

Madurez gonádica del ostión de roca *Crassostrea iridescens*, de la costa de Michoacán, México

Carlos Meléndez-Galicia*, Flor Delia Estrada-Navarrete*, Vicente Hernández-Covarrubias**,
Andrés Ausencio Arellano-Torres* y Daniel Hernández-Montaño*

El ostión de roca *Crassostrea iridescens* es una importante pesquería de la costa michoacana y con excelente potencial para la acuicultura. El objetivo de este documento es analizar su comportamiento reproductivo. Para ello se realizaron muestreos mensuales de la pesca comercial y colectas en el medio natural en el Puerto de Lázaro Cárdenas y Zapote de Huahua de febrero a diciembre de 2010. Se obtuvieron 1 444 organismos que presentaron un intervalo de tallas de 5 cm a 17.6 cm de longitud total y peso de 50 g a 866 g. Para realizar el análisis del desarrollo gonádico por medio de cortes histológicos se consideraron 100 organismos, desconchados y sometidos a la técnica de tinción Hematoxilina-Eosina. Entre las ostras muestreadas se encontró que 31% eran machos, 24% hembras, 43% indiferenciados y 2% hermafroditas. La proporción de sexos fue M:H = 1.3:1. Los cortes histológicos mostraron que hembras y machos presentaron las cinco fases del desarrollo de la gónada: gametogénesis (mayo y junio), madurez (agosto), desove (agosto-septiembre), postdesove (septiembre-diciembre) y reposo (febrero-junio y diciembre). *C. iridescens* presenta un periodo de liberación de gametos de agosto a diciembre, aunque hay un pico reproductivo alto en septiembre y octubre, por lo que la veda establecida de forma voluntaria del 1 de junio al 31 de agosto está desfasada.

Palabras clave: *Crassostrea iridescens*, reproducción, histología, ciclo gonádico.

Gonadal maturity of rock oyster *Crassostrea iridescens* in the coast of Michoacan, Mexico

The rock oyster *Crassostrea iridescens* is an important fishery of the Michoacan coast, and with excellent potential for aquaculture. The purpose of this document is to analyze its reproductive characteristics. In this sense, commercial fishing samplings were carried in the harbor of Lazaro Cardenas and Zapote de Huahua, from February to December the 2010. In this study 1 444 organisms were obtained, from 5 cm to 17.6 cm total length and weight from 50 g to 866 g. Analysis of gonadal development was made through histological cuts of 100 shucked individuals who were fixed in 10% formalin solution and treated by hematoxylin and eosin staining technique. Among the sampled oysters 31% males, 24% females, 43% undifferentiated and 2% of hermaphrodite individuals were found. The sex ratio was M:H = 1.3:1. The histological analyses showed five stages of gonadal development gametogenesis from May and June, maturity occurs in August, spawning from August to September, postspawning from September to December and resting stages from February to June and December. *C. iridescens* presented a period of gametes release from August to December, although there is a reproductive peak in September and October, therefore the voluntary established ban from the 1st of June to August 31 is moved or out of phase.

Key words: *Crassostrea iridescens*, reproduction, histology, gonadal cycle.

Introducción

En el Pacífico mexicano es posible encontrar tres especies de ostras silvestres: el ostión de roca *Crassostrea iridescens* (Hanley 1854), el ostión de placer *C. corteziensis* (Hertlein 1951) y el ostión

de mangle *C. palmula* (Keen 1971) (Páez-Osuna *et al.* 1995). Las dos primeras son de particular interés, dado que son de alto potencial acuícola, no sólo en México, sino también en Centroamérica (Chávez-Villalva *et al.* 2005).

En México, este recurso ha soportado volúmenes elevados de explotación en varios puntos de la costa del Pacífico y actualmente se han obtenido cifras mayores a 42 945 t de ostión (captura), con un promedio de producción de 48 138 t al año (SAGARPA 2013). De la producción nacional, 13.8% proviene de las costas del Pacífico

* Centro Regional de Investigación Pesquera - Pátzcuaro. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Ibarra 28, Col. Ibarra, Pátzcuaro. Mich. carlos.melendez@inapesca.gob.mx

** Centro Regional de Investigación Pesquera - Mazatlán, Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Calzada Sábalo Cerritos s/n, contiguo Estero El Yugo, Mazatlán, Sin. CP 82112.

mexicano, resultado de la explotación de los cultivos y bancos naturales de *C. iridescens*, *C. corteziensis* y *C. gigas*. El aporte de la acuicultura a esta producción representa solamente 7.6%, destacando los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Guerrero (DOF 2012), con *C. gigas* como la especie más importante.

El ciclo reproductivo en moluscos bivalvos es uno de los temas de estudio más importantes en la actualidad para el desarrollo de prácticas de manejo tendientes a ser sustentables (Cuevas y Martínez 1978, Clédon *et al.* 2004). Los bivalvos bentónicos marinos presentan un patrón cíclico de reproducción que puede ser dividido en tres fases: a) gametogénesis y vitelogénesis; b) desove y fertilización y c) desarrollo larvario y crecimiento (Newell *et al.* 1982). Los principales factores que influyen en su ciclo reproductivo son: temperatura, profundidad, salinidad, alimento disponible y contaminación (Galtsoff 1964).

De las tres especies en el Pacífico mexicano, dos son las más estudiadas. Frías *et al.* (1997) analizaron los cambios estacionales de las fases del desarrollo gonadal en *C. corteziensis* y *C. iridescens* en las costas de Sinaloa, México, y concluyeron que las principales diferencias entre el desarrollo gonadal de ambas especies, derivan básicamente de las características de los distintos hábitats donde se desarrollan. Cuevas y Martínez (1978) elaboraron un estudio gonádico integral de *C. corteziensis*, *C. palmula* y *C. iridescens*, para determinar el grado de paralelismo en el desarrollo histológico del ciclo gonádico.

En México, el ciclo reproductivo de *C. iridescens* y *C. corteziensis* ha sido estudiado por Stuardo y Martínez (1975) y Cuevas y Martínez (1978), con métodos histológicos para determinar las fases de madurez, por lo que no utilizaron ningún tipo de índice gonádico. Frías *et al.* (1997) relacionaron la temperatura del agua con las variaciones del peso durante un ciclo anual en los tejidos somático y gonádico de una población de *C. iridescens*. El objetivo de este documento fue analizar su comportamiento reproductivo en el litoral michoacano. Cabe mencionar que los estudios de reproducción son esenciales debido a que proporcionan datos relacionados con la distribución y la estructura de las poblaciones, permiten efectuar predicciones acerca del recluta-

miento y proporcionan la información necesaria para el manejo de las pesquerías.

Materiales y métodos

El litoral del estado de Michoacán se caracteriza porque su plataforma continental es muy estrecha y su talud continental tiene pendiente muy pronunciada (Guzmán *et al.* 1985). La extensión del litoral es de 246 km y su plataforma continental abarca 1 372 km² (SEPESCA 1994). El tipo de clima es Aw(w), cálido subhúmedo, con lluvias en verano y precipitación invernal menor a 5%. La temperatura media anual es de 26 °C a 28 °C. La época de lluvias abarca los meses de junio a octubre. La precipitación media anual es de 894.8 mm (García 1973).

Los lugares de muestreo se seleccionaron de acuerdo con la capacidad de captura del ostión y la abundancia de este recurso; así, los más importantes son el puerto de Lázaro Cárdenas y la comunidad del Zapote de Huahua, Michoacán, ubicados entre 102°12'35" O y 17°57'02" N (Fig. 1). Los muestreos se realizaron en forma mensual de febrero a diciembre de 2010. Las muestras se obtuvieron de manera aleatoria mediante la técnica de buceo a pulmón y buceo semiautónomo y en cada sitio se consideraron diez organismos por mes; *in situ* se registró la longitud total (LT), el ancho (A) y el peso total (P) de cada organismo. Para los datos morfométricos de la estructura de tallas se utilizó un vernier digital de 15 cm \pm 0.01 mm y una balanza electrónica marca OHAUS con capacidad de 500 g \pm 1 g. Los ostiones se lavaron y se desconcharon para obtener los tejidos blandos, se realizaron cortes entre el músculo aductor y el umbo, área ocupada por la gónada y la glándula digestiva. Inmediatamente después del desconche, los ostiones se fijaron en solución de formol buferado a 10% y se depositaron en frascos de 250 ml con el fin de preservar convenientemente los tejidos por 48 horas.

El análisis del tejido se realizó con la técnica histológica de Hematoxilina-Eosina de Humason (1979), Luna (1968) y Howard y Smith (1983). Las muestras procesadas fueron analizadas cualitativamente en un microscopio compuesto BX 51 marca Olympus, con objetivos de 10x y 40x donde se determinó la predominancia

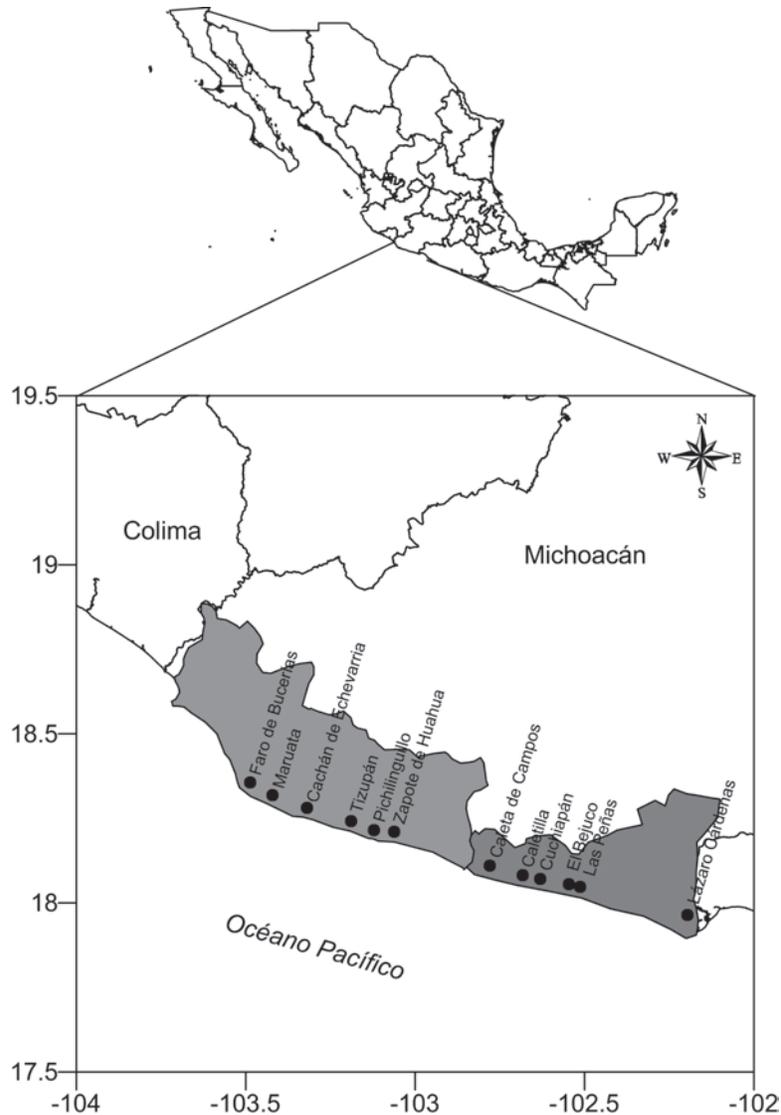


Fig. 1. Mapa de localización de las áreas de captura del ostión de la pesquería artesanal de Michoacán.

de los estadios de maduración, así como la respectiva abundancia de los diferentes estadios y el grado de madurez gonádica del organismo, con respecto a cada mes de colecta. Para la obtención de las imágenes se utilizó una cámara (Infinity 1 digital, con el *software* Infinity Analyze de Lumenera Corporation).

Las fases del desarrollo gonadal de *C. iridescens* se determinaron tomando como referencia los criterios de Loosanof (1942), Baqueiro *et al.* (1992) y Sevilla (1993), en las que se consideran cinco fases o etapas: Indiferenciado o reposo gonádico, desarrollo o gametogénesis, madurez, desove y postdesove (Tabla 1).

Resultados

Las muestras de ostión se obtuvieron de la pesca comercial y de recolectas en el medio natural, durante los meses de febrero a diciembre de 2010, excepto julio. En total se analizaron 1 444 organismos con un intervalo de tallas de 5 cm a 17.6 cm de LT y de 50 g a 866 g, los organismos con longitud de 8 cm a 9 cm de LT fueron los de mayor frecuencia (35.4% de la muestra total) (Tabla 2).

La estructura de tallas de los organismos seleccionados para el análisis de cortes histológicos con relación al cambio de longitud total a lo

Tabla 1
Fases del desarrollo gonádico de *Crassostrea iridescens* (Baqueiro *et al.* 1992, Sevilla 1993)

Fases	Características	
	Machos	Hembras
Gametogénesis inicial	Espermatogonias y espermatocitos localizados en la periferia de los folículos. Pocos espermatozoides al centro.	Pocos ovocitos maduros en la luz del túbulo. Ovocitos inmaduros adheridos a la pared folicular.
Gametogénesis avanzada	Tejido conjuntivo reducido. Los espermatocitos ocupan un estrato grueso. Los espermatozoides se localizan en la luz de los túbulos. Actividad del epitelio germinal.	Folículos grandes y anastomosados. Folículos con relación íntima entre sus membranas conjuntivas basales. Ovocitos maduros predominantes. Gran actividad del epitelio germinal.
Madurez	Tejido conectivo vesicular (TCV) relativamente abundante en la periferia y entre folículos.	Óvulos maduros de formas poliédricas y redondas en corte transversal, desprendidos de la pared folicular. Óvulos con citoplasma abundante y aspecto granuloso. Membrana nuclear delimitada.
	Ambos sexos: La gónada ocupa gran espacio y está en estrecho contacto con el hepatopáncreas. El tejido conectivo interfolicular casi desaparece. Los folículos en su mayoría se ven anastomosados o fusionados, en estrecho contacto con células sexuales, las cuales están uniformemente distribuidas.	
Reproductiva o desove	Ambos sexos: Se inicia la expulsión de los gametos. Suele presentarse abundante tejido roto. Disminuye la cantidad de gametos en los folículos, con huecos en la zona ocupada por la gónada.	
Postdesove	Cesa expulsión y producción de gametos. Pocos folículos y células sexuales. Comienza la concentración de los productos sexuales residuales en los conductos regenerados.	Incremento de gametos “no funcionales” (anormalidad en forma y estructura), núcleo y nucléolo no están claramente definidos. Aumento del número de células del tejido conectivo vesicular.
Indiferenciado o reposo	Gran concentración de productos sexuales residuales. Pueden permanecer funcionales al otro ciclo, o ser reabsorbidos.	El tejido conjuntivo inicia su desarrollo hasta constituir una gruesa capa. Puede presentarse invasión fagocitaria.

Tabla 2
Características poblacionales de *Crassostrea iridescens* recolectados en la costa de Michoacán

Mes	Núm.	LT promedio (cm)	Máx-mín	Moda	Peso promedio (g)	Máx-mín	Moda
Feb.	223	10.2	17.6-6.6	8.4	211.8	866-73	215
Mar.	141	10.7	15.7-7.0	9.7	224.3	551-78	109
Abr.	77	10.1	15.3-5.0	9.1	237.6	711-50	77
May.	181	9.7	16.3-5.1	10.7	189.3	686-58	172
Jun.	87	9.8	16.0-6.4	8.2	194.4	605-51	424
Jul.	-	-	-	-	-	-	-
Ago.	27	12.1	16.6-6.9	14.7	289.1	572-109	313
Sep.	237	8.3	12.5-6.2	7.8	100.6	360-50	73
Oct.	138	8.8	12.2-6.7	8.9	114.4	314-61	118
Nov.	175	8.9	16.0-6.4	8.3	144.8	757-52	94
Dic.	158	10.1	15.8-6.0	11.8	202.6	778-61.7	154
Total	1 444	9.8±1.07			190.9±57.40		

largo del ciclo de muestreo presenta una variabilidad mínima, ya que en los meses de febrero a diciembre se observó un intervalo de tallas entre (10 cm-13.3 cm de LT), con un peso mínimo de 100 g y un máximo de 300 g. La proporción de sexos fue de M:H = 1.3:1.

La variación mensual de la relación peso de cuerpo blando de la gónada entre el peso total de la concha varió durante el proceso de muestreo, observándose el mayor porcentaje en mayo con 18.1%, mientras que la menor en marzo con 4.6%. La mayor variación fue en agosto con 13.4% y la menor en febrero de 6.3%. La media varió de 6.3 a 13.4% durante el muestreo (Fig. 2).

El análisis de desarrollo gonádico por cortes histológicos se realizó en 100 organismos:

31 eran machos, 24 hembras y 2 hermafroditas, además de 43 individuos indiferenciados. En el desarrollo gonádico se observó una relación entre las fases del desarrollo y el tiempo. La ovogénesis y la espermatogénesis de *C. iridescens* se categorizaron (Baqueiro *et al.* 1992 y Sevilla 1993) en cinco etapas basadas en características morfológicas de la gónada, presencia-ausencia de gametos y cantidad y grado de desarrollo de éstos (Tabla 3).

El desarrollo gonádico porcentual e individual del ostión de roca *C. iridescens* durante el periodo de muestreo febrero a diciembre de 2010, permitió reconocer cinco fases diferenciables en los que se encontraban los organismos en el momento de su captura (Fig. 3).

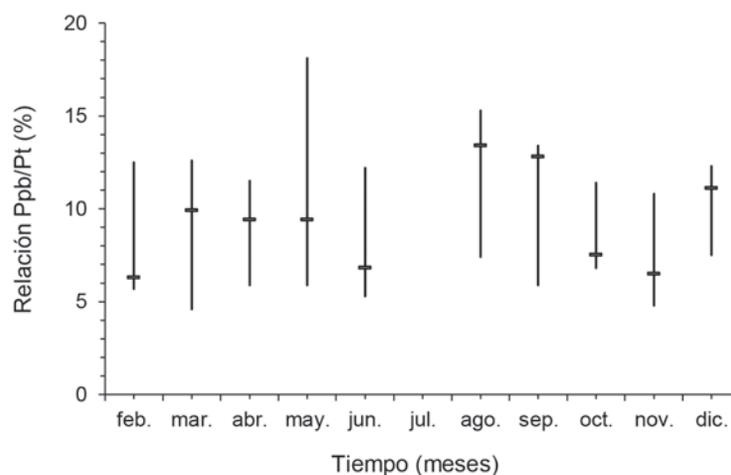


Fig. 2. Variación de los valores mínimos, máximos y media mensual de la relación peso blando de la gónada en relación al peso total de la concha de *Crassostrea iridescens* en la costa de Michoacán.

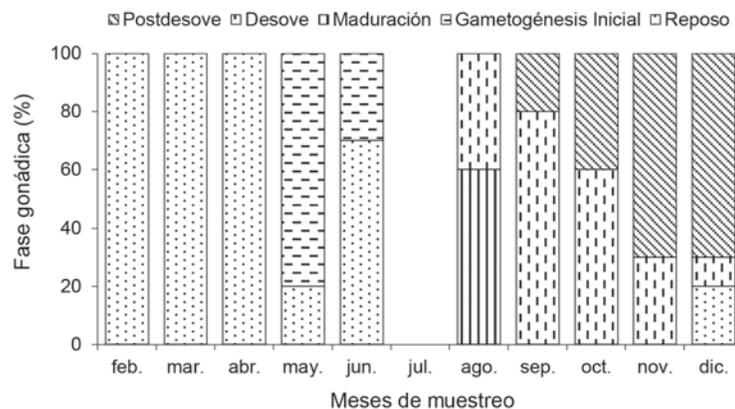


Fig. 3. Porcentaje de las fases de madurez gonádica del ostión de roca *Crassostrea iridescens* de la costa de Michoacán.

Tabla 3
Descripción de los estadios de madurez gonadal de *Crassostrea iridescens*

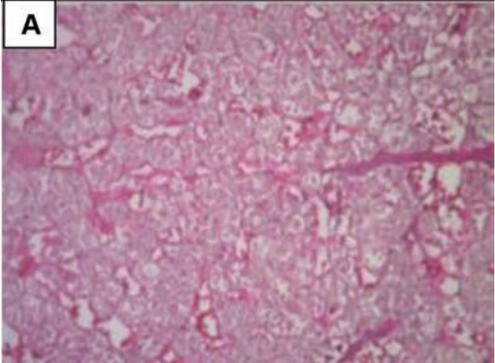
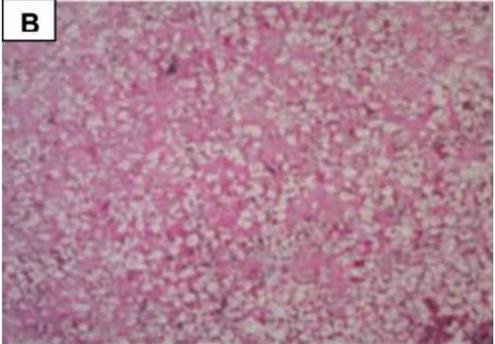
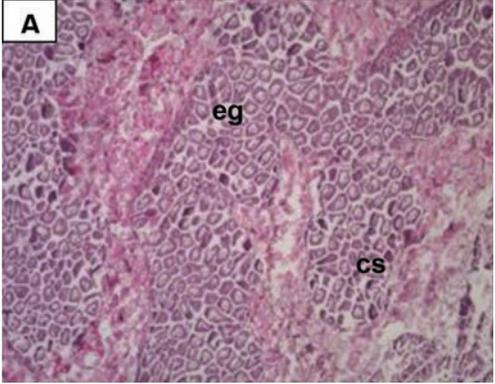
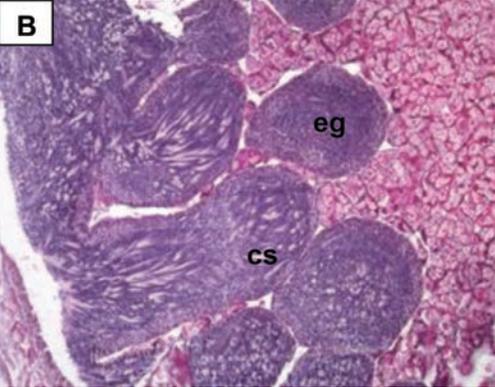
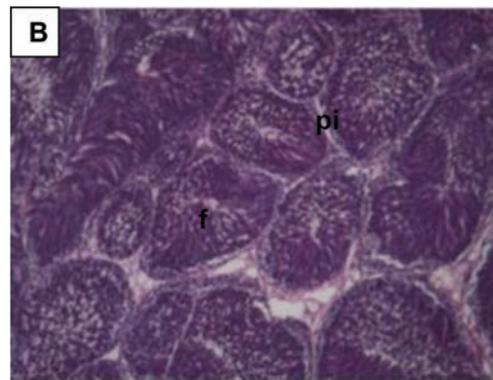
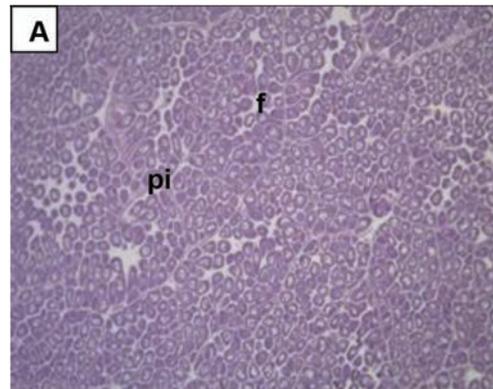
<i>Fases y características</i>	
<p>I. Indiferenciado o reposo</p> <p>Esta fase se caracterizó por la ausencia de células sexuales por lo que no es posible diferenciar el sexo del organismo, únicamente se observaron restos de folículos en proceso de absorción. El tejido conjuntivo ocupa el espacio entre los folículos vacíos y los colapsados. No se observó desarrollo gonádico.</p> <p>Microfotografía en aumento 40X (A) y aumento 10X (B).</p>	 
<p>II. Gametogénesis</p> <p>La gametogénesis o de desarrollo, se encuentra definida por la gran actividad del epitelio germinal (eg), determinada por la formación de abundantes células sexuales de diferente tamaño (cs) dispuestas en el lumen del folículo, el tejido conjuntivo que al inicio de esta fase se encuentra en su máximo desarrollo, comienza a disminuir siendo, reemplazado por el tejido gonádico y los folículos inmaduros, que pueden desarrollar hacia la formación de óvulos o espermatozoides. Dentro de ellos se observaron algunos espermatozoides que se encontraban al centro del folículo.</p> <p>Microfotografía en aumento 10X en hembras (A) y machos (B). Mayo y junio 2010.</p>	 

Tabla 3 (continuación)

III. Maduración

La gónada en etapa de maduración, muestra que el tejido gonádico ha alcanzado su máximo desarrollo y sustituye al tejido conectivo, la gónada se presenta como una masa compacta uniforme, con folículos (f) totalmente distendidos, las paredes interfoliculares (pi) se unen entre sí. En las hembras (A), esta fase es más marcada, ya que una vez maduros los óvulos se tornan de forma esférica y la pared germinal del folículo adquiere una apariencia de forma irregular y muy delgada. En el macho (B) los folículos aparecen muy aglomerados y sus paredes prácticamente se confunden.

Microfotografías en aumento 10X en hembra (A) y macho (B). Agosto 2010.



IV. Desove

La etapa inicia con una débil expulsión de gametos que posteriormente puede aumentar, o bien como una expulsión masiva y disminución de óvulos y espermatozoides al final de la temporada, en la gónada hay aparición de espacios vacíos (ev). Los folículos (f) generalmente se rompen y confunden entre sí. De manera simultánea al desove y conforme éste avanza se va formando de nuevo el tejido conectivo. También se observaron algunos folículos con ovocitos maduros en espera de ser expulsados, y en caso de los machos se observó que dentro de los folículos hubo escasos espermatozoides.

Microfotografías en aumento 10X en hembra (A) y macho (B). Septiembre y octubre 2010.

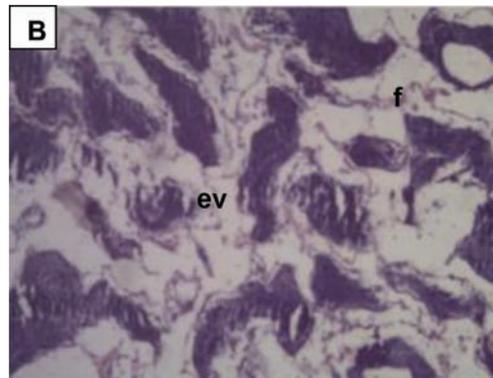
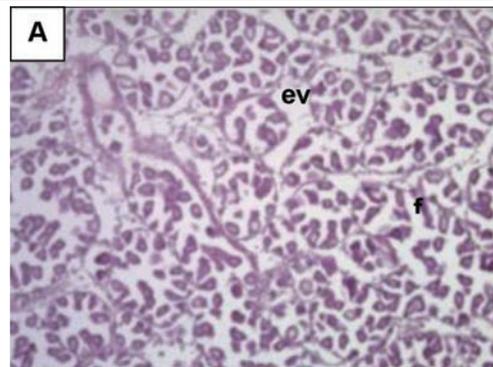
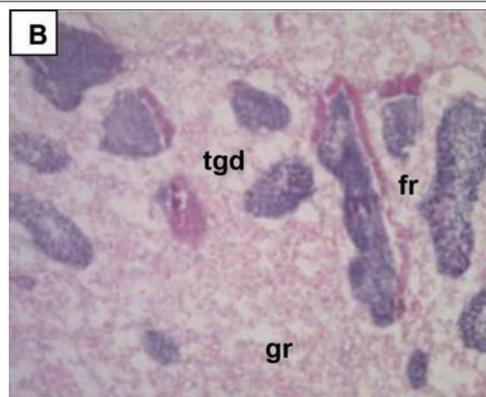
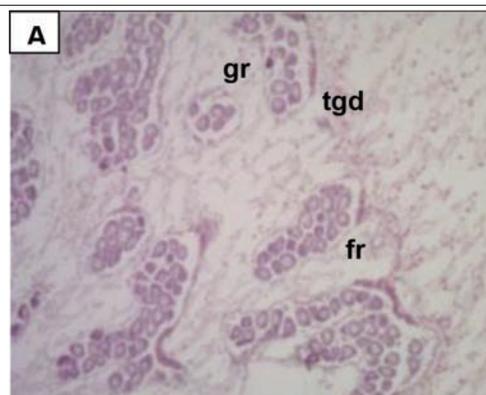


Tabla 3 (continuación)

V. Postdesove

Los organismos en etapa de postdesove muestran grandes espacios vacíos en la gónada, con restos de gametos sexuales (gr) que normalmente está ocupada por la gónada, óvulos y/o espermatozoides son de apariencia variable. Los folículos se aprecian rotos (fr), y se observa gran actividad de fagocitos que destruyen los restos de las paredes de los folículos, hay degeneración del tejido gonádico (tgd) o reabsorción del mismo. El tejido conectivo invade el espacio vacío que ha dejado la gónada; en machos (B) se observan las paredes rotas de los folículos y gran cantidad de fagocitos y espermatozoides residuales dentro de ellos.

Microfotografía en aumento 10X en hembra (A) y macho (B). Noviembre y diciembre 2010.



Indiferenciado o reposo. El muestreo mostró predominancia de organismos en fase de reposo prácticamente en todo el periodo, si bien fue mayor de febrero a abril.

Desarrollo o Gametogénesis. En el periodo de muestreos se encontraron dos organismos hermafroditas con los túbulos de los ovocitos (eg) rodeados por pequeños sacos de espermatogonias (ep) en su estructura gonadal, así como la presencia de tejido conectivo. Esta fase se presentó en mayo y junio tanto en hembras como en machos.

Maduración. La presencia de organismos maduros ocurrió en agosto, conforme las características de los cortes histológicos y los datos antes mencionados por Meléndez *et al.* (2010¹).

Desove. El desove parcial de gametos ocurrió de agosto a diciembre, mientras que el desove con mayor presencia de organismos maduros ocurrió en septiembre y octubre.

Postdesove. Esta fase inicia en el mes de septiembre y continúa hasta diciembre; los organismos con mayor presencia en noviembre y diciembre.

Discusión

El ciclo reproductivo en muchos bivalvos está definido por el conjunto de eventos que inicia con la activación de la gónada y pasa por la gametogénesis, la madurez, el desove y la recesión de la gónada (García-Domínguez 2002). De manera que el análisis de las gónadas en estos organismos es básico para comprender la biología reproductiva de *C. iridescens* y de otras especies de bivalvos (Gosling 2003), especies con un excelente potencial acuícola (DOF 2012).

No existe una clasificación única para identificar las fases del ciclo gametogénico de moluscos bivalvos (Ferreira *et al.* 2006); pero, por

1. Meléndez GC, NFD Estrada, AAC Romero, CV Hernández, MD Hernández, MAR Colín y OA Sánchez. 2010. Evaluación biológica pesquera de la langosta *Panulirus inflatus* y del ostión de roca *Crassostrea iridescens* así como el desarrollo de las fases de madurez gonádica del ostión en la costa de Michoacán. Informe de investigación (Documento interno). Instituto Nacional de Pesca. CRIP - Pátzcuaro. 50p.

lo general son cinco: desarrollo indiferenciado o reposo, desarrollo parcial, gametogénesis, la puesta de huevos, y la regeneración (Gosling 2003). Sin embargo, algunos autores proponen su propia clasificación de acuerdo con las especies estudiadas, como sería el caso de *Crassostrea rhizophorae* (Vélez 1977, Ferreira *et al.* 2006), *C. gigas kumamoto* (Robinson 1992, Steele y Mulcahy 1999), *Pinctada fucata martensi* (Choi y Chang 2003), *C. corteziensis* (Osuna 2006). En el caso de *C. iridescens* sucede lo mismo, Fournier (1992) menciona sólo madurez y desove para las poblaciones de Costa Rica; Baqueiro *et al.* (1992) y Zarain y Villalobos (2012) proponen cinco fases: indiferenciado o reposo, desarrollo gametogénico, madurez, desove y postdesove, para bancos de ostras en México.

En este estudio, los ostiones se obtuvieron de la pesca comercial y fueron colectados del medio natural de febrero a diciembre de 2010; en ellos se observaron las cinco fases de madurez gonádica mencionadas por Baqueiro *et al.* (1992). Las observaciones histológicas mostraron que 43% de los organismos estaba en etapa indeterminada o en fase de reposo, durante febrero, marzo y abril únicamente. En tanto que las fases de madurez y desove se empiezan a gestar de forma secuencial de agosto a diciembre. El desove mostró un periodo de reproducción media de cinco meses (agosto-diciembre), aunque esta fase tiene mayor grado de desovantes en noviembre y diciembre; estos datos concuerdan con los mencionados por otros autores para especies de moluscos tropicales (Baqueiro *et al.* 1992).

La fase de maduración en *C. iridescens* en el presente estudio es muy corta, ya que se da únicamente en agosto, en comparación con la de tres meses (febrero-abril) de las poblaciones de Salina Cruz (Ruiz-Durá 1974) y de junio-agosto en San Blas (Cuevas y Martínez 1978). El desove en las poblaciones analizadas en este estudio dura un poco más de tiempo, pues inicia en agosto y termina en diciembre, con un pico máximo en septiembre, es decir, cinco meses, periodo muy largo en comparación con el de dos meses (agosto-septiembre) para esta misma especie en San Blas (Cuevas y Martínez 1978) y de cuatro meses en Salina Cruz (Ruiz-Durá 1974). En *C. corteziensis* y *C. palmula*, especies simpátricas con *C. iridescens* (Fischer *et al.* 1995), la fase de maduración es

de tres a seis meses y la de desove de seis a siete meses (Cuevas y Martínez 1978, Osuna 2006). La maduración y el desove son las fases más críticas del ciclo reproductivo de los bivalvos (Mackie 1984), lo que significa que de agosto a diciembre, la población del ostión de roca *C. iridescens* es más susceptible de ser mermada.

Con relación a los individuos en fase de postdesove, se registró una importante incidencia en los meses de septiembre a diciembre. En estudios de madurez gonádica para *C. iridescens* en Nayarit (Cuevas y Martínez 1978) y Sinaloa (Zarain y Villalobos 2012) se observa que la fase de diferenciación o reposo es la más larga del ciclo reproductivo de este ostión y, además, es continua durante ocho meses (octubre-mayo), en tanto que en este estudio sólo fue continua durante cinco meses (febrero-junio). Cabe mencionar que se registró esta fase en diciembre y es muy probable que también esté presente en enero, lo que induce a pensar que *C. iridescens* está en recuperación durante siete meses; en tres de ellos, el ostión está exclusivamente en esta fase y en los restantes, parte de la población está preparándose para la gametogénesis, terminando el desove o el postdesove.

Los ostiones de roca presentan plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, lo que les permite una amplia dispersión geográfica, como lo documentan Cuevas y Martínez (1978) para *C. iridescens* en Nayarit y lo corroboran Zarain y Villalobos (2012) para Sinaloa, incluso el número y la duración de cada fase es variable (Tabla 4). Sin embargo, la permanencia de una población en una localidad depende de que no se rompan los equilibrios, por lo que la presión pesquera puede convertirse en una amenaza (Chávez-Villalva 2001).

La baja incidencia de gónadas hermafroditas es común en especies tropicales de *Crassostrea* (Lenz y Boehs 2011), situación que se observó en este estudio, lo que coincide con lo mencionado por Fournier (1992) y Angell (1986) para *C. rhizophorae*, aunque en periodos diferentes. Los ostiones del género *Crassostrea* son hermafroditas secuenciales sin dimorfismo sexual, pueden presentar uno u otro sexo, alternancia que ocurre de acuerdo con la edad y las condiciones ambientales del lugar (Galtsoff 1964, Wakamatsu 1973, Andrews 1979). En este estudio, la proporción

Tabla 4
Fases de desarrollo gonádico en *Crassostrea iridescens*

Fase	Ruiz-Durá (1974)	Cuevas y Martínez (1978)	Zarain y Villalobos (2012)	Este estudio
A) Indiferenciación	Salina Cruz, Oax. Ene.-feb. 2 meses	San Blas, Nay. Oct.-may. (máximo ene.) 8 meses	Sinaloa Oct.may.	Michoacán Feb.-jun., dic. 6 meses
B) Gametogénesis		Feb.-jun. (máximo may.) 6 meses	Febr.-junio	May.-jun. 2 meses
C) Maduración	Feb.-abr. 3 meses	Jun.-ago. (máximo jul.) 3 meses	Jun.-ago.	Ago. 1 mes
D) Desove	Abr.-ago. 5 meses	Ago.-sep. (máximo sep.) 2 meses	Ago.-sep.	Ago.-dic. 5 meses
E) Postdesove		Nov.-dic., sep. (mínimo todos los meses indicados) 3 meses	Sep., nov.-dic.	Sep.-dic. 4 meses

sexual fue de M:H = 1.3:1, casi un macho por una hembra, proporción diferente (3:1) a la reportada por Fournier (1992) para *Ostrea iridescens* en Costa Rica. El carácter de hermafrodita protándrico en ostiones puede ser un factor importante para determinar la proporción sexual, así como la disponibilidad de alimento. Zarain y Villalobos (2012) mencionan que las hembras dominan la proporción sexual cuando existe mayor disponibilidad de alimento y pueden transformarse en machos cuando el alimento escasea, por ejemplo, cuando están en situación de hacinamiento.

En cuanto a la explotación del ostión de roca *C. iridescens*, no existe una norma como medida regulatoria de su explotación en la costa del Pacífico, se observan solamente aquellas de aplicación generadas por usos y costumbres, como es el caso del periodo de veda voluntaria del 1 de junio al 31 de agosto. Cabe destacar que existe una norma oficial mexicana para el estado de Tabasco como medida regulatoria de este recurso: la NOM-015-PESC-1994, DOF 2/07/99 y 17/08/2000, que establece como talla mínima de extracción 70 mm y dos periodos de veda del 15 de abril al 30 de mayo y del 15 de septiembre al 30 de octubre (DOF 1994, 2000).

La pesquería de ostión en la costa de Michoacán está sustentada por dos especies de bivalvos

de importancia comercial: el ostión de placer *C. corteziensis* y el ostión de roca *C. iridescens*, siendo la primera la más abundante en las capturas (~80.5 %) (DOF 2012). De acuerdo con los resultados de este estudio, el ostión de roca presenta un periodo de liberación de gametos de agosto a octubre, por lo que la veda establecida de forma voluntaria del 1 de junio al 31 de agosto está desfasada.

En cuanto a la pesca actual de este recurso en la costa de Michoacán, es importante tratar de que su explotación se lleve a cabo de manera más efectiva, pues actualmente sólo se benefician directamente de su captura alrededor de 140 familias. Es claro que el método de buceo es peligroso y, aunque en ocasiones la captura por este método es abundante, durante varios meses se ve restringida por las condiciones del medio ambiente.

Además, el buceo se realiza de una forma empírica y la introducción de implementos más eficientes le permitiría al pescador obtener buenas capturas con menor riesgo.

Conclusiones

- La pesquería de ostión en la costa de Michoacán está sustentada por dos especies de

bivalvos de importancia comercial: el ostión de placer *C. corteziensis* y el ostión de roca *C. iridescens*, siendo la primera la más abundante en las capturas (~80.5 por ciento).

- El análisis cualitativo permitió reconocer cinco etapas diferenciadas del desarrollo gonádico: indiferenciado o reposo, gametogénesis, maduración, desove y postdesove.
- Esta pesquería está sujeta a la reglamentación descrita en el segundo aviso DOF 16-marzo-1994. Se establece veda temporal para la captura de *C. iridescens*, de los litorales de Sinaloa hasta Chiapas con excepción de Jalisco. Veda del 1 junio al 31 de agosto.
- *Crassostrea iridescens* presenta un periodo de liberación de gametos de agosto a diciembre, aunque hay un pico reproductivo alto en septiembre y noviembre, por lo que la veda establecida de forma voluntaria del 1 de junio al 31 de agosto está desfasada.
- Dada la importancia que tiene la reproducción de las especies como mecanismo de perpetuación, es necesario aumentar este tipo de investigaciones para contribuir al conocimiento de los organismos mediante su ciclo reproductivo, considerando que éste es fundamental para el aprovechamiento óptimo y racional del recurso.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento al MVZ Adrián Sánchez Orozco y al personal que labora en el laboratorio de histopatología de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), por compartir con nosotros sus valiosos conocimientos y por sus sugerencias para este trabajo. Asimismo, al pescador Salvador Larios por facilitarnos la obtención de las muestras.

Literatura citada

Andrews JD. 1979. Reproduction of marine invertebrates. Pelecypoda: Ostreidae. En: AC Giese y JS Pearse (eds.). *Molluscs: Pelecypods and*

lesser classes. Academic, Nueva York, EU. vol. V: 293-341.

Angell CL. 1986. *The biology and culture of tropical oyster*. Iclarm, Manila, Filipinas.

Baqueiro EA, QA Avilés, RJA Masso, DM Muciño, NP Rogers y A Vélez B. 1992. *Manual de métodos de muestreo y evaluación de poblaciones de moluscos y otros recursos bentónicos*. Instituto Nacional de la Pesca-Secretaría de Pesca, México. 73p.

Chávez-Villalva J. 2001. Conditionnement expérimental de l'huître *Crassostrea gigas*. Tesis de Doctorado. Université de Bretagne Occidentale, Brest, Francia. 187p.

Chávez-Villalva J, TM López, SJ Mazón y MM Robles. 2005. Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein 1951) in Sonora, Mexico. *Aquaculture research* 36: 1337-1344.

Choi YH y YJ Chang. 2003. Gametogenic cycle of the transplanted-cultured pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Bivalvia: Pteriidae) in Korea. *Aquaculture* 220(1-4): 781-790.

Clédon M, JL Brichtova, JL Gutiérrez y PE Penchaszadec. 2004. Reproductive cycle of the stout razor clam, *Tagelus plebeius* (Lighfoot 1786), in the mar Chiquita coastal lagoon, Argentina. *J. Shellfish Res.* 2: 443-446.

Cuevas GCA y GA Martínez. 1978. Estudio gonádico de *Crassostrea corteziensis* Hertlein. *C. palmula* y *C. iridescens* Hanley de San Blas, Nayarit, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM* 6: 81-98.

DOF. 1994. Aviso por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación, México*. 16 de marzo de 1994.

DOF. 2000. NORMA OFICIAL MEXICANA-015-PESC-1994. Para regular la extracción de las existencias naturales de ostión en los sistemas lagunarios estuarinos del Estado de Tabasco. *Diario Oficial de la Federación, México*. 2 de julio de 1999.

DOF. 2012. Carta Nacional Pesquera. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la carta nacional acuícola. *Diario Oficial de la Federación, México*. 17 de mayo de 2012.

Ferreira MAP, LF Paixão, CP Alcántara-Neto, SSD Santos y RM Rocha. 2006. Aspectos morfológicos y morfométricos de oocitos de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828) en tres fases del ciclo gonadal. *Int. J. Morphol.* 24(3): 437-442.

Fischer W, F Krupp, W Schneider, C Sommer, KE Carpenter y VH Niem. 1995. *Guía FAO para la*

- identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental*. Volumen I. Plantas e Invertebrados. 646p.
- Fournier LM. 1992. The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea iridensis* (Bivalvia, Ostreidae) on the Pacific coast of the Costa Rica. *Aquaculture* 101: 371-378.
- Frías EMG, FP Osuna y IO López. 1997. Seasonal changes in the gonadal state of the oysters *Crassostrea corteziensis* (Filibranquia: Osteridae) in the Northwest coast of Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 45(31): 1061-1065.
- Galtsoff PF. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish. Bull.* 64: 1-480.
- García E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptada a las condiciones de la República Mexicana*. Instituto de Geografía-UNAM, México. 243p.
- García-Domínguez FA. 2002. Estrategias reproductivas de bivalvos marinos en el noroeste de México. Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Colima. México.
- Goslin E. 2003. *Bivalve molluscs. Biology, ecology and culture*. Fishing News Books. Great Britain. 443p.
- Guzmán A, H López y O Ortega. 1985. *Atlas oceanográfico de los recursos demersales de la plataforma continental del estado de Michoacán*. UNAM. México. 287p.
- Howard DW y CS Smith. 1983. *Histological techniques for marine bivalve mollusks*. NOAA Tech. Memo, MNFS-F/NEC-25. 64p.
- Humason LG. 1979. *Animal Tissue Techniques*. San Francisco: WH Freeman and Company. 4th ed. San Francisco. 661p.
- Lenz T y G Boehs. 2011. Ciclo reproductivo del ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahía, Brasil. *Rev. Biol. Trop.* 59(1): 137-149.
- Loosanof VL. 1942. Seasonal gonadal changes in the adult oysters *Ostrea virginica* of Long Island Sound. *Biol. Bull.* 83: 195-206.
- Luna LG. 1968. *Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology*. 3ª ed. McGraw-Hill Book Co. Nueva York. 258p.
- Mackie GL. 1984. Bivalves. En: AS Tompa, NH Verdonk y JAM van de Biggelaar (eds.). *The Mollusca: Reproduction*. Academic Press. New York. Vol. 7. Cap. 5, pp: 351-418.
- Newell RIE, TJ Hilbish, RK Koehn y CJ Newell. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east Coast of the United States. *Biol. Bull.* 162: 299-310.
- Osuna DAG. 2006. Cultivo experimental y seguimiento de la madurez gonadal por análisis histológico del ostión de placer *Crassostrea corteziensis* en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa. Tesis de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. CICIMAR, IPN. 106p.
- Páez-Osuna F, MG Frías-Espericueta y JI Osuna-López. 1995. Trace metals concentrations in relation to season and reproductive cycle in *Crassostrea iridescens*. *Marine Environmental Research* 40(1): 19-31.
- Robinson A. 1992. Gonadal cycle of the *Crassostrea gigas kumamoto* (Thunberg) in Yaquina Bay Oregon and optimum conditions for broodstock oyster and larval culture. *Aquaculture* 106: 89-97.
- Ruiz-Durá MF. 1974. Estudio histológico comparativo de los ciclos gonádicos de *Ostrea corteziensis* Hertlein, *Crassostrea virginica* Gmelin y *Crassostrea iridescens* Hanley. En: *La acuicultura en América Latina*. FAO, Informe de Pesca 59(1): 128-138.
- SAGARPA 2013. *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. SAGARPA. México, DF. 299p.
- SEPESCA 1994. *Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes*. SEPESCA/INP 236p.
- Sevilla HM. 1993. *Las ostras de México, aspectos básicos para su cultivo*. Limusa Noriega Editores. 165p.
- Steele S y MF Mulcahy. 1999. Gametogenesis of the oyster *Crassostrea gigas* in southern Ireland. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 79: 673-86.
- Stuardo J y A Martínez. 1975. Relación entre algunos factores ecológicos y la biología de poblaciones de *Crassostrea corteziensis*, San Blas, Nayarit. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.* 2: 89-130.
- Vélez A. 1977. Ciclo anual de reproducción del ostión *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) de Bahía de Mochima. *Bol. Inst. Ocean.* 16: 87-98.
- Wakamatsu T. 1973. *A ostra de Cananéia e o seu cultivo*. SUDELPA/Instituto Oceanográfico, Universidad de São Paulo. San Pablo, Brasil.
- Zarain HM y Villalobos FC. 2012. *Manual de operación y manejo biológico del cultivo del ostión*. Centro de Ciencias de Sinaloa. Gobierno del Estado de Sinaloa. 50p.

Recibido: 7 de agosto de 2014.

Aceptado: 15 de marzo de 2015.