

DESARROLLO GONADAL DE *Crassostrea gigas* EN BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

GONADAL DEVELOPMENT OF *Crassostrea gigas* IN BAHÍA SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Carmen Guadalupe Paniagua-Chávez
Manuel de Jesús Acosta-Ruiz

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Departamento de Acuicultura
Av. Espinoza 843
Ensenada, BC
México

Recibido en junio de 1993; aceptado en febrero de 1995

RESUMEN

El ciclo reproductivo de la ostra del Pacífico, *Crassostrea gigas* (Thunberg), presenta diferencias significativas ($S [\alpha = 0.05]$) en septiembre y octubre, en las localidades de La Boca y Mina Vieja. El máximo índice gonadal (IG) se presentó en Mina Vieja en mayo y agosto con 32 y 34% y el mínimo en octubre con 8%. En La Boca, el máximo IG ocurrió en septiembre y octubre con 37% y el mínimo en abril con 7%. Desoves parciales se observaron de julio a octubre en la región de La Boca y de julio a septiembre en Mina Vieja, ubicada en la parte interna del sistema de la bahía de San Quintín. Se observó una asincronía en la maduración y desove entre machos y hembras. La proporción macho:hembra fue 7:3 y el hermafroditismo menor del 3%.

Palabras claves: ostra, semilla, *Crassostrea*, desove, ovocitos, microambiente.

ABSTRACT

The reproductive cycle of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), presents significant differences ($S [\alpha = 0.05]$) in September and October in the La Boca and Mina Vieja locations. The maximum gonadal index (GI) occurred in May and August at Mina Vieja with 32 and 34%, respectively and the minimum of 8% in October. In La Boca, the highest GI value of 37% was obtained in September and October while the lowest, 7%, was observed in April. Partial spawnings were observed from July through October in La Boca and from July to September in Mina Vieja, located in the internal area of Bahía San Quintín. An asynchrony was observed in both spawning and maturation between male and female oysters. The male:female ratio was 7:3 and hermaphroditism was less than 3%.

Key words: oyster, seed, *Crassostrea*, spawning, oocytes, microenvironment.

INTRODUCCIÓN

En el norte y sur de Baja California, principalmente en bahía San Quintín, se han obtenido en acuicultura excelentes resultados en crecimiento y supervivencia con la introducción del ostión japonés *Crassostrea gigas*.

INTRODUCTION

In northern and southern Baja California, principally in Bahía San Quintín, excellent results have been obtained with aquaculture in growth and survival with the introduction of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*.

A partir de los años 70, se iniciaron estudios sistematizados en esta localidad para optimizar la actividad acuicultural. Chávez-de-Nishikawa y Álvarez-Borrego (1974), Del Valle-Lucero (1979), Monreal-Gómez (1980) y Ocampo-Torres (1980) llevaron a cabo diferentes estudios hidrológicos e hidrodinámicos de la bahía, y reportaron diferentes microambientes en ambos brazos del sistema.

Por otra parte, diferentes estudios biológicos empezaron a realizarse con respecto a la biología del ostión japonés. Entre estos trabajos figuran los realizados por Acosta-Ruiz (1985), quien estudió el efecto de los microambientes sobre la fisiología de *C. gigas* y Terrazas Gaxiola (1986), quien realizó cultivos experimentales en diferentes zonas de la bahía y determinó las épocas más adecuadas para la introducción de la semilla de ostión en estos sitios.

Uno de los procesos biológicos más importantes para el cultivo de este organismo es el ciclo reproductivo, regulado principalmente por la cantidad y calidad del alimento, así como por la temperatura (Imai y Sakai, 1961 y Dinamani, 1987). Lara-Lara y Álvarez-Borrego (1975), Lara-Lara *et al.* (1980) y Millán-Núñez y Álvarez-Borrego (1978) reportan que bahía San Quintín es un cuerpo de agua fértil, con valores mayores de productividad en la boca, que decrecen hacia el interior del sistema. Las condiciones de temperatura exhiben una alta variabilidad en la región oceánica adyacente, a diferencia de la región interna de ambos brazos de la bahía (Álvarez-Borrego y Álvarez-Borrego, 1982).

Debido a que en bahía San Quintín no se conocen los procesos reproductivos de *C. gigas* y éstos de alguna manera afectan los procesos de comercialización, el presente trabajo tiene como objetivo comparar el ciclo reproductivo del ostión *C. gigas*, cultivado experimentalmente en dos sitios de la bahía, con el propósito de definir las épocas de desove y así determinar los mejores periodos de comercialización del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con juveniles de *C. gigas*, de 6.99 ± 1.59 mm de longitud, producidos

Systematic studies began in the 1970's in this location in order to optimize aquacultural activity. Chávez-de-Nishikawa and Álvarez-Borrego (1974), Del Valle-Lucero (1979), Monreal-Gómez (1980) and Ocampo-Torres (1980) conducted various hydrologic and hydrodynamic studies in the bay, and reported different microenvironments in both branches of the system.

Likewise, various biological studies began to be conducted with respect to the biology of the Japanese oyster. Among these studies are those of Acosta-Ruiz (1985), who studied the effect of microenvironments on the physiology of *C. gigas* and Terrazas-Gaxiola (1986), who conducted experimental cultures in different zones in the bay and determined the most adequate seasons for introducing the oyster seed in these sites.

One of the most important biological processes for cultivating this organism is the reproductive cycle which is principally regulated by the amount and quality of the food, as well as by temperature (Imai and Sakai, 1961; Dinamani, 1987). Lara-Lara and Álvarez-Borrego (1975), Lara-Lara *et al.* (1980) and Millán-Núñez and Álvarez-Borrego (1978) report that Bahía San Quintín is a body of fertile water with greater values of productivity in the mouth that decrease towards the interior of the system. The temperature conditions exhibit a high variability in the adjacent oceanic region, contrary to the internal region of both branches of the bay (Álvarez-Borrego and Álvarez-Borrego, 1982).

Due to the fact that the reproductive processes of *C. gigas* in Bahía San Quintín are not known and that these to some extent affect the commercialization processes, the objective of the present study was to compare the reproductive cycle of the oyster *C. gigas*, cultivated experimentally in two locations in the bay, in order to define the spawning periods and thus determine the best periods for commercializing the product.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted with *C. gigas* juveniles from 6.99 ± 1.59 mm long, produced in

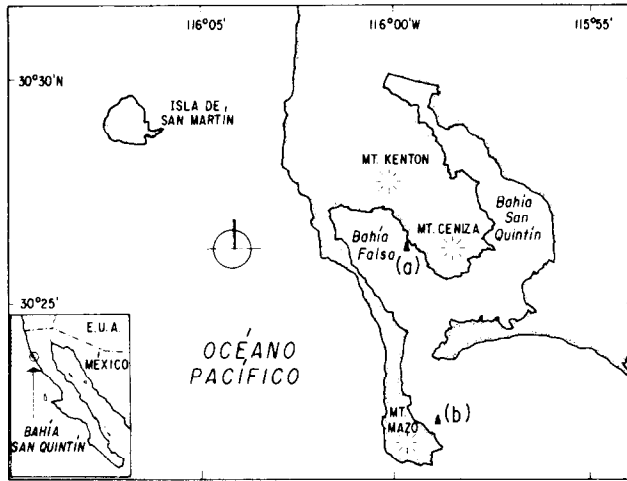


Figura 1. Área de estudio: (a) Mina Vieja, (b) La Boca.
Figure 1. Study area: (a) Mina Vieja, (b) La Boca.

en el Centro Ostrícola del Instituto de Acuicultura en Bahía Kino, Sonora. Los organismos fueron cultivados en balsas, ubicadas en dos sitios de la bahía de San Quintín, Mina Vieja y La Boca (fig. 1). El cultivo se realizó de abril de 1985 a marzo de 1986. Mensualmente, se registró la temperatura y se recolectaron 20 organismos de cada lugar para determinar la fase de madurez gonádica en que se encontraban y la proporción de sexos. No fue posible muestrear en Mina Vieja en invierno, debido a la pérdida de la balsa, que se soltó y fue arrastrada por la corriente. Como referencia, se registraron las longitudes antero-posterior y dorso-ventral de los organismos, así como los pesos húmedos totales del tejido blando.

Las fases de madurez gonádica y la proporción de sexos se determinaron histológicamente, utilizando la tinción de hematoxilina y eosina descrita por Humanson (1967), y se examinaron microscópicamente de dos a cuatro preparaciones por organismo. Con base en las observaciones, éstos se clasificaron en distintas fases de madurez gonádica: maduración (I), desove parcial (II), desove total (III), postdesove (IV) e indiferenciado (V). Los criterios para dicha clasificación se tomaron de las descripciones dadas por Galtsoff (1964) para *Crassos-*

the *Centro Ostrícola del Instituto de Acuicultura en Bahía Kino, Sonora*. The organisms were cultivated in rafts, located in two sites in Bahía San Quintín, Mina Vieja and La Boca (fig. 1). The culture was conducted from April 1985 to March 1986. Each month, temperature was recorded and 20 organisms were collected from each site in order to determine which phase of gonadal maturity they were in and the sex ratio. It was not possible to sample during the winter in Mina Vieja due to the loss of the raft which came loose and was carried off by the current. The anterior-posterior and dorsal-ventral lengths of the organisms were recorded as a reference as well as the total wet weights of the soft tissue.

The phases of gonadal maturity and the sex ratio were histologically determined with hematoxylin and eosin stains described by Humanson (1967), microscopically examining between two and four preparations per organism. These were classified into distinct phases of gonadal maturity based on the observations made: maturation (I), partial spawning (II), total spawning (III), postspawning (IV) and undifferentiated (V). The criteria used for said classification were taken from the descriptions given by Galtsoff (1964) for *Crassostrea virginica* and

Tabla 1. Descripción de las fases de madurez gonádica para hembras.

Hembras		
I. Fases de maduración	Características	
G1	Ovogénesis temprana	Los folículos aparecen de tamaño muy pequeño aislados en la gónada. La pared folicular se encuentra rodeada por la oogonia y escasos ovocitos.
G2	Ovogénesis media	Los folículos son grandes con ovocitos en crecimiento en la pared folicular.
G3	Ovogénesis tardía	Folículos grandes y extendidos por toda la gónada con algunos ovocitos libres en el lumen.
M1	Maduración temprana	La actividad ovogénica se reduce. Pocos ovocitos en crecimiento se encuentran conectados al epitelio germinal. Muchos ovocitos libres con núcleo esférico llenan el lumen de los folículos. Se observa poco tejido conectivo.
M2	Maduración tardía	La pared folicular es indistinta. El lumen se encuentra lleno con ovocitos libres de forma cónica o esférica.
II. Fases de desove parcial		
DP1	Desove en fase M1	Gran número de ovocitos libres aparecen, pero no densamente compactados. Aún se encuentran algunos ovocitos conectados a la pared folicular.
DP2	Desove en fase M2	Los ovocitos libres ocupan el centro del lumen, en la pared folicular no son discernibles ovocitos conectados.
III. Fases de desove total		
DT1	Desove en fase M1	Los folículos aparecen colapsados. El lumen folicular contiene pocos ovocitos libres no liberados. Se observan ovocitos conectados a la pared folicular.
DT2	Desove en fase M2	El lumen folicular se encuentra lleno, con algunos ovocitos residuales. No se observan ovocitos en crecimiento en la pared folicular.
IV. Fases de postdesove		
PD		Los folículos se encuentran colapsados y de tamaño pequeño. Aparece un gran número de fagocitos y los ovocitos residuales se encuentran en proceso de citólisis. El tejido interfolicular empieza a desarrollarse

trea virginica, y de Sugiwara, citado por Imai (1982), para *C. gigas*. Con el objetivo de comparar el desarrollo gonádico de los ostiones cultivados en las dos localidades, se aplicó el método de suma de rangos de Wilcoxon (Leach, 1982). Por otra parte, aplicando el método de

of Sugiwara cited by Imai (1982) for *C. gigas*. In order to compare the gonadal development of the oysters cultivated in the two locations, Wilcoxon's rank testing method (Leach, 1982) was applied. Furthermore, by applying Lannan's (1980) method, the gametes were classi-

Table 1. Description of the phases of gonadal maturity in the females.

Females		
I. Maturation phases		Characteristics
G1	Early ovogenesis	Very small-sized, isolated follicles appear in the gonad. The follicular wall is surrounded by oogonia and few oocytes.
G2	Middle ovogenesis	The follicles are large with growing oocytes in the follicular wall.
G3	Late ovogenesis	Large and extended follicles throughout the gonad with some free oocytes in the lumen.
M1	Early maturation	Ovogenic activity is reduced. Few growing oocytes are found connected to the germinal epithelium. Many free oocytes with spherical nuclei fill the follicle lumen. Little connective tissue is observed.
M2	Late maturation	The follicular wall is indistinct. The lumen is full of free, cone- or sphere-shaped oocytes.
II. Partial spawning phases		
DP1	Spawning in phase M1	Large number of free oocytes appear, but not densely compacted. A few oocytes are still found connected to the follicular wall.
DP2	Spawning in phase M2	The free oocytes occupy the center of the lumen in the follicular wall. Connected oocytes are not visible.
III. Total spawning phases		
DT1	Spawning in phase M1	Collapsed follicles appear. The follicular lumen contains few nonliberated free oocytes. Oocytes connected to the follicular wall are observed.
DT2	Spawning in phase M2	The follicular lumen is full, with a few residual oocytes. Growing oocytes are not observed in the follicular wall.
IV. Postspawning phase		
PD		The follicles are collapsed and small sized. A large number of phagocytes appears and the residual oocytes are in the process of cytolysis. The interfollicular tissue begins to develop.

Lannan (1980), los gametos se clasificaron en tres tipos, de acuerdo con las características citológicas dadas por Galtsof (1964), Giese y Pearse (1974) e Imai (1982), las cuales toman en cuenta la forma de las células, el tamaño y las propiedades de tinción. La descripción de las gónadas y las distintas subfases de madurez gonádica tanto para hembras como para machos se resumen en las tablas 1 y 2, respectivamente.

fied into three types according to the cytological characteristics given by Galtsof (1964), Giese and Pearse (1974) and Imai (1982), which take into account the shape and size of the cells, and the staining properties. The description of the gonads and the distinct subphases of gonadal maturity for both the females and males are summarized in tables 1 and 2, respectively.

Tabla 2. Descripción de las fases de madurez gonádica para machos.

Machos	
I. Fases de maduración	Características
E1 Espermatogénesis temprana	Los ovocitos aparecen de forma pequeña y ovalada. La espermatogonia y algunos espermatoцитos son visibles a lo largo del epitelio germinal. El tejido conectivo es abundante.
E2 Espermatogénesis media	Los espermatoцитos y espermátida se encuentran formando una delgada banda a lo largo de la pared folicular.
E3 Espermatogénesis tardía	Escasa espermatogonia, proliferación de espermatoцитos y espermátida. Pocos espermatozoides en el lumen.
M1 Maduración temprana	Los procesos gametogénicos E1 y E2 decrecen. Gran número de espermatozoides ocupan el lumen del foliculo con los tallos orientados hacia el centro.
M2 Maduración tardía	El tejido interfolicular y el epitelio germinal son inconspicuos. Los folículos se encuentran llenos completamente con espermatozoides. Algunas veces pocos espermatoцитos son vistos alrededor de la pared folicular.
II. Fases de desove parcial	
DP1 Desove en fase M1	Los folículos aparecen parcialmente vacíos con un buen número de espermatozoides, pero no densamente compactados. Una ligera banda de espermatoцитos y espermátida es observada a lo largo de la pared folicular.
DP2 Desove en fase M2	Gran número de espermatozoides ocupan el lumen, bandas de espermatoцитos y espermátida son inconspicuos.
III. Fases de desove total	
DT1 Desove en fase M1	Los folículos aparecen vacíos, excepto por algunos espermatozoides residuales. La pared folicular contiene pocas células germinales.
DT2 Desove en fase M2	Los folículos contienen muy pocos o ningún espermatozoide en el lumen. Los espermatoцитos y espermátida no son vistos hacia la periferia de los folículos.
IV. Fase de postdesove	
PD	El tejido conectivo se desarrolla rápidamente entre los folículos colapsados. Células germinales en el lumen se encuentran citolizadas. Se encuentran presentes numerosos fagocitos.
V. Fase inactiva o indeterminada	
I	El tejido conectivo se empieza a desarrollar. Los folículos no son discernibles. Algunas veces, se encuentran presentes pocos fagocitos.

Table 2. Description of the phases of gonadal maturity in the males.

Males		
I. Maturation phases		Characteristics
E1	Early spermatogenesis	The oocytes are small and oval shaped. The spermatogonia and some spermatocytes are visible along the germinal epithelium. Connective tissue is abundant.
E2	Middle spermatogenesis	The spermatocytes and spermatids are forming a narrow band along the follicular wall.
E3	Late spermatogenesis	Few spermatogonia, proliferation of spermatocytes and spermatids. Few spermatozooids in the lumen.
M1	Early maturation	The gametogenic processes E1 and E2 decrease. A large number of spermatozooids occupies the follicle lumen with the tails oriented towards the center.
M2	Late maturation	The interfollicular tissue and germinal epithelium are inconspicuous. The follicles are completely full of spermatozooids. Sometimes, a few spermatocytes are seen around the follicular wall.
II. Partial spawning phases		
DP1	Spawning in phase M1	The follicles are partially empty, with a large number of spermatozooids but they are not densely compacted. A small band of spermatocytes and spermatids is observed along the follicular wall.
DP2	Spawning in phase M2	A large number of spermatozooids occupies the lumen. Bands of spermatocytes and spermatids are inconspicuous.
III. Total spawning phases		
DT1	Spawning in phase M1	The follicles are empty except for some residual spermatozooids. The follicular wall contains few germinal cells.
DT2	Spawning in phase M2	The follicles contain very few or no spermatozooids in the lumen. The spermatocytes and spermatids are not seen towards the periphery of the follicles.
IV. Postspawning phase		
PD		The connective tissue develops rapidly between the collapsed follicles. Germinal cells in the lumen are cytolized. Numerous phagocytes are present.
V. Undetermined or inactive phase		
I		The connective tissue begins to develop. The follicles are not discernible. Sometimes, few phagocytes are present.

Tabla 3. Fases de madurez gonádica de *Crassostrea gigas* cultivada en Mina Vieja y La Boca, bahía San Quintín, México.

Table 3. Phases of gonadal maturity of *Crassostrea gigas* cultivated in Mina Vieja and La Boca, Bahía San Quintín, Mexico.

Fases	Mina Vieja								
	Primavera			Verano			Otoño		
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maduración I	100	90	100	60		10			
Desove parcial II				20	100	60			
Desove total III		10		20		10	60		
Postdesove IV								50	20
Indiferenciada V						20	40	50	80

Fases	La Boca											
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Maduración I	100	100	100	40	45	60	40			60	100	75
Desove parcial II				60	40	20	60					
Desove total III					15	20						
Postdesove IV								40	50			
Indiferenciada V							60	50	40		25	

RESULTADOS

Fases de madurez gonádica

La tabla 3 muestra las fases de madurez gonádica de *C. gigas* en las dos localidades estudiadas. En Mina Vieja, el mayor porcentaje de organismos en la fase I fue encontrado de abril a julio, mientras que en La Boca esta fase se encontró en todos los meses excepto en noviembre y diciembre. En Mina Vieja, se observó mayor frecuencia de desoves en verano, predominando

RESULTS

Phases of gonadal maturity

Table 3 illustrates the phases of gonadal maturity of *C. gigas* in the two locations studied. In Mina Vieja, the greatest percentage of organisms in phase I was found from April to July, while in La Boca, this phase was found in all of the months except November and December. A greater frequency of spawnings was observed in Mina Vieja in the summer,

Tabla 4. Comparación (S [$\alpha = 0.05$]) del desarrollo gonádico de *Crassostrea gigas* en Mina Vieja y La Boca, bahía San Quintín, México, de acuerdo con el método de suma de intervalos de Wilcoxon (Leach, 1982).

Table 4. Comparison (S [$\alpha = 0.05$]) of the gonadal development of *Crassostrea gigas* in Mina Vieja and La Boca, Bahía San Quintín, Mexico, according to Wilcoxon's rank testing method (Leach, 1982).

Mes	S	Significación
Abril	47	NS
Mayo	7	NS
Junio	-40	NS
Julio	-50	NS
Agosto	1	NS
Septiembre	-54	S
Octubre	60	S
Noviembre	-21	NS
Diciembre	-13	NS

los desoves parciales. En La Boca esta condición se extendió hasta octubre. En ambas estaciones se registraron pocos desoves totales, con mayores porcentajes en Mina Vieja, en el mes de octubre.

En Mina Vieja, los organismos en la fase de postdesove se observaron en noviembre y diciembre, y los indiferenciados de septiembre a diciembre.

En La Boca los organismos que se encontraban en fase de postdesove también fueron observados en noviembre y diciembre, mientras que la fase de indiferenciados se extendió de noviembre a marzo.

La tabla 4 muestra las comparaciones realizadas entre las dos localidades de abril a diciembre, donde se encontraron diferencias significativas del desarrollo gonádico de las dos poblaciones en septiembre y octubre.

La tabla 5 muestra las fases de madurez del ciclo reproductivo y la existencia de una asincronía entre machos y hembras. En Mina Vieja los machos alcanzan el estado de madurez M2 en julio, con 50%, mientras que el mayor porcentaje de hembras (75%) se encuentra en la subfase M1 en junio.

Los machos presentan con mayor frecuencia desoves parciales en el estado DP2, y las hem-

predominantly partial spawnings. This condition was extended in La Boca until October. Few total spawnings were recorded in both stations, with greater percentages in Mina Vieja in October.

In Mina Vieja, organisms in the post-spawning phase were observed in November and December, and the undifferentiated from September to December.

In La Boca, organisms found in the post-spawning phase were also observed in November and December, while the undifferentiated phase extended from November to March.

Table 4 illustrates the comparisons made between the two locations from April to December, where significant differences were found in the gonadal development of the two populations in September and October.

Table 5 illustrates the phases of maturity in the reproductive cycle and the existence of a asynchrony between the males and females. The males in Mina Vieja reached maturity stage M2 in July with 50%, while the greatest percentage of females (75%) is found in subphase M1 in June.

The males presented partial spawnings with greater frequency in stage DP2, and the females in stage DP1. Both the females and males pres-

Tabla 5. Porcentaje de organismos en las diferentes fases de madurez gonádica en Mina Vieja, bahía San Quintín, México.

Table 5. Percentage of organisms in the different phases of gonadal maturity in Mina Vieja, Bahía San Quintín, Mexico.

Fases	Hembras								
	Primavera			Verano			Otoño		
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
G1	50								
G2	25	15	25						
G3	25	70		50					
M1			75	50					
M2						15			
DP1					85	15			
DP2					15	55			
DT1									
DT2		15				15	100		
PD								100	100
Fases	Machos								
	Primavera			Verano			Otoño		
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
E1	35								
E2	65								
E3		100	50						
M1			50						
M2				50					
DP1				25	50				
DP2					50		100		
DT1				25					
DT2								100	
PD									
Indiferenciados						20	40	50	80

bras en el estado DP1. Tanto hembras como machos presentaron desoves totales DT2 en octubre. Similarmente, el postdesove fue registrado para ambos sexos en noviembre.

Como en el caso anterior, en La Boca se presenta una asincronía entre machos y hembras (tabla 6). El mayor porcentaje de hembras se encontró en el estado M2 de julio a octubre de 1985. Los mayores porcentajes de desove fue-

ented total spawnings DT2 in October. Similarly, postspawning was registered in both sexes in November.

As in the case presented above, an asynchrony is presented between the males and females in La Boca (table 6). The greatest percentage of females was found in stage M2 from July to October 1985. The greatest percentages of spawning were found in the males

Tabla 6. Porcentaje de organismos en las diferentes fases de madurez gonádica en La Boca, bahía San Quintín, México.

Table 6. Percentage of organisms in the different phases of gonadal maturity in La Boca, Bahía San Quintín, Mexico.

Fase	Hembras											
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
G1	10	50	50							100	100	
G2	65		25									
G3	25	50										100
M1			25									
M2				100	80	100	100					
DP1												
DP2												
DT1												
DT2					20							
PD								100			100	
Fase	Machos											
	Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
E1			30							35	60	
E2	20		20								40	
E3	80	90	35									50
M1			15	25						65	50	
M2		10				45	25					
DP1				75								
DP2					100	25	75					
DT1						15						
DT2						15						
PD								100	100			
Indiferenciados												
								60	50	40	25	

ron para los machos con 100, 25 y 75% en los meses de agosto, septiembre y octubre, respectivamente, en la subfase DP2. Pocos desoves totales (DT2) fueron registrados para los organismos de ambos sexos.

Por lo que se refiere al porcentaje de óvulos en Mina Vieja, se observa en primavera un

en subfase DP2 with 100, 25 and 75% in August, September and October, respectively. Few total spawnings (DT2) were registered in the organisms from both sexes.

In reference to the percentage of ovules in Mina Vieja, a maximum value of 75% is observed in spring; in July, 30% is represented by

valor máximo de 75%; en julio, el 30% está representado por ovocitos pequeños y en crecimiento, mientras el porcentaje de óvulos decrece al 58% y después se incrementa al 100% en septiembre (fig. 2).

En La Boca, durante la primavera el 50% de los ovocitos están en crecimiento, mientras que el 20% son óvulos y el resto del porcentaje ovocitos pequeños. Los porcentajes máximos de óvulos fueron observados durante septiembre y noviembre, 92 y 100%, respectivamente (fig. 2).

Proporción de sexos y hermafroditismo

Las figs. 3 y 4 indican que durante el periodo de estudio el número de machos fue superior al de las hembras con una tendencia a igualarse durante el verano.

El mayor porcentaje de organismos indiferenciados se presentó en la estación de Mina Vieja, y se observó una tendencia a su incremento relativo durante el invierno. El hermafroditismo se prolongó durante el periodo gametogénico (mayo-agosto en Mina Vieja y septiembre-octubre en La Boca). El mayor porcentaje de hermafroditas se presentó en junio para Mina Vieja.

DISCUSIÓN

De acuerdo con Lara-Lara y Álvarez-Borrego (1975), la disponibilidad de alimento para organismos filtroalimentadores en bahía San Quintín alcanza su climax de producción ($0.9 \text{ gC/m}^3/\text{día}$) durante primavera y verano. Estos autores encontraron que los mayores valores de clorofila *a* y producción orgánica primaria de toda la bahía se encuentran en La Boca. De esta manera, es posible inferir que los organismos estudiados no hayan tenido una deficiencia de alimento que hubiera podido influenciar en los procesos gametogénicos y de desove. A pesar de esto, las dos poblaciones experimentales mostraron diferencias en la madurez gonadal.

Series de temperatura generadas en la región de La Boca y en un punto cercano a Mina Vieja (Álvarez-Borrego y Álvarez-Borrego, 1982) evidenciaron claramente temperaturas

small and growing oocytes, and the percentage of ovules decreases to 58% and later increases to 100% in September (fig. 2).

During the spring in La Boca, 50% of the oocytes are growing, 20% are ovules and the rest of the percentage are small oocytes. The maximum percentages of ovules were observed during September and November, 92 and 100%, respectively (fig. 2).

Sex ratio and hermaphroditism

Figures 3 and 4 illustrate that during the study period, the number of males was greater than the females with a tendency to equate during the summer.

The greatest percentage of undifferentiated organisms was presented in the station in Mina Vieja, and a tendency was observed in their relative growth during the winter. Hermaphroditism was prolonged during the gametogenic period (May-August in Mina Vieja and September-October in La Boca). The greatest percentage of hermaphrodites was presented in June in Mina Vieja.

DISCUSSION

According to Lara-Lara and Álvarez-Borrego (1975), food availability for the filter feeding organisms in Bahía San Quintín reaches its maximum production ($0.9 \text{ gC/m}^3/\text{day}$) during the spring and summer. These authors found that the greatest values of chlorophyll *a* and of organic primary production in the entire bay are found in La Boca. In this manner, it is possible to infer that the organisms studied did not have a deficiency in food that could have influenced the gametogenic and spawning processes. In spite of this, both experimental populations demonstrated differences in gonadal maturity.

Temperature series generated in the region of La Boca and at a point very close to Mina Vieja (Álvarez-Borrego and Álvarez-Borrego, 1982) clearly demonstrated lower average summer temperatures in La Boca (17.5°C) than in Mina Vieja (20.8°C). Furthermore, the temperature data obtained in this study (table 7) confirm the data obtained by the above mentioned

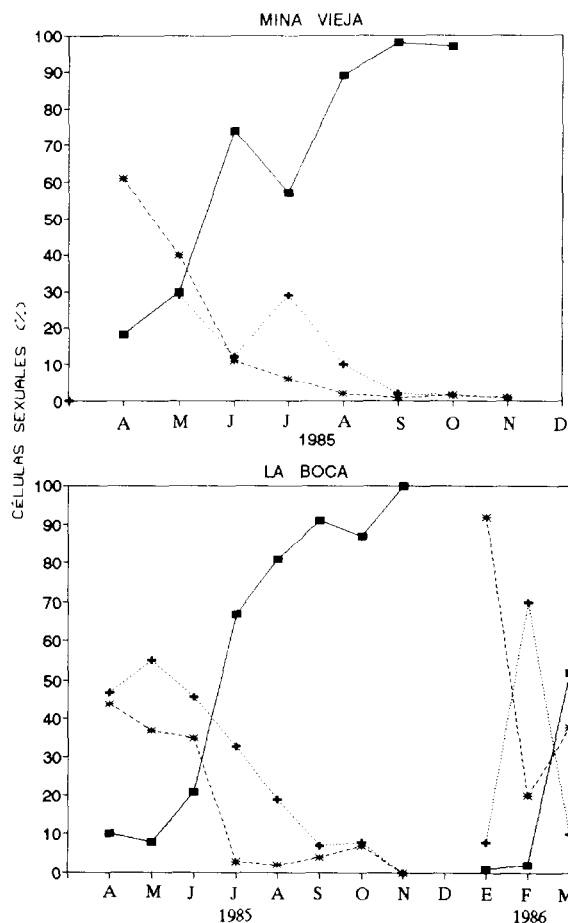


Figura 2. Porcentaje de óvulos (■), ovocitos en crecimiento (+) y ovocitos pequeños (*), en gónadas de *Crassostrea gigas* de Mina Vieja y La Boca.

Figure 2. Percentage of ovules (■), growing oocytes (+) and small oocytes (*) in the gonads of *Crassostrea gigas* in Mina Vieja and La Boca.

de verano promedio más bajas en La Boca (17.5°C) que en Mina Vieja (20.8°C). Asimismo, los datos de temperatura puntuales obtenidos en este trabajo (tabla 7), confirman los datos obtenidos por los autores antes mencionados. Por tanto, la prolongación de la fase de maduración y la falta de desove masivo en la región de La Boca, a pesar de la disponibilidad de alimento, puede ser debida a las temperaturas prevalecientes en este punto. De esta manera, se podría usar a estos organismos como reproductores en los meses de agosto y septiembre, amén

authors. Thus, the prolongation of the maturation phase and the lack of massive spawning in the region of the La Boca, in spite of food availability, can be due the prevalent temperatures in this point. In this manner, these organisms could be used as reproducers in August and September, and thus their market value could be elevated since this depends on age and the condition index. In Mina Vieja, the high temperatures in August and September (23.0 and 20.5°C, respectively), coincide with the maximum maturity of the organisms and with

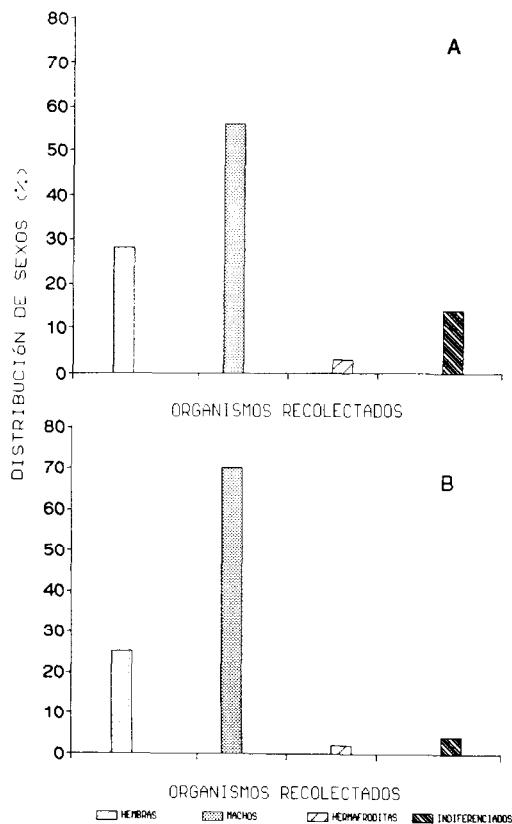


Figura 3. Variación en la proporción de sexos en organismos de *Crassostrea gigas* cultivados en Mina Vieja.

Figure 3. Variations in the sex ratio of *Crassostrea gigas* organisms cultivated in Mina Vieja.

de elevar su valor para efectos de mercado que depende de la edad y del índice de condición. En Mina Vieja, las altas temperaturas de los meses de agosto y septiembre (23.0 y 20.5°C, respectivamente), coinciden con la máxima madurez de los organismos, y con la expulsión de gametos en un porcentaje elevado de la población. Durante este periodo, las ostras son adecuadas para utilizarse como organismos reproductores.

De acuerdo con Hughes Games (1977), la escasa gametogénesis y, por tanto la falta de desove, son parcialmente responsables de la alta condición de *C. gigas*. El índice de condición obtenido con la ecuación de Mann (1978) por Terrazas-Gaxiola (1986) para los dos sitios y en

the expulsion of the gametes in an elevated percentage of the population. During this period, the oysters are adequate for being used as reproductive organisms.

According to Hughes-Games (1977), the scarce gametogenesis and consequent lack of spawning are partially responsible for the high condition of *C. gigas*. The condition index obtained with Mann's equation (1978) by Terrazas-Gaxiola (1986) in both locations and on the same dates that this study was conducted, reaches the maximum value of 76.81 in May in Mina Vieja and 83.27 in September in La Boca. The above elevates the commercial value of the oyster during the period encompassing the end of spring and the beginning

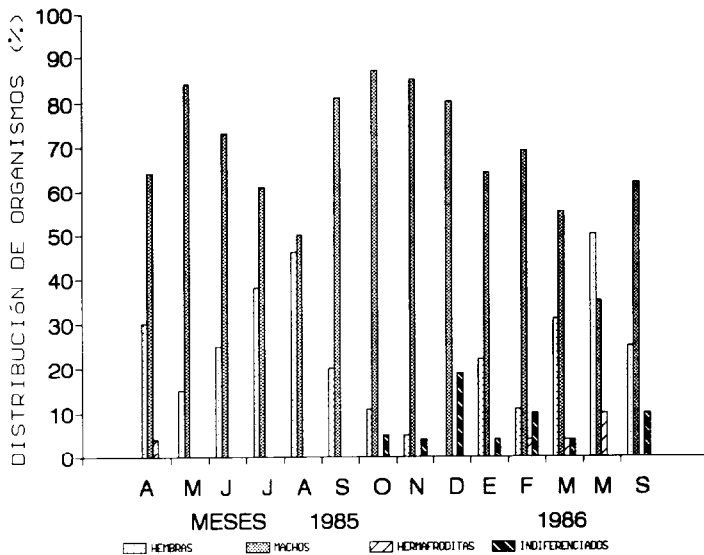


Figura 4. Variación en la proporción de sexos en organismos de *Crassostrea gigas* cultivados en La Boca.

Figure 4. Variation in the sex ratio of *Crassostrea gigas* organisms cultivated in La Boca.

las mismas fechas que se realizó este estudio, alcanzan el valor máximo de 76.81 en mayo para Mina Vieja y 83.27 en septiembre para La Boca. Lo anterior hace que el valor comercial del ostión se eleve en el periodo comprendido de finales de primavera a principios de verano. De acuerdo con Terrazas-Gaxiola (1986), en La Boca de la bahía las condiciones de temperatura imperantes son adecuadas para mantener el índice de condición aceptable en los organismos que no se utilizan para desoves ni se comercializan.

En los análisis de las fases de madurez, se encontró que los organismos mostraban diferentes etapas en un mismo momento. Asimismo, cuando se examinó el desarrollo gonadal por sexos separados, se encontró que existía una asincronía en los desoves de ambos sexos. Longwell y Stiles (1973) indican que estos organismos tienen implícito un sistema para garantizar cruces no consanguíneos. Así, la asincronía en los desoves de los dos sexos disminuye la endogamia, que resultaría en una depresión de la sobrevivencia larval. Este

de summer. According to Terrazas-Gaxiola (1986), the prevailing temperature conditions in La Boca are adequate for maintaining an acceptable condition index in the organisms that are not utilized for spawning nor commercialization.

In the analyses on the phases of maturity, it was found that the organisms exhibited different stages at the same time. Furthermore, when the gonadal development was examined in separate sexes, it was found that an asynchrony existed in the spawning of both sexes. Longwell and Stiles (1973) indicate that these organisms have an implicit system for preventing inbreeding. Thus, the asynchrony in the spawnings in the two sexes decreases the endogamy that would result in a depression in the survival of the larvae. This phenomenon indicates the reproductive strategy of the species, in which the gametes are produced in spring, utilizing the food reserves found in the gonad during this time and are later set free in the summer. In this manner, survival of the larvae increases since the larval development occurs when the envi-

Tabla 7. Registro mensual de temperatura en grados centígrados en Mina Vieja y La Boca, durante el periodo de estudio de abril de 1985 a marzo de 1986.

Table 7. Monthly record of Celsius temperatures in Mina Vieja and La Boca during the study period from April 1985 to March 1986.

Mes	Localidad	
	Mina Vieja	La Boca
Abril	17.0	12.8
Mayo	16.8	15.0
Junio	17.0	13.0
Julio	19.0	18.5
Agosto	23.0	19.0
Septiembre	20.5	15.0
Octubre	19.8	17.0
Noviembre	17.9	17.0
Diciembre	15.8	15.0
Enero		15.0
Febrero		15.0
Marzo		15.0

fenómeno indica la estrategia reproductiva de la especie, en la cual los gametos son producidos en primavera, utilizando las reservas alimenticias encontradas en la gónada durante ese tiempo, para liberarlos en verano. De esta manera, la sobrevivencia larval se incrementa, ya que el desarrollo larval ocurre cuando las condiciones ambientales como la temperatura y el alimento son adecuadas (Lara-Lara y Álvarez-Borrego, 1975; Lannan, 1980; Peredo *et al.*, 1987).

Con respecto a la proporción de sexos, los organismos analizados en ambos sitios de bahía San Quintín exhibieron una razón de sexos característica de los organismos protándricos. Se pudo evidenciar un cambio en esta razón entre los intervalos de una reproducción a otra. Estos resultados concuerdan con las observaciones de Galtsoff (1964), quien reporta una tendencia de la razón de sexos a igualarse, que llega después a un dominio de las hembras. Asimismo, el hermafroditismo se manifestó con mayor frecuencia en febrero, marzo, abril y mayo, o sea en los periodos de mayor actividad gametogénica, debido a una incompleta eliminación y reab-

ronmental conditions such as temperature and food are adequate (Lara-Lara and Álvarez-Borrego, 1975; Lannan, 1980; Peredo *et al.*, 1987).

With regard to the sex ratio, the organisms analyzed in both locations in Bahía San Quintín exhibited a sex ratio characteristic of protandric organisms. A change in this ratio was shown between the intervals of one reproduction and another. These results agree with the observations of Galtsoff (1964) who reports a tendency in the sex ratio to equate and later be dominated by the females. Furthermore, hermaphroditism was manifested with greater frequency in February, March, April and May, in other words, during the periods of greater gametogenic activity, due to the incomplete elimination and reabsorption of the remaining gametes from the previous reproductive cycle and a new gametogenesis successive to the sex change. In this manner, cells from both sexes can be found in the follicle.

The two experimental populations presented a maturity cycle associated with the

sorción de los gametos remanentes del ciclo reproductivo anterior y a una nueva gametogénesis sucesiva al cambio de sexo. De esta manera, se pueden encontrar células de ambos sexos en el folículo.

Las dos poblaciones experimentales, presentaron un ciclo de madurez asociado con las condiciones de temperatura prevalecientes. En la zona oceánica adyacente, la temperatura no permitió que se llevara a cabo el desove masivo. Esta característica física, del área de La Boca la hace atractiva para conservar a los organismos con índices de condición apropiados para efectos comerciales.

REFERENCIAS

- Acosta-Ruiz, M.J. (1985). Eficiencia nutricional de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg) en Bahía San Quintín, Baja California. **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, tesis de maestría, 96 pp.
- Álvarez-Borrego, J. and Álvarez-Borrego, S. (1982). Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. **CALCOFI Rep.**, 23: 188-197.
- Chávez-de-Nishikawa, A.G. y Álvarez Borrego, S. (1974). Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California en invierno y primavera. **Ciencias Marinas**, 1(2): 31-62.
- Del Valle-Lucero, I. (1979). Aplicaciones de un modelo numérico y análisis de condiciones hidrodinámicas en Bahía de San Quintín, BC, México. **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, tesis de maestría, 36 pp.
- Dinamani, P. (1987). Gametogenic patterns in populations of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Northland, New Zealand. **Aquaculture**, 64: 65-76.
- Galtsoff, P.S. (1964). The American oyster *Crassostrea virginica* Gemlin. **U.S. Fish and Wildlife Service. Fishery Bull.**, 64: 297-354.
- Giese, A.C. and Pearse, J.S. (1974). General principles. In: A.C. Giese and J.S. Pearse (eds.), **Reproduction of Marine Invertebrates**. Academic Press, New York, pp. 1-49.
- prevailing temperature conditions. The temperature in the adjacent oceanic zone did not allow massive spawning to occur. This physical characteristic of the area of La Boca makes it attractive for conserving organisms with condition indexes appropriate for commercial effects.

English translation by Jennifer Davis.

Hughes-Games, W.L. (1977). Growing the Japanese oyster *Crassostrea gigas* in subtropical seawater fish ponds. I. Growth rate, survival and quality index. **Aquaculture**, 11: 217-229.

Humanson, G.L. (1967). **Animal Tissue Techniques**, 4th Ed., W.H. Freeman and Co., 569 pp.

Imai, T. and Sakai, S. (1961). Study of breeding of Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. **Tokuno J. Agricultural Research**, 12(2): 125-171.

Imai, T. (1982). The evolution of oyster culture. In: **Aquaculture in Shallow Seas**. Pauls Press, India, pp. 135-204.

Lannan, J.E. (1980). Broodstock management of *Crassostrea gigas*. Genetic and environmental variation in survival in the larval rearing system. **Aquaculture**, 21: 232-336.

Lara-Lara, J.R. y Álvarez-Borrego, S. (1975). Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, Baja California. **Ciencias Marinas**, 2(1): 77-97.

Lara-Lara, J.R., Álvarez-Borrego, S. and Small, L.F. (1980). Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. **Estuarine and Coastal Marine Science**, Vol. II: 613-637.

Leach, Ch. (1982). Fundamentos de estadística. Enfoque no paramétrico para Ciencias Sociales. **Limusa**, México, pp. 77-141.

Longwell, A.C. and Stiles, S.S. (1973). Oyster genetics and the probable future role of genetics in aquaculture. **Malacological Review**, pp. 151-177.

Mann, R. (1978). A comparison of morphometric, biochemical and physiological condition in marine bivalve molluscs. In: S.H.

- Thorp and I.W. Gibbon (eds.). **Energy and Environmental Stress in Aquatic System**. DOE Symp. Ser., 48: 484-497.
- Millán-Núñez, R.S. y Álvarez-Borrego, S. (1978). Series de tiempo de clorofila *a*, *b* y *c* y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. **Ciencias Marinas**, 5(2): 41-52.
- Monreal-Gómez, M.A. (1980). Aplicaciones de un modelo de dispersión en Bahía San Quintín, Baja California, México. **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, tesis de maestría, Ensenada, BC, 90 pp.
- Ocampo-Torres, F.J. (1980). Análisis de mareas y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional en Bahía San Quintín, BC, México. **Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC**, tesis de licenciatura, 90 pp.
- Peredo, A., Parada E. and Valdebenito, I. (1987). Gametogenesis and reproductive cycle of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalva: Mesodesmatidae), at Queule Beach, Southern Chile. **The Veliger**, 30(1): 55-68.
- Terraza-Gaxiola, R.R. (1986). Siembra y cosecha experimental continua de ostión japonés *Crassostrea gigas* (Thunberg), durante un ciclo anual en Bahía San Quintín, Baja California México. **Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada**, BC, tesis de maestría, 85 pp.