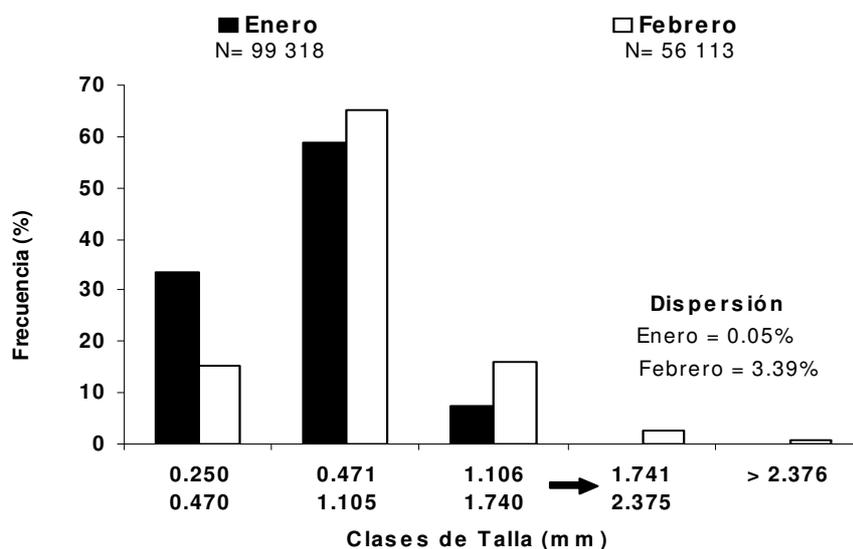


Figura 15.- Histograma de la distribución de tallas de larvas recién asentadas y postlarvas en las profundidades y estaciones estudiadas. La barra negra corresponde al mes de enero y la blanca al mes de febrero. N representa el total de mejillones asentados en los colectores. La flecha indica las clases de tallas de las postlarvas consideradas como asentamientos producto de una dispersión.

V.4.- Identificación y cuantificación de los mejillones asentados

Una vez que se confirmó que el método de identificación morfométrico funciona para la Bahía de Todos Santos (ver Apéndice 3), se realizó la identificación de los mejillones asentados en los colectores de las diferentes profundidades y estaciones. La proporción del

asentamiento de *M. galloprovincialis* fue mayor de los 2 a 11 m de profundidad y la de *M. californianus* fue mayor de los 13 a 18 m de profundidad (Tabla V). Por otro lado, el asentamiento promedio de *M. galloprovincialis* para el mes de enero fue del 93.37 % y el de *M. californianus* fue del 6.62 %. Mientras que en el mes de febrero el asentamiento promedio de *M. galloprovincialis* disminuyó al 88.13 % y el de *M. californianus* aumentó al 11.87 % (Fig. 16).

Tabla V. Porcentajes de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* identificados para cada profundidad, estación y mes de muestreo.

	Profundidad	ENERO			FEBRERO		
		<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. californianus</i>	N	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. californianus</i>	N
Estación 1	2m	99.205	0.795	377	88.691	11.309	336
	5m	98.928	1.072	373	87.363	12.637	364
	7m	98.360	1.640	366	87.541	12.459	305
	9m	99.624	0.376	266	79.776	20.224	356
	10m	98.608	1.392	359	89.058	10.942	329
	11m	99.437	0.563	355	80.156	19.944	361
	13m	96.108	3.892	334	86.119	13.881	353
	15m	92.835	7.165	321	82.334	17.666	300
	18m	84.298	15.702	242	82.131	17.869	291
Estación 2	2m	95.325	4.675	385	84.524	15.476	336
	5m	93.067	6.933	375	86.983	13.017	338
	7m	99.724	0.276	362	88.663	11.337	344
	9m	99.723	0.277	361	87.500	12.500	312
	10m	96.121	3.878	361	93.333	6.667	300
	11m	93.411	6.589	258	94.760	5.240	229
	13m	92.425	7.575	330	95.172	4.828	290
	15m	88.525	11.475	305	93.074	6.926	231
	18m	83.334	16.666	246	97.253	2.747	182
Estación 3	2m	93.980	6.020	382	87.671	12.329	365
	5m	90.572	9.428	350	85.286	14.714	367
	7m	99.431	0.569	351	85.795	14.205	352
	9m	76.667	23.333	330	84.894	15.106	331
	10m	92.331	7.669	339	86.982	13.018	338
	11m	95.427	4.573	328	91.395	8.605	337
	13m	89.865	10.135	296	92.157	7.843	306
	15m	86.281	13.719	277	90.604	9.396	298
	18m	87.395	12.605	119	90.301	9.699	299

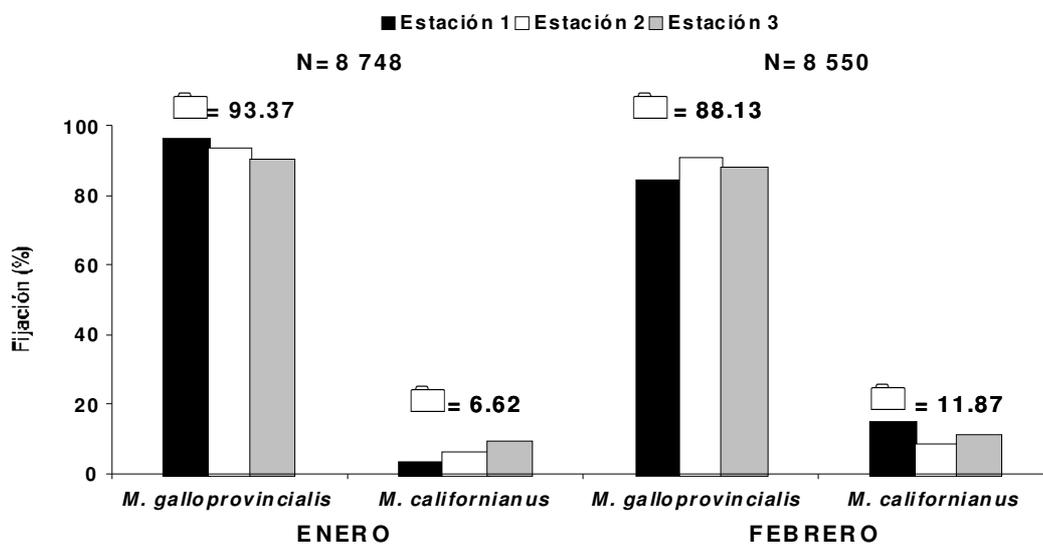


Figura 16.- Histograma del número total de mejillones identificados de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*. 0 indica los valores promedios de los porcentajes de los mejillones identificados de las tres estaciones, para cada mes de muestreo.

En relación a la distribución de tallas y los ápices dorsales de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* por estación, profundidad y mes de muestreo, se encontró que en los mejillones de asentados en las diferentes profundidades del mes de enero, se registraron intervalos de tallas promedios de longitudes de conchas entre los 0.483 a 1.650 mm para *M. galloprovincialis* y entre los 0.450 a 1.500 mm para *M. californianus*, e intervalos de RAD promedios de entre los 0.433 a 0.548 y 0.563 a 0.605 para *M. galloprovincialis* y *M. californianus* respectivamente (Tablas VI a VIII). En el mes de febrero se registraron intervalos de tallas promedios de longitudes de conchas entre los 0.515 a 2.950 mm y 0.536 a 3.660 mm para *M. galloprovincialis* y *M. californianus* respectivamente, e intervalos de RAD promedios entre los 0.476 a 0.546 para *M. galloprovincialis* y entre los 0.563 a 0.614 para *M. californianus* (Tablas IX a XI). Los resultados anteriormente descritos, indicaron que las RAD de las dos especies son diferentes y no existió un traslape entre ellas (Fig. 17 y 18). La Figura 17 se construyó con todos los datos de las relaciones al ápice dorsal

Tabla VII. Longitudes y RAD para la identificación de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* asentados en los colectores de la estación 2 del mes de enero.

Profundidad	Intervalo de longitud (mm)	Longitud Promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus galloprovincialis</i>				Longitud Promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus californianus</i>			
			Min-Max	Promedio	± DE	N		Min-Max	Promedio	± DE	N
2m	0.400 - 0.658	0.553	0.364 - 0.545	0.486	0.031	219	0.753	0.563 - 0.613	0.576	0.016	18
	0.659 - 0.917	0.766	0.412 - 0.533	0.496	0.022	135					
	0.918 - 1.176	0.970	0.421 - 0.500	0.443	0.027	10					
	1.177 - 1.435										
	1.436 - 1.694	1.467	0.448 - 0.500	0.477	0.0263	3					
5m	0.400 - 0.658	0.600	0.438 - 0.533	0.498	0.021	93	0.613	0.563 - 0.617	0.586	0.023	6
	0.659 - 0.917	0.793	0.444 - 0.556	0.504	0.020	184					
	0.918 - 1.176	1.029	0.444 - 0.526	0.496	0.012	62					
	1.177 - 1.435	1.273	0.426 - 0.509	0.481	0.024	10					
	1.436 - 1.694										
7m	0.400 - 0.658	0.572	0.500 - 0.538	0.538	0.017	93	0.800	0.612			1
	0.659 - 0.917	0.798	0.412 - 0.533	0.492	0.016	227					
	0.918 - 1.176	1.022	0.455 - 0.526	0.497	0.015	37					
	1.177 - 1.435	1.200	0.500 - 0.500	0.500	0.000	4					
	1.436 - 1.694										
9m	0.400 - 0.658	0.605	0.455 - 0.545	0.492	0.025	21	0.750	0.600			1
	0.659 - 0.917	0.809	0.400 - 0.533	0.492	0.016	221					
	0.918 - 1.176	1.013	0.474 - 0.526	0.496	0.013	92					
	1.177 - 1.435	1.269	0.480 - 0.520	0.520	0.010	26					
	1.436 - 1.694										
10m	0.400 - 0.658	0.546	0.455 - 0.545	0.494	0.019	73	0.572	0.563 - 0.615	0.581	0.018	10
	0.659 - 0.917	0.793	0.444 - 0.556	0.505	0.021	203					
	0.918 - 1.176	1.015	0.458 - 0.538	0.495	0.017	67					
	1.177 - 1.435	1.200	0.500 - 0.500	0.500	0.000	4					
	1.436 - 1.694										
11m	0.400 - 0.658	0.593	0.440 - 0.524	0.497	0.011	80	0.580	0.583 - 0.618	0.605	0.014	5
	0.659 - 0.917	0.772	0.469 - 0.528	0.499	0.006	126					
	0.918 - 1.176	1.022	0.458 - 0.519	0.497	0.012	26					
	1.177 - 1.435	1.222	0.484 - 0.500	0.498	0.005	9					
	1.436 - 1.694										
13m	0.400 - 0.658	0.558	0.455 - 0.545	0.500	0.023	113	0.627	0.563 - 0.616	0.569	0.018	9
	0.659 - 0.917	0.751	0.471 - 0.556	0.513	0.027	160					
	0.918 - 1.176	0.997	0.478 - 0.556	0.513	0.021	28					
	1.177 - 1.435	1.250	0.500 - 0.545	0.519	0.023	4					
	1.436 - 1.694										
15m	0.400 - 0.658	0.628	0.467 - 0.533	0.505	0.015	26	0.620	0.563 - 0.600	0.570	0.015	6
	0.659 - 0.917	0.759	0.471 - 0.556	0.518	0.024	204					
	0.918 - 1.176	1.021	0.483 - 0.556	0.519	0.017	33					
	1.177 - 1.435	1.240	0.484 - 0.533	0.507	0.016	7					
	1.436 - 1.694										
18m	0.400 - 0.658	0.500	0.455 - 0.545	0.505	0.026	74	0.586	0.563 - 0.617	0.575	0.019	17
	0.659 - 0.917	0.760	0.471 - 0.556	0.516	0.025	118					
	0.918 - 1.176	1.003	0.500 - 0.556	0.527	0.020	12					
	1.177 - 1.435	1.200	0.533			1					
	1.436 - 1.694										

Tabla IX. Longitudes y RAD para la identificación de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* asentados en los colectores de la estación 1 del mes de febrero.

Profundidad	Intervalo de longitud (mm)	Longitud promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus galloprovincialis</i>				Longitud promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus californianus</i>			
			Min-Max	Promedio	± DE	N		Min-Max	Promedio	± DE	N
2m	0.400 - 0.658	0.583	0.500	0.500	0.000	15					
	0.659 - 0.917	0.833	0.486 - 0.545	0.505	0.013	74	0.847	0.571 - 0.611	0.591	0.013	6
	0.918 - 1.176	1.039	0.481 - 0.556	0.513	0.019	114	0.977	0.560 - 0.619	0.572	0.015	28
	1.177 - 1.435	1.268	0.429 - 0.548	0.505	0.018	60	1.210	0.567 - 0.581	0.570	0.007	4
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.535 2.165	0.500 - 0.500 0.500 - 0.507	0.500 0.501	0.000 0.002	13 22					
5m	0.400 - 0.658	0.611	0.467 - 0.533	0.500	0.013	15	0.640	0.563	0.563	0.000	2
	0.659 - 0.917	0.812	0.429 - 0.556	0.507	0.026	88	0.839	0.571 - 0.615	0.588	0.018	17
	0.918 - 1.176	1.026	0.464 - 0.556	0.509	0.019	142	0.980	0.560 - 0.609	0.572	0.012	22
	1.177 - 1.435	1.253	0.467 - 0.548	0.507	0.015	53	1.307	0.563 - 0.617	0.581	0.031	3
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.493 2.950	0.487 - 0.500 0.449 - 0.538	0.496 0.491	0.007 0.029	6 14	2.660	0.560 - 0.603	0.582	0.031	2
7m	0.400 - 0.658										
	0.659 - 0.917	0.837	0.476 - 0.556	0.503	0.016	24	0.899	0.586	0.586	0.000	1
	0.918 - 1.176	1.039	0.455 - 0.556	0.503	0.018	182	1.037	0.560 - 0.616	0.583	0.020	29
	1.177 - 1.435	1.243	0.433 - 0.553	0.505	0.021	49	1.260	0.563 - 0.616	0.583	0.026	7
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.480 2.359	0.474 - 0.500 0.442 - 0.540	0.491 0.502	0.015 0.029	3 9	1.440	0.583			1
9m	0.400 - 0.658	0.628	0.438 - 0.500	0.476	0.026	5	0.635	0.563 - 0.617	0.581	0.026	8
	0.659 - 0.917	0.787	0.421 - 0.556	0.516	0.028	201	0.780	0.571 - 0.619	0.593	0.016	52
	0.918 - 1.176	1.033	0.478 - 0.556	0.522	0.024	51	0.973	0.560 - 0.583	0.566	0.008	9
	1.177 - 1.435	1.252	0.441 - 0.533	0.497	0.021	23	1.240	0.563 - 0.581	0.570	0.010	3
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.520 2.200	0.500 - 0.550 0.500 - 0.516	0.525 0.508	0.035 0.011	2 2					
10m	0.400 - 0.658						0.620	0.563 - 0.600	0.581	0.027	2
	0.659 - 0.917	0.805	0.474 - 0.556	0.527	0.022	82	0.815	0.571 - 0.619	0.584	0.016	21
	0.918 - 1.176	1.029	0.423 - 0.552	0.504	0.021	105	0.967	0.560 - 0.600	0.572	0.015	6
	1.177 - 1.435	1.265	0.480 - 0.548	0.503	0.011	66	1.287	0.563 - 0.617	0.590	0.020	6
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.522 2.247	0.475 - 0.556 0.453 - 0.556	0.510 0.503	0.024 0.026	17 24	1.640	0.563			1
11m	0.400 - 0.658	0.609	0.478 - 0.556	0.512	0.019	34	0.598	0.563 - 0.615	0.576	0.017	13
	0.659 - 0.917	0.798	0.471 - 0.556	0.516	0.022	170	0.804	0.563 - 0.618	0.590	0.021	42
	0.918 - 1.176	0.994	0.474 - 0.556	0.517	0.019	76	0.958	0.560 - 0.605	0.574	0.013	17
	1.177 - 1.435	1.233	0.500 - 0.500	0.500	0.000	6					
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.520 1.800	0.500 - 0.526 0.511	0.513 0.511	0.019 0.019	2 1					
13m	0.400 - 0.658	0.631	0.500 - 0.533	0.508	0.015	12	0.640	0.563 - 0.577	0.570	0.010	2
	0.659 - 0.917	0.797	0.441 - 0.556	0.519	0.025	138	0.811	0.559 - 0.611	0.581	0.011	27
	0.918 - 1.176	1.034	0.458 - 0.556	0.513	0.022	118	1.020	0.560 - 0.615	0.587	0.022	17
	1.177 - 1.435	1.275	0.458 - 0.545	0.502	0.020	24	1.200	0.583			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.544 2.876	0.484 - 0.556 0.452 - 0.538	0.509 0.499	0.027 0.041	8 4	1.640	0.571 - 0.600	0.586	0.020	2
15m	0.400 - 0.658	0.524	0.429 - 0.556	0.502	0.031	31	0.536	0.563 - 0.615	0.599	0.021	11
	0.659 - 0.917	0.791	0.450 - 0.556	0.509	0.023	91	0.823	0.559 - 0.618	0.596	0.018	19
	0.918 - 1.176	1.009	0.477 - 0.556	0.509	0.018	120	1.025	0.560 - 0.619	0.585	0.019	21
	1.177 - 1.435	1.283	0.485 - 0.542	0.501	0.015	10	1.300	0.563 - 0.576	0.569	0.009	2
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.467 2.615	0.474 - 0.500 0.462 - 0.533	0.491 0.503	0.015 0.023	3 7					
18m	0.400 - 0.658	0.566	0.455 - 0.545	0.508	0.026	61	0.620	0.563 - 0.616	0.580	0.020	11
	0.659 - 0.917	0.787	0.464 - 0.556	0.512	0.020	114	0.794	0.563 - 0.619	0.595	0.024	31
	0.918 - 1.176	1.016	0.423 - 0.556	0.505	0.024	42	0.967	0.560 - 0.615	0.585	0.022	7
	1.177 - 1.435	1.251	0.455 - 0.543	0.510	0.029	9	1.227	0.563 - 0.567	0.565	0.003	3
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.508 2.615	0.474 - 0.553 0.462 - 0.533	0.514 0.503	0.029 0.023	6 7					

Tabla X. Longitudes y RAD para la identificación de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* asentados en los colectores de la estación 2 del mes de febrero.

Profundidad	Intervalo de longitud (mm)	Longitud promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus galloprovincialis</i>				Longitud promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus californianus</i>			
			Min-Max	Promedio	± DE	N		Min-Max	Promedio	± DE	N
2m	0.400 - 0.658	0.610	0.500 - 0.538	0.514	0.018	12	0.630	0.563 - 0.600	0.572	0.017	8
	0.659 - 0.917	0.787	0.471 - 0.556	0.526	0.024	94	0.798	0.571 - 0.613	0.584	0.011	20
	0.918 - 1.176	1.045	0.478 - 0.556	0.516	0.020	97	0.989	0.560 - 0.600	0.572	0.012	19
	1.177 - 1.435	1.276	0.457 - 0.548	0.516	0.023	35	1.240	0.563 - 0.567	0.565	0.003	2
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.516 2.189	0.459 - 0.556 0.481 - 0.553	0.517 0.522	0.032 0.020	10 36	3.000	0.574 - 0.604	0.585	0.017	3
5m	0.400 - 0.658	0.611	0.462 - 0.533	0.504	0.024	7	0.630	0.563 - 0.600	0.572	0.019	4
	0.659 - 0.917	0.795	0.471 - 0.556	0.520	0.020	113	0.810	0.571 - 0.600	0.580	0.011	16
	0.918 - 1.176	1.006	0.417 - 0.542	0.518	0.018	150	0.965	0.560 - 0.609	0.571	0.013	22
	1.177 - 1.435	1.253	0.500 - 0.548	0.518	0.019	16	1.360	0.571 - 0.576	0.574	0.003	2
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.480 2.114	0.541 0.481 - 0.549	0.541 0.508	0.017 0.021	8 7					
7m	0.400 - 0.658	0.589	0.462 - 0.545	0.502	0.024	21	0.615	0.563 - 0.600	0.569	0.013	8
	0.659 - 0.917	0.784	0.471 - 0.556	0.519	0.019	140	0.771	0.571 - 0.611	0.582	0.012	15
	0.918 - 1.176	1.004	0.483 - 0.556	0.519	0.013	111	0.976	0.560 - 0.583	0.566	0.009	15
	1.177 - 1.435	1.244	0.484 - 0.533	0.506	0.017	8	1.240	0.580			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.551 2.398	0.500 - 0.513 0.490 - 0.532	0.501 0.509	0.004 0.012	9 16					
9m	0.400 - 0.658	0.610	0.500 - 0.533	0.514	0.017	17	0.613	0.563 - 0.571	0.565	0.005	3
	0.659 - 0.917	0.779	0.471 - 0.556	0.519	0.020	134	0.800	0.571 - 0.611	0.586	0.013	14
	0.918 - 1.176	0.997	0.474 - 0.542	0.518	0.016	81	0.976	0.560 - 0.613	0.570	0.019	21
	1.177 - 1.435	1.288	0.480 - 0.528	0.504	0.012	16	1.240	0.581			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	0.515 2.211	0.500 - 0.524 0.481 - 0.548	0.515 0.511	0.011 0.015	4 21					
10m	0.400 - 0.658	0.608	0.462 - 0.533	0.499	0.021	35	0.640	0.563			1
	0.659 - 0.917	0.786	0.471 - 0.556	0.520	0.019	151	0.776	0.571 - 0.600	0.583	0.011	10
	0.918 - 1.176	0.999	0.500 - 0.542	0.518	0.015	69	0.982	0.560 - 0.583	0.570	0.011	9
	1.177 - 1.435	1.285	0.500 - 0.543	0.513	0.014	17					
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.440 1.873	0.500 0.500 - 0.523	0.500 0.506	0.000 0.010	2 6					
11m	0.400 - 0.658	0.596	0.467 - 0.538	0.507	0.021	20	0.600	0.563 - 0.571	0.567	0.006	2
	0.659 - 0.917	0.794	0.471 - 0.556	0.514	0.019	100	0.773	0.571 - 0.600	0.587	0.014	3
	0.918 - 1.176	0.996	0.478 - 0.542	0.517	0.014	68	0.967	0.560 - 0.577	0.565	0.006	6
	1.177 - 1.435	1.315	0.484 - 0.515	0.502	0.013	8	1.440	0.583			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.520 2.095	0.500 - 0.526 0.489 - 0.537	0.505 0.507	0.012 0.014	5 16					
13m	0.400 - 0.658	0.628	0.458 - 0.556	0.501	0.017	43					
	0.659 - 0.917	0.789	0.469 - 0.556	0.508	0.018	186	0.820	0.563 - 0.600	0.579	0.012	11
	0.918 - 1.176	0.972	0.474 - 0.553	0.507	0.018	29	0.932	0.565 - 0.579	0.571	0.007	3
	1.177 - 1.435	1.250	0.500	0.500	0.000	4					
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.588 1.930	0.492 - 0.507 0.448 - 0.507	0.500 0.484	0.006 0.017	4 10					
15m	0.400 - 0.658	0.599	0.467 - 0.538	0.509	0.020	63	0.640	0.563	0.563	0.000	6
	0.659 - 0.917	0.754	0.471 - 0.556	0.518	0.002	132	0.764	0.571 - 0.600	0.582	0.009	9
	0.918 - 1.176	0.981	0.500 - 0.536	0.516	0.011	15					
	1.177 - 1.435	1.240	0.500 - 0.533	0.517	0.024	2					
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.480 2.547	0.486 0.511 - 0.512	0.486 0.511	0.000 0.001	1 2	2.920	0.616			1
18m	0.400 - 0.658	0.546	0.444 - 0.556	0.498	0.013	91	0.588	0.565 - 0.616	0.591	0.035	2
	0.659 - 0.917	0.763	0.471 - 0.556	0.503	0.018	34	0.800	0.600			1
	0.918 - 1.176	1.034	0.480 - 0.538	0.513	0.013	38	1.040	0.577			1
	1.177 - 1.435	1.257	0.462 - 0.543	0.505	0.020	13	1.240	0.581			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	2.080	0.500			1					

Tabla XI. Longitudes y RAD para la identificación de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* asentados en los colectores de la estación 3 del mes de febrero.

Profundidad	Intervalo de longitud (mm)	Longitud promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus galloprovincialis</i>				Longitud promedio (mm)	Relación al Ápice Dorsal <i>Mytilus californianus</i>			
			Min-Max	Promedio	± DE	N		Min-Max	Promedio	± DE	N
2m	0.400 - 0.658	0.596	0.455 - 0.533	0.506	0.025	9	0.600	0.563 - 0.571	0.567	0.006	2
	0.659 - 0.917	0.816	0.471 - 0.556	0.514	0.019	112	0.831	0.571 - 0.600	0.581	0.011	17
	0.918 - 1.176	1.011	0.478 - 0.542	0.517	0.015	132	1.005	0.560 - 0.615	0.571	0.014	25
	1.177 - 1.435	1.277	0.485 - 0.533	0.504	0.011	27	1.400	0.571			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.560 2.008	0.474 - 0.537 0.489 - 0.543	0.503 0.507	0.017 0.012	8 32					
5m	0.400 - 0.658	0.608	0.500 - 0.538	0.514	0.018	10					
	0.659 - 0.917	0.795	0.444 - 0.556	0.518	0.019	119	0.823	0.571 - 0.611	0.582	0.013	23
	0.918 - 1.176	1.025	0.481 - 0.542	0.516	0.014	120	0.992	0.560 - 0.593	0.570	0.010	26
	1.177 - 1.435	1.281	0.484 - 0.548	0.512	0.017	40	1.232	0.563 - 0.581	0.571	0.009	5
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.531 2.242	0.500 - 0.541 0.486 - 0.535	0.512 0.510	0.017 0.013	7 17					
7m	0.400 - 0.658	0.580	0.500 - 0.533	0.517	0.024	2					
	0.659 - 0.917	0.820	0.471 - 0.550	0.514	0.019	69	0.815	0.571 - 0.600	0.583	0.013	8
	0.918 - 1.176	1.028	0.480 - 0.542	0.515	0.014	162	0.996	0.560 - 0.609	0.571	0.013	31
	1.177 - 1.435	1.258	0.485 - 0.548	0.512	0.016	56	1.245	0.566 - 0.581	0.571	0.006	10
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.525 2.150	0.486 - 0.538 0.489 - 0.529	0.513 0.511	0.017 0.019	9 4	1.525	0.574			1
9m	0.400 - 0.658	0.600	0.500 - 0.538	0.520	0.019	7	0.640	0.563			1
	0.659 - 0.917	0.823	0.500 - 0.556	0.521	0.021	59	0.817	0.571 - 0.611	0.584	0.013	14
	0.918 - 1.176	1.032	0.480 - 0.556	0.516	0.015	157	0.976	0.560 - 0.607	0.572	0.013	34
	1.177 - 1.435	1.246	0.485 - 0.548	0.513	0.016	48	1.280	0.563			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.533 2.051	0.500 - 0.524 0.500 - 0.523	0.512 0.504	0.012 0.009	3 7					
10m	0.400 - 0.658	0.613	0.500	0.500	0.000	3					
	0.659 - 0.917	0.813	0.500 - 0.545	0.515	0.017	52	0.805	0.571 - 0.613	0.596	0.019	8
	0.918 - 1.176	1.025	0.440 - 0.556	0.519	0.017	160	0.994	0.560 - 0.615	0.572	0.014	33
	1.177 - 1.435	1.269	0.484 - 0.548	0.514	0.016	67	1.213	0.567 - 0.581	0.571	0.008	3
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.560 2.130	0.500 - 0.541 0.509 - 0.535	0.520 0.526	0.017 0.011	8 4					
11m	0.400 - 0.658	0.630	0.500 - 0.533	0.508	0.017	4					
	0.659 - 0.917	0.815	0.500 - 0.550	0.513	0.016	86	0.813	0.571 - 0.611	0.590	0.012	9
	0.918 - 1.176	1.028	0.417 - 0.542	0.512	0.015	157	1.000	0.560 - 0.607	0.578	0.012	15
	1.177 - 1.435	1.267	0.500 - 0.548	0.509	0.014	38	1.227	0.563 - 0.567	0.565	0.002	3
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.550 2.616	0.475 - 0.528 0.464 - 0.529	0.504 0.504	0.019 0.018	8 15	3.660	0.611 - 0.618	0.614	0.005	2
13m	0.400 - 0.658	0.560	0.530 - 0.538	0.536	0.004	2					
	0.659 - 0.917	0.820	0.476 - 0.556	0.511	0.016	90	0.828	0.571 - 0.600	0.580	0.012	10
	0.918 - 1.176	1.022	0.480 - 0.542	0.512	0.014	161	0.989	0.560 - 0.600	0.575	0.013	14
	1.177 - 1.435	1.233	0.484 - 0.533	0.506	0.012	18					
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.467 1.944	0.500 - 0.528 0.481 - 0.545	0.509 0.508	0.014 0.024	6 5					
15m	0.400 - 0.658	0.577	0.500 - 0.538	0.508	0.015	13	0.600	0.600			1
	0.659 - 0.917	0.812	0.500 - 0.545	0.511	0.016	82	0.806	0.571 - 0.600	0.582	0.010	7
	0.918 - 1.176	1.013	0.500 - 0.542	0.512	0.013	129	0.974	0.560 - 0.593	0.570	0.011	17
	1.177 - 1.435	1.262	0.500 - 0.548	0.510	0.014	24	1.400	0.571			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.540 2.400	0.500 - 0.541 0.491 - 0.534	0.513 0.507	0.013 0.012	11 11	1.560 1.800	0.564 0.578			1 1
18m	0.400 - 0.658	0.611	0.500 - 0.545	0.506	0.015	14					
	0.659 - 0.917	0.821	0.471 - 0.545	0.514	0.018	93	0.806	0.571 - 0.600	0.582	0.011	7
	0.918 - 1.176	1.015	0.481 - 0.542	0.512	0.013	128	0.994	0.560 - 0.600	0.570	0.011	19
	1.177 - 1.435	1.261	0.486 - 0.548	0.511	0.017	20	1.200	0.567			1
	1.436 - 1.694 > 1.695	1.517 2.144	0.486 - 0.526 0.500 - 0.545	0.509 0.509	0.012 0.020	10 5	1.520	0.575 - 0.583	0.579	0.006	2

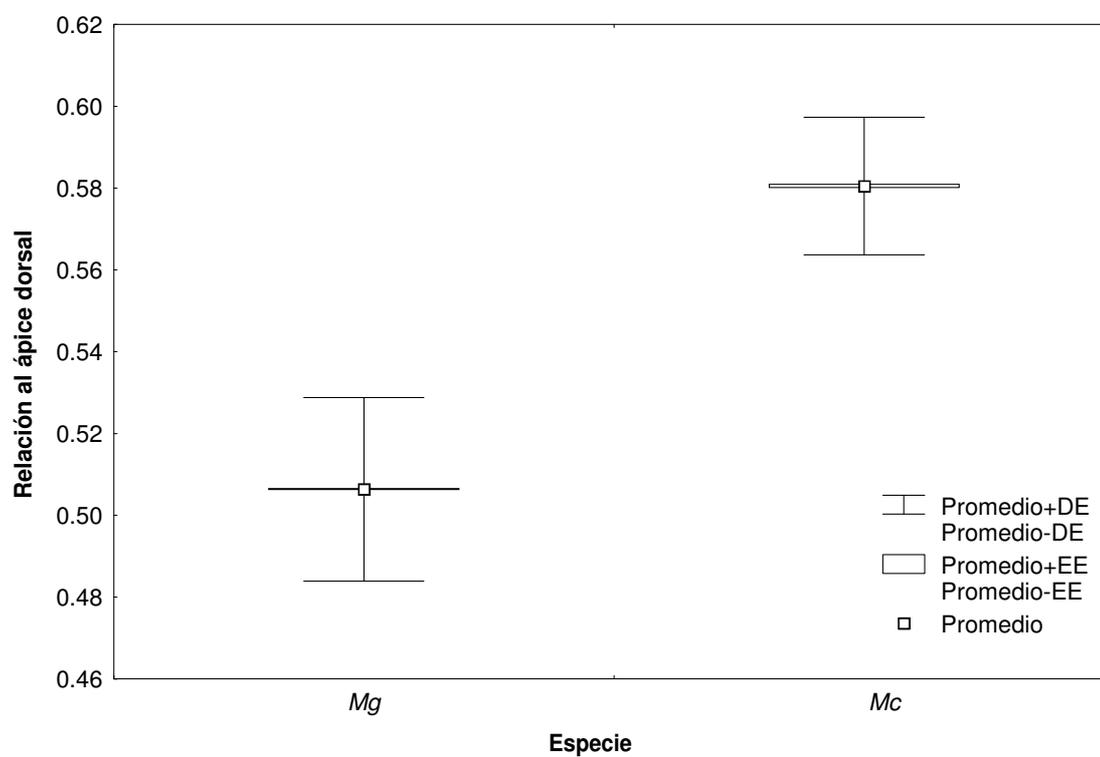


Figura 17.- Intervalos de las relaciones al ápice dorsal de *Mytilus galloprovincialis* (Mg) y *Mytilus californianus* (Mc) obtenidos durante la identificación. Las relaciones al ápice dorsal más grandes pertenecen a *M. californianus* y las menores a *M. galloprovincialis*.

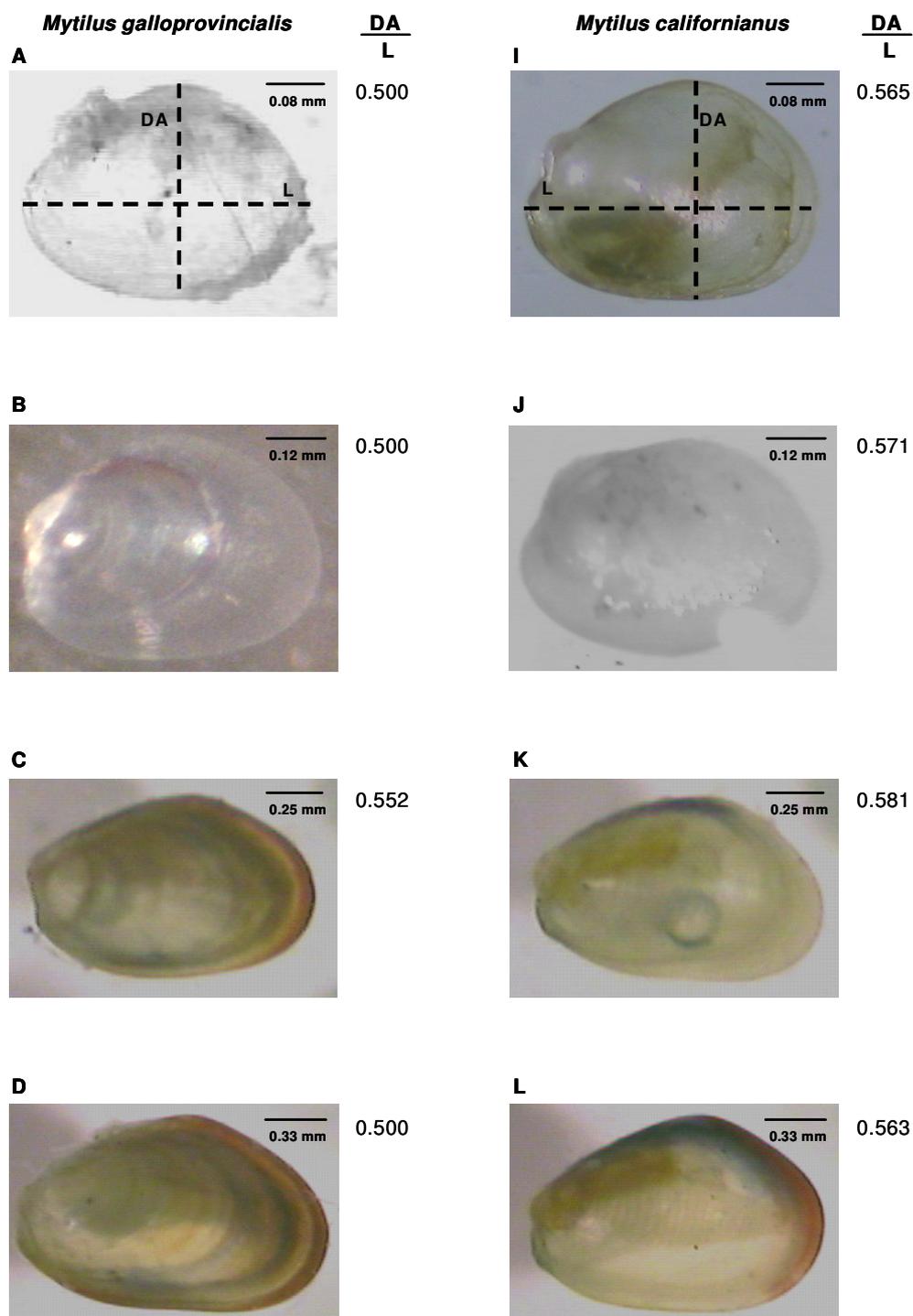
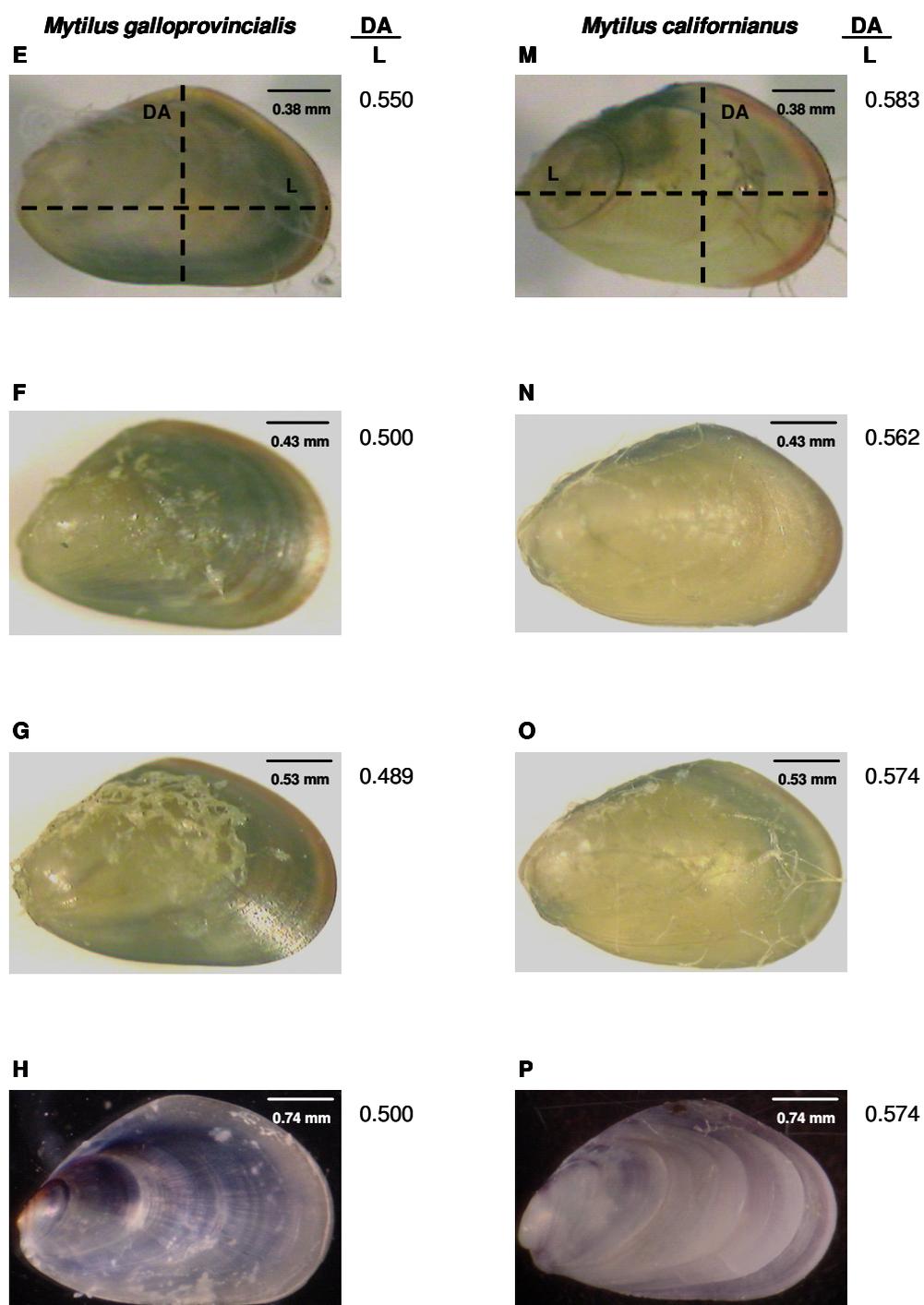


Figura 18.- Fotografías de *Mytilus galloprovincialis* (izquierda; A-H) y *Mytilus californianus* (derecha; I-P) identificados utilizando las RAD. Las longitudes de los mejillones fueron: A e I) 0.400 mm. B y J) 0.600 mm. C y K) 1.249 mm. D y L) 1.666 mm. Distancia al ápice (DA). Longitud Total (L). Continúa en la siguiente hoja.



Continuación de la Figura 18.- Fotografías de *Mytilus galloprovincialis* (izquierda; A-H) y *Mytilus californianus* (derecha; I-P) identificados utilizando las RAD. Las longitudes de los mejillones fueron: E y M) 1.915 mm. F y N) 2.165 mm. G y O) 2.665 mm. H y P) 3.700 mm. Distancia al ápice (DA). Longitud Total (L).

V.5.- Crecimiento diario de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* en laboratorio

Durante el periodo de estudio *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* incrementaron sus tallas. Estos incrementos fueron mayores en *M. galloprovincialis* que en *M. californianus*. En el caso de *M. galloprovincialis* los mayores incrementos se observaron en las tallas de 1.25 y 3.50 mm con un incremento de 7.175 y 7.362 mm respectivamente, los menores incrementos se registraron en las tallas de 0.50, 2.00, 1.75, 2.25 y 1.50 mm con incrementos de 2.854, 2.947, 2.984, 3.982 y 4.295 mm respectivamente, mientras que en el resto de las tallas se observaron incrementos entre los 5.062 a 6.750 mm. Por otro lado, en *M. californianus* el mayor incremento se registró en la talla de 3.50 mm con 1.451 mm, los menores incrementos se registraron en las tallas de 0.75, 1.00 y 1.50 mm con 0.389, 0.392 y 0.593 mm respectivamente, mientras que el resto de las tallas registraron un incremento entre los 0.656 a 0.740 mm (Fig. 19). Considerando los valores finales de cada clase de talla inicial, se calculó la relación de crecimiento promedio de *M. galloprovincialis* y *M. californianus*. La mayor relación de crecimiento promedio en *M. galloprovincialis* se registró en la clase de talla de 3.50 mm con $122.70 \mu\text{m d}^{-1}$ y la menor relación se registró en clase de talla de 0.50 mm con $47.57 \mu\text{m d}^{-1}$. En el caso de *M. californianus* la menor relación se registró en clase de talla de 0.75 mm con $6.49 \mu\text{m d}^{-1}$ y la mayor relación se registró en clase de talla de 3.50 mm con $24.18 \mu\text{m d}^{-1}$ (Tabla XII). Por lo tanto, los mayores incrementos de tallas y relaciones de crecimiento se registraron en *M. galloprovincialis* en todas las clases de tallas.

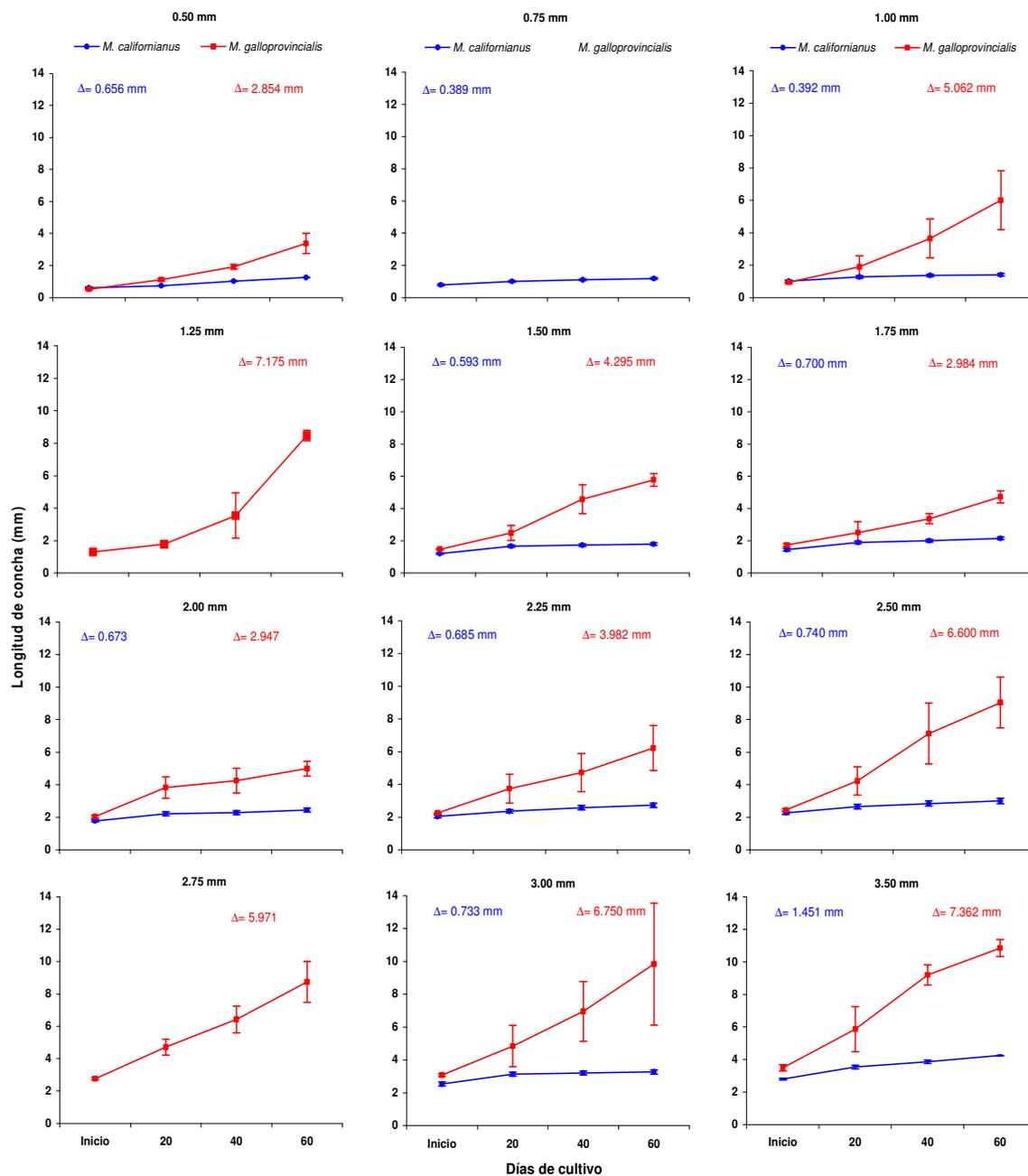


Figura 19.- Incrementos de las longitudes registradas en el laboratorio en las diferentes tallas para *Mytilus galloprovincialis* (■) y *Mytilus californianus* (●) durante el periodo de estudio. En *M. galloprovincialis* cada punto representa el incremento promedio de 10 mejillones \pm DE y en *M. californianus* representa el incremento promedio de 13 mejillones \pm DE.

Tabla XII.- Relación de crecimiento promedio de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en las diferentes tallas durante el periodo de estudio.

Talla (mm)	Relación de crecimiento ($\mu\text{m d}^{-1}$)	
	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. californianus</i>
0.50	47.57	10.93
0.75		6.49
1.00	84.37	6.54
1.25	119.58	
1.5	71.58	9.88
1.75	49.73	11.67
2.00	49.12	11.22
2.25	66.37	11.42
2.50	110.00	12.33
2.75	99.52	
3.00	112.50	12.22
3.50	122.70	24.18

V.6.- Presencia y longitud total del filamento mucoso de contacto

El filamento mucoso de contacto (FMC) fue producido por ambas especies (Fig. 20). En ambos casos se observaron diferencias en las longitudes promedio de estos filamentos mucosos de contacto de acuerdo a sus tallas (Fig. 21). En el caso de *M. galloprovincialis* se observó que la longitud del FMC del mejillón con talla de 0.60 mm fue de 2.00 ± 0.84 cm, esta longitud se incrementó en las siguientes tallas hasta alcanzar la máxima longitud de 9.50 ± 0.00 cm en el mejillón con talla de 1.05 mm, esta longitud decrece en las tallas posteriores hasta alcanzar su mínima longitud de 0.75 ± 0.35 cm en el mejillón con talla de 2.25 mm, los mejillones mayores a esta talla ya no produjeron el FMC. En *M. californianus* se observó que la longitud del FMC en el mejillón con talla de 0.75 mm fue de 4.33 ± 0.76 cm de longitud, esta longitud se incrementó en las siguientes tallas hasta alcanzar su máxima longitud de 8.00 ± 1.00 cm en el mejillón con talla de 1.35 mm, en las siguientes tallas la longitud del FMC decrece hasta alcanzar su mínima longitud de 1.22 ± 0.34 cm en

el mejillón con talla de 3.90 mm, después de esta talla los mejillones dejaron de producir el FMC (Fig. 21).

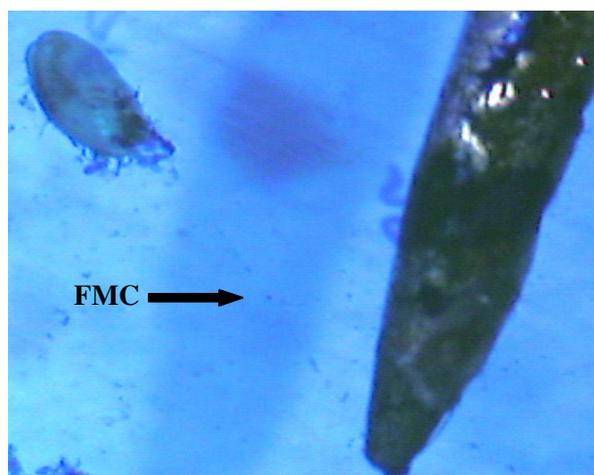
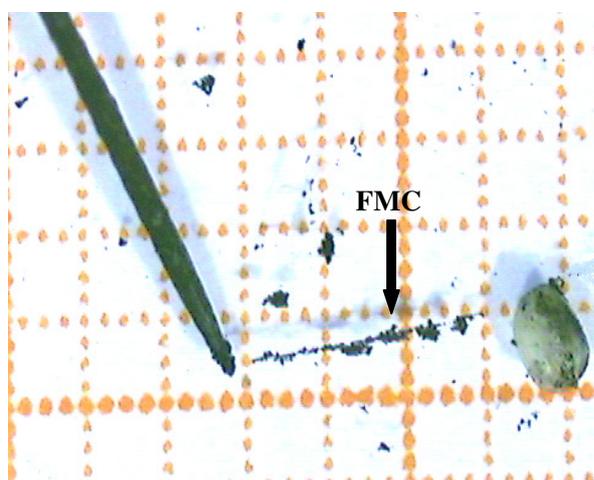
A**B**

Figura 20.- Filamento mucoso de contacto (FMC) producido por *Mytilus galloprovincialis* con talla de 1.332 mm (A) y (B) *Mytilus californianus* con talla de 1.200 mm.

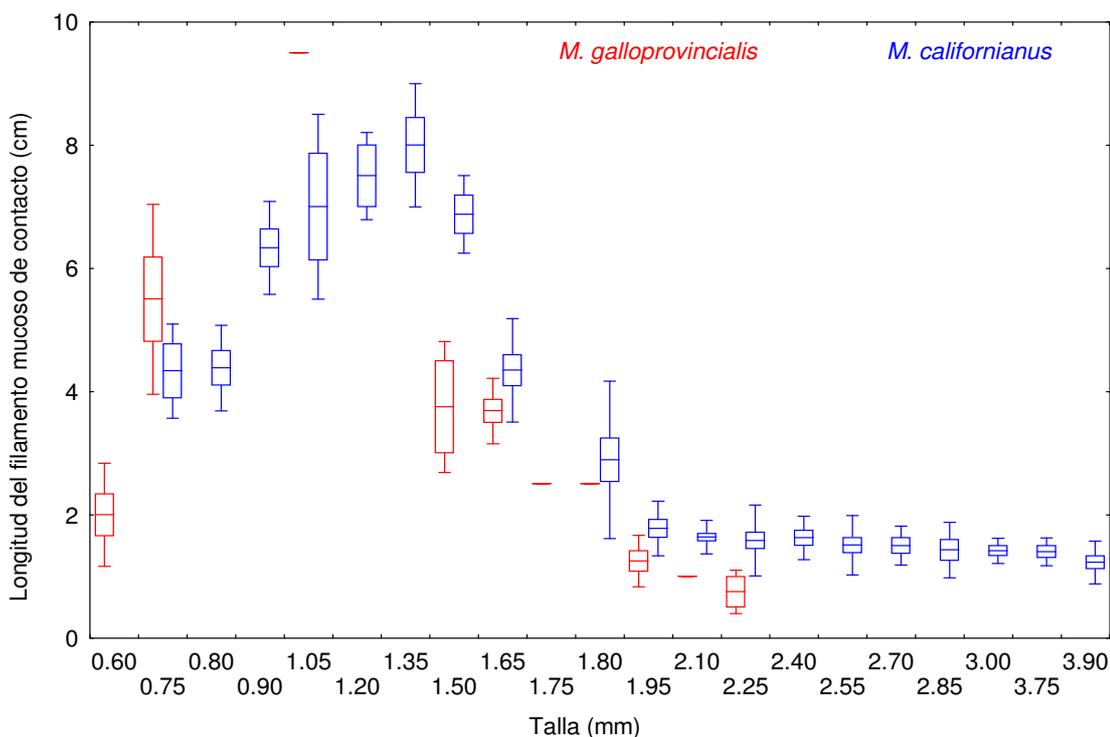


Figura 21.- Longitud del filamento mucoso de contacto (FMC) para *Mytilus galloprovincialis* (□) y *Mytilus californianus* (□). Cada línea horizontal representa la longitud promedio de tres FMC, el rectángulo representa el promedio \pm EE y las líneas verticales el promedio \pm DE.

V.7.- Grosor de las conchas de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*

El grosor de las conchas de *Mytilus californianus* fueron más gruesas en comparación con las conchas de *Mytilus galloprovincialis* para todas las clases de tallas (Fig. 22). En el caso de *M. californianus* con tallas de 0.60 mm, presentaron un grosor de concha promedio de 18.69 μ m, el grosor de las conchas en las siguientes tallas continuó aumentando hasta llegar a las 148.25 μ m en los mejillones con tallas de 3.70 mm (Fig. 23). En el caso de *M. galloprovincialis* el promedio del grosor de la concha en la talla de 0.60 mm fue de 10.44 μ m, el cual continuó aumentando en las siguientes tallas hasta las 64.55 μ m en la talla de 3.70 mm (Fig.23). Los análisis de correlaciones indicaron que existieron correlaciones

significativas, tanto para *M. galloprovincialis* ($r^2_{(0.05, 111)} = 55.24$, $p < 0.05$), como para *M. californianus* ($r^2_{(0.05, 68)} = 33.41$, $p < 0.05$) (Apéndice 6). Por otro lado, la ecuación que describe el grosor de las conchas de *M. galloprovincialis* en el intervalo de 500 a 3800 μm es: $Y = 0.0162404 \text{Talla}^{1.007543}$ y la ecuación que describe el grosor de las conchas de *M. californianus* en el intervalo de 600 a 3700 μm es: $Y = 0.006694 \text{Talla}^{1.22867}$ (Apéndice 7). El análisis de los valores de $b = 1.007543$ y $b = 1.228767$ obtenidos para *M. galloprovincialis* y *M. californianus* respectivamente, indicaron que estadísticamente no son diferentes de 1, (*M. galloprovincialis* $t_{(2,29)} = 0.08$, $p = 0.06$ y *M. californianus* $t_{(2,29)} = 0.06$, $p = 0.08$), por lo que se puede decir que el crecimiento de la concha presentó un crecimiento isométrico en las dos especies (Apéndice 7).

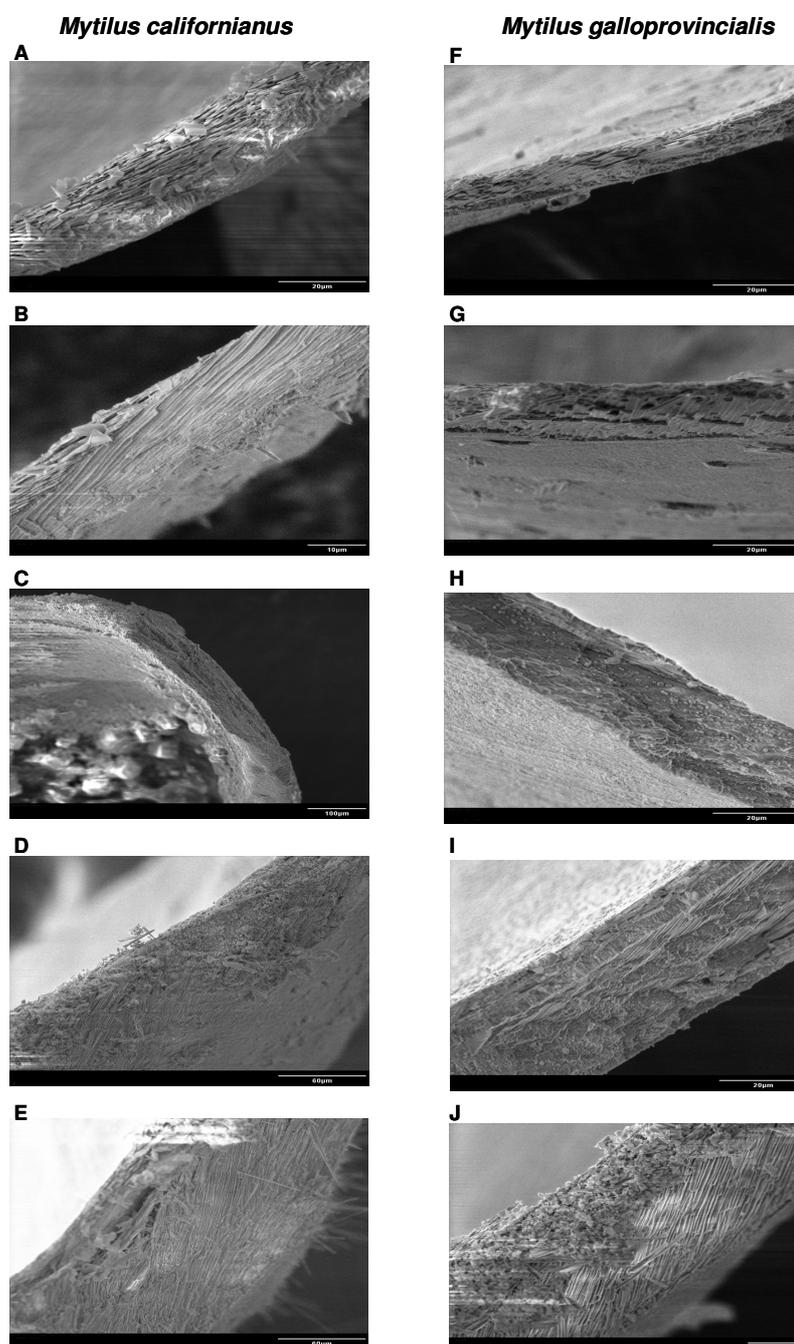


Figura 22.- Fotografías de los cortes perpendiculares al ápice hechos a las conchas de *Mytilus californianus* (izquierda; A-E) y *Mytilus galloprovincialis* (derecha; F-J), tomadas con un microscopio electrónico de barrido. Las longitudes de las conchas y los aumentos a los que se tomaron las fotografías fueron: A) 0.60 mm y 1500x. B) 0.70 mm y 2000x. C) 1.60 mm y 200x. D) 2.40 mm y 500x. E) 3.70 mm y 500x. F) 0.64 mm y 1500x. G) 0.70 mm y 1500x. H) 1.60 mm y 1500x. I) 2.40 mm y 1500x. J) 3.70 mm y 1000x.

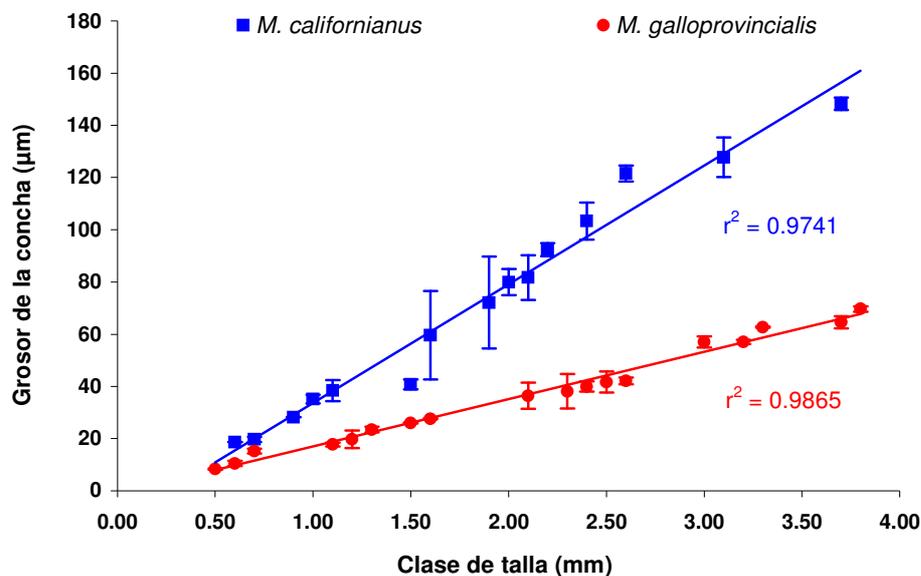


Figura 23.- Grosor de las conchas de *Mytilus galloprovincialis* (●) y *Mytilus californianus* (■) para cada clase de talla. Cada punto en *M. galloprovincialis* representa el promedio de seis medidas de una concha \pm DE y en *M. californianus* representa el promedio de cinco medidas de dos concha \pm DE. r^2 indica el coeficiente de determinación.

V.8.- Comportamiento y velocidad de hundimiento de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en laboratorio

Durante el hundimiento del mejillón en la columna de agua, estando presente o no el filamento mucos de contacto, la parte ventral del mejillón se orientó hacia arriba, lo cual hizo que las valvas tomaran una posición vertical a la columna de agua. Durante el hundimiento del mejillón en estado activo, éste extendió el pie fuera de la concha y pudo producir movimientos en zigzag de un lado de la columna al otro. En el caso del mejillón en estado inactivo y muerto estos describieron una línea vertical durante su hundimiento, aunque en algunos casos describieron pequeños movimientos en la horizontal. En algunos casos durante los experimentos con los mejillones en estado activo, éstos presentaron movimientos ascendentes. Este fenómeno se presentó en las tallas promedios de 0.641,

1.059, 1.863 y 2.143 mm de *Mytilus galloprovincialis*, y en *Mytilus californianus* se presentó en la talla promedio de 0.687 mm. Las velocidades de hundimiento de los mejillones en estado activo de *M. galloprovincialis* con tallas promedios de 0.641 a 3.171 mm aumentaron de 0.048 a 5.562 cm s^{-1} , en los mejillones en estado inactivos de 1.865 a 5.640 cm s^{-1} y en los mejillones muertos de 1.925 a 5.679 cm s^{-1} . En el caso de los mejillones activos de *M. californianus* con tallas promedios de 0.687 a 3.136 mm, sus velocidades de hundimiento aumentaron de 0.043 a 5.500 cm s^{-1} , para los mejillones en estado inactivo de 1.886 a 7.766 cm s^{-1} y en los mejillones muertos de 2.132 a 7.910 cm s^{-1} .

Las velocidades de hundimiento de *Mytilus galloprovincialis* fueron menores que las de *Mytilus californianus* (Fig. 24). Las velocidades de hundimiento de *M. galloprovincialis* en las tallas promedios de 0.641 hasta 1.863 mm en estado activos fueron menores que las de los mejillones inactivos y muertos y para las tallas promedios > 2.143 mm, las velocidades de hundimiento de los mejillones activos, inactivos y muertos fueron muy similares (Fig. 24A), mientras que en todas las tallas promedios de *M. californianus* las velocidades de hundimiento de los mejillones en estado activo siempre fueron menores que las de los mejillones inactivos y muertos (Fig. 24B). Los coeficientes de fricción en los tres estados de actividad de las dos especies decrecieron conforme aumentó la talla de los mejillones. Los coeficientes de fricción de los mejillones activos de *M. californianus* fueron mayores en todas las tallas que para *M. galloprovincialis*, pero en el caso de los mejillones inactivos y muertos sucedió lo contrario (Fig. 25). Este decremento en el coeficiente de fricción en *M. californianus* se observó más claramente entre las tallas promedios de 0.687 a 1.862 mm, ya que el coeficiente de fricción se redujo un 97.38 % y en las tallas promedios de 0.641 a 1.863 mm de *M. galloprovincialis* se redujo un 98.11 %. Los números de Reynolds

($Re < 2\ 000$) indicaron que durante los hundimientos de los mejillones a través de la columna de agua, éstos presentaron un flujo laminar (Fig. 25). Respecto al aumento relativo en la fricción (n), éste es mayor en la talla más pequeña y disminuyó conforme se incrementó la talla. Este aumento relativo en la fricción fue similar en la talla de 0.600, 1.800, 2.100, 2.300, 2.600 y 3.100 mm en ambas especies, y solo en el caso de la talla de 1.100 mm *M. californianus* presentó un mayor aumento en la fricción que *M. galloprovincialis* (Fig. 26).

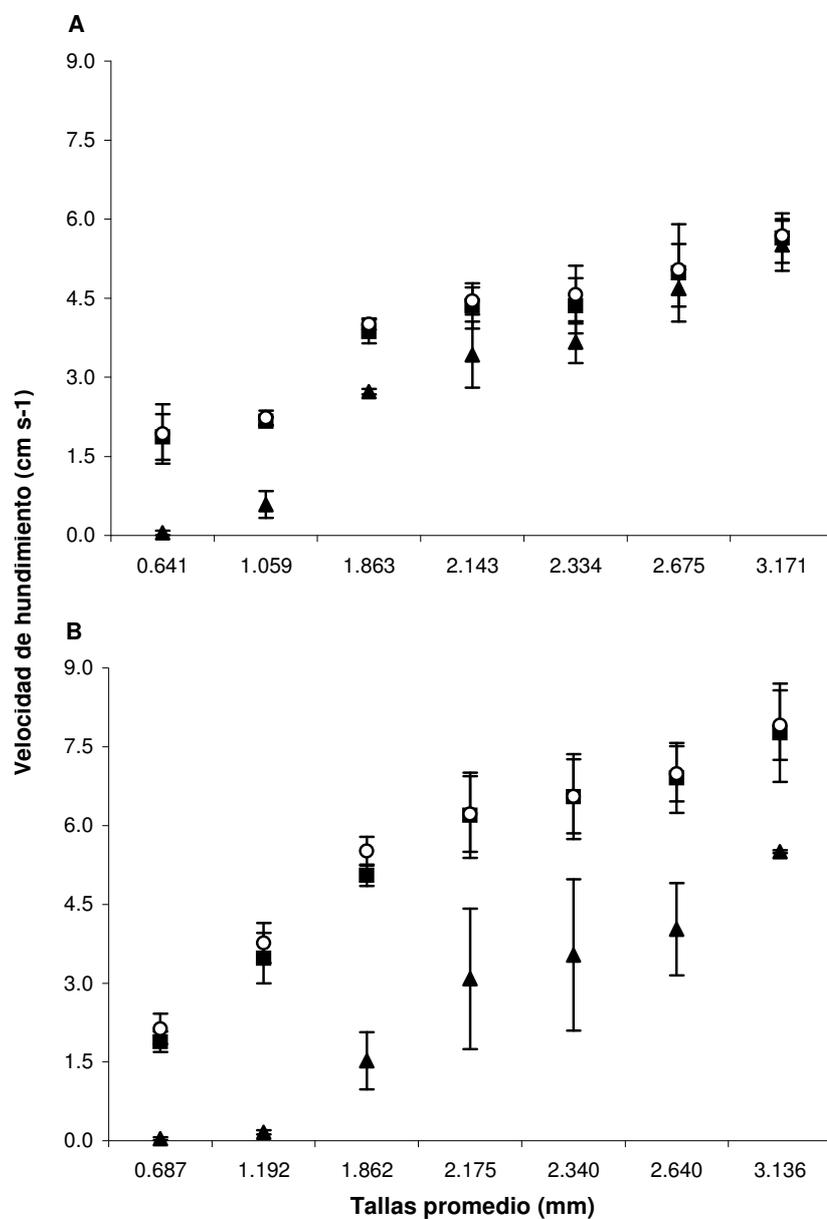


Figura 24.- Velocidades de hundimiento registradas en las diferentes tallas promedios y estados de actividad. A. *Mytilus galloprovincialis*. B. *Mytilus californianus*. El triángulo representa a los mejillones activos, el cuadrado a los mejillones inactivos y el círculo a los mejillones muertos. En *M. galloprovincialis* cada punto representa el promedio de seis mejillones \pm DE y en *M. californianus* representa el promedio de nueve mejillones \pm DE.

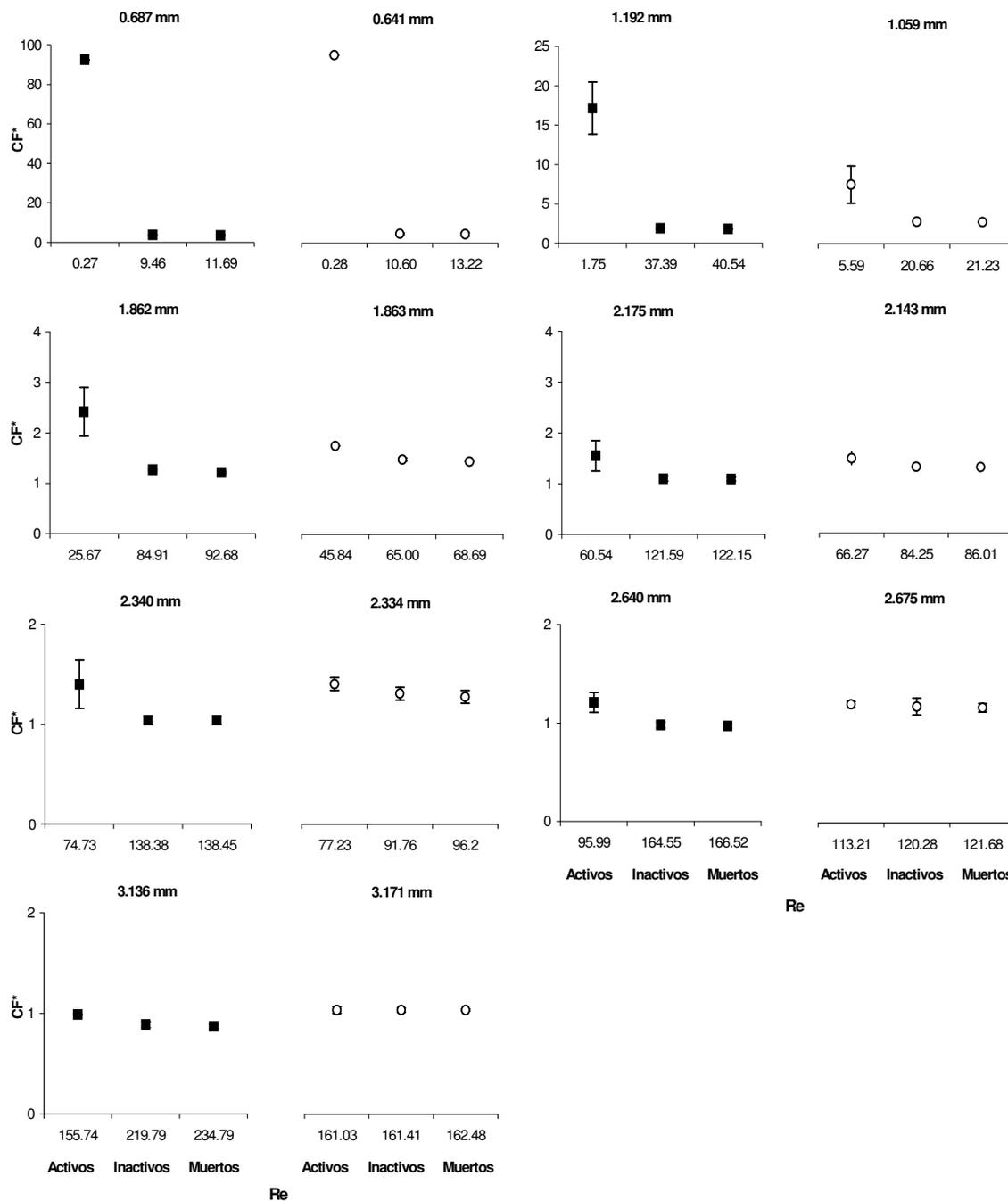


Figura 25.- Coeficientes de fricción (CF^*) contra el número de Reynolds (Re) registrados durante los experimentos de la velocidad de hundimiento de *Mytilus galloprovincialis* (○) y *Mytilus californianus* (■) para cada estado de actividad y talla. En *M. galloprovincialis* cada punto representa el promedio de seis $CF^* \pm DE$ y en *M. californianus* representa el promedio de nueve $CF^* \pm DE$.

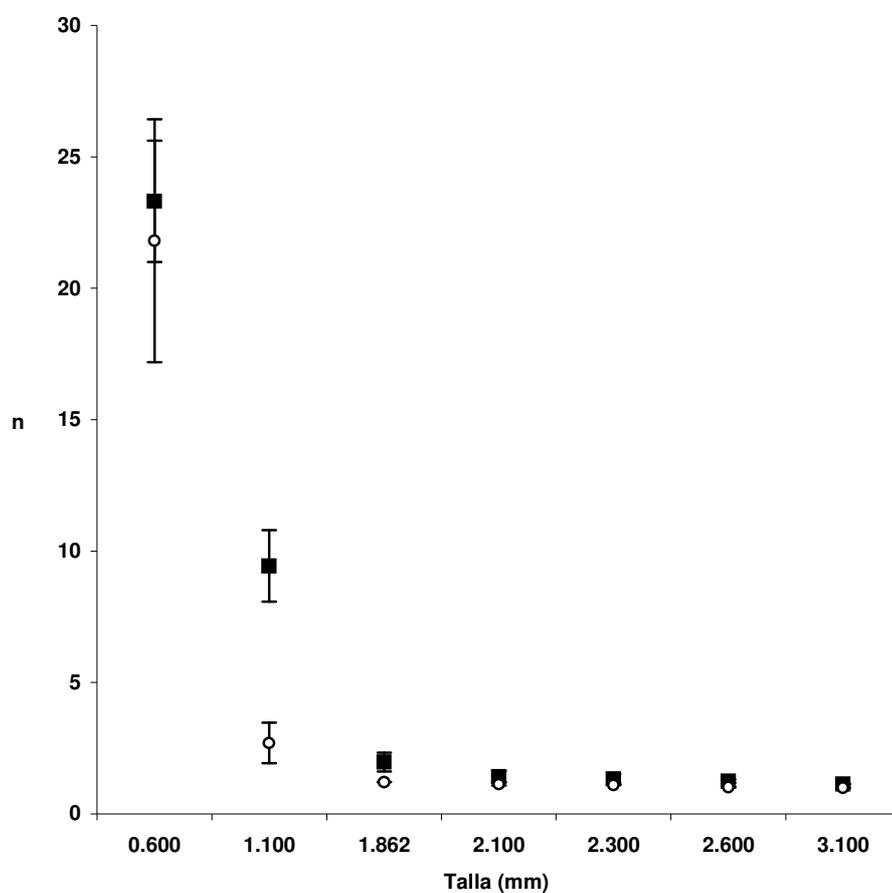


Figura 26.- Distribución del aumento relativo de la fricción (n) contra la talla de los mejillones registrados durante los experimento en las diferentes tallas de *Mytilus galloprovincialis* (o) y *Mytilus californianus* (■). En *M. galloprovincialis* cada punto representa el promedio de seis mejillones \pm DE y en *M. californianus* representa el promedio de nueve mejillones \pm DE.

VI.- DISCUSION

VI.1.- Ciclo reproductivo de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*

La estación reproductiva de *Mytilus galloprovincialis* cultivado en Bahía de Todos Santos es más extensa que la estación reproductiva de *Mytilus galloprovincialis* de la zona de rompiente de Mina del Fraile. Estas diferencias pueden estar relacionadas a las condiciones ambientales, ya que los mejillones de la zona de cultivo todo el tiempo están bajo el agua, mientras que en la zona de rompiente están expuestos a la desecación, cambios de temperatura y a la marea. Estos resultados concuerdan con los descritos por Seed (1976) quien indica que el desarrollo gonadal es más rápido en los mejillones que se encuentran en la zona baja del intermareal en comparación con los que se encuentran en la zona alta, estos resultados lo asocia con la disponibilidad del alimento. Ferrán (1991) y Villalba (1995) asocian las variaciones locales del ciclo gonadal de los mejillones cultivados en la Bahía de Galicia en España a las condiciones ambientales.

Comparando la estación reproductiva de *Mytilus galloprovincialis* con *Mytilus californianus* se observa que en algunos meses el porcentaje de los componentes del manto fueron similares tanto en las condiciones del área de cultivo como en la zona rocosa expuesta; sin embargo, el periodo de acumulación de reserva muestra diferencias en el ciclo reproductivo. El periodo más intenso de desove de *M. californianus* ocurrió de la mitad del invierno a la primavera. Esto muestra claras diferencias que *M. californianus* presenta una estación reproductiva más extensa (invierno al verano), sugiriendo que los factores endógenos regulan el ciclo reproductivo en estas especies y junto con los factores exógenos establecen las diferencias con *M. galloprovincialis*. Una comparación de la estación

reproductiva de *M. galloprovincialis* encontrada en esta tesis mostró un modelo similar a escala regional a los estudios descritos para el mejillón de bahía desde Washington al sur de California (Fig. 27), los cuales muestran una estación del ciclo reproductivo entre octubre y abril, con la excepción de los estudios realizados por Graham y Gay (1945), Coe (1932) y Young (1946) en el muelle del instituto de oceanografía de Scripps y en punta rocosa. Los primeros dos autores llegan a sus conclusiones utilizando la fijación de los mejillones, pero es probable que el periodo de desove pudiera ser antes de lo estipulado. El último autor llega a sus conclusiones induciendo a los mejillones al desove en laboratorio, lo cual no representa las condiciones reproductivas de las poblaciones naturales de mejillones. Parece ser que los mejillones de bahía desde Washington hasta Baja California presentan un patrón del periodo reproductivo de otoño a principio de primavera, mientras que el periodo reproductivo de los mejillones de la Isla de Vancouver es de primavera a verano. ¿Estas diferencias en los mejillones de bahía se puede deber a que *Mytilus trossulus* se distribuye hacia el norte, mientras que *Mytilus galloprovincialis* se distribuye hacia el sur? ¿O a las condiciones locales o latitudinales? Por lo tanto, para hacer una comparación de las estaciones y las estrategias reproductivas de los mejillones de bahía (*M. trossulus* y *M. galloprovincialis*) de la costa noroeste de Norte América es necesaria realizar un estudio utilizando la misma técnica.

Por otro lado, el periodo reproductivo de *Mytilus californianus* reportados en la costa del Pacífico de Norte América (Fig. 28) muestra periodos de desove durante casi todo el año. Los resultados de esta tesis y los estudios mencionados en la Figura 2, apoyan en parte las observaciones realizadas por Suchanek (1981), quien menciona que la estrategia reproductiva de *M. californianus* se basa en desoves continuos a muy bajo nivel a lo largo

del año. Sin embargo, para confirmar las observaciones descritas por Suchanek, se necesitan más estudios sobre la intensidad y el nivel de los desoves de esta especie a lo largo del año y compararla con *M. galloprovincialis*. La estación de asentamiento de los mejillones en la Bahía de Todos Santos ha sido registrada en diciembre y enero (Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez, 1999 y Curiel-Ramírez, 2000), coincidiendo con los desoves observados en esta tesis.

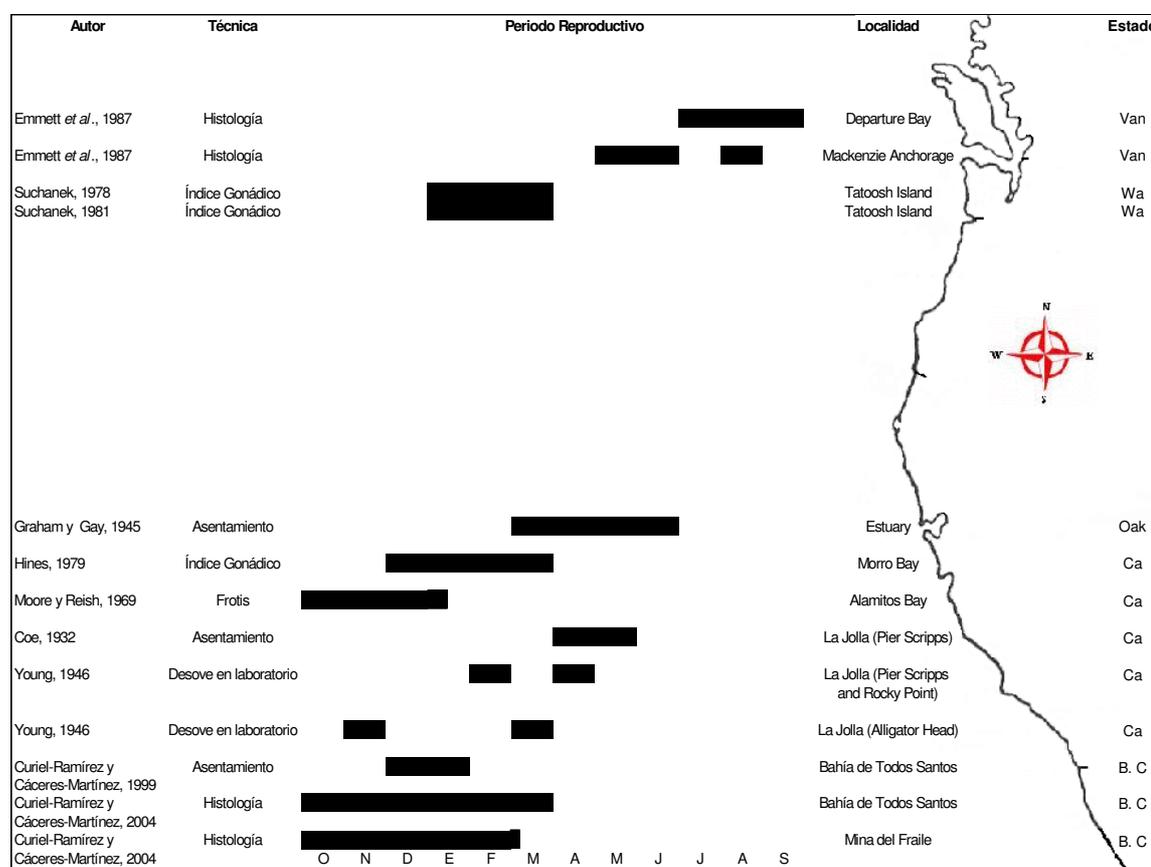


Figura 27.- Ciclo reproductivo de los mejillones parecidos a *Mytilus edulis* a lo largo de la costa oeste de Norteamérica. De acuerdo con las actuales diferenciaciones y distribuciones de los mejillones parecidos a *Mytilus edulis*, los mejillones que se localizan desde Alaska hasta la parte norte de California fueron considerados como *M. trossulus*, los mejillones en el norte de California fueron considerados como híbridos entre *M. trossulus* y *M. galloprovincialis*, y los mejillones del centro de California hasta Baja California, México fueron considerados como *M. galloprovincialis* (Soot Ryen 1955, McDonald and Koehn 1988, Koehn 1991, Seed 1992, Suchanek *et al.* 1997).

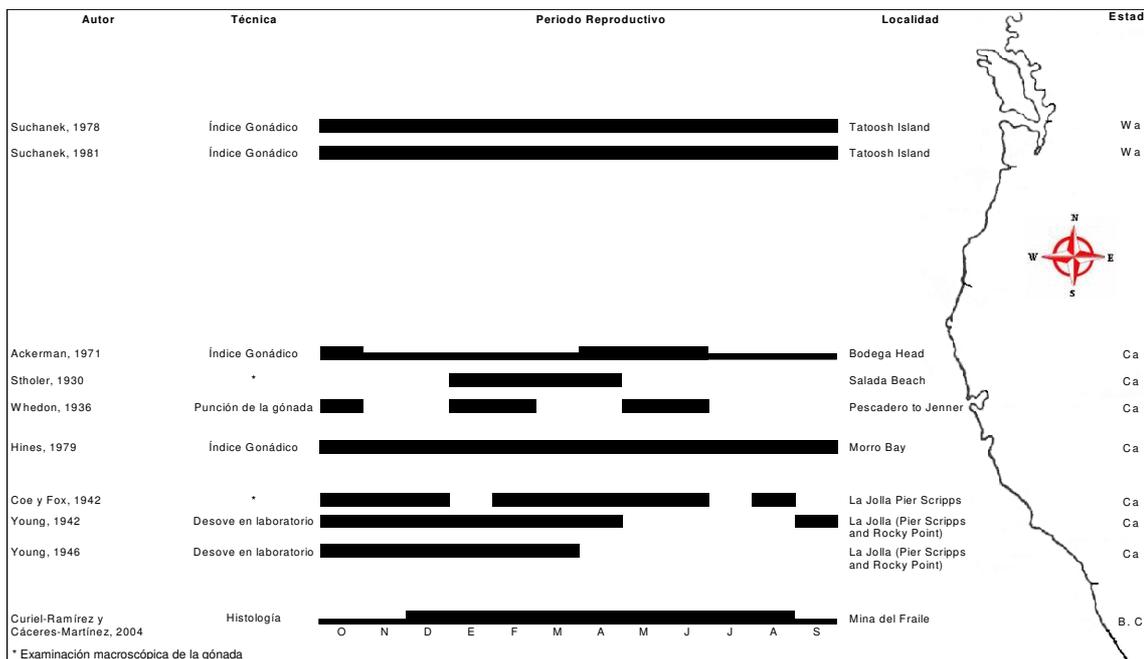


Figura 28.- Ciclo reproductivo del mejillón de California *Mytilus californianus* a lo largo de la costa oeste de Norteamérica. La barra más gruesa indica la estación de mayor desove.

VI.2.- Asentamiento de los mejillones en las estaciones, profundidades y meses de estudio

Los resultados del asentamiento obtenido en los colectores artificiales colocados en la Bahía de Todos Santos durante el periodo de estudio, concuerdan con los desoves importantes de *Mytilus californianus* (febrero a junio) y de *Mytilus galloprovincialis* (diciembre y enero). Estos resultados concuerdan con los descritos para la Bahía de Todos Santos y el Ejido Eréndira por Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez (1999) y por Curiel-Ramírez (2000). En el caso de los mayores asentamientos de mejillones registrados en los colectores de la estación 1, puede estar relacionado con la dirección de la corriente litoral predominante con dirección sureste (Castro, 1987), lo que representa que la zona oeste del área de cultivo es la primera estación donde llega esta corriente, esto puede implicar que

esta corriente sea rica en alimento, así como en abundancia de larvas y postlarvas de mejillones, mismas que se asientan sobre los colectores. Estos resultados concuerdan con los obtenidos para *Mytilus galloprovincialis* por Cáceres-Martínez y Figueras (1998b), quienes describen que el mayor asentamiento en colectores artificiales en la Ría de Vigo lo obtienen en la zona de la boca de la Ría y mientras más alejado se encuentren los colectores de esta zona menor es el asentamiento, esto es debido a que la boca de la Ría es la zona por donde entra la corriente litoral predominante, rica en fitoplancton, larvas competentes y postlarvas de mejillones.

Por otro lado, los resultados de la distribución del asentamiento de los mejillones por profundidad obtenidos en el mes de enero, indicaron que el mayor asentamiento se encuentra en las profundidades por arriba de la termoclina (2 a 7 m), mientras que para las profundidades donde se encuentra presente la termoclina en la Bahía de Todos Santos (9 y 10 m, Cruz, 1997), el asentamiento es muy similar, y para las profundidades posteriores a la termoclina (11 a 18 m) el asentamiento disminuye gradualmente en todas las estaciones. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cáceres-Martínez y Figueras (1997), Fuentes y Molaes (1994), Freeman *et al.* (2002) y Kenchington *et al.* (2002), quienes indican que los mayores asentamientos de mejillones se presentan en la superficie del agua y disminuye conforme aumenta la profundidad, estos autores relacionan este patrón de asentamiento directamente con la presencia de la termoclina, la cual influye directamente en menores asentamientos, así como en la especie que se asienta por debajo de la termoclina. Sin embargo, resultados opuestos fueron descritos por Cáceres-Martínez y Figueras (1998a), quienes asumen que las condiciones de la columna de agua en la zona de estudio fueron homogéneas.

VI. 3.- Distribución por tallas de los mejillones asentados

El registro de larvas recién asentadas < 0.470 mm sobre los colectores colocados en las diferentes zonas y profundidades del área de cultivo de la Bahía de Todos Santos, indicaron un asentamiento directo del plancton, mientras que el registro de mejillones > 0.470 mm nos indicó que estos organismos pudieron asentarse el primer día en que se colocó el colector en el mar y desarrollarse durante el tiempo en que el colector se encontró sumergido, mientras que los mejillones que sobrepasan la talla máxima esperada para el estudio (ver Apéndice 2) se deben a mejillones que se encontraban asentados en otros sustratos y por efecto del oleaje y las corrientes se asentaron de nuevo en los colectores de estudio (dispersión). A este respecto, tenemos que en el mes de enero se registró un mayor asentamiento de mejillones entre los 0.250 a 1.740 mm (99.95%), mientras que en el mes de febrero este asentamiento fue menor (96.61%). Pero el asentamiento de mejillones de tallas > 1.741 mm fue mayor en este mes (3.39%) que en enero (0.05%). Este patrón de asentamiento se debe al ciclo reproductivo descrito en esta tesis para los mejillones *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* de la Bahía de Todos Santos (ver sección VI.1), por lo que es de esperarse que el mayor registro de larvas recién asentadas se obtenga en el mes de enero y en el mes de febrero se espera un menor asentamiento de larvas directas del plancton, pero un mayor asentamiento de mejillones en dispersión. Este patrón de asentamiento concuerda con lo descrito por McGrath *et al.* (1988); Cáceres-Martínez *et al.* (1993, 1994); Lasiak y Barnard (1995); Cáceres-Martínez y Figueras (1998b); Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez (1999) y por Curiel-Ramírez (2000), quienes muestran que el mayor asentamiento de larvas competentes se presenta al inicio del periodo reproductivo y conforme pasa el tiempo el asentamiento registrado corresponde a postlarvas o mejillones

en dispersión. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con los descritos por Bayne (1964), quien describe que los mejillones primero se asientan en sustratos filamentosos y que después de una migración bisopelágica se asientan en las camas de los mejillones adultos. Esta diferencia se debe a que este autor realizó su investigación con *Mytilus edulis* en el Reino Unido, con una especie y condiciones diferentes a las nuestras, además que su investigación la llevó a cabo en el medio natural recolectando en diferentes intervalos de tiempo las zonas de algas y luego describió cual fue la sucesión de tallas. Sin embargo, no indicó si realizó al mismo tiempo un muestreo en los bancos de mejillones adultos, por lo que es muy probable que existieran asentamientos de todas las tallas en la cama de los mejillones adultos, o bien que el oleaje y las corrientes fueran tan grandes en la zona de rompiente que las tallas más pequeñas fueran dispersadas de las camas y sólo encontrara tallas más grandes > 0.900 mm (ver Widdows *et al.*, 2002). Por otro lado, las tallas registradas en la Bahía de Todos Santos variaron de los 0.250 a 2.499 mm en el mes de enero y para el mes de febrero variaron de los 0.250 a 9.998 mm. Por lo que la presencia del mejillón con talla de 9.998 mm, concuerda con las tallas máximas encontradas por Beukema y De Vlas (1989); Cáceres-Martínez y Figueras (1997, 1998b); Curiel-Ramírez y Cáceres-Martínez (1999), quienes registraron mejillones alrededor de 10 mm de longitud.

VI. 4.- Identificación y cuantificación de los mejillones asentados

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, la utilización de las medidas morfométricas de las conchas para identificar a *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* de la Bahía de Todos Santos, mostró excelentes resultados, ya que se logró identificar a estas dos especies sin ningún problema. Esto se debió a que las diferencias en las relaciones al ápice dorsal de *M. galloprovincialis* (0.433 a 0.548) y *M.*

californianus (0.563 a 0.614) registradas en el estudio, indicaron que no existe posibilidad de error al identificar una especie de la otra, ya que no existe un traslape entre las relaciones al ápice dorsal de estas especie. Además que las relaciones al ápice dorsal de cada una de estas especies se mantiene en un rango de tallas de 0.483 a 2.950 mm para *M. galloprovincialis* y de 0.450 a 3.660 mm para *M. californianus*. Estos resultados concuerdan parcialmente con los descritos por Martel *et al.* (1999), esto se debe a que estos autores encuentran relaciones al ápice dorsal de 0.540 a 0.650 mm para *M. californianus* de la Isla de Vancouver, Canadá y de 0.540 a 0.630 mm y 0.360 a 0.540 mm en la Isla Catalina, California, para *M. californianus* y *M. galloprovincialis* respectivamente, estas diferencias en las relaciones al ápice dorsal se pueden deber a que las características morfológicas de los mejillones varían de acuerdo a las condiciones ambientales de cada zona, así como a la localidad en la que se hace el estudio (Cáceres-Martínez *et al.*, 2003).

Por otro lado, el hecho de que *Mytilus galloprovincialis* en el mes de enero fue la especie predominante de los 2 a 11 m de profundidad, puede estar relacionado a que el grosor de la concha fue menor en todas las clases de tallas, aunado a el largo del filamento mucoso de contacto, lo cual le puede proporcionar ventajas en la competencia por la colonización del sustrato (como es una mayor flotabilidad), que a su vez le puede permitir una mayor oportunidad de alcanzar un sustrato. Sin embargo, en el mes de febrero las características del grosor de la concha y el largo del filamento mucoso de contacto de *M. galloprovincialis* ya no le ayudan para mantenerse en los primeros metros de profundidad, debido a que la talla de producción del filamento mucoso en esta especie se presentó hasta los 2.250 mm (es importante aclarar que los mejillones de *M. galloprovincialis* alcanzan esta talla alrededor de los 30 a 40 días después del asentamiento), aunado a que la longitud

del filamento mucoso fue de tan sólo 0.75 cm, por lo que estas características pueden influir en que permanezcan poco tiempo en la superficie. Es probable que, como resultado de estas características, el asentamiento sea mayor en las profundidades de 13 a 18 m.

VI. 5.- Crecimiento diario de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis* en laboratorio

Los resultados del crecimiento diario de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* muestran claras diferencias entre estas especies. Siendo *M. galloprovincialis* la especie con la mayor velocidad de crecimiento en todas las tallas. Estas diferencias en el crecimiento nos indican que ecológicamente *M. galloprovincialis* presenta una ventaja contra *M. californianus* en su exclusión de la zona de baja energía, ya que debido a su rápido crecimiento limita la disponibilidad del espacio y reduce el nicho fundamental de *M. californianus* en la zona media y baja del intermareal o en las zonas protegidas de la bahía (zona de cultivo), por lo que los mejillones de *M. californianus* se quedan en la parte interior de las camas de los mejillones, donde se acumula el sedimento y las pseudoheces, lo cual provoca que los mejillones mueran aplastados y sofocados por sus congéneres. Esto da como resultado que en la zona de cultivo el nicho fundamental y realizado de *M. galloprovincialis* sea el mismo, mientras que el nicho realizado de *M. californianus* es menor que su nicho fundamental (Fig. 29). Estos resultados concuerdan con los descritos por Harger (1968, 1970a) quien describe que *M. galloprovincialis* predomina sobre *M. californianus* en las áreas protegidas, debido a la velocidad de crecimiento, aunado con el comportamiento de reptación que les permite que se coloquen en la parte exterior de los bancos donde no se acumulan sedimentos ni pseudoheces (ver I.4). Los resultados del crecimiento diario de *M. galloprovincialis* obtenidos en esta tesis son opuestos a los

trabajos realizados tanto en laboratorio como en campo por Bayne (1964); Satuito *et al.* (1994); Leck *et al.* (1999); Gilg y Hilbish (2000) (Tabla XIII). Las diferencias en el laboratorio se pueden deber a las diferencias en las condiciones de temperatura, salinidad, alimentación, talla de los mejillones y tiempo de estudio, mientras que las diferencias en el campo pueden estar relacionadas a que las condiciones ambientales en cada uno de las localidades de estudio son diferentes a las de la Bahía de Todos Santos. Por otro lado, en el trabajo de Gilg y Hilbish (2000) no especificaron con que especie del género *Mytilus* trabajaron, lo que representa que pudieron tener asentamientos de *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis* y los híbridos entre ellos (ver Newell, 1990; Gardner, 1996 y Hilbish *et al.*, 2002). En el caso del estudio de *Mytilus californianus* realizado por Trevelyan y Chang (1983), mostraron que el crecimiento diario es menor a lo reportado en esta tesis, esto es debido a que estos autores realizaron el estudio con mejillones de tallas iniciales entre las 382 y 412 μm , aunado a un tiempo de experimentación corto y una temperatura más alta a las utilizadas en esta tesis (Tabla XIII).

Las causas más probables que determinaron las diferencias en el crecimiento diario son: la temperatura, la salinidad y la disponibilidad del alimento. Esto es debido a que la temperatura como la salinidad hacen que los mejillones reduzcan su metabolismo a tal grado que en el caso de los cambios bruscos de salinidad los mejillones tardan semanas en acoplar su metabolismo a las nuevas salinidades, esto hace que su crecimiento se detenga (Bayne *et al.*, 1976) y en el caso de la temperatura la velocidad de crecimiento es más lento en los mejillones que se encuentran a 5 °C y por arriba de 20 °C en comparación con los que se encuentran a 18 °C, esto se debe a que el metabolismos de los mejillones aprovechan mejor la energía disponible en esta temperatura (Bayne *et al.*, 1976). Sin embargo, la

disponibilidad del alimento es probablemente el factor más importante que determina la relación del crecimiento, ya que si el alimento es escaso, el crecimiento es retardado, además si el alimento no es el adecuado, este no es asimilado, por lo que tampoco crecen los organismos (Coe, 1945; Coe y Fox, 1942, 1944; Fox y Coe, 1943).

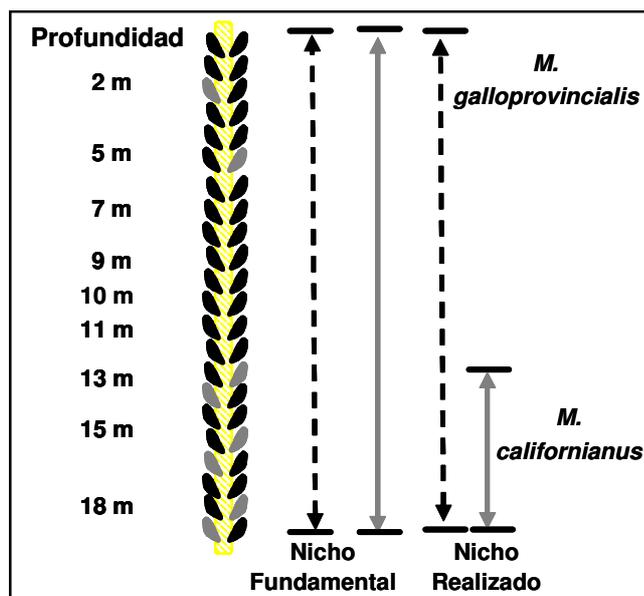


Figura 29.- Nichos fundamentales y realizados de *Mytilus galloprovincialis* (●) y *Mytilus californianus* (●) en las cuerdas de la zona de cultivo de la Bahía de Todos Santos. Los nichos fundamentales y realizados de *M. galloprovincialis* se representan por las líneas punteadas negras y los de *Mytilus californianus* por las líneas sólidas grises.

Tabla XIII.- Estudios del crecimiento diario del género *Mytilus* realizados en el mundo.

Especie	Localidad	Lugar de Investigación	Talla (µm)	Condiciones de Cultivo	Ración de Alimento	Microalga	Temperatura °C	Salinidad (‰)	Duración (días)	Crecimiento (µm/día)	Autor
<i>Mytilus edulis</i>	Reino Unido	Campo	296 y 602 602 y 918	Bolsas Planctónicas Bolsas Planctónicas			15 a 16 15 a 16		22 22	30.6 26	Bayne, 1964
		Laboratorio	225 225	Sistema cerrado Sistema abierto	40 cel mm ⁻³ 40 cel mm ⁻³	<i>Isochrysis galbana</i> <i>Isochrysis galbana</i>	16 16		24 24	14 23	Bayne, 1964
<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	Japón	Laboratorio	312 a 400	Sistema cerrado	1-1.5 x 10 ⁵ cel ml ⁻¹	<i>Isochrysis galbana</i>	19 ± 1	28	4	22	Satuito <i>et al.</i> , 1994
		Campo	200 a 450 200 a 450	Arrastres de Planchon Arrastres de Planchon			21 a 23 21 a 23	20 20	9 6	5.6 ± 0.3 7.6 ± 1.3	Leck <i>et al.</i> , 1999
<i>Mytilus edulis</i>	Dinamarca	Laboratorio	262 ± 40 262 ± 40 262 ± 40	Agua de mar filtrada Agua de mar Agua de mar enriquecida			22 ± 1 22 ± 1 22 ± 1		9 9 9	4.3 ± 0.4 9.1 ± 0.2 13.1 ± 2.8	Leck <i>et al.</i> , 1999
		Campo	450 y 750	Colectores artificiales					11	27.3	Gilg y Hilblish, 2000
		Laboratorio	382 a 487 393 a 540 412 a 576	Sistema cerrado Sistema cerrado Sistema cerrado	3 µg ml ⁻¹ 3 µg ml ⁻¹ 3 µg ml ⁻¹	<i>Isochrysis galbana</i> <i>Tetraselmis</i> sp. Mezcla de ambas	20 20 20		17 18 18	6.2 8.2 9.1	Trevelyan y Chang, 1983
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	México	Laboratorio	500	Sistema estático	20 x 10 ⁶ cel ml ⁻¹	<i>Isochrysis galbana</i>	17.51 ± 0.58	35	60	47.57	Curiel-Ramírez, 2005
		Laboratorio	500	Sistema estático	20 x 10 ⁶ cel ml ⁻¹	<i>Isochrysis galbana</i>	17.39 ± 0.83	35	60	10.93	Curiel-Ramírez, 2005

VI. 6.- Presencia y longitud total del filamento mucoso de contacto

El filamento mucoso de contacto es producido por ambas especies. Sin embargo, existen diferencias en la longitud total del filamento y en la talla en la que dejan de producirlo. *Mytilus galloprovincialis* produce un filamento mucoso de contacto más largo (9.5 ± 0 cm) que *Mytilus californianus* (8 ± 1 cm), pero deja de producirlo el filamento mucoso a los 2.25 mm, mientras que *M. californianus* lo deja de producir hasta los 3.90 mm. Estos resultados concuerdan parcialmente con aquellos encontrados para *M. edulis*, el cual deja de producir el filamento mucoso de contacto en una talla entre los 2.00 y los 2.50 mm (Sigurdsson *et al.* 1976). Los resultados encontrados para *M. galloprovincialis* coinciden con los de *M. edulis*, pero no con los de *M. californianus*, esto puede ser debido a que *M. edulis* y *M. galloprovincialis* son especies que se encuentran más cercanas genéticamente, mientras que *M. californianus* es una especie completamente separada (Gosling, 1984; Gardner, 1992; Martínez-Lage *et al.*, 1997, 2002). Otra explicación puede ser, debido al rápido crecimiento que presenta *M. galloprovincialis*, lo cual puede implicar que esta especie se desarrolle fisiológicamente más rápido que *M. californianus* y por ello deje de producir este filamento mucoso de contacto en una talla más pequeña.

Por otro lado, el hecho de que los mejillones dejan de producir el filamento mucoso de contacto conforme crecen se debe a que las glándulas encargadas de producir este filamento mucoso (S_1 y S_2) dejan de ser activas y desaparecen (Lane *et al.*, 1982), este cambio prepara a los mejillones para la vida bentónica. Esta diferencia en el largo del filamento mucoso de contacto entre *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*, tiene una importancia en la competencia interespecífica por la colonización del sustrato, ya que le permite a *M.*

galloprovincialis tener una mayor oportunidad de hacer contacto con un sustrato para adherirse a él y posteriormente asentarse. Sin embargo, esta ventaja de *Mytilus galloprovincialis* por la colonización del sustrato se presenta hasta que los mejillones alcanza una talla de 2.25 mm, ya que después de esta talla dejan de producir el filamento mucoso de contacto, mientras que en el caso de *Mytilus californianus* se presenta durante el tiempo en que los mejillones alcanzan la talla máxima de producción del filamento mucoso de contacto que es hasta la talla de 3.90 mm. Esta diferencia en la talla en que los mejillones dejan de producir el filamento mucoso de contacto es importante, ya que representa que *M. californianus* puede tener un mayor tiempo de dispersión, así como una mayor distancia de dispersión (distribución). Esto concuerda con lo descrito por Lane *et al.* (1982), quienes establecen que la distancia de dispersión de una especie será mayor, mientras más larga sea la fase postlarval.

Por otro lado, estos resultados permiten establecer un punto de referencia que determina un cambio fisiológico crucial en la vida temprana de los mejillones: dejar de producir el filamento mucoso de contacto y por lo tanto dejar de tener una adaptación específica para la dispersión, completando sus adaptaciones para una vida sésil permanente. Este cambio no sólo representa un punto biológico crítico para la especie, sino también un punto crítico ecológico respecto a su relación con el ambiente (distribución y nicho ecológico) y con otras especies (competencia interespecífica). En este sentido, una sugerencia de este trabajo es tomar este punto como base para establecer el término del estadio de postlarva en estos mitílidos. Este punto referencial contribuirá a aclarar las confusiones actualmente existentes respecto al inicio y final de los estadios de desarrollo en mitílidos, ya que está establecido el tiempo que dura cada uno de los estadios larvales, pero en el caso del estadio postlarval

se sabe cuando comienzan, pero no cuándo dejan de serlo (Yonge, 1962; Bayne, 1964, 1971). Por lo tanto, en los mitílidos estudiados y probablemente extensivo al género *Mytilus* y otros géneros de bivalvos que producen filamento mucoso de contacto (Pectínidos, Pteridos), el periodo postlarval debiera terminar cuando el organismo ya no presenta su adaptación para la vida plactónica, en este caso el filamento mucoso de contacto (Fig. 30).

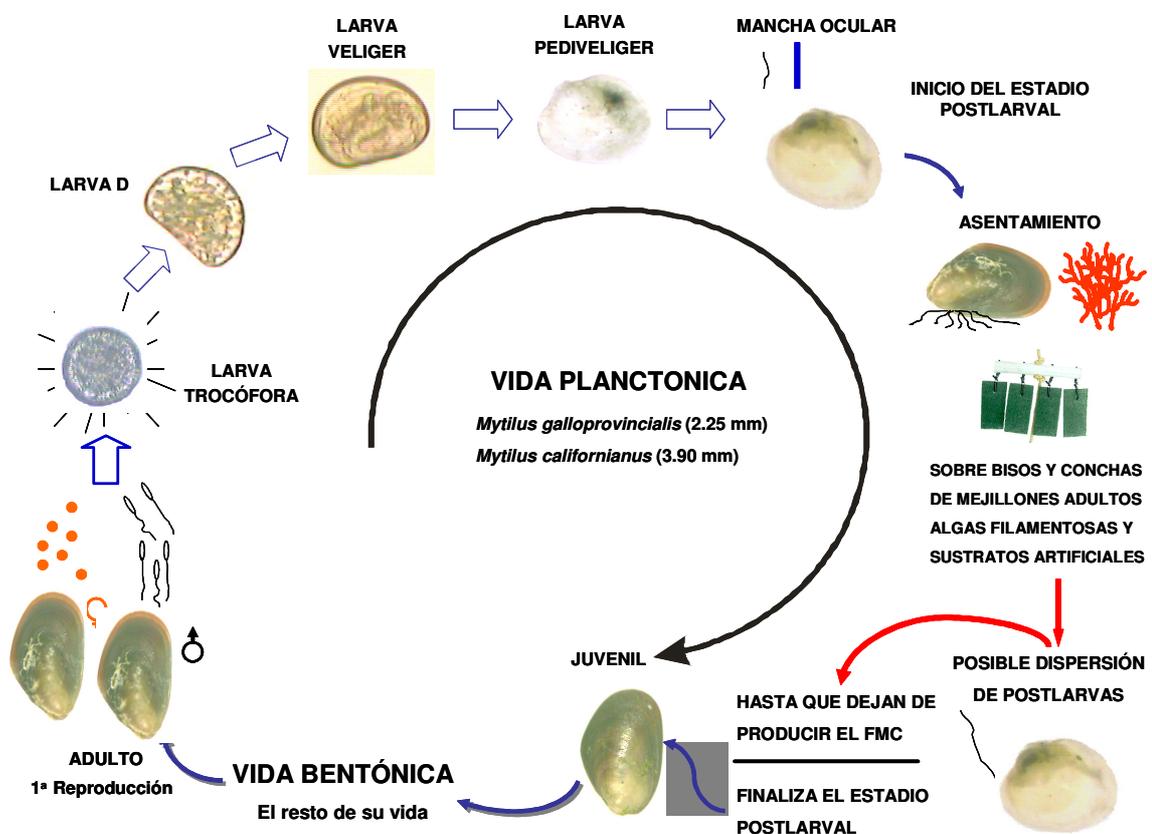


Figura 30.- Se ilustra la secuencia del ciclo de vida de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* incluyendo la terminación de la vida postlarval propuesta en esta tesis.

VI.7.- Grosor de las conchas de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*

De acuerdo con los resultados del grosor de la concha, se puede decir que *Mytilus californianus* tuvo una concha más gruesa que *Mytilus galloprovincialis* en todas las tallas,

además este grosor se incrementa conforme aumenta la talla. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Harger (1972b), quien describe que los organismos adultos de *Mytilus californianus* tuvieron conchas más gruesas que los organismos adultos de *M. galloprovincialis*. Esta diferencia en el grosor de la concha, se puede deber a adaptaciones fisiológicas propias de cada especie, como puede ser una diferencia en la asimilación del alimento o en la distribución de este alimento para cada especie, ya que los resultados obtenidos en el estudio indican un crecimiento más rápido de *M. galloprovincialis*, pero una concha menos gruesa, mientras que *M. californianus* presenta un crecimiento más lento, pero un incremento en el grosor de su concha, lo cual indica que estas especies ocupan de una manera diferente la energía obtenida del alimento.

VI. 8.- Comportamiento y velocidad de hundimiento de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en laboratorio

Los resultados del estudio muestran que las velocidades de hundimiento de los mejillones activos de *Mytilus californianus* son menores que las de los mejillones inactivos y muertos en todas las tallas. Estos resultados concuerdan con los descritos por Sigurdsson *et al.* (1976) y Lane *et al.* (1985), quienes registran este mismo comportamiento en los tres estados de actividad para *Mytilus edulis*. Las velocidades de hundimiento de los mejillones con tallas de 0.60 mm en estado activo de *M. californianus* y *M. galloprovincialis* fueron de 0.043 y 0.048 cm s^{-1} y para los mejillones en estado activo con talla de 1.10 mm fueron de 0.16 y 0.58 cm s^{-1} para *M. californianus* y *M. galloprovincialis* respectivamente. Estas velocidades de hundimiento son diferentes a las descritas por Lane *et al.* (1985), quienes describen que la velocidad de hundimiento terminal para las tallas de 0.50 a 0.70 mm en estado activo de *M. edulis* fue de 0.03 cm s^{-1} , mientras que para las tallas de 1.00 a 1.10

mm fue de 0.3 cm s^{-1} . Estas diferencias se deben a la especie con la que trabajaron estos autores. Por otro lado, las velocidades de hundimiento de los mejillones de *Mytilus californianus* en estado activo fueron menores que las de *Mytilus galloprovincialis*, pero en los mejillones inactivos y muertos sucede lo contrario. Estas diferencias en las velocidades de hundimiento indicaron que el filamento mucoso de contacto que produce *M. californianus* puede ser capaz de hacer que se hunda más lentamente en comparación con *M. galloprovincialis*, aún cuando *M. californianus* tuvo una concha más gruesa, lo que representa un mayor peso, debido a que las conchas de las dos especies están formadas por calcita y aragonita (Fuller y Lutz, 1989). Por lo que estas diferencias en la velocidad de hundimiento podrían estar relacionadas con diferencias en las características químicas (composición) y físicas (densidad y viscosidad) de los filamentos mucosos de contacto, ya que aparentemente el largo del filamento mucoso de contacto no mostró que tuviera un papel importante en determinar las velocidades de hundimiento. O bien, estas diferencias se pueden deber a la producción de gotas de aceite o gas, las cuales le pueden servir para mantenerlos flotando o para cambiar de posición en la columna de agua, como en el caso de los dinoflagelados, copépodos y huevos de peces planctónicos (Davis, 1955). Sin embargo, es necesario realizar los estudios sobre las características químicas y físicas de estos filamentos mucosos, con el fin de determinar cual es su implicación en la determinación de la velocidad de hundimiento en estas especies.

Tabla XIV.- Muestra las diferencias entre las especies, que resulta en la dominancia de una especie sobre la otra en función del ambiente protegido o expuesto.

Estudio	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	<i>Mytilus californianus</i>
Ciclo Reproductivo	Desove masivo noviembre y diciembre	Desove continuo febrero a junio
Asentamiento por Prof.	Mayor de los 2 m a 11m	Mayor de los 13 a 18 m
Asentamiento por especie	90.75%	9.25%
Crecimiento	47.57 $\mu\text{m d}^{-1}$	10.93 $\mu\text{m d}^{-1}$
FMC		
Longitud máxima	9.5 \pm 0 cm	8 \pm 1 cm
Talla máxima de producción	2.25 mm	3.90 mm
Grosor de la concha		
Talla de 0.6 a 3.7 mm	10.44 a 64.55 μm	18.69 a 148.25 μm
Velocidad de hundimiento		
Activos	0.048 a 5.562 cm s^{-1}	0.043 a 5.500 cm s^{-1}
Inactivo	1.865 a 5.640 cm s^{-1}	1.886 a 7.766 cm s^{-1}
Muertos	1.925 a 5.679 cm s^{-1}	2.132 a 7.910 cm s^{-1}
DOMINA EN AMBIENTE	PROTEGIDO	EXPUESTO

De acuerdo con los resultados sintetizados en la Tabla XIV, se puede decir que en la zona de cultivo de la Bahía de Todos Santos, la competencia interespecífica entre *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*, promueve una exclusión competitiva: como es el caso que *M. galloprovincialis* predomine sobre *M. californianus* en los colectores de la zona de cultivo, así como un desplazamiento de caracteres entre estas especies: como las diferencias en el ciclo reproductivo, las velocidades de crecimiento, los grosores de las conchas y las velocidades de hundimiento entre las especies. El hecho de que *M. galloprovincialis* sea la especie predominante en las cuerdas de la zona de cultivo de la Bahía de Todos Santos, de diciembre a febrero se debe a la época de desove. Pero también

influye el grosor de las conchas que le proporciona un menor peso al mejillón lo que hace que su flotabilidad se incremente, aunado a un filamento mucoso de contacto largo que le permite tener una mayor oportunidad de hacer contacto con un sustrato para adherirse a el y posteriormente asentarse, además este filamento mucoso le ayuda a reducir la velocidad de hundimiento lo cual hace que *M. galloprovincialis* se encuentre en toda la columna de agua. Aunado a estos factores, tenemos que *M. galloprovincialis* presenta un rápido crecimiento, esto hace que la disponibilidad del espacio en las cuerdas de cultivo se vea limitado para *M. californianus*, debido a su lento crecimiento, por lo que los mejillones de *M. californianus* quedan atrapados en la parte inferior de los racimos de las cuerdas, donde se acumulan los sedimentos y las pseudoheces, provocando que los mejillones queden sofocados y reciban poco alimento, por lo que eventualmente algunos mejillones mueren. Otro factor es que no se presenta un pico de asentamiento abundante de *M. californianus* en esta época.

Por otro lado, en la zona de cultivo el nicho fundamental y realizado de *M. galloprovincialis* es el mismo, mientras que el nicho realizado de *M. californianus* es menor que su nicho fundamental. Sin embargo, a pesar de que existe una exclusión competitiva entre *M. galloprovincialis* y *M. californianus* en la zona de cultivo, se mantiene una coexistencia. Esta coexistencia esta dada por las diferencias en el ciclo reproductivo, debido a que la estación reproductiva de *M. galloprovincialis* se presenta de otoño a principios de primavera, pero el pico importante de desove se presenta a principios del invierno, mientras que la estación reproductiva de *M. californianus* es del invierno al verano, pero el pico importante de desove ocurre de la mitad del invierno a la primavera. Por lo que estas diferencias en las estaciones y picos de desoves permiten que el

asentamiento de ambas especies este diferenciado, por lo que *M. galloprovincialis* es más abundante en el mes de enero, y la abundancia de *M. californianus* aumenta en el mes de febrero. Otro factor que mantiene la coexistencia es la talla máxima de producción del filamento mucoso de contacto, ya que en *M. galloprovincialis* dejan de producirlo en tallas mayores de 2.25 mm y en *M. californianus* en tallas mayores de 3.90 mm, lo cual indica que el asentamiento en los colectores por larvas recién asentadas o por postlarvas en dispersión, es diferenciado ya que los mejillones de *M. galloprovincialis* tienen que asentarse antes de alcanzar la talla de 2.25 mm, mientras que *M. californianus* puede asentarse hasta los 3.90 mm. Por lo tanto, *M. californianus* puede tener procesos de dispersión por un periodo largo, lo que permite alcanzar con éxito un sustrato, así como poder tener un rango de distribución amplio, lo cual no ocurre con *M. galloprovincialis*. Esta información permite hacer la sugerencia a los productores de mejillones de la Bahía de Todos Santos, que incrementen sus cuerdas colectoras de 7 a 16 m, ya que este aumento significará captar un 38.43 % más de semillas por cuerda colectora. Así como también se sugiere que estas cuerdas colectoras se pongan en la parte suroeste del área de cultivo, ya que es donde se obtiene la mayor cantidad de semillas.

VII. CONCLUSIONES

- El ciclo y la estación reproductiva de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* son diferentes.
- El periodo de mayor intensidad reproductiva de *Mytilus galloprovincialis* ocurre en noviembre y diciembre, posteriormente ocurren desoves menores durante el resto del año.
- El periodo de mayor intensidad reproductiva de *Mytilus californianus* ocurre de febrero a junio, aunque ocurren desoves menores durante el resto del año.
- El asentamiento de larvas competentes representó el 99.95 y 96.91 % del asentamiento total registrado en el mes de enero y febrero respectivamente. Mientras que el asentamiento de postlarvas producto de una dispersión representó el 0.05 % del asentamiento del mes de enero y el 3.09 % del asentamiento del mes de febrero.
- Se encontró una tendencia en el asentamiento por especie de acuerdo a la profundidad, donde *Mytilus galloprovincialis* es ligeramente más abundante de los 2 a 11 m de profundidad y *Mytilus californianus* de los 13 a 18 m de profundidad. *Mytilus galloprovincialis* es la especie predominante en toda la columna de agua con el 90.75 % del asentamiento total.
- La zona de cultivo presenta una distribución en el asentamiento de los mejillones de acuerdo a la posición de las estaciones y al mes de muestreo.
- Se puede identificar a *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* utilizando las medidas morfométricas. Encontrándose las relaciones al ápice dorsal de *Mytilus*

galloprovincialis entre los 0.433 a 0.548 unidades y las de *Mytilus californianus* entre los 0.560 a 0.616 unidades.

- El crecimiento de las postlarvas es mayor en *Mytilus galloprovincialis* que en *Mytilus californianus*.
- La longitud máxima del filamento mucoso de contacto es mayor en *Mytilus galloprovincialis* que en *Mytilus californianus*, pero la talla máxima donde los mejillones dejan de producir este filamento es menor en *Mytilus galloprovincialis* que en *Mytilus californianus*.
- Se define el periodo postlarval de estas especies desde el momento en que los mejillones se asientan hasta que dejan de producir el filamento mucoso de contacto. Por lo que el estadio postlarval de *Mytilus galloprovincialis* es hasta la talla de 2.25 mm y el de *Mytilus californianus* hasta la talla de 3.90 mm.
- El grosor de la concha de las postlarvas con tallas de 0.50 a 3.70 mm de *Mytilus californianus* son mayores que las postlarvas de *Mytilus galloprovincialis* del mismo intervalo de talla.
- La velocidad de hundimiento de los mejillones activos es menor en *Mytilus californianus* que en *Mytilus galloprovincialis*, pero en los mejillones inactivos y muertos es menor en *Mytilus galloprovincialis* que en *Mytilus californianus*.
- La competencia interespecífica entre *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en la zona de cultivo promueve una exclusión competitiva (donde *Mytilus galloprovincialis* predomina sobre *Mytilus californianus*), así como un desplazamiento de caracteres en ambas especies (diferencias en el ciclo

reproductivo, las velocidades de crecimiento, los grosores de las conchas y las velocidades de hundimiento entre las especies).

VIII.- RECOMENDACIONES

- Se requiere hacer un estudio fisiológico detallado en *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* con el fin de determinar qué parte de la energía obtenida del alimento se destina al crecimiento del mejillón y qué parte se destina al incremento del grosor de la concha, así como un estudio genético para saber si la esterasa y la octopin deshidrogenasa se encuentran presente en igual proporción en ambas especie, ya que en estudios comparativos entre *Mytilus edulis* y *Mytilus galloprovincialis*, estas enzimas explican gran parte de las diferencias en las velocidades de crecimiento y el grosor de la concha.
- Es necesario hacer un estudio sobre las características químicas (composición) y físicas (densidad) de los filamentos mucoso de contacto de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* con el fin de determinar si estos filamentos son iguales o no, o si les proporcionan una ventaja a una especie o a la otra.
- Es necesario hacer un estudios sobre cuáles son las condiciones exactas de la velocidad y dirección de la corriente y la productividad primaria en el área de cultivo de la Bahía de Todos Santos, con el fin de describir la implicación de cada uno de estos factores en la distribución del asentamiento.
- Es necesario hacer estudios de las condiciones de temperatura, salinidad, turbidez, disponibilidad de alimento y microcorrientes en la columna de agua de la zona de cultivo, con el fin de determinar cual de ellas es la que determina el asentamiento por profundidad o si es una mezcla de varias.

- Con el fin de mejorar la captación de semillas del medio natural en la zona de cultivo es necesario aumentar la longitud de las cuerdas colectoras de 7 m a 16 m, ya que este aumento significaría captar en promedio un 38.43 % más de semillas por cuerda, lo cual repercutiría en una mayor producción.

IX.- LITERATURA CITADA

Ackerman, J. M. 1971. The demography of the marine mussel, *Mytilus californianus*. Ph.D. Dissertation. University of California, Berkeley, CA. 120 pp.

Aguirre, M. P. 1979. Biología del mejillón (*M. edulis*) de cultivo de la Ría de Vigo. Bol. Inst. Espa. Oceano. 5(3): 109-159.

Álvarez, S. G. L. 1971. Medición de corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis Profesional. UABC. Ensenada. Baja California. 54 pp.

Anguiano, B. C. 1989. Efecto de la temperatura, salinidad y concentración de alimento sobre el desarrollo larval de *Mytilus californianus*. Tesis Profesional. UABC. Ensenada. Baja California. 95 pp.

Audesirk, T y G. Audesirk. 2000. Biology, life on earth. Prentice Hall. Segunda edición. Upper Saddle River, N.J. 684 pp.

Bayne, B. L. 1964. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca). J. Anim. Ecol.. 33:513-523.

Bayne, B. L. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L). Ophelia. 2:1-47.

Bayne, B. L. 1971. Some morphological changes that occur at the metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis*. En: D. J. Crisp (Ed.). Fourth European Marine Biology Symposium. Bangor. Cambridge University Press, Cambridge. 259-280 p.

Bayne, B. L. 1976. The biology of mussel larvae. En: B. L. Bayne (Ed). Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 81-120 p.

Bayne, B. L., R. J. Thompson y J. Widdows. 1976. Physiology: I. En: B. L. Bayne (Ed). Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 121-206 p.

Beukema, J. J y J. De Vlas. 1989. Tidal-current transport of thread-drifting postlarval juveniles of the bivalve *Macoma balthica* from the Wadden Sea to the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 52: 193-200.

Blatt, F. J. 1991. Fundamentos de Física. Prentice Hall. Tercera edición. México, D.F. 878 pp.

Bohle, B. 1971. Settlement of mussel larvae *Mytilus edulis* on suspend collectors in Norwegian water. En: D. J. Crisp (Ed.). Fourth European Marine Biology Symposium. Bangor. Cambridge University Press, Cambridge. 63-69 p.

- Branch, G. M. 1975. Mechanism reducing intraspecific competition in *Patella* spp.: Migration, differentiation, and territorial behavior. *J. Anim. Ecol.* 44: 575-600.
- Cáceres-Martínez, J. 1997. Mussel fishery and culture in Baja California, México: History, present status, and future. En U. S. Dep. Commer, NOAA Tech. Rep. NMFS 128. 41-55 pp.
- Cáceres-Martínez, J y A. Figueras. 1997. Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) settlement in the Ria de Vigo (NW Spain) during a tidal cycle. *J. Shell. Fish. Res.* 16(1): 83-85.
- Cáceres-Martínez, J y A. Figueras. 1998a. Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) colonization on artificial substrates in the Ria de Vigo of NW Spain. *J. Shell. Fish. Res.* 17(1): 153-157.
- Cáceres-Martínez, J y A. Figueras. 1998b. Distribution and abundance of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) larvae and post-larvae in the Ria de Vigo (NW Spain). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 229: 277-287.
- Cáceres-Martínez, J, J., A. F. Robledo y A. Figueras. 1993. Settlement of mussel *Mytilus galloprovincialis* on an exposed rocky shore in Ría de Vigo, NW Spain. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 93: 195-198.
- Cáceres-Martínez, J., J. A. F. Robledo y A. Figueras. 1994. Settlement and post-larvae behaviour of *Mytilus galloprovincialis*: field and laboratory experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112: 107-117.
- Cáceres-Martínez, J., M. A. Del Río-Portilla., S. Curiel-Ramírez Gutiérrez y I. Méndez Gómez Humarán. 2003. Phenotypes of the California mussel, *Mytilus californianus*, Conrad (1837). *J. Shell. Fish. Res.* 22(1): 135-140.
- Castro, L. E. 1987. Variación espacial y temporal en la biomasa del zooplancton de la Bahía de Todos Santos, B.C; México, octubre 1982 a septiembre 1983. Tesis profesional. UABC. Ensenada. Baja California. 58 pp.
- Castañeda, N. K. 1997. Presencia y distribución de postlarvas y juveniles de mitílidos competidores en un litoral expuesto del Pacífico de Baja California, México. Tesis Profesional. UABC. Ensenada. Baja California. 69 pp.
- Cerón, O. A. N. 2000. Evaluación de tres mezclas de microalgas sobre el crecimiento de la almeja mano de león *Lyropecten (Nodipecten) subnodosus*. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, Baja California. 87 pp.
- Coe, W. R. 1932. Season of attachment and rate of growth of sedentary marine organisms at the pier of Scripps Institute of Oceanography. La Jolla. California. *Bull. Scripps. Inst. Oceanog.. Tech. Ser.* 3: 37-86.

- Coe, W. R. 1945. Nutrition and growth of the Californian bay mussel (*Mytilus edulis diegensis*). J. Exp. Zool. 99: 1-14.
- Coe, W. R y L. D. Fox. 1942. Biology of the California sea-mussel (*Mytilus californianus*). I. Influence of the temperature, food supply, sex and age on the rate growth. J. Exp. Zool. 90(1): 1-30.
- Coe, W. R y L. D. Fox. 1944. Biology of the California sea mussel *Mytilus californianus*. III. Environmental condition and rate of growth. Biol. Bull. 87: 58-72.
- Cruz, C. M. E. 1997. Variabilidad de temperatura del mar en la Bahía de Todos Santos, B.C., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada. Baja California. 98 pp.
- Cummings, J. V., R. D. Pridmore., S. F. Thrush y J. E. Hewitt. 1993. Emergence and floating behaviors of post-settlement juveniles of *Macomona liliana* (Bivalvia: Tellinacea). Mar. Bahav. Physiol. 24: 25-32.
- Curiel-Ramírez, S. 2000. Ciclo Reproductivo y Fijación de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en la Bahía de Todos Santos y el Ejido Eréndira, Baja California, México. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, Baja California. 80 pp.
- Curiel-Ramírez, S y Cáceres-Martínez, J. 1999. Settlement of the blue mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck on artificial substrates in Bahía de Todos Santos B. C; México. J. Shell. Fish. Res. 18(1): 33-39.
- Curiel-Ramírez, S y J. Cáceres-Martínez. 2004. Reproductive cycle of coexisting mussels *Mytilus californianus* and *Mytilus galloprovincialis* in Baja California, NW. Mexico. J. Shell. Fish. Res. 23(2): 515-520.
- Chesney, B. W. 2001. Landscape analysis of mussel recruitment patterns on rocky shores. Master of Science Thesis. California State University, Los Angeles. CA. 72 pp.
- Chí, B. G y P. E. A García. 1983. Estudios preliminares sobre la biología, ecología y explotación comercial de *Mytilus californianus* en Baja California. Tesis Profesional, UABC. Ensenada. Baja California. 80 pp.
- Dare, P. J. 1973. The stocks of young mussels in Morecambe Bay, Lancashire. Shellfish information leaflet. Minist. Agric. Fish. Food Lond. 28:1-14.
- Davis, C. C. 1955. The marine and fresh-water plankton. Michigan State University Press. Michigan. 32-40 pp.
- De Blok, J. W y M. Tan Maas. 1977. Function of byssus threads in Young postlarval *Mytilus*. Nature. 267:558.

- Del Río Portilla, M. A. 1991. Crecimiento de *Pteria sterna* (Gould, 1851) (Mollusca, Bivalvia), bajo diferentes condiciones de temperatura y de concentraciones de alimento. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada, Baja California. 77 pp.
- Durán, N. C., C. R. Acuña y C. J. Santiago 1990. El mejillón. Biología, cultivo y comercialización. Fundación Caixa Galicia (aula del mar) La Coruña. 183pp.
- Emmel, T. C. 1982. Ecología y Biología de poblaciones. Interamericana. Quinta edición. México. 182 pp.
- Emmet, B., K. Thompson y J. D. Popham. 1987. The reproductive and energy storage cycle of two populations of *Mytilus edulis* (Linne) from British Columbia. J. Shell. Fish. Res. 6(1): 29-36.
- Fallu, R. 1991. Abalone Farming. Fishing News Books. Primera edición. England. 202 pp.
- Ferrán, A. E. 1991. Ciclo gonadal y del tejido de reserva del mejillón de las Rías de Galicia *Mytilus galloprovincialis* Lmk. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. España. 150pp
- Fernández Mejía, E y J. Aldeco Ramírez. 1981. Estudio de algunos parámetros hidrológicos en una zona costera del Ejido Eréndira, B. C. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Tesis Profesional. Ensenada. Baja California. 152pp.
- Fuentes, J y J. Molares. 1994. Settlement of the mussel *Mytilus galloprovincialis* on collectors suspended from raft in the Ria de Arosa (NW of Spain): annual pattern and spatial variability. Aquaculture. 122: 55-62.
- Fox, D. L y W. R. Coe. 1943. Biology of the Californian sea mussel (*Mytilus californianus*). II. Nutrition, metabolism, growth and calcium deposition. J. Exp. Zool. 93: 205-249.
- Freeman, K. R., E. Kenchington y S. P. MacQuarrier. 2002. Comparative settlement depth of *Mytilus edulis* C. Linnaeus, 1758 and *M. trossulus* Gould, 1850: I. A. mesocosm study. J. Shell. Fish. Res. 21(1): 59-65.
- Fuller, S. C y R. A. Lutz. 1989. Shell morphology of larval and postlarval mytilids from the northwestern Atlantic. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 69: 181-218.
- Gardner, J. P. A. 1992. *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) (Bivalvia, Mollusca): the taxonomic status of the Mediterranean mussel. Ophelia. 35(3): 219-243.
- Gardner, J. P. A. 1996. The *Mytilus edulis* species complex in southwest England: effects of hybridization and introgression upon interlocus associations and morphometric variation. Mar. Biol. 125: 385-399.

- Gilg, M. R y T. J. Hilbish. 2000. The relationship between allele frequency and tidal height in a mussel hybrid zone: a test of the differential settlement hypothesis. *Mar. Biol.* 137: 371-378.
- Gilg, M. R y T. J. Hilbish. 2003. Spatio-temporal patterns in the genetic structure of recently settled blue mussels (*Mytilus* spp.) across a hybrid zone. Publicada en línea el 27 de junio en *Marine Biology*.
- Gosling, E. 1984. The systematic status of *Mytilus galloprovincialis* in West Europe: a review. *Malacologia*. 25(2): 551-568.
- Graham, H. W y H. Gay. 1945. Season of attachment and growth of sedentary marine organisms at Oakland, California. *Ecology*. 26: 375-386.
- Harger, J. R. 1968. The role of behavioral traits in influencing the distribution of two species of sea mussel, *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *The Veliger*. 11(1): 45-49.
- Harger, J. R. 1970a. Comparisons among growth characteristics of two species of sea mussels, *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *The Veliger*. 13(1): 44-56.
- Harger, J. R. 1970b. The effect of species composition on the survival of mixed populations of the sea mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *The Veliger*. 13(2): 147-152.
- Harger, J. R. 1972a. Variation and relative "Niche" size in the sea mussels *Mytilus edulis* in association with *Mytilus californianus*. *The Veliger* 14(3): 275-283.
- Harger, J. R. 1972b. Competitive co-existence: Maintenance of interacting associations of the sea mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *The Veliger* 14(4): 387-410.
- Harger, J. R y D. E. Landenberger. 1971. The effects of storms as a density dependent mortality factor on populations of sea mussels. *The Veliger*. 14(2): 195-201.
- Hilbish, J. T., E. W. Carson., J. R. Plante., L. A. Weaver y M. R. Gilg. 2002. Distribution of *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*, and their hybrids in open-coast populations of mussels in southwestern England. *Mar. Biol.* 140: 137-142.
- Hines, H. A. 1979. Effects of a thermal discharge on reproductive cycle in *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus* (Mollusca, Bivalvia). *Fish. Bull.* 77(2): 499-503.
- Hrs-Brenko, M. 1973. The study of mussel larvae and their settlement in Vela Draga Bay (Pula, the northern Adriatic Sea). *Aquaculture* 2: 173-182.
- Hunt, L. H y E. R. Scheibling. 1998. Spatial and temporal variability of patterns of colonization by mussels (*Mytilus trossulus*, *M. edulis*). On a wave-exposed rocky shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 167: 155-169.

- Innes, J. D. y A. J. Bates. 1999. Morphological variation of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus* in eastern Newfoundland. *Mar. Biol.* 133: 691-699.
- Jørgensen, C. B. 1966. Biology of suspension feeding. Pergamon. Primera edición. Oxford. 357 pp.
- Kabat, A. R. 1985. The allometry of brooding in *Transennella tantilla* (Gould) (Mollusca:Bivalvia). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 91: 271-279.
- Kaye, G. W. C y T. H. Laby. 1966. Tables of physical and chemical constants and some mathematical functions. Longman. Primer edición. London. 249 pp.
- Kenchington, E., K. R. Freeman., B. Vercaemer y B. MacDonald. 2002. Comparative settlement depths of *Mytilus edulis* C. Linnaeus, 1758 and *M. trossulus* Gould, 1850: II: Field observations. *J. Shell. Fish. Res.* 21(1): 67-73.
- King, P.A; D. McGrath & E. M. Gosling. (1989). Reproduction and settlement of *Mytilus edulis* on an exposed rocky shore in Galway, West coast of Ireland. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 69:355-365.
- Koehn, R. K. 1991. The genetics and taxonomy of species in the genus *Mytilus*. *Aquaculture.* 94: 125-145.
- Lane, D. J y J. A. Nott. 1975. A study of the morphology, fine structure and histochemistry of the foot of the pediveliger of *Mytilus edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 55(1): 477-495.
- Lane, D. J., J. A. Nott y D. J. Crisp. 1982. Enlarged stem glands in the foot of the post-larval mussels, *Mytilus edulis*: adaptation for bysso-pelagic migration. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 62(1): 809-818.
- Lane, D. J., A. R. Beaumont y J. R. Hunter. 1985. Byssus drifting and the drifting threads of the young post-larval mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 84: 301-308.
- Lasiak, T. A y T. C. E. Barnard. 1995. Recruiement of the brown mussel, *Perna perna*, onto natural substrata: a refutation of the primary/secondary settlement hypothesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120: 147-153.
- Leck, F. F., N. J. Jensen., L. Wittrup y B. W. Hansen. 1999. In situ and laboratory growth by a population of the blue mussel larvae (*Mytilus edulis* L.) from a Danish embayment, Knebel Vig. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 233: 213-230.
- Le Pennec, M. 1980. The larval and post-larval hinge of some families of bivalve molluscs. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 60: 601-617.

- Loosanof, V. L., C. H. Davies y P. E. Chanely. 1966. Dimensions and shapes of larvae of some marine bivalve mollusks. *Malacologia*. 4: 351-435.
- Lutz, R. A y H. Hidu. 1979. Hinge morphogenesis in the shell of larval and early postlarval mussel (*Mytilus edulis* L. and *Modiolus modiolus* L.) *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 59: 111-121.
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Omega. Primera edición. Barcelona. 951 pp.
- Marsh, C. 1986. Rocky intertidal community organization: The impact of avian predators on mussel recruitment. *Ecology*. 67(3): 771-786.
- Martel, L. A., C. Robles., K. Beckenbach y J. M. Smith. 1999. Distinguishing early of eastern Pacific mussels (*Mytilus* spp.) using morphology and genomic DNA. *Invertebrate Biology*. 118(2): 149-164.
- Martel, L. A., M. Auffrey., C. Robles y M. B. Honda. 2000. Identification of settling and early postlarval stages of mussels (*Mytilus* spp.) from the Pacific Coast of North America, using prodissoconch morphology and genomic DNA. *Mar. Biol.* 137: 811-818.
- Martínez, L. R. E. 1994. Descripción del desarrollo larvario en el erizo *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinoidea: Echinodermata) y efectos de la densidad, ración alimenticia y cambios de agua. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California (UABC) Ensenada, México. 52 pp.
- Martínez-Lage. A., A. González-Tizón., J. Ausió y J. Méndez. 1997. Karyotypes and Ag-NORs of the mussels *Mytilus californianus* and *M. trossulus* from the Pacific Canadian coast. *Aquaculture*. 153: 239-249.
- Martínez-Lage. A., F. Rodríguez., A. González-Tizón., E. Prats., L. Cornudella y J. Méndez. 2002. Comparative analysis of different satellite DNAs in four *Mytilus* species. *Genome*. 45 (5): 922-929.
- Mason, J. 1976. Cultivation. En: Bayne (Ed.). *Marine Mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press, Cambridge. 385-410 p.
- McDonald, J. H y R. K. Koehn. 1988. The mussels *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus trossulus* on the Pacific coast North America. *Mar. Biol.* 99: 111-118.
- McDonald, J. H., R. Seed y R. K. Koehn. 1991. Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the Northern and Southern hemispheres. *Mar. Biol.* 111: 324-333.
- McGrath, D., P. A. King y E. M. Gosling. 1988. Evidence for direct settlement of *Mytilus edulis* larvae on adult mussel beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 47: 103-106.

McVey, P. J. 2000. Handbook of mariculture. Volumen 1 crustacean aquaculture. Crc.Press. Tercera edición. 442 pp.

Monje, F. J. F. 1983. Experimentos sobre fijación de juveniles del mejillón *Mytilus californianus* en colectores artificiales y estudios de crecimiento para dos especies de mejillón (*M. californianus* y *M. galloprovincialis*) en cultivo experimental en la costa de Eréndira, B. C, México. Tesis Profesional. UABC. Ensenada. Baja California. 117 pp.

Moore, D. R y D. J. Reish. 1969. Studies on the *Mytilus edulis* community in Alamito Bay, California. 4. Seasonal variation in gamotes from different regions in the bay. *Veliger*. 11: 250-255.

Neter, J., W. Wasserman y M. Kutner. 1990. Applied linear statistical models. Richard D. Irwin, Inc. Tercera edición. Homewood, Illinois. 1408 pp.

Newell, R. C. 1990. The effects of mussel (*Mytilus edulis*, Linnaeus, 1758) position in seeded bottom patches on growth at subtidal lease sites in Maine. *J. Shell. Fish. Res.* 9(1): 113-118.

Odum, E. P. 1978. Ecología: El vínculo entre las ciencias naturales y las sociales. CECSA. Segunda edición. México. 296 pp.

Pechenik, J. A., L. S. Eyster., J. Widdows y B. L. Bayne. 1990. The influence of food concentration and temperature on growth and morphological differentiation of blue mussel *Mytilus edulis* L. larvae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 136: 47-64.

Péquignat, E. 1973. A kinetic and autoradiographic study of the direct assimilation of amino-acids and glucose by organs of the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 19: 227-244.

Petersen, J. H. 1984. Establishment of mussels beds: attachment behavior and distribution of recently settled mussels (*Mytilus californianus*). *The Veliger*. 27(1): 7-13.

Petersen, J. H. Establishment of mussels beds: attachment behavior and distribution of recently settled mussels (*Mytilus californianus*). *The Veliger*. 27(1): 7-13.

Petratis, S. P. 1978. Distributional Patterns of juvenile *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *The Veliger* 21(2): 288-292.

Preciado, P. R. M. 2000. KCL, GABA y L-Glutamina como inductores a la metamorfosis en larvas de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California (UABC) Ensenada, México. 51 pp.

Purves, W. K., G. H. Orians y H. C. Heller. 1992. Life the science of biology. Sinauer Associates, Inc. Tercera edición. Sunderland, Mass. 1145 pp.

- Raven, P. H y G. B. Johnson. 1992. Biology. Mosby Year Book. Tercera edición. St. Louis, Missouri. 1217 pp.
- Rees, C. B. 1950. The identification and classification of lamelibranch larvae. Bull. Mar. Ecol. 19:73-104.
- Ross, R. J y D. Goodman. 1974. Vertical distribution of *Mytilus edulis*. The Veliger. 16(4): 388-395.
- Salas, G. E. A y P. A. Oliva. 1983. Características poblacionales del Bivalvo *Mytilus californianus* y algunos aspectos sobre su comunidad en la costa de Eréndira, B. C. Tesis Profesional. UABC. Ensenada. Baja California. 184 pp.
- Satuito, C. G., K. Natoyama., M. Yamazaki y N. Fusetani. 1994. Larval development of the mussel *Mytilus edulis galloprovincialis* cultured under laboratory conditions. Fisheries Science. 60(1): 65-68.
- Seed, R. 1976. Ecology. En: B. L. Bayne (Ed). Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 13-66 p.
- Seed, R. 1992. Systematics, evolution, and distribution of mussels belonging to the genus *Mytilus*: an overview. Am. Malacol. Bull. 9(2): 123-137.
- Shepherd, S. A y Turner, J. A. 1985. Studies on southern Australian abalone, (genus *Haliotis*). VI. Habitat preference, abundance and predators of juveniles. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 93, 279-285.
- Shweinitz, H. E y R. Lutz. 1976. Larval development of the northern horse mussel, *Modiolus modiolus* (L.) Including a comparison with the larvae of *Mytilus edulis* L. as an aid in Planktonic identification. Biol. Bull. 150: 348-360.
- Sigurdsson, J. B., C. W. Titman y P. A. Davies. 1976. The dispersal of young postlarval bivalve mollusks by byssus threads. Nature. 262: 386-387.
- Soot-Ryen, T. 1955. A report on the family Mytellidae (Pelecypoda). Allan Hancock Pacif. Exped. 20: 1-174.
- Stohler, R. 1930. Beitrag sur kenntnis des geschlechtszylus von *Mytilus californianus* Conrad. Zoologischer Anzeiger. 90: 263-268.
- Stephens, G. C. 1967. Dissolved organic material as a nutritional source for marine and estuarine invertebrates. En: G. H. Lauff (Ed.). Estuaries. American Association for the Advancement of Science. Primera edición. Washington. 367-373 pp.

- Stephens, G. C. 1968. Dissolved organic matter as a potential source of nutrition for marine organisms. *American Zoologist*. 8: 95-106.
- Strathmann, M. F. 1992. Reproduction and development of marine invertebrates of the northern pacific coast. Data and Methods for the study of eggs, embryos, and larvae. University of Washington Press. Segunda edición. Washington. 670 pp.
- Suchanek, T. H. 1978. The ecology of *Mytilus edulis* L. in exposed rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 31: 105-120.
- Suchanek, T. H. 1981. The role of disturbance in the evolution of life history strategies in the intertidal mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *Oecologia (Berl)* 50: 143-152.
- Suchanek, T. H., J. B. Geller., B. R. Kreiser y J. B. Mitton. 1997. Zoogeographic distributions of the sibling species *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) and their hybrids in the North Pacif. *Biol. Bull.* 193: 187-194.
- Tamarin, A y P. J. Keller. 1972. An ultrastructural study of the byssal thread forming system in *Mytilus*. *J. Ultrastructure Research*. 40: 401-416.
- Taro, Y. 1999. Estadística. Harla. Tercera edición. México. 771 pp.
- Thompson, R. J y B. L. Bayne. 1972. Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis*. *L. J. exp. mar. Biol. Ecol.* 8: 191-212.
- Trevelyan, G. A y E. Chang. 1983. Experiments on larval rearing of the California mussel (*Mytilus californianus*). *J. World Maricul. Soc.* 14: 137-148.
- Vahl, O. 1972. Efficiency of particle retention in *Mytilus edulis* L. *Ophelia*. 10: 17-25.
- Villalba, A. 1995. Gametogenic cycle of cultured mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the bays Galicia (N.W. Spain). *Aquaculture*. 130: 269-277.
- Vogel, S. 1994. Life in moving fluids. Princeton University. Segunda edición. Princeton, NJ. 352 pp.
- Wallace, R. A., J. L. King y G. P. Sanders. 1986. Biology the Scien of life. Scott, Foresma and Company (Eds.). Segunda edición. Glenview, Illinois. 1217 pp.
- Wen-Xiong, W y X. Zhen-Zu. 1997. Larval swimming and postlarval drifting behavior in the infaunal bivalve *Sinonovacula constricta*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148: 71-81.
- Whedon, W. F. 1936. Spawning habits of the mussel *Mytilus californianus* with notes on the possible relation to mussel poison. *Zoology*. 41: 35-44.

Widdows, J. 1991. Physiology ecology of mussel larvae. *Aquaculture*. 94: 147-163.

Widdows, J., J. L. Lucas., M. D. Brinsley., P. N. Salkeld y F. J. Staff. 2002. Investigation of the effects of current velocity on mussel feeding and mussel bed stability using an annular flume. Publicada en línea el 9 de febrero en Helgoland Marine Research.

Young, R.T. 1942. Spawning season of the California mussel, *Mytilus californianus*. *Ecology*. 23: 490-492.

Young, R.T. 1946. Spawning and settling season of the mussel. *Mytilus californianus*. *Ecology*. 27(4): 354-363.

Yonge, C. M. 1962. On the primitive significance of the byssus in the Bivalvia and its effects in evolution. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 42: 113-125.

X.- APÉNDICES

Apéndice 1.- Reproductive cycle of coexisting mussels, *Mytilus californianus* and *Mytilus galloprovincialis*, in Baja California, NW, Mexico.

Apéndice 2.- Expectativa del tamaño máximo de los mejillones asentados.

Tabla A.2.- El cálculo de la expectativa del tamaño máximo de los mejillones asentados en los colectores colocados en la zona del cultivo de la Bahía de Todos Santos, durante el periodo de estudio, se realizó multiplicando el número de días que el colector permaneció en el mar por el crecimiento diario de las postlarvas, al resultado se le suma el promedio de las larvas recién asentadas registradas en los colectores.

Fecha de reemplazo del colector	Permanencia del colector bajo el mar (días)		Crecimiento diario ($\mu\text{m d}^{-1}$)		Media de las larvas recién asentadas (mm)	Tamaño máximo esperado (mm)
12.12.01 al 11.01.02	31	*	47	+	0.315	1.772
11.01.02 al 20.02.02	39	*	47	+	0.356	2.189

Apéndice 3.- Confirmación de la utilización de las medidas morfométricas como técnica de identificación de especies.

Se realizaron dos ensayos preliminares para corroborar la decisión de recurrir a la técnica de separación de especies utilizando las medidas morfométricas descrita por Martel *et al.* (1999). En el primer ensayo se realizó en el mes de febrero de 2003, en este ensayo se recolectaron racimos de mejillones de la zona rocosa de la Bahía de Todos Santos conocida como playitas. De los racimos de mejillones se extrajeron ejemplares de mitílidos a los cuales se les tomaron las medidas de la parte posterior de la concha al ápice (DA) y se dividió entre el largo total del organismo (L) para sacar la relación al ápice dorsal (RAD) con la cual se separan las especies de mejillones presentes en la muestra (Fig. A.3). En este primer ensayo, también se utilizaron ejemplares de *Mytilus galloprovincialis* obtenidos de un desove en el mes de noviembre de 2002 en el Laboratorio de Biología y Patología de Organismos Acuáticos del Departamento de Acuicultura del CICESE, a los cuales también se les tomaron las mismas medidas (Tabla A.3.1).

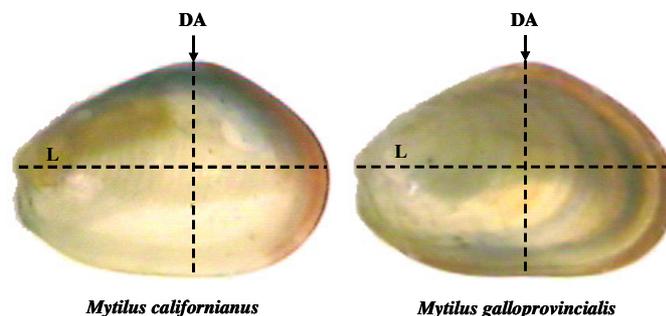


Figura A.3.- Mejillones de 1.666 mm de longitud muestran las medidas usadas en la identificación por especie. La flecha arriba de cada concha indica la localización del ápice dorsal (AD) y la línea media en la concha indica la longitud total (L). Modificado de Martel *et al.* (1999).

Con el fin de comprobar si las identificaciones de los mejillones obtenidas con las medidas morfométricas pertenecían a la especie identificada, se procedió a realizar un análisis de alozimas a los mismos mejillones medidos, según la técnica de electroforesis de alozimas descrita para el abulón amarillo por Del Río Portilla y González Avilés (2001). Se ha observado que se puede diferenciar ambas especies de mejillones mediante esta técnica (Del Río Portilla y Cáceres-Martínez en preparación). Para este análisis, los mejillones completos fueron homogeneizados individualmente en tubos de micro-centrifuga de 1.5 ml, a los cuales se les añadió 0.5 ml de amortiguador TME (0.1 M tris, 0.1 M ácido maleico, 0.01M EDTA, y 0.01M $MgCl_2$, pH 7.8), posteriormente se tomó una muestra del homogeneizado utilizando tiras de papel filtro (2 x 10 mm), las cuales se colocaron en un gel de almidón (12%). A continuación se prosiguió a correr el gel de almidón en TME (pH 7.8) a una temperatura de 4 °C a 80 mV por 24 horas. Pasado este tiempo se prosiguió a cortar el gel en secciones de 3mm para proseguir con la tinción con 9 enzimas: glucosa fosfato isomerasa (GPI, 5.3.1.9), leucina aminopeptidasa (LAP, 3.4.11.-), isocitrato deshidrogenasa (IDH, 1.1.1.42), enzima málico (ME, 1.1.1.40), malato deshidrogenasa

(MDH, 1.1.1.37), manosa fosfato isomerasa (MPI, 5.3.1.8), 6-fosfogluconato deshidrogenasa (PGD, 1.1.1.44), fosfoglucomutasa (PGM, 2.7.5.1) y lactato deshidrogenasa (LDH, 1.1.1.27). La tinción se realizó usando el procedimiento estándar (Harris y Hopkinson, 1976), excepto para LAP el cual fue teñido de acuerdo al procedimiento descrito por Beaumont *et al.* (1983). Azul de Meldola (0.8%) fue usado en lugar de PMS (Turner y Hopkinson, 1979). De las nueve enzimas sólo la enzima GPI y LAP tiñeron las muestras debido al tamaño de los organismos. Una vez identificados las especies de mejillones presentes en el gel, éstas se compararon con las especies identificadas con las medidas morfométricas (Tabla A.3.1).

Tabla A.3.1.- Relación del ápice dorsal (RAD) e identificación genética de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*. Longitud total (L), distancia al ápice (DA), glucosa fosfato isomerasa (GPI), leucina aminopeptidasa (LAP).

Mejillón	Localidad	L (mm)	DA (mm)	RAD (mm)	Identificación de Especies		
					Medidas		LAP
					Morfométricas	GPI	
1	laboratorio	1.999	0.833	0.417	<i>M.galloprovincialis</i>	No tiñó	No tiñó
2	laboratorio	2.165	0.999	0.461	<i>M.galloprovincialis</i>	<i>M.galloprovincialis</i>	<i>M.galloprovincialis</i>
3	laboratorio	1.666	0.833	0.500	<i>M.galloprovincialis</i>	<i>M.galloprovincialis</i>	<i>M.galloprovincialis</i>
4	laboratorio	1.499	0.833	0.556	<i>M.galloprovincialis</i>	No tiñó	No tiñó
5	campo	1.832	1.145	0.625	<i>M.californianus</i>	<i>M.californianus</i>	<i>M.californianus</i>
6	campo	1.666	0.833	0.500	<i>M.galloprovincialis</i>	<i>M.galloprovincialis</i>	<i>M.galloprovincialis</i>
7	campo	2.499	1.332	0.533	<i>M.galloprovincialis</i>	No tiñó	No tiñó
8	campo	1.332	0.833	0.625	<i>M.californianus</i>	<i>M.californianus</i>	<i>M.californianus</i>
9	campo	1.915	1.185	0.618	<i>M.californianus</i>	<i>M.californianus</i>	<i>M.californianus</i>
10	campo	2.332	1.166	0.500	<i>M.galloprovincialis</i>	No tiñó	<i>M.galloprovincialis</i>

Un segundo ensayo se realizó con el fin de probar que no existiera error en la identificación de los organismos del medio natural. Para este ensayo se recolectaron del mismo lugar y durante el mismo mes que en el ensayo anterior racimos de mejillones, de los cuales se separaron 28 mejillones, a los cuales se les tomaron las medidas antes descritas y se les realizó un análisis de electroforesis como el descrito en el ensayo anterior, para confirmar la identificación de las especies (Tabla A.3.2). De estos dos experimentos se

confirmó que en la Bahía de Todos Santos se pueden utilizar las medidas morfométricas para identificar tanto a *Mytilus californianus* como a *Mytilus galloprovincialis* sin existir error en la identificación.

Tabla A.3.2.- Relación del ápice dorsal (RAD) e identificación genética de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*. Longitud total (L), distancia al ápice (DA), glucosa fosfato isomerasa (GPI), leucina aminopeptidasa (LAP).

Mejillón	L (mm)	DA (mm)	RAD (mm)	Identificación de Especies		
				Medidas		Genética
				Morfométricas	GPI	LAP
1	0.800	0.480	0.600	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
2	1.082	0.666	0.616	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	No tiñó
3	1.915	1.166	0.609	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
4	1.999	1.195	0.597	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
5	2.082	1.253	0.607	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
6	2.165	1.332	0.615	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	No tiñó
7	2.249	1.332	0.592	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
8	2.665	1.666	0.625	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
9	2.998	1.735	0.578	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
10	2.998	1.823	0.608	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	No tiñó
11	4.331	2.626	0.606	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	No tiñó
12	4.664	2.832	0.607	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>
13	4.831	2.992	0.619	<i>M. californianus</i>	<i>M. californianus</i>	No tiñó
14	1.499	0.666	0.444	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	No tiñó
15	1.587	0.86	0.542	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
16	1.666	0.833	0.500	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	No tiñó
17	1.832	0.833	0.455	<i>M. galloprovincialis</i>	No tiñó	<i>M. galloprovincialis</i>
18	1.832	0.999	0.545	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	No tiñó
19	2.165	0.999	0.461	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
20	2.332	0.999	0.428	<i>M. galloprovincialis</i>	No tiñó	<i>M. galloprovincialis</i>
21	2.665	1.166	0.438	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
22	2.665	1.348	0.505	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
23	2.832	1.332	0.470	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
24	2.832	1.499	0.529	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
25	2.832	1.499	0.529	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
26	3.498	1.499	0.429	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
27	Mejillón adulto de <i>M. galloprovincialis</i>				<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>
28	Mejillón adulto de <i>M. galloprovincialis</i>				<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>

Apéndice 4.- Preparación de Formalina.

Forma de preparar 1 litro de formalina tamponada

Formol al 1 %.....100 ml

Agua destilada.....900 ml

Fosfato Disódico.....6 g

Fosfato Monosódico.....4 g

Apéndice 5.- Prueba de Anova de 3 vías realizada a los datos obtenidos en el estudio

Tabla A.5.1.- Valores del análisis de varianzas de 3 vías realizado a los datos del asentamiento de mejillones en las estaciones, profundidades y meses de muestreo.

Fuentes	SC	gl	CM	F calculada	El nivel-p	Conclusión
Profundidad	48982744.00	8	6122843.00	22.74	< 0.001	Dif. Significativas
Estación	2879029.00	2	1439514.50	5.35	0.006	Dif. Significativas
Mes	8381328.00	1	8381328.00	31.13	< 0.001	Dif. Significativas
Prof/Est	12132674.00	16	758292.13	2.82	0.001	Existe interacción
Prof/Mes	34998316.00	8	4374789.50	16.25	0.000	No hay interacción
Est/Mes	3717086.75	2	1858543.38	6.90	0.002	Existe interacción
Prof/Est/Mes	32867108.00	16	2054194.25	7.63	0.000	No hay interacción

Tabla A.5.2.- Prueba de comparación múltiple de Tukey, realizada al asentamiento de los mejillones obtenidos en las diferentes estaciones.

Estación	MES					
	ENERO			FEBRERO		
	1	2	3	1	2	3
1	a	b		d b c	e	f
2	a	b d f	c	d	e c	f
3		b d	c e f	d	e	f b c

Letras iguales no hay diferencias estadísticas significativas en el asentamiento entre las estaciones ($p < 0.03$).

Tabla A.5.3.- Prueba de comparación múltiple de Tukey, realizada al asentamiento de los mejillones obtenidos en las diferentes profundidades.

Profundidad	M E S																
	E N E R O					F E B R E R O											
2 m	a					b	c	d	e	f	g	h	i				
5 m		b	c		e	f	g			b	c	d	e	f	g	h	
7 m		b	c	d	e	f	g	h		b	c	d	e	f	g	h	i
9 m		b	c	d	e	f	g	h	i	b	c	d	e	f	g	h	i
10 m		b	c	d	e	f	g	h		b	c	d	e	f	g	h	i
11 m		b	c	d	e	f	g	h	i	b	c	d	e	f	g	h	i
13 m		b	c	d	e	f	g	h	i	b	c	d	e	f	g	h	i
15 m			c	d	e	f	g	h	i			d	e	f	g	h	i
18 m				d		f	g	h	i			d	e	f	g	h	i

Letras iguales no hay diferencias estadísticas significativas en el asentamiento entre las profundidades ($p < 0.04$).

Tabla A.5.4.- Prueba de comparación múltiple de Tukey, realizada al asentamiento de los mejillones obtenidos durante el periodo de estudio.

Mes	
Enero	a
Febrero	b

Las letras denotan diferencias estadísticas significativas en el asentamiento entre los meses ($p < 0.01$).

Apéndice 6.- Análisis de correlación

Tabla A.6.1.- Valores del análisis de correlación realizado a los datos del grosor de las conchas vs. talla de los mejillones de *Mytilus californianus* y *Mytilus galloprovincialis*.

	r^2	t calculada	t tablas	Conclusion
<i>M. galloprovincialis</i>	0.98650	55.24	0.195	Hay correlación
<i>M. californianus</i>	0.97410	33.41	0.232	Hay correlación

Apéndice 7.- Análisis de regresiones lineales y cálculos de las variables A y b

Tabla 7.1.1.- Análisis de regresión lineal de las medidas del grosor de la concha de *Mytilus galloprovincialis* obtenidos durante el estudio.

	SC	gl	CM	F calculada	El nivel-p	Conclusión
Regresion	27.844062	1	27.844062	373.674962	< 0.001	Hay regresión
Error	2.5334802	34	0.0745141			
Total	30.377543	35				

$$Y = ATalla^b$$

$$A = 10^{-2.174340} = 0.006694$$

$$b = 1.228767$$

Tabla 7.2.3.- Comprobación de que el valor de b de la ecuación alométrica obtenido para *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* no es estadísticamente diferente de 1.

Especie	* Sb ₀	** t calculada	t _{0.05(2) 29}	Conclusión
<i>M.galloprovincialis</i>	14.31910	0.08580	2.045	1.228 = 1
<i>M. californianus</i>	15.40037	0.06542	2.032	1.007 = 1 isométrico

$$*Sb = \frac{\sqrt{CM_{reg} (\Sigma X^2)}}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$**t = \frac{b}{Sb}$$

LITERATURA CITADA EN LOS APÉNDICES

Martel, L. A., C. Robles., K. Beckenbach y J. M. Smith. 1999. Distinguishing early of eastern Pacific mussels (*Mytilus* spp.) using morphology and genomic DNA. *Invertebrate Biology*. 118(2): 149-164.

Del Río-Portilla, M. A y J. G. González-Avilés. 2001. Population genetics of the yellow abalone, *Haliotis corrugate*, in Cedros and San Benito islands: a preliminary survey. *J. Shell. Fish. Res.* 20(2): 765-770.

Beaumont, A. R., C. M. Beveridge y M. D. Budd. 1983. Selection and heterozygosity within single families of the mussel *Mytilus edulis* (L.). *Mar. Biol.* 4: 151-161.

Harris, H y D. A. Hopkinson. 1976. Hand book of enzyme electrophoresis in human genetics. North Holland Publishing Co. Primera edición. Amsterdam. 259 pp.

Turner, V. S y D. A. Hopkinson. 1979. The use of mendola blue in isozyme stains after electrophoresis. *F. E. B. S.* 105: 376-378.

ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL DOCTORADO

PARTICIPACIONES EN CURSOS Y REUNIONES

- Segundo curso teórico-práctico de Ingeniería en Acuicultura Recirculating Systems: Practical Tools. 31 de julio al 13 de agosto de 2002.
- Reunión sobre Dispersión y Reclutamiento de mejillón con el tema “Fijación de mitílidos en la bahía de Todos Santos y el Ejido Eréndira Baja California México. 17 de enero de 2002.
- 36^a Reunión anual de la Western Society of Malacologists. Los Ángeles, California del 6 al 10 de junio de 2003.
- # 37^a Reunión anual de la Western Society of Malacologists. Ensenada Baja California, México del 24 al 28 de junio de 2004.

CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

- Curiel-Ramírez, S. Qué es la Acuariofilia. Impartida en el Museo de Ciencias de Ensenada. 14 de mayo de 2003.
- Cáceres-Martínez, J., R. Vasquez-Yeomans., S. Curiel-Ramírez y P. Macia Montes de Oca. Reproductive cycle of the Japanese oyster *Crassostrea gigas* cultured in Bahía Falsa, Baja California, México. 36th Western Society of Malocologists Annual Meeting. Los Angeles California, June 6-10, 2003.
- Curiel-Ramírez, S y J. Cáceres-Martínez. Reproductive cycle of sympatric mussels in Baja California, México. 37th Western Society of Malocologists Annual Meeting. Ensenada Baja California, Mexico, June 24-28, 2004.
- Curiel-Ramírez, S y J. Cáceres-Martínez. Settlement of mytilids and its importance to mussel culture in Baja California, México. 37th Western Society of Malocologists Annual Meeting. Ensenada Baja California, Mexico, June 24-28, 2004.
- Curiel-Ramírez, S y J. Cáceres-Martínez. Daily growth of early stages of coexisting mussels as criteria to differentiate colonization strategy. 37th Western Society of Malocologists Annual Meeting. Ensenada Baja California, Mexico, June 24-28, 2004.
- Curiel-Ramírez, S. Seminario “Cultivo de moluscos en Baja California”. Ensenada Baja California. 01 de octubre de 2004.

ASISTENCIAS A CONGRESOS

- VIII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología (VIII RENAMAC). Cd. Victoria, Tam., México del 25 al 28 de septiembre de 2001.

PARTICIPACIÓN EN REVISTAS CIENTÍFICAS

- Revisor de la revista Ciencias Marinas. Publicada por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, México. 23 de abril de 2003.

PUBLICACIÓN

1.- Curiel-Ramírez, S and J. Cáceres-Martínez. Reproductive cycle of coexisting mussels *Mytilus californianus* and *Mytilus galloprovincialis* in Baja California, NW México. 2004. Journal of Shellfish Research. 23(2): 515-520.

APORTE CIENTÍFICO DE ESTA TESIS

Es el conocimiento de las diferencias biológicas de las postlarvas de los mejillones *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*, las cuales son el resultado de la adaptación a la competencia interespecífica entre estas especie. Sin embargo, el mayor aporte, es la propuesta de la duración del estadio postlarval de los mejillones *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus*, la cual no se encuentra descrita en la literatura.