

## Ciclo gametogénico del erizo marino *Echinometra lucunter* (Echinometra: Echinoidea) en el Noriente de Venezuela

Jeny Reyes-Luján<sup>1</sup>, Dwight Arrieche<sup>2</sup>, Edgar Zapata-Vívenes<sup>3</sup>, Jorge Barrios<sup>4</sup>, Wil Salgado<sup>4</sup> & César Lodeiros<sup>4,5</sup>

1. Laboratorio de Zoología de Invertebrados, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela; jenyreyesl@yahoo.es. \*Autor de correspondencia.
2. Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas Dra. Susan Tai, Universidad de Oriente, Venezuela; darriech@yahoo.com.
3. Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Cumaná, UDO; edzapata2002@yahoo.com.
4. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela; jebarster@gmail.com; extraw11@hotmail.com; cesarlodeirosseijo@yahoo.es.
5. Centro Nacional de Acuicultura en Investigaciones Científicas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador; cesarlodeirosseijo@yahoo.es.

Recibido 20-X-2014. Corregido 21-I-2015. Aceptado 24-II-2015.

**Abstract: Gametogenic cycle of the rock boring urchin *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) in northeastern Venezuela.** Several species of sea urchins are a potential resource for the production of gonads for consumption in Venezuela. We studied the gametogenic cycle and the gonadosomatic index (GSI) of the rock boring urchin *Echinometra lucunter* between June 2010 and November 2011 in northeastern Venezuela (Isla Lobos, Península de Araya and Turpialito, Gulf of Cariaco). The gonads are composed of long ramified acini, covered by connective tissue, followed by a thin layer of cells that differentiate into nutritive phagocytes and gametes, which change in their proportion and size with the maturity stage. Generally, several maturity stages were observed in both locations, showing simultaneous spawning. At Isla de Lobos the individuals in reserve stage predominated with a short period of sexual maturity, while mature and spawned individuals predominated in Turpialito. The GSI suggests that the greatest spawning activity is associated to the rainy season; showing a conservative reproductive activity, accruing energetic reserves during the period of higher primary productivity associated to coastal upwelling, when the energy of nutritive phagocytes is transferred to gametes, for gamete development and spawning. The biological and reproductive characteristics of individuals at Turpialito showed higher GSI having more gonadal tissue for commercial consumption. Rev. Biol. Trop. 63 (Suppl. 2): 273-283. Epub 2015 June 01.

**Key words:** Gonadal index, gametogenic cycle, nutritive phagocyte, reproductive strategy.

Los equinoideos son un recurso que cada vez cobra mayor interés para su explotación, conservación y sostenibilidad (Lawrence, 2007). En Venezuela se han reportado cerca de 50 especies que son relativamente abundantes en áreas someras y asociadas a praderas de *Thalassia testudinum*, arrecifes de corales y substratos rocosos. Dentro de éstos se conocen ocho especies de erizos regulares, de las cuales *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter* constituyen un recurso potencial en la

producción de gónadas para el consumo tanto como producto fresco como procesado artesanalmente (Lodeiros et al., 2013). A la fecha, no existe una legislación para la administración del recurso y se ha observado una ligera disminución de sus poblaciones naturales, las cuales pudieran quedar en riesgo de desaparecer por sobreexplotación (Montealegre & Gómez, 2005). En este sentido, es importante conocer la biología poblacional y la reproducción de estos organismos, para coadyuvar a planes

de administración del recurso, especialmente cuando es necesario diversificar la producción acuícola marina en el Caribe (Lovatelli & Sarkis, 2011).

*Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758), comúnmente conocido como erizo negro, es abundante en el Atlántico tropical. Se distribuye desde las costas de Beaufort, Carolina del Norte (Estados Unidos) hasta las Bermudas y Santa Catarina (Brasil); incluyendo la costa este y central de América y el occidental de África (Hendler, Miller, Pawson & Porter, 1995). En Venezuela se ha reportado en costas del estado Falcón hasta los estados Sucre y Nueva Esparta (Zoppi, 1967; Martínez, 1986; Cruz-Motta, 2007); habita desde la zona intermareal hasta 45m de profundidad (Hendler et al., 1995). En la costa del estado Sucre, se encuentra frecuentemente asociado a corales o en fondos rocosos con abundantes macroalgas (Espinoza, Reyes, Himmelman & Lodeiros, 2008).

El ciclo gametogénico en este grupo es complejo, se inicia con cambios en el epitelio germinal de las gónadas y el desarrollo de fagocitos nutritivos, que se diferencian originando los gametos femeninos y masculinos que maduran hasta su liberación (Walker, Tatsuya & Lesser, 2007). *Echinometra lucunter* desova varias veces al año en el Golfo de Cariaco (Espinoza et al., 2008), lo cual es importante para la producción de juveniles con fines de cultivo (Astudillo, Rosas, Velásquez, Cabrera & Maneiro, 2005). Sin embargo, dado que no se conocen los cambios asociados a la gametogénesis de esta especie, en este trabajo se caracterizó su ciclo reproductivo por técnicas histológicas y biométricas, contrastando dos zonas de diferentes condiciones ambientales del noriente de Venezuela: un área protegida del Golfo de Cariaco (Ensenada de Turpialito) y otra en mar abierto de la Península de Araya (Isla Lobos).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Recolección de ejemplares:** Se recolectaron mensualmente quince ejemplares de *E. lucunter* entre junio 2010 y noviembre 2011,

en la Ensenada de Turpialito (Golfo de Cariaco; 10° 27' 30" N - 64° 01' 52" W) e Isla de Lobos (Península de Araya; 10° 41' 38" N - 63° 52' 33" W), Estado Sucre, Venezuela, con un diámetro de testa de  $41.0 \pm 6.61$  mm. Los organismos se trasladaron al laboratorio en contenedores isotérmicos para su procesamiento inmediato.

**Índice gonadosomático (IG):** Se escurió el exceso de humedad para obtener el diámetro de la testa y la masa fresca total (Mt). Se extrajeron los cinco segmentos de las gónadas y se obtuvo su masa fresca (Mg). De estas se tomaron muestras para histología convencional de microscopía óptica. El índice gonadosomático (IG) se calculó por la relación porcentual de la masa fresca de las gónadas en relación a la masa fresca total del organismo ( $IG = (Mg / Mt) \times 100$ ) (Martínez-Pita, García & Pita, 2008).

**Métodos histológicos:** La porción apical de la gónada se fijó en formalina neutralizada (10 %; 48 h), y se lavó con abundante agua de chorro. Luego se deshidrató en concentraciones crecientes de etanol (70, 80, 90, 95 y 100 %), se aclaró en xilol y se infiltró e incluyó en parafina. Se obtuvieron cortes (4µm de grosor) que fueron teñidos con hematoxilina de Harris-Eosina (H-E) para diferenciar los tipos celulares, sexo y estadio de maduración sexual, las imágenes se digitalizaron con el programa Axion Vision. Se usó la escala de maduración sexual propuesta por Lima, Gomes y Souza (2009) que diferencia cinco etapas: reserva, proliferación, premaduro, maduro y desovado. Se elaboraron histogramas de frecuencias mensuales de madurez para estimar los períodos de desoves, la estrategia reproductiva y la sincronización del ciclo gametogénico en ambos sexos.

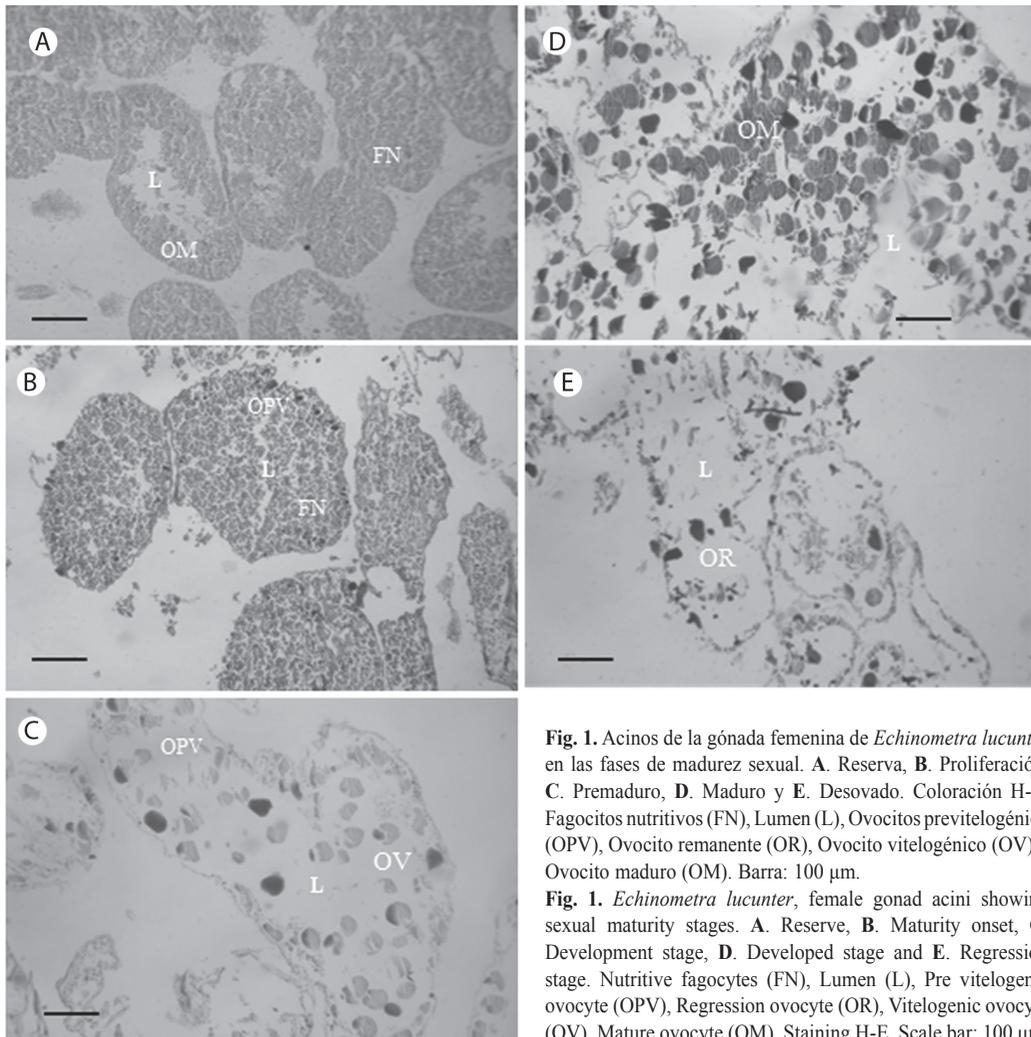
**Análisis estadístico:** Los datos de IG se examinaron utilizando una prueba de Kruskal Wallis entre los meses y los estadios de maduración (Johnson & Wichern, 1992). La proporción sexual mensual y del periodo de estudio se

comparó usando una prueba de Chi-cuadrado  $\chi^2$  (Zar, 2010).

## RESULTADOS

**Análisis histológico de las gónadas:** Se identificaron cinco estadios de maduración; Reserva, Proliferación, Premaduro, Maduración máxima y Desovado en ambos sexos (Figs. 1, 2). Entre las dos localidades, las gónadas presentaron características histológicas similares con diferencias entre las proporciones sexuales y en la frecuencia de los estadios de maduración mensuales (Figs. 3, 4).

**Histología de los ovarios:** *Reserva:* El lumen gonadal (L) se encontró ocupado de 50 a 100 % por fagocitos nutritivos (FN); los cuales presentaron diámetros variables (0.5 - 4  $\mu\text{m}$ ) con inclusiones de distintos tamaños y coloraciones. El espesor de la capa de FN osciló entre 60 - 150  $\mu\text{m}$ . En algunos casos se observaron ovocitos remanentes (OR) que no fueron expulsados durante los desoves (Fig. 1 A). *Proliferación:* Los FN ocuparon completamente el lumen y en las paredes del acino se observaron los ovocitos previtelogénicos (OPV) con una ligera basofilia (azul intenso), oscilando su tamaño entre 4 - 7  $\mu\text{m}$  (Fig. 1 B).



**Fig. 1.** Acinos de la gónada femenina de *Echinometra lucunter* en las fases de madurez sexual. **A.** Reserva, **B.** Proliferación, **C.** Premaduro, **D.** Maduro y **E.** Desovado. Coloración H-E. Fagocitos nutritivos (FN), Lumen (L), Ovocitos previtelogénico (OPV), Ovocito remanente (OR), Ovocito vitelogénico (OV) y Ovocito maduro (OM). Barra: 100  $\mu\text{m}$ .

**Fig. 1.** *Echinometra lucunter*, female gonad acini showing sexual maturity stages. **A.** Reserve, **B.** Maturity onset, **C.** Development stage, **D.** Developed stage and **E.** Regression stage. Nutritive fagocytes (FN), Lumen (L), Pre vitelogenic ovocyte (OPV), Regression ovocyte (OR), Vitelogenic ovocyte (OV), Mature ovocyte (OM). Staining H-E. Scale bar: 100  $\mu\text{m}$ .

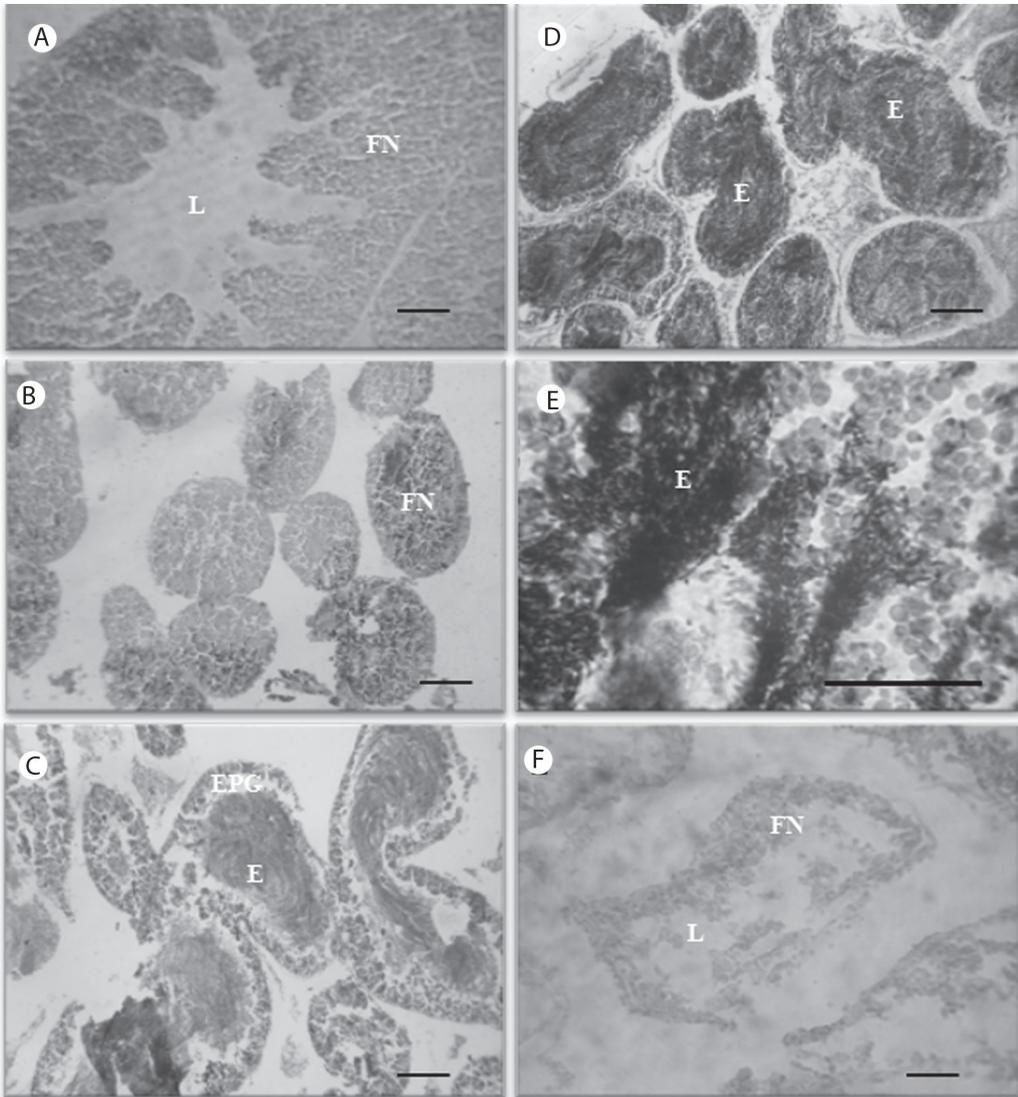
Los OPV se pudieron diferenciar de los ovocitos vitelogénicos (OV) porque presentaron una región nuclear envuelta por una vesícula germinativa que ocupó casi la mitad del citoplasma celular. *Premaduros* (en maduración): Se observaron numerosos OPV adosados a las paredes del folículo gonadal. Con la maduración, los gametos femeninos aumentaron en dimensión y número, presentando una coloración más acidófila (naranja a rojo claro). La capa de FN se redujo significativamente y ocupó la periferia del acino (Fig. 1 C). *Maduración máxima*: El número de ovocitos maduros (OM) fue superior en comparación al estadio anterior. Se observaron densamente empaquetados en la zona central del lumen (L), adquiriendo formas poliédricas. Los FN formaron una fina capa junto al epitelio germinal (EG) (Fig. 1 D). *Desovado* (emisión de gametos): El acino se contrajo, evidenciando un vaciamiento del lumen gonadal debido a la expulsión de los ovocitos. En algunos casos se observaron OM sugiriendo desoves parciales. Los FN estuvieron casi ausentes, predominando espacios vacíos (Fig. 1 E).

**Histología de los testículos:** *Reserva (Recuperación)*: El lumen (L) se encontró visiblemente reducido y ocupado principalmente por fagocitos nutritivos (FN). Se observó una zona basófila (ZB) de espermatocitos remanentes (ER) hacia la periferia de la pared del testículo y cerca del lumen (L) (Fig. 2 A). *Proliferación*: Se observó el desarrollo de una capa de células sexuales primarias (CP), espermatogonias y espermatocitos, en las paredes del acino formando una capa periférica continua, considerando ser primordios de las células espermáticas. Estas células se distinguieron por su basofilia (azul oscuro). El lumen presentó abundantes FN de color rosado claro (Fig. 2 B). *Premaduros (en maduración)*: Los FN disminuyeron significativamente en número y migraron hacia la periferia del acino. Esta migración ocurrió simultáneamente con un aumento en la cantidad de gametos maduros (E), que se concentraron en el centro del acino. Las células primarias (CP) aparecieron junto

al epitelio germinal (Fig. 2 C). *Maduración máxima*: Los espermatozoides ocuparon densamente casi todo el lumen del acino; mientras que los FN formaron una capa fina de células periféricas junto a células primarias (CP) del epitelio germinal (EPG). Se observaron algunas células espermáticas así como una fuerte basofilia en las CP (Fig. 2 D, E). *Desove (emisión de gametos)*: El lumen presentó muchos espacios vacíos producto de la expulsión de los espermatozoides y una capa muy fina de FN. Ocasionalmente se encontraron espermatozoides remanentes (desove parcial) muy desorganizados (Fig. 2 F).

**Variación mensual del ciclo gametogénico:** *Ensenada de Turpialito*: En las hembras, el estado de reserva sólo se observó en junio 2010 (63 %) y enero 2011 (50 %); mientras que la fase de proliferación predominó entre diciembre 2010 y abril 2011 (33 - 100 %), y los premaduros de junio a septiembre 2010 (11 - 40 %) y junio - agosto 2011 (25 - 100 %). Los organismos maduros se observaron en los periodos de agosto-diciembre 2010 (20 - 67 %) y septiembre-octubre 2011 (30-58%). Los erizos desovados se registraron desde agosto 2010 hasta noviembre 2010 (17 - 80 %) y entre septiembre-noviembre 2011 (43 - 100 %) (Fig. 3 A). Los machos en estado de reserva se registraron entre diciembre 2010-julio 2011 (13 - 67 %) y en proliferación entre diciembre 2010- noviembre 2011 (10 - 100 %). Los individuos premaduros y maduros se observaron en dos periodos: desde junio a noviembre 2010 (13 - 50 %) y julio-noviembre 2011 (14.3 - 83.3 %). Los erizos desovados se encontraron desde agosto hasta noviembre 2011 (10 - 42 %) (Fig. 3 B).

**Isla Lobos:** El estado de reserva en las hembras se observó desde junio 2010 a junio 2011 (10 - 67 %); mientras que la fase de proliferación se registró desde diciembre 2010 hasta julio 2011, comportamiento similar al registrado en las hembras. Se encontraron organismos premaduros entre junio-septiembre 2010 (11 - 33.3 %) y mayo-octubre 2011 (10 - 57 %). Se

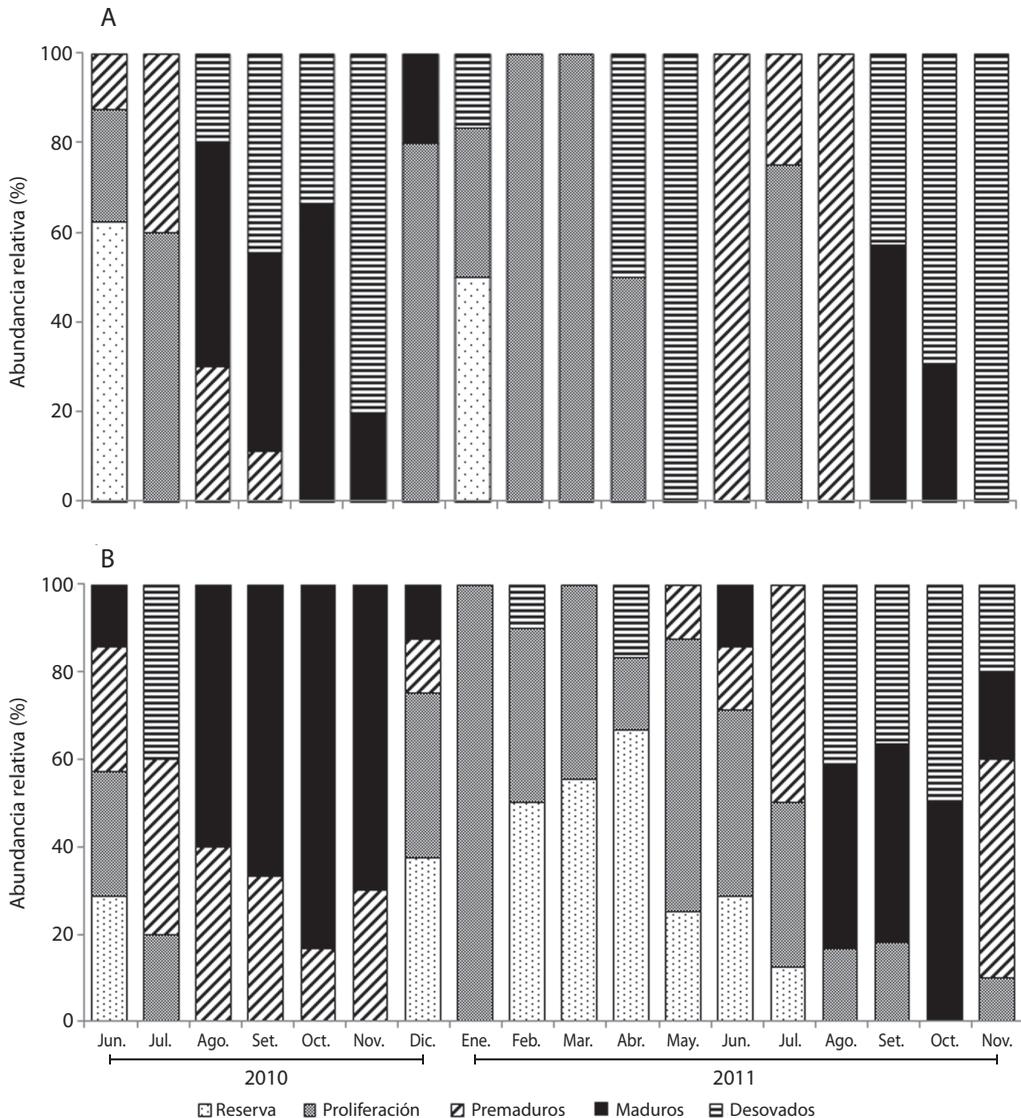


**Fig. 2.** Acinos de la gónada masculina de *Echinometra lucunter* en las fases de madurez sexual. **A.** Recuperación **B.** Proliferación, **C.** Premaduro, **D.** Desarrollado, **E.** Maduro, **F.** Desovado. Fagocitos nutritivos (FN); Lumen (L); Espermatozoides (E). Barra: 50  $\mu\text{m}$  (A, B, C, D), 100  $\mu\text{m}$  8E, F).

**Fig. 2.** *Echinometra lucunter*, male gonad acini showing sexual maturity stages. **A.** Reserve, **B.** Maturity onset, **C.** Development stage, **D.** Developed stage and **E.** Regression stage, **F.** Spent. Nutritive fagocytes (FN), Lumen (L), Sperm (E). Scale bar: 50  $\mu\text{m}$  (A, B, C, D), 100  $\mu\text{m}$  8E, F).

registraron individuos maduros casi todos los meses, con máximos en agosto y noviembre 2011 (80 - 100 %). Se presentaron erizos de mar desovados en dos periodos: junio a septiembre 2010 y de mayo a octubre 2011 (Fig. 4 A). En los machos la reserva se registró durante casi un año (desde junio 2010 hasta mayo 2011). Un

comportamiento similar se encontró para los organismos en estadio de proliferación (junio 2010-agosto 2011). Los machos premaduros se observaron en dos periodos: junio a octubre 2010 y junio a noviembre 2011. Se encontraron individuos maduros principalmente entre junio a noviembre 2011; mientras que los desovados



**Fig. 3.** Variación mensual de los estadios de madurez sexual de *Echinometra lucunter* en la Ensenada de Turpialito. **A.** Hembras, **B.** Machos.

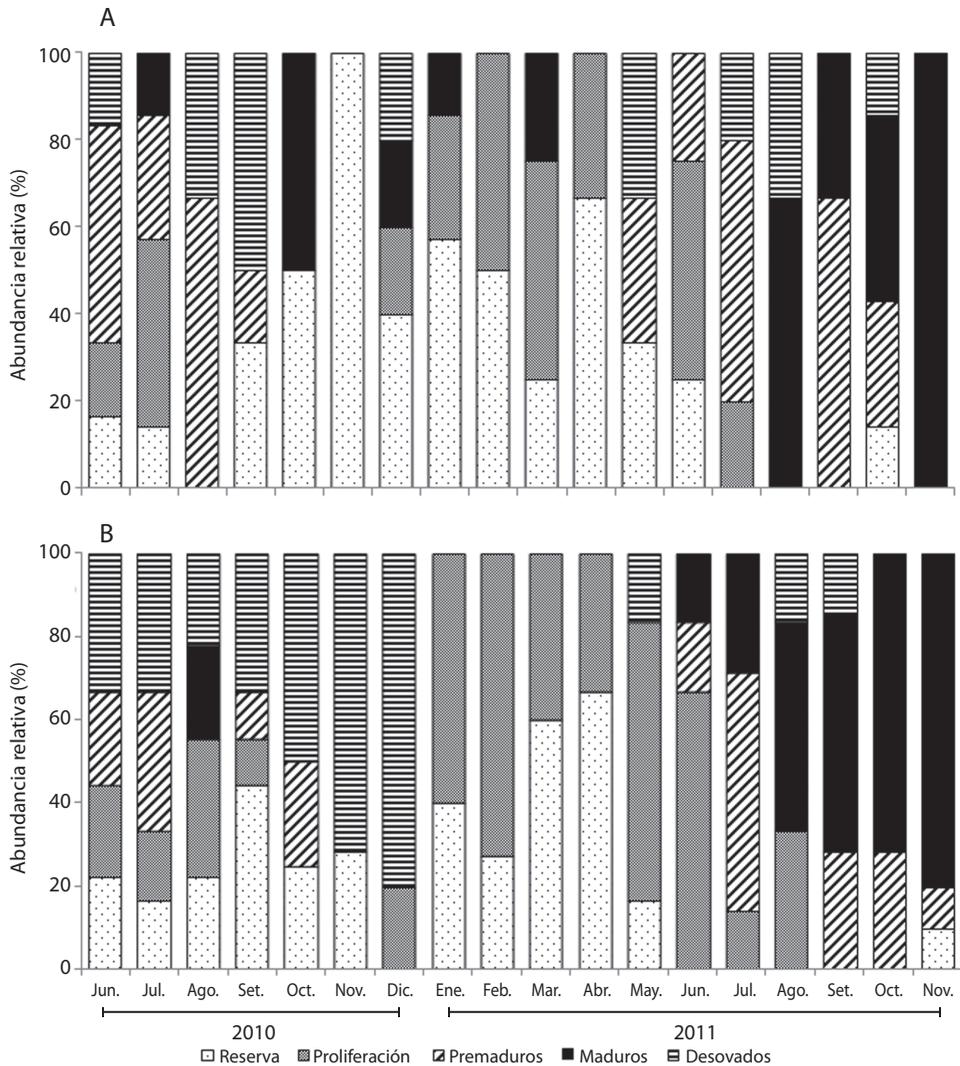
**Fig. 3.** *Echinometra lucunter* sexual maturity stages monthly oscillation at Turpialito. **A.** Females, **B.** Males.

estuvieron entre junio a diciembre 2011, con algunos picos en mayo, agosto y septiembre de 2011 (Fig. 4 B).

**Proporción de sexos:** En total se analizaron 471 erizos adultos, integrados por 282 machos (60 %) y 189 hembras (40 %). No se observaron diferencias significativas entre las

localidades manteniendo una relación 1:1 entre hembras y machos ( $\chi^2 = 1.40$ ,  $p > 0.05$ ).

**Índice gonadosomático (IG):** En la *Ensenada de Turpialito* el IG promedio fue  $4.4 \pm 2.58$  % con valores máximos desde junio hasta septiembre 2010 ( $5.0 \pm 2.87$  % -  $7.6 \pm 3.61$  %) y de junio a octubre 2011 ( $5.6 \pm 4.25$  %



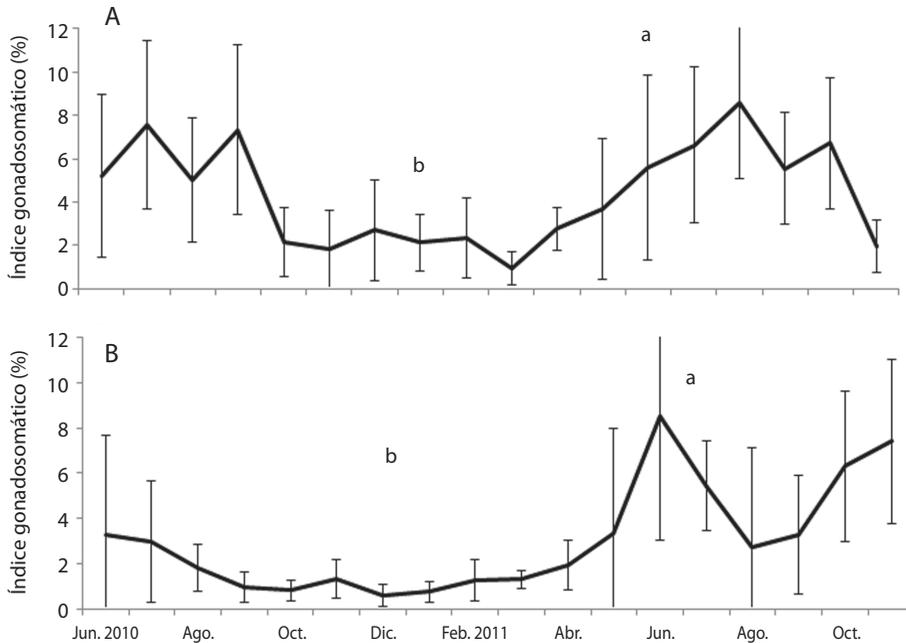
**Fig. 4.** Variación mensual de los estadios de madurez sexual de *Echinometra lucunter* en Isla Lobos. **A.** Hembras, **B.** Machos.  
**Fig. 4.** *Echinometra lucunter* sexual maturity stages monthly oscillation at Isla Lobos. **A.** Females, **B.** Males.

-  $8.6 \pm 3.50$  %), con los valores mínimos entre octubre 2010 ( $0.9 \pm 0.75$  %) y mayo 2011 ( $3.7 \pm 3.36$  %), detectándose diferencias significativas entre los meses (KW: 127.15;  $P < 0.05$ ) (Fig. 5). En *Isla Lobos* el IG promedio anual fue  $3.0 \pm 2.19$  %, con máximos en junio ( $8.5 \pm 5.48$  %), julio ( $5.4 \pm 1.96$  %), octubre ( $6.3 \pm 3.32$  %) y noviembre 2010 ( $7.4 \pm 3.63$  %) y mínimos de septiembre 2010 a enero 2011 ( $0.6 \pm 0.46$  % -  $1.3 \pm 0.86$  %). Se obtuvieron diferencias significativas entre los meses (KW

139,3;  $P < 0.05$ ) y localidades (KW 28.12;  $P < 0.05$ ) (Fig. 5 B).

## DISCUSIÓN

El ciclo reproductivo del erizo negro *E. lucunter*, tanto en el Golfo de Cariaco como en la Península de Araya, mostró períodos definidos de proliferación celular, maduración, desove y regresión gonadal. La gametogénesis se



**Fig. 5.** Variación mensual del índice gonadosomático: **A.** Ensenada de Turpialito. **B.** Isla Lobos. Las barras de error representan la desviación estándar. Con minúsculas se señalan los promedios mensuales y con mayúsculas las diferencias significativas entre localidades ( $p < 0.05$ ).

**Fig. 5.** Monthly oscillations of the Gonadosomatic index. **A.** Tupialito. **B.** Isla Lobos. Errors bars; standard deviation. Lowercase letters show significant differences between months, and uppercase letters between Turpialito and Isla Lobos ( $p < 0.05$ ).

inicia entre diciembre y julio; mientras que la maduración y el desove ocurren principalmente entre agosto y noviembre. Los análisis histológicos de las gónadas evidenciaron desoves continuos en ambas localidades, con algunos periodos de recuperación intermensuales. En la ensenada de Turpialito se observaron desoves desde julio a noviembre, con un bajo porcentaje de organismos desovados entre enero-febrero y abril-mayo. En Isla Lobos, los desoves fueron frecuentes desde junio hasta diciembre y con menor frecuencia en mayo, julio y agosto.

La proporción de hembras y machos de *E. lucunter* no difirió de la relación 1:1 en las localidades, siendo similares a otras especies de equinoideos y del género *Echinometra* (Espinoza et al. 2008; Mahdavi et al., 2008; Lima et al., 2009; Mariante et al., 2009). Sin embargo, se observaron desviaciones a esta proporción en algunos meses. En el norte de Brasil, Lima et al., (2009) encontraron un

patrón similar sugiriendo que los individuos se distribuyen al azar y recomienda aumentar el número de muestras mensuales. Esta desviación también se ha señalado para algunas especies de equinoideos que provienen de diferentes localidades, lo que hace suponer que las condiciones ambientales también influyen sobre la determinación de sexos (Alsaffar & Khalid, 2000), por lo que es necesario examinar estos aspectos más extensivamente.

Las variaciones mensuales en el desarrollo de los gametos posiblemente se encuentran asociadas a las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, disponibilidad de alimentos) de cada localidad. En Isla Lobos predominan durante todo el año las corrientes marinas y oleaje, acompañado de fuertes vientos; mientras que en el Golfo de Cariaco este efecto solo se observa en los primeros meses del año, cuando los vientos alisios producen oleaje alto, repitiéndose ocasionalmente a lo largo del

año. El movimiento de las masas de agua y la surgencia costera a conlleva a un incremento de los nutrientes y productividad primaria, que favorecen el crecimiento gonadal. A nivel poblacional la presencia simultánea de varios estadios de maduración, sugieren que posee una estrategia de reproducción conservadora, al almacenar energía en los meses con mayor producción primaria (periodos de surgencia costera) y desovar en los de baja disponibilidad de alimento o estratificación del agua.

En la Ensenada de Turpialito, Espinoza et al. (2008) observaron macroscópicamente que *E. lucunter* desova entre marzo y noviembre, encontrándose principalmente hembras maduras. En el norte de Brasil, el período reproductivo coincide con la estación seca y el verano (Lima et al., 2009; Mariante, Lemos, Eutrópio & Gomes, 2009). En las Islas Barbados, se relacionó al nivel de las mareas y oleaje (Lewis & Storey, 1984), y condiciones particulares de cada localidad (tipo de sustrato, acción de las mareas y producción de fitoplancton) (McPherson, 1969; Lessios, 1981; Cameron, 1986). Las variaciones en los patrones de maduración sexual son importantes para tomar en consideración la extracción del recurso, cumpliendo indudablemente con el criterio de preservación de la especie y su aprovechamiento para el consumo. Los resultados del IG sugieren que *E. lucunter* desovaría menos en el Golfo de Cariaco, siendo más aconsejable la extracción del recurso en esta localidad.

En la Ensenada de Turpialito e Isla Lobos, el comportamiento del IG coincidió en ambos sexos con el desarrollo gonadal, los cuales oscilaron sincronizadamente entre sexos, pero fue asincrónico entre las poblaciones principalmente durante la estratificación. Según McPherson (1969) las diferencias del IG entre años o áreas geográficamente separadas pueden reflejar diferencias en el crecimiento individual de las gónadas o en el grado de sincronización del desarrollo gonadal dentro de la población. Si los individuos están sincronizados, los cambios en el IG reflejan el crecimiento gonadal individual, por el contrario en poblaciones

asincrónicas el IG promedio de la población dará bajos estimados de crecimiento gonadal.

Dado que el IG es una medida indirecta de la actividad reproductiva, debe ser interpretada con cautela, particularmente en los equinoideos, debido a que las gónadas además de producir los gametos también sirven para almacenar nutrientes (Walker et al., 2007; Mariante et al., 2009). Lessios (1981, 1991) propuso que el ciclo reproductivo en equinoideos responde a diversos estímulos y al parecer la sincronía es el único impulso para la periodicidad reproductiva, donde cada especie puede seguir su propio ciclo, de hecho un desove sincrónico no implica necesariamente que sea periódico. La respuesta a un estímulo ambiental puede sincronizar a todos los individuos en un área sin que el estímulo se produzca periódicamente. El único requerimiento es que el detonante ambiental ocurra con bastante frecuencia, de modo que todos los individuos que poseen gametos no tengan que mantenerlos por largos períodos de tiempo, y producir nuevos gametos después que el estímulo se haya dado.

Es probable, que las poblaciones de *E. lucunter* de Turpialito e Isla Lobos puedan liberar los gametos por una combinación de estímulos ambientales que les da una ventaja adaptativa al desovar antes del período de alta productividad primaria, lo cual puede ser aprovechado por las larvas para asegurar los recursos energéticos necesarios para fijarse (Mahdavi et al., 2008). Este estudio muestra que el IG representa los cambios del desarrollo gonadal en *E. lucunter*, la cual en el nororiente de Venezuela posee una estrategia reproductiva conservadora, acumulando reservas para el desarrollo de la fagocitos nutritivos que transfieren a los gametos hasta su maduración y desove, para reiniciar ciclos de recuperación gonadal en el período de mayor disponibilidad de alimento, ocurriendo varios desoves al año. Las características biológicas y reproductivas de los organismos del Golfo de Cariaco muestran mejores condiciones reproductivas para la explotación del recurso, especialmente durante julio y agosto cuando los organismos presentan gónadas maduras.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto LOCTI “*Estudio poblacional y factibilidad del cultivo de erizos en el nororiente de Venezuela*” en convenio con la empresa Industria de Oriente, inscrito en el Sistema para la Declaración y Control del Aporte-Inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación (SIDCAI) 2010-2011, administrado por la Fundación para la Acuicultura en el estado Sucre (FIDAES). Al proyecto PEII, No. 3893 “*Evaluación poblacional del erizo Echinometra lucunter y su factibilidad de cultivo en las costas del estado Sucre, Venezuela*” 2012-2014. JLRL obtuvo una subvención de una Beca para realizar estudios de Doctorado, en el marco de la Misión Ciencia y El Plan de Desarrollo de Talento Humano de Alto Nivel, FONACIT 2007. Se agradece la logística y soporte técnico del personal de la EHT-IOV-UDO, IIBCAUDO y CIEG-UDO.

## RESUMEN

El ciclo gametogénico y el índice gonadosomático (IG) del erizo negro *Echinometra lucunter* fue examinado entre junio de 2010 y noviembre de 2011 en el noreste de Venezuela (Isla de Lobos, Península de Araya y Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco). Las gónadas están integradas por extensos acinos ramificados, recubiertos por tejido conectivo, seguido de una capa delgada de células que se diferencian en fagocitos nutritivos y gametos, los cuales cambian en sus proporciones y tamaños con los estadios de maduración. Generalmente, en ambas localidades se presentaron varios estadios de maduración, con desoves simultáneos. En Isla Lobos predominaron los individuos en estado de reserva con un corto período de madurez sexual, mientras que en la Ensenada de Turpialito predominaron organismos maduros y desovados. El IG sugiere que los desoves están asociados a las precipitaciones estacionales de la región; mostrando una estrategia reproductiva conservadora, acumulando reservas energéticas en el período de mayor producción primaria asociada a los períodos de surgencia costera, cuando la energía de los fagocitos nutritivos es transferida a los gametos hasta su maduración y expulsión al medio ambiente. Las características biológicas y reproductivas de los organismos en Turpialito mostraron elevados IG y mayor tejido gonadal para consumo comercial.

**Palabras clave:** índice gonadal, ciclo gametogénico, fagocito nutritivo, estrategia reproductiva.

## REFERENCIAS

- Alsaffar, A., & Khalid, P. (2000). Reproductive cycles of *Diadema setosum* and *Echinometra mathaei* (Echinoidea: Echinodermata) from Kuwait (Northern Arabian Gulf). *Bulletin of Marine Science*, 67, 845-856.
- Astudillo, D., J. Rosas, A. Velásquez, T. Cabrera & C. Maneiro. 2005. Crecimiento y supervivencia de larvas de *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) alimentadas con las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana*. *Rev. Biol. Trop.* 53 (Supl. 3): 377-344.
- Cameron, R. 1986. Reproduction larval occurrence and recruitment in Caribbean sea urchins. *Bull. Mar. Sci.* 39: 332-346.
- Cruz-Motta, J. (2007). Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litorales rocosos de Venezuela. *Ciencias Marinas*, 33, 133-148.
- Espinoza, R., Reyes, J., Himmelman, J., & Lodeiros, C. (2008). Actividad reproductiva de los erizos *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) en relación con factores ambientales en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 56(Suppl. 3), 341-350.
- Hendler, G., Miller, J., Pawson, D., & Porter, K. (1995). *Sea Stars, Sea Urchins, and Allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Johnson, R., & Wichern, D. (1992). *Applied multivariate statistical analysis*. New York: Prentice-Hall:
- Lawrence, J. (2007). Edible sea urchins: use and life-history strategies. In J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 1-9). Amsterdam: Elsevier.
- Lessios, H. A. (1981). Reproductive periodicity of the echinoids *Diadema* and *Echinometra* on the two coasts of Panama. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 50, 47-61.
- Lessios, H. A. (1991). Presence and absence of monthly reproductive rhythms among eight Caribbean echinoids off the Coast of Panama. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 153, 27-47.
- Lewis J., & Storey, G. (1984). Differences in morphology and life history traits of the echinoid *Echinometra lucunter* from different habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 15, 207-211.
- Lima E., Gomes, P., & Souza, J. (2009). Reproductive biology of *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) in a northeast Brazilian sandstone reef. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81, 51-59.
- Lovatelli, A., & Sarkis, S. (Eds.). (2011). *A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean: Assessing its feasibility and sustainability*. Roma: FAO.

- Lodeiros, C., Martín, A., Francisco, V., Noriega, N., Díaz, Y., Reyes, J., & Alió, J. (2013). Echinoderm from Venezuela: Scientific recount, diversity and distribution. In J. J. Alvarado, & F. A. Solis-Marin (Eds.), *Echinoderm Research and Diversity in Latin America* (pp. 235-275). Berlin: Springer.
- Mahdavi, N., Haghghat, Z., Karamzadeh, S., Naseri, F., Esteki, A., & Rameshi, H. (2008). Reproductive cycle of the sea urchin *Echinometra mathaei* (Echinodermatidea) in the Persian Gulf, Iran. *Journal of Biological Science*, 8, 1138-1148.
- Mariante F., Lemos, G., Eutrópico, F., & Gomes, L. (2009). Biología reproductiva de *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) na Praia da Costa, Vila Velha, Espírito Santo. *Zoología*, 26, 641-646.
- Martínez, A. (1986). Equinodermos de la Isla de Aves, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*, 25, 195-213.
- Martínez-Pita, I., García, F., & Pita, M. (2010). The effect of seasonality on gonad fatty acids of sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* (Echinodermata: Echinoidea). *Journal of Shellfish Research*, 29, 517-525.
- McPherson, B. (1969). Studies of the biology of the tropical sea urchins *Echinometra lucunter* and *Echinometra viridis* (Echinoidea) in Bostaneh, Persian Gulf, Iran. *Bulletin of Marine Science*, 19, 194-213.
- Montealegre, S. & Gómez, A. (2005). Ciclo reproductivo de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en el sur de Isla Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 53(Supl. 3), 305-312.
- Pearse, J., & Cameron, R. (1991). Echinodermata: Echinoidea. In A. C. Giese, J. S. Pearse, & V. B. Pearse, (Eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates, Vol. VI, Echinoderms and Lophophorates* (pp. 513-622). Pacific Grove: Boxwood Press.
- Walker, C., Tatsuya, U., & Lesser, M. (2007). Gametogenesis and reproduction of sea urchins. In J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 11-33). Amsterdam: Elsevier.
- Zar, J. (2010). *Biostatistical Analysis*. USA: Pearson Education.
- Zoppi, E. (1967). Contribución al estudio de los equinodermos de Venezuela. *Acta Biologica de Venezuela*, 5, 267-283.

