

Condición fisiológica de *Arca zebra* por grupos de tallas y su asociación con variables ambientales, en el banco de Chacopata, estado Sucre

Physiological condition of *Arca zebra* by groups of sizes and its association with environmental variables, in the bank of Chacopata, Sucre state

María E. Lista Alfonzo*, Carlos J. Velásquez, Antulio S. Prieto Arcas y Yelipza C. Longart Rojas

Universidad de Oriente (UDO), Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Correo electrónico: marieulis2010@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó la condición fisiológica de *A. zebra* por grupos de tallas y su asociación con variables ambientales analizando el índice de condición (IC), para lo cual se realizaron salidas de campo al morro de Chacopata, desde junio 2008 hasta junio 2009. Se colectaron las muestras con una rastra de 120 x 86 cm, a una profundidad aproximada de 8 m. Se seleccionaron al azar ejemplares de diferentes longitudes (Lt) distribuyéndolos en cuatro grupos de tallas: grupo I (< de 30,0 mm), grupo II (30,1 a 50,0 mm), grupo III (50,1 a 70,0 mm) y el grupo IV (> de 70,0 mm). A cada ejemplar, mensualmente se le determinó la biomasa seca de la gónada (Psg) y el peso total del organismo (Psorg) y, a partir de estos se obtuvo el IC. También se registraron mensualmente variables ambientales: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, seston total, orgánico e inorgánico y la clorofila a. Los resultados indicaron que el IC de los organismos del grupo I, se correlacionaron positivamente con la clorofila a y la salinidad; mientras, que los ejemplares de los grupos II, III y IV el IC mostró asociación positiva con la temperatura; indicando la influencia que ejercen las variables ambientales sobre la fisiología de *A. zebra*. La especie mostró una buena condición fisiológica en ejemplares > de 50,0 mm, siendo a partir de esta talla la recomendada para su explotación comercial y en los períodos: junio-septiembre y noviembre de cada año.

Palabras clave: condición fisiológica, pepitona, *Arca zebra*, Chacopata, península de Araya, variables ambientales

ABSTRACT

The physiological condition of *A. zebra* by groups of sizes and its association with environmental variables were evaluated analysing the condition index (CI), for which there were field trips to the morro de Chacopata, from June 2008 to June 2009. The samples were collected with a drag of 120 x 86 cm, to an approximate depth of 8 m. It is randomly selected samples of different lengths (Lt) distributed in four groups of sizes: group I (< 30.0 mm), group II (30.1 to 50.0 mm), group III (50.1 to 70.0 mm) and the group IV (> 70.0 mm). Each samples, monthly was determined the dry biomass of the gonad (Psg) and the total weight of the body (Psorg) and, from these won the IC. Also there were monthly environmental variables: temperature, salinity, dissolved oxygen, seston total, organic and inorganic and chlorophyll a. The results indicated that the CI in the organisms of the group I, were positively correlated with the chlorophyll a and salinity; while, that samples of the groups II, III and IV the IC showed positive association with temperature; indicating the influence of environmental variables on the physiology of *A. zebra*. The species showed a good physiological condition in samples > of 50.0 mm, being from this size recommended for their commercial exploitation and in the periods: June, September and November of each year.

Key words: physiological condition, shell, *Arca zebra*, Chacopata, Araya peninsula, environmental variables.

Recibido: 13/02/14 Aprobado: 21/11/14

INTRODUCCIÓN

La pepitona, *A. zebra*, pertenece a la familia Arcidae y se distribuye desde el atlántico occidental, particularmente desde el golfo de México hasta la costa norte de Brasil; se encuentra generalmente sobre rocas formando bancos, desde profundidades menores de 1 m hasta 20 m. Este bivalvo es abundante en Venezuela y constituye uno de los principales rubros pesqueros, con un aporte del 8% a la producción pesquera marítima (SARPA, 1996) y en el nororiente se localizan bancos al este de la isla de Margarita, isla de Coche, morro de Chacopata y costa norte del golfo de Cariaco (Saint-Aubyn *et al.*, 1999), con volúmenes de explotación en 2008 y 2009 de 70 000 Tm y 20 000 Tm en el 2010 y 2011 (INSOPESCA, 2012); donde la mayor producción y rentabilidad correspondió al morro de Chacopata.

La pesquería de este molusco genera un alto impacto socioeconómico, estimándose que unas 6 000 personas se benefician directa o indirectamente durante las fases de extracción, procesamiento y comercialización de este recurso (Jiménez, 1999). Sin embargo, la pesquería ha sido realizada de forma sostenida y se encuentra en una fase de explotación de plena a moderada (Arias de Díaz *et al.*, 2002). En este sentido, existe la regulación N° RNR/266 del 02-09-1960, la cual contempla que “todo ejemplar de pepitona que no haya alcanzado su completo desarrollo (3 cm de ancho) debe ser devuelto al mar inmediatamente y reintegrar a las aguas de origen las conchas del molusco, las cuales serán distribuidas en el área explotada”.

La determinación del tamaño comercial en moluscos es de gran importancia, para la explotación racional y manejo sustentable de las poblaciones naturales y para establecer los costos de producción en cultivo. En este sentido, el índice de condición o cantidad relativa de carne en los bivalvos, es utilizado para estimar el valor del organismo para su explotación y consumo, siendo por lo general proporcional a la talla; además, permite conocer como responde internamente el organismo a las variaciones ambientales (Cruz y Villalobos, 1993).

Los factores endógenos y exógenos o ambientales pueden influir en el crecimiento de las estructuras de las especies de moluscos o

en su condición fisiológica. Estudios realizados en el molusco *Anadara tuberculosa* en Punta Morales, Costa Rica, señalan que las variaciones del índice de condición dependen no sólo de la madurez sino también de la abundancia y disponibilidad de alimentos (Cruz, 1982) y en la pepitona *A. zebra* de la población de Chacopata península de Araya, Venezuela, los aumentos y disminuciones del índice de condición estuvieron asociados con los cambios de temperatura (Lista *et al.*, 2006).

Esta investigación reviste importancia ya que el banco de Chacopata ha sido durante años uno de las áreas donde se extrae masivamente el bivalvo *A. zebra*, por lo tanto conocer aspectos de su biología es primordial para entender las posibles variaciones que puedan ocurrir en el futuro en la estructura, funcionamiento y desarrollo de las comunidades de este banco. Con este propósito se analizó la condición fisiológica en cuatro grupos de tallas de ejemplares de *A. zebra* y su asociación con variables ambientales en el periodo junio 2008 a junio 2009 en el banco natural de Chacopata, península de Araya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron ejemplares de *A. zebra* mensualmente, con una rastra de 120 x 86 cm entre junio 2008 y junio 2009 a una profundidad de 8 m en el morro de Chacopata, el cual se localiza al norte de la península de Araya, estado Sucre, Venezuela (10° 42' - 10° 46' L. N. y los 63° 46' - 63° 54' L. O), tal como se observa en la Figura 1. Esta zona se caracteriza por presentar fondo rocoso y con dominancia específica de *A. zebra*. Entre los organismos acompañantes de esta comunidad se encuentran los bivalvos *Pinctada imbricata*, *Modiolus squamosus*, *Chama macerophyla*, *Anadara notabilis* y los gasterópodos *Phyllonotus pomun*, *Chicoreus brevifrons* y *Murex recurvirostris* (Prieto *et al.*, 2001).

Una vez recolectados los moluscos fueron colocados en contenedores isotérmicos a una temperatura que osciló entre 10 y 15 °C, para evitar la inducción al desove por “shock” térmico, y se trasladaron inmediatamente al Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán de la Universidad de Oriente (CIEG-UDO), para su procesamiento. En el laboratorio, se

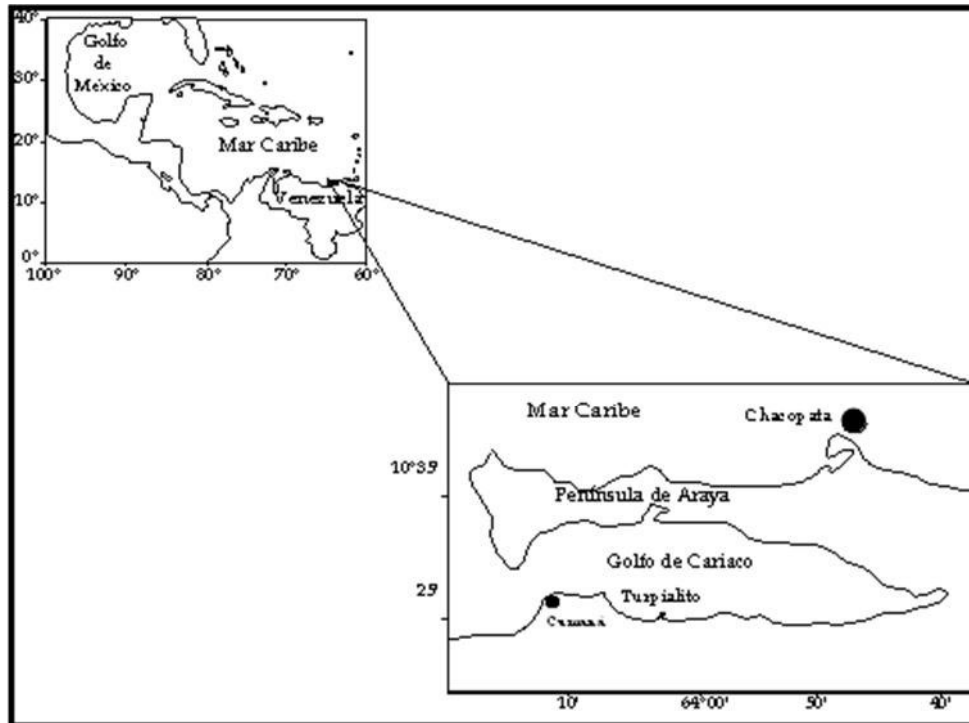


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de muestreo de la pepitona, *A. zebra* (●).

les removieron manualmente los epibiontes y detritus de las valvas con un cuchillo, hasta dejarlos lo más limpio posible, para medirles con un vernier digital de 0,01 mm de apreciación, el eje antero-posterior representando la longitud total (Lt). Basado en la Lt, se seleccionaron 40 ejemplares ubicándolos según las tallas en grupo I, < 30,0 mm; grupo II, 30,1 a 50,0 mm; grupo III, 50,1 a 70,0 mm y el grupo IV, > 70,0 mm, siguiendo los criterios de Lista (2005).

Mensualmente a los organismos (10 por grupo) se les determinó la biomasa seca de las gónadas (Psg) y del organismo (Psorg), al deshidratarlos en una estufa, a 60 °C hasta peso seco constante. Para establecer el índice condición (IC), se utilizó la siguiente fórmula: $IC = (Psg/Psorg) \times 100$.

Se recolectó mensualmente agua de mar con una botella de Niski de 5 l, filtrada con una malla de 280 mm para eliminar el macroplankton y cuantificar la disponibilidad de alimentos como el seston total, orgánico e inorgánico y la biomasa fitoplanctónica, representada por la clorofila a, según el método de Strickland y Parson

(1972). También se monitoreó la temperatura *in situ* con un termómetro de mercurio de 0,1 °C; la salinidad, por el método de conductividad eléctrica, usando un salinómetro inductivo y el oxígeno disuelto según el método de Winkler modificado por Carritt y Carpenter (1966).

Para evaluar los posibles efectos de los parámetros ambientales sobre el índice de condición, se realizaron correlaciones por grupos de tallas. Los datos fueron procesados por Microsoft Excel ^{xp}.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tejido reproductivo

Los bivalvos del grupo I, iniciaron su desarrollo gonadal en el mes de agosto 2008, mostrando a partir de enero 2009 un desarrollo significativo de la biomasa seca de la gónada; con valores altos en marzo (0,0085 g) y junio 2009 (0,0200 g) y, bajos en agosto 2008 (2×10^{-5} g), febrero y mayo 2009 con 0,0030 g y 0,0077 g, respectivamente. En junio y desde octubre hasta diciembre 2008 no se encontraron individuos con gónadas. Los

ejemplares de *A. zebra* del grupo II, mostraron una disminución en el peso de la gónada en agosto 2008, con un incremento hasta diciembre 2008, disminuyendo en enero 2009 (0,011 g) y aumentando nuevamente desde febrero hasta junio 2009.

Es de resaltar que este grupo ya comienza a desarrollar el patrón de variación observado en los grupos III y IV. Los ejemplares de los grupos III y IV, fueron los de mayor producción gonádica, con un patrón definido de incremento sostenido desde junio 2008 hasta finales de septiembre 2008, cuando ocurrió una caída notable de la biomasa gonádica a finales de octubre 2008 (50% de la biomasa previamente alcanzada), con un leve incremento en el mes de noviembre 2008, para experimentar un descenso desde diciembre 2008 hasta enero 2009; aumentando levemente en febrero 2009, para luego mantenerse en sus niveles mínimos hasta finales de abril 2009, cuando posteriormente se evidencia otro incremento en la producción gonádica, a partir de mayo 2009 (Figura 2).

Los altos valores de la biomasa seca de las gónadas, se han relacionado con las reservas de carbohidratos que se transforman luego en lípidos totales, para ser utilizados en la maduración de los ovocitos (Saint-Aubyn *et al.*, 1999). Esta transferencia de energía se observó en este estudio, particularmente en los meses de agosto y noviembre 2008, período donde ocurre una estratificación de la columna de agua en el nororiente de Venezuela, producto del movimiento vertical de los nutrientes de la masa de agua.

Los bajos valores de la biomasa seca de las gónadas observados en los meses de octubre y diciembre 2008, indicarían la evacuación de los gametos, posiblemente por desoves. Estos resultados difieren parcialmente con los señalados por Prieto y Saint-Aubyn (1998), quienes indicaron que el ciclo anual de desove y reclutamiento en esta especie presenta dos períodos; el primero entre junio y octubre y el segundo en marzo. Probablemente las diferencias existentes entre los meses de madurez y desove de una misma especie, en distintas o en las mismas zonas geográficas, obedezcan a estrategias reproductivas originadas por las oscilaciones anuales de los

factores ambientales, muy influenciados por variaciones en los ciclos climáticos.

Índice de condición

El índice de condición (IC) determinado en el grupo I de los ejemplares de *A. zebra*, muestra sus más altos valores en mayo (12,16%) y junio 2009 (14,21%), mientras que fueron bajos en agosto 2008, febrero y abril 2009; con valores de 0,01%, 4,60% y 6,40%, respectivamente (Figura 3). En el grupo II, el IC fue bajo en el mes de agosto 2008 (2,16%), con un incremento en septiembre (10,57%), descendiendo posteriormente hasta enero 2009, para aumentar en febrero (7,69%), disminuir en marzo 2009 (3,72%) y nuevamente incrementar en los meses posteriores. El comportamiento del IC en los grupos III y IV fue semejante, con un incremento desde junio hasta septiembre 2008, disminuyendo posteriormente en enero 2009, con aumento leve en febrero y descenso hasta abril 2009, reflejando luego un incremento en los meses siguientes, debido al aumento de la producción gonádica.

Los altos valores del índice de condición observado desde junio hasta septiembre 2008, noviembre 2008 y junio 2009, coincidieron en la mayoría de los organismos con mayor peso gonadal, mientras que los mínimos valores de octubre 2008, febrero y mayo 2009 se relacionaron con ejemplares en descanso reproductivo o desovados, lo que implica que la variación de IC, estaría relacionado con los procesos reproductivos de *A. zebra* y por lo tanto con el peso.

Estos resultados coinciden con los reportados por Mora (1985), para la misma especie, quien señala una etapa de enflaquecimiento en el mes de mayo y dos etapas de engorde; una en junio y otra comprendida de enero hasta abril. No obstante, difieren parcialmente de los resultados de Prieto *et al.* (2001), indicados para una población de la localidad de Pariche, Golfo de Cariaco, quienes señalaron que *A. zebra* presentó un período de recuperación desde febrero hasta julio, donde alcanzó valores altos del índice de engorde.

Probablemente la alternancia entre engorde y enflaquecimiento en diferentes períodos del año, en una misma especie, en distintas o en las mismas zonas geográficas, se debe a las

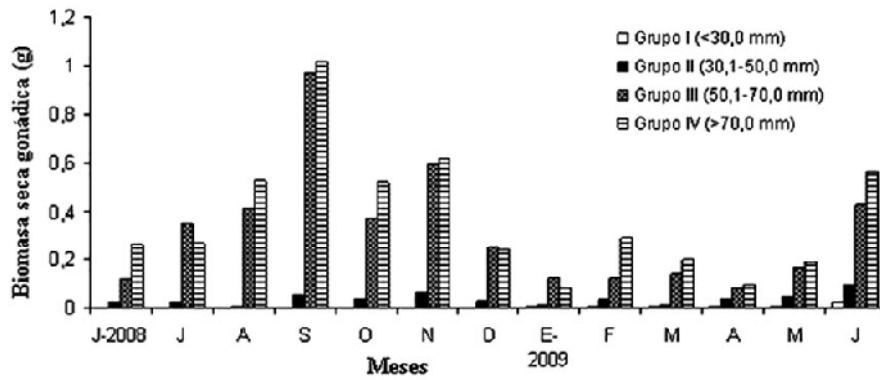


Figura 2. Variación mensual de la biomasa seca de la gónada, por grupos de tallas de *A. zebra*, colectada en la localidad de Chacopata, península de Araya, estado Sucre.

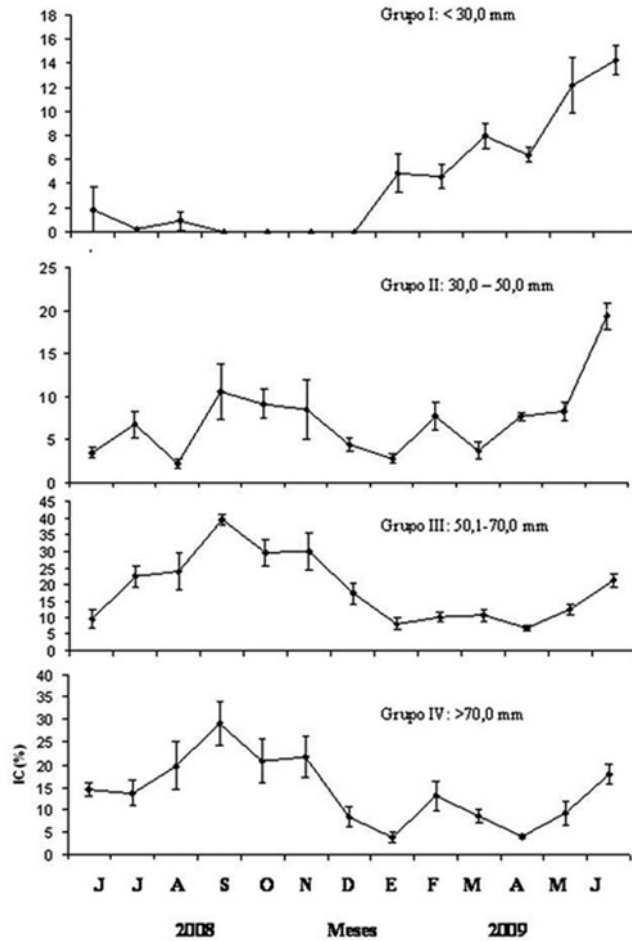


Figura 3. Variación mensual del índice de condición (IC) por grupos de tallas de *A. zebra* colectada en la localidad de Chacopata, península de Araya, estado Sucre.

correlaciones de las estrategias reproductivas con los factores ambientales y sus oscilaciones anuales, tal como señaló Ruíz *et al.* (1998). No se observó disminución del índice reproductivo con el aumento de la talla, evento que ha sido reportado para bivalvos con biso, que crecen apiñados, tal es el caso de *Mytilus edulis*, en los cuales Galtsoff (1959) menciona que tal condición ocasiona un escaso desarrollo del espacio intervalvar.

Las diferencias observadas en los promedios del índice de condición indicarían, la influencia que ejercen los parámetros ambientales sobre la fisiología de la especie, donde la temperatura y la disponibilidad de nutrientes parecieran los de mayor influencia tal y como refieren Lodeiros y Himmelman (1999).

La variación del índice de condición se ha relacionado con la generación y pérdida de gametos en especies comerciales como *Anadara tuberculosa* en Costa Rica (Cruz, 1982) y *C. columbiensis* en Colombia (Caballero-Cruz *et al.*, 1996). Además, los incrementos del índice de condición en las especies, también pueden estar influenciados por el enriquecimiento de las aguas como consecuencia de las corrientes de surgencia que están fuertemente influenciadas por los vientos alisios, fenómeno que origina bajas temperaturas, altas concentraciones de nutrientes y fitoplancton en la columna de agua, que propician una elevada producción primaria (Ferráz-Reyes, 1987).

A efecto del aprovechamiento del recurso, la especie mostró altos valores en las gónadas e índice de condición en organismos mayores de 50,0 mm, lo que indicaría, que a partir de esta talla la especie presenta condiciones óptimas en su desarrollo, favoreciendo su comercialización para el consumo. Los resultados para *A. zebra* difieren de lo señalado por Arrieche *et al.* (2004) para el mejillón marrón *P. perna* del morro de Guarapo, quienes recomendaron realizar la explotación comercial de este bivalvo a una longitud superior a los 60 mm, que es cuando alcanza la mayor eficiencia de rendimiento de la carne. Acosta *et al.* (2006), señalaron que *P. perna* y *P. viridis* bajo un sistema suspendido de cultivo en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, alcanzaron sus mayores índices de condición en los meses de diciembre, con tallas

promedio de 65,84 mm y en enero de 55,70 mm, respectivamente; indicando que estas especies pueden ser comercializadas a partir de estas tallas.

Variables ambientales

La clorofila *a* estuvo generalmente por encima de 0,50 $\mu\text{g.l}^{-1}$, con picos en julio (1,56 $\mu\text{g.l}^{-1}$), noviembre 2008 (1,64 $\mu\text{g.l}^{-1}$), febrero (2,18 $\mu\text{g.l}^{-1}$) y mayo 2009 (2,83 $\mu\text{g.l}^{-1}$); los valores mínimos se obtuvieron entre finales de agosto 2008 (0,50 $\mu\text{g.l}^{-1}$) y en abril 2009 (0,82 $\mu\text{g.l}^{-1}$), y se puede observar en la Figura 4a.

El seston total y el seston inorgánico (Figura 4b) mostraron un comportamiento similar, con los valores más altos en junio 2008 (31,90 mg.l^{-1} y 25,39 mg.l^{-1} , respectivamente) y en mayo 2009 (35,50 mg.l^{-1} y 28,45 mg.l^{-1} , respectivamente) y, los más bajos valores en agosto 2008 (23,60 mg.l^{-1} y 19,12 mg.l^{-1} , respectivamente), en enero 2009 (23,58 mg.l^{-1} y 17,97 mg.l^{-1} , respectivamente) y en abril 2009 (23,88 mg.l^{-1} y 20,16 mg.l^{-1} , respectivamente), mostrando en general, una elevada concentración de seston inorgánico (> 70%) en relación al seston total. El seston orgánico mostró valores bajos con respecto al seston total, indicando que el mayor aporte del seston, es de materia inorgánica particulada. El seston orgánico, durante los meses de estudio no mostró una variación significativa.

La salinidad, alcanzó sus más altos valores en abril y mayo 2009 y los más bajos en octubre 2008, con variaciones que oscilaron entre los 36,2-36,8 ppm (Figura 5a).

La concentración de oxígeno fue siempre mayor de 3,00 mg.l^{-1} , con un valor promedio de 3,80 mg.l^{-1} en los primeros seis meses de estudio (finales de junio-diciembre 2008) y de 4,70 mg.l^{-1} en los meses restantes (Figura 5b).

Los valores de temperatura en el mes de agosto de 2008, estuvieron comprendidos entre 26,0 y 27,0 °C, manteniéndose los mismos durante los meses de septiembre y octubre, hasta finales de noviembre 2008, que disminuyeron hasta 23,5 °C, permaneciendo alrededor de este valor, hasta diciembre 2008; experimentando nuevamente ligeros aumentos en comparación con el segundo semestre 2008; desde enero hasta finales de febrero 2009, cuando los valores

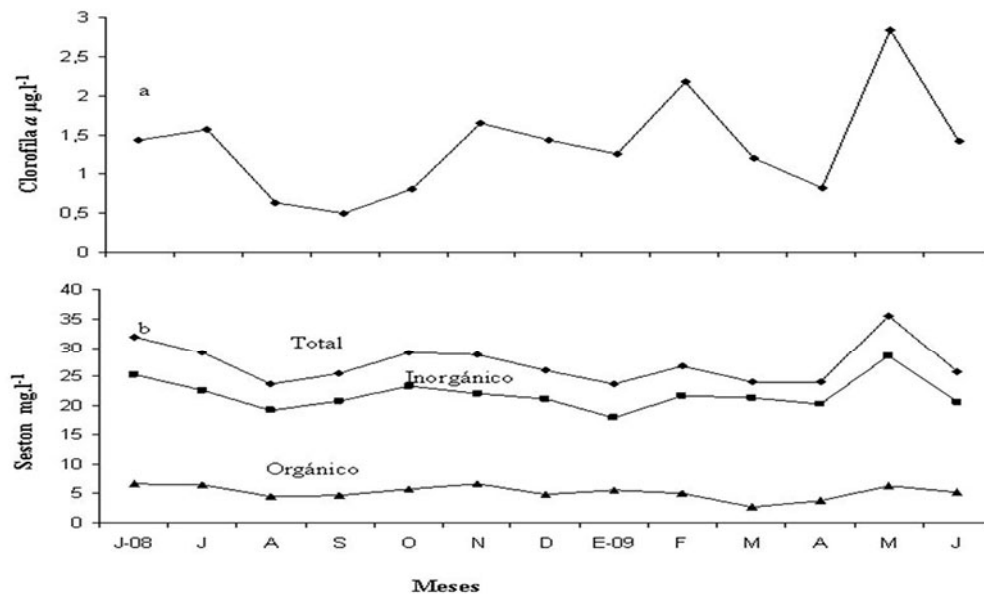


Figura 4. Variación mensual de la clorofila a (a), seston total, inorgánico y orgánico (b) en el banco de pepitonas del morro de Chacopata, península de Araya, estado Sucre.

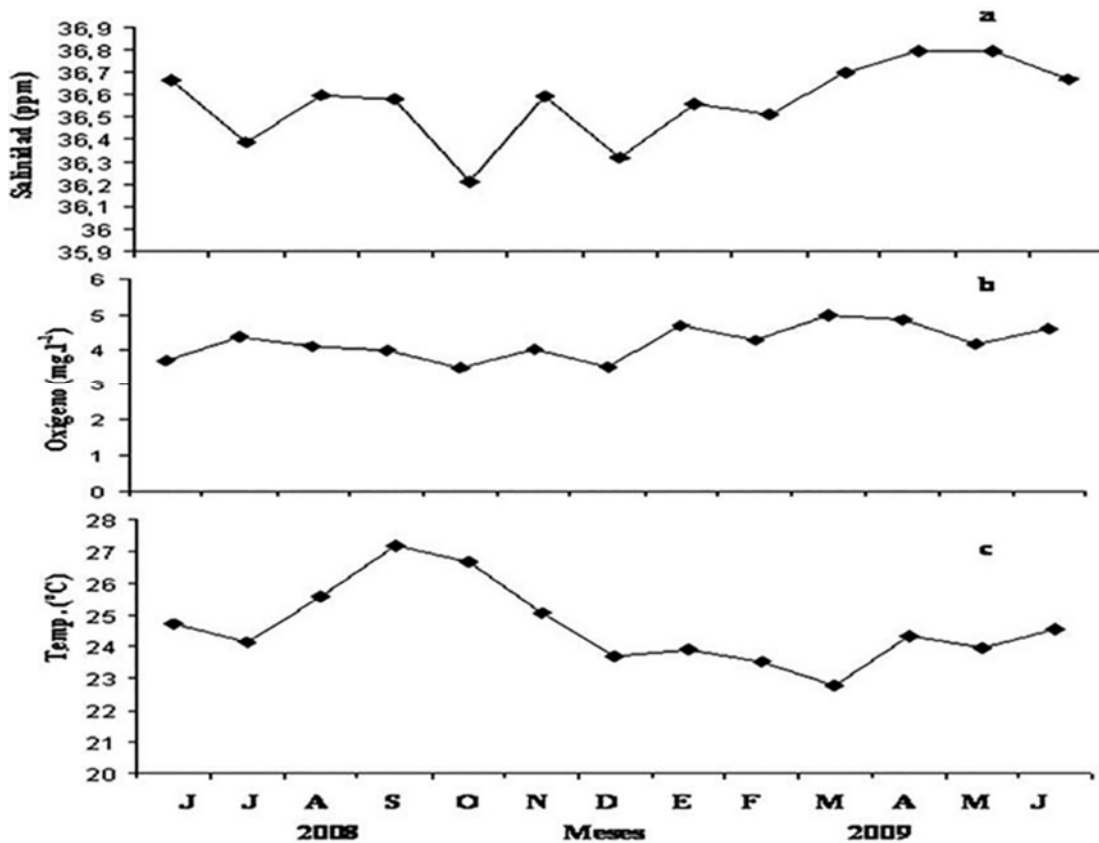


Figura 5. Variación mensual de la salinidad (a), oxígeno disuelto (b) y temperatura (c) en el banco de pepitonas del morro de Chacopata, península de Araya, estado Sucre.

caen bruscamente en los meses de marzo y mayo 2009 (Figura 5c).

El seston orgánico se mantuvo entre 5–8 mg.l⁻¹ se descartó, su influencia en las estrategias reproductiva de *A. zebra* en el morro de Chacopata, debido a que posiblemente estos valores son óptimos y los ejemplares no experimentan deficiencias o excesos de seston orgánico que le impulsen a desarrollar alguna estrategia reproductiva por este factor. Nakal (1979) señala que los moluscos marinos desarrollan estrategias reproductivas que les permiten, por un lado, aprovechar al máximo los recursos disponibles del ambiente y por otro, adaptarse a las variaciones de los factores abióticos, dentro de los rangos genéticos de cada especie.

El alto contenido del componente inorgánico en el seston, probablemente influyó negativamente en el balance energético para la producción gonádica en *A. zebra*. Se detectaron valores mayores del 70%, causado posiblemente por la dinámica de la costa, el oleaje y la acción continua de la captura de esta especie, la cual se realiza mediante rastras artesanales con un número considerable de embarcaciones extrayendo este recurso marino. Este mayor porcentaje de material inorgánico podría afectar la ingestión por dilución de la materia orgánica en la especie. No obstante, determinaciones fisiológicas relativas a la ingestión realizadas en *A. zebra* (Ward y MacDonald, 1996) muestran que la especie con altos niveles de seston, posee una ingestión preferencial de material de bajos valores en la relación Carbono:Nitrógeno (C:N), lo cual mejora en un 31% la calidad del material ingestado, lo que supone una estrategia fisiológica en compensación con el decrecimiento de la disponibilidad de alimento por los altos valores de seston inorgánico que se registraron para la zona. Esta estrategia es de mucha importancia y puede influir en el éxito adaptativo de la especie.

La salinidad varió poco durante el estudio, no obstante, parece ser de gran importancia en los organismos menores de 30,0 mm; posiblemente debido a que estos necesitan una variación muy escasa de este factor ambiental para su crecimiento y formación de tejido gonadal. Lodeiros *et al.* (2001), señalaron que la salinidad

influye en la nutrición y por lo tanto en el crecimiento de los moluscos. Gosling (2003), indicó que los bivalvos responden a cambios bruscos de la salinidad con el cierre de las valvas impidiendo la filtración de los nutrientes.

La concentración de oxígeno se mantuvo con valores altos, estimándose que no influye significativamente en los procesos fisiológicos de estos bivalvos, indicando poco efecto en la reproducción de *A. zebra* en el área de muestreo.

Las disminuciones en el tejido gonádico de los grupos II, III y IV, en el período desde octubre 2008 hasta enero-febrero 2009, evidencian la mayor actividad de desove de la especie, evento que coincide con la disminución de la temperatura en el ecosistema marino de la región, luego las biomásas gonádicas se mantienen asociadas a temperaturas intermedias, para aumentar con el incremento de éstas a finales de mayo-junio 2009. Esta asociación positiva entre las biomásas de la gónada y la temperatura, señala a este factor ambiental como el principal modulador de la reproducción en *A. zebra* y coincide con los resultados obtenidos por Lista *et al.* (2006) para la misma especie y con los señalados para el bivalvo *Lima scabra* (Lodeiros y Himmelman, 1999).

Las estrategias de reproducción en relación a la temperatura, permiten sincronizaciones locales de los moluscos en la zona nororiental del país, que le garantiza actuar en concordancia con la variabilidad ambiental, en la cual ocurre la interacción de los diversos factores ambientales, entre ellos, los vientos, que con su dinámica producen corrientes de surgencias periódicas en estos ecosistemas marinos tropicales. De esta manera, las especies en dicha zona presentan ritmos adaptativos a estas condiciones manifestando diferentes estrategias reproductivas para actuar en relación a la influencia ambiental.

La temperatura promedio en el mes de agosto 2008 fue de 25,57 °C incrementándose en el mes de septiembre (27,17 °C) para luego disminuir desde octubre (26,66 °C) hasta finales de diciembre (23,69 °C); experimentando nuevamente aumentos menores desde enero hasta finales de febrero 2009, cuando cae bruscamente en el mes de marzo 2009 y posteriormente se incrementa en los meses

siguientes, estas variaciones probablemente estimularon la maduración y el desove de los organismos. Trabajos experimentales han demostrado que la gametogénesis puede iniciarse en respuesta a un aumento de la temperatura, solo si existen suficientes reservas de nutrientes en el organismo, o si el alimento está disponible en el ambiente, debido a que temperaturas elevadas en épocas de baja disponibilidad de alimentos, pueden causar estrés que podrían incluso conducir a reabsorción gonádica para obtener energía e invertirla en el mantenimiento somático.

Aún cuando no se registraron elevadas biomasa de fitoplancton en el morro de Chacopata, esta se mantuvo constante durante el período de estudio, lo que permite deducir que la especie siempre tuvo disponibilidad de alimento, aprovechándolo como fuente energética. Sobre la base de lo señalado anteriormente, se infiere que la pepitona *A. zebra* muestra una estrategia reproductiva del tipo oportunista, ya que utiliza la energía obtenida a partir del alimento y la invierte directamente en su reproducción, de acuerdo a lo señalado por Bayne (1976).

En este estudio los altos valores de la biomasa seca de las gónadas y del índice de condición, observados a partir de julio 2008 en todos los grupos de tallas, coinciden con los incrementos de temperatura en el mes de agosto 2008, que oscilaron de 24 °C a 26-27 °C, para estabilizarse durante los meses de septiembre-octubre de 2008, hasta finales de noviembre 2008, cuando hubo un descenso hasta los 23 °C, en diciembre 2008; para aumentar nuevamente hasta finales de febrero 2009, observándose disminuciones de 21,1 °C en los meses de marzo y finales de mayo 2009. Las bajas temperaturas posiblemente permitieron la expulsión de gametos, ya que este factor puede controlar la maduración y desoves de los órganos reproductivos (Giese y Pearse, 1974).

La disponibilidad de alimento en contraste con la temperatura, probablemente no es un factor importante para *A. zebra* en el área de muestreo, ya que como se sugiere no es limitante. Si bien no se registraron elevados valores de biomasa fitoplanctónica, éstos, generalmente, se mantuvieron por encima de 0,5 µg.l⁻¹, lo cual representa una constante

disponibilidad de alimento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por García (1987), quien realizó un estudio sobre el ciclo anual de reproducción en esta especie en los bancos naturales de Punta Arena, isla de Cubagua y las Cabeceras de isla de Coche, concluyendo que la temperatura ejerce mayor influencia sobre el proceso reproductivo de *A. zebra*. Sin embargo, Saint-Aubyn *et al.* (1999) señalaron que el factor ambiental de mayor importancia en esta especie es la disponibilidad de alimento.

Relación de las variables ambientales con el índice de condición

No se observó en los organismos del grupo I, una influencia determinante del IC con la temperatura que es negativa aparentemente, pero la clorofila *a* y la salinidad si se correlacionaron siendo significativo (*) y muy significativo (**), respectivamente; mientras, que en los ejemplares de los grupos II y IV el IC mostró asociación significativa (*) y altamente significativa (***) con la temperatura, respectivamente y los del grupo III revelaron una asociación negativa con la clorofila *a*, la cual fue significativa (*) y positiva con la temperatura, siendo altamente significativa (***); indicando la influencia que ejercen las variables ambientales sobre la fisiología de *A. zebra* (Cuadro 1).

La pepitona, *A. zebra* manifiesta que su condición fisiológica es dependiente de factores endógenos como la reproducción y de exógenos como la interacción con variables ambientales de los ecosistemas marinos donde habitan, principalmente la temperatura, fuertemente influenciada por los fenómenos de surgencia en la zona.

CONCLUSIONES

La biomasa seca de las gónadas y el índice de condición en organismos > 30,0 mm estuvieron asociados con las oscilaciones de la temperatura, lo que señala a esta variable ambiental como el principal modulador de la reproducción en *A. zebra*.

Ejemplares de *A. zebra* mayores de 50,0 mm, presentaron condiciones óptimas en su desarrollo, lo que señalaría que a partir de

esta talla, se podría comenzar la explotación comercial para el consumo.

Dos períodos pueden ser considerados como los más apropiados para la explotación comercial del recurso pepitona, junio-septiembre y noviembre de cada año.

LITERATURA CITADA

- Acosta, V., A. Prieto y C. Lodeiros. 2006. Índice de condición de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) bajo un sistema suspendido de cultivo en la Ensenada de Turpialito, golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 24: 177-192.
- Arias de Díaz, A., R. Guzmán, R. Jiménez y R. Molinet. 2002. La pesquería de la pepitona, *Arca zebra*, en Chacopata, estado Sucre, Venezuela: Un análisis bioeconómico. *Zootecnia Trop.* 20: 49-67.
- Arrieche, D., B. Licet, N. García, C. Lodeiros y A. Prieto. 2004. Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), del morro de Guarapo, Venezuela. *Interciencia.* 27: 613-619.
- Bayne, B. 1976. Aspects of reproduction in bivalve mollusca. En: Wiley, M. (ed.). *Estuarine Processes.* Academic Press, London. Vol. 1. pp. 432-448.
- Caballero-Cruz, A., J. Cabrera-Peña y S. López. 1996. Descripción del crecimiento y madurez sexual de una población de *Crassostrea columbiensis* (Mollusca: Bivalvia). *Rev. Biol. Trop.* 44: 335-339.
- Carritt, D. and J. Carpenter. 1966. Comparisons and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea-water. *J. Mar. Res.* 24: 286-318.
- Cruz, S. 1982. Variación mensual del índice de condición del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 30: 1-4.
- Cruz, R. and C. Villalobos. 1993. Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 175-179.
- Ferráz-Reyes, E. 1987. Productividad primaria del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog.* 26: 97-110.
- Galsoff, P. 1959. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish Bull. Serv. U. S.*, 64: 1-480.
- García, C. 1987. Estudio sobre el ciclo anual de reproducción e índice de engorde de la pepitona *Arca zebra* Swainson, 1833 (Mollusca: Bivalvia) en los bancos naturales de Punta Arenas, isla de Cubagua y las Cabeceras de la isla de Coche. Tesis de Pregrado. Universidad e Oriente. Isla de Margarita, Venezuela. 95p.
- Giese, A. and J. Pearse. 1974. Introduction: General principles. En: "Reproduction of Invertebrates". Vol. I. Academic Press, New York. pp 1-49.
- Gosling, E. 2003. Bivalve molluscs; Biology and culture. *Fishing News Books.* Blackwell Science. 443 p.
- INSOPECA. 2012. Instituto Socialista de la Pesca y la Acuicultura, Ministerio de Agricultura y Tierras. Producción nacional pesquera 2011. Caracas.
- Jiménez, R. 1999. Análisis y evaluación del recurso pepitona, *Arca zebra* en el banco de Chacopata. Memorias del taller venezolano sobre aprovechamiento y comercialización de moluscos bivalvos, isla de Margarita. pp. 100-103.
- Lista, M. 2005. Influencia de factores ambientales en la reproducción de la pepitona, *Arca zebra* Swainson, 1833 (Mollusca: Bivalvia), en el banco natural de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Tesis de grado M.Sc. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 47 p.
- Lista, M., C. Lodeiros, A. Prieto, J. Himmelman, J. Castañeda, N. García and C. Velásquez. 2006. Relation of the seasonal changes in the mass of the gonad and somatic tissues of the zebra ark shell *Arca zebra* to

- environmental factors. J. Shell. Fish. Res. 25: 969-973.
- Lodeiros, C. and J. Himmelman. 1999. Reproductive cycle of the bivalve *Lima scabra* (Pterioidea: Limidae) and its association with environmental conditions. Rev. Biol. Trop. 3: 411-418.
- Lodeiros, C., A. Maeda-Martínez, L. Freitas. E. Uribe. D. Lluch y M. Sicard. 2001. Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y acuicultura A. N. Maeda-Martínez (ed.). **En:** Ecofisiología de pectínidos iberoroamericano. Cap. 4: 77-88.
- Mora, J. 1985. Distribución por tallas, ciclo gonádico e índice de engorde de la pepitona *Arca zebra*, Boca de Río, Isla de Margarita. Tesis de Pregrado. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 95p.
- Nakal, A. 1979. Contribución a la ecología de la pepitona *Arca zebra* (Swainson, 1833). Aspectos gametogénicos. Tesis de Pregrado. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 85p.
- Prieto, A. y M. Saint-AubyN. 1998. Crecimiento del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1883), en Chacopata estado Sucre, Venezuela. Saber. 11: 14-19.
- Prieto, A., L. Ruíz, N. García y M. Álvarez, M. 2001. Diversidad malacológica en una comunidad de *Arca zebra* (Mollusca: Bivalvia) en Chacopata, estado Sucre, Venezuela. Rev. Biol. Trop. 49: 591-598.
- Ruíz, E., J. Cabrera, R. Cruz y J. Palacios. 1998. Crecimiento y ciclo reproductivo de *Polymesoda radiata* (Bivalvia: Corbiculidae) en Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 46: 643-648.
- Saint-Aubyn, M., A. Prieto y L. Ruíz. 1999. Producción específica de una población del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1883), en la costa nororiental del estado Sucre, Venezuela. Acta Cient. Vzlna. 50: 15-23.
- SARPA. 1996. Servicio Autónomo de Recursos Pesqueros y Acuícola. Estadísticas del subsector pesquero y acuícola de Venezuela 1990-1995. Caracas.
- Strickland, J. and T. Parson. 1972. A practical Handbook of seawater analysis. J. Fish. Res. B. Can. 167: 1-310.
- Ward, J. and B. Macdonald. 1996. Preingestive feeding behaviors of two subtropical bivalves (*Pinctada imbricata* and *Arca zebra*): responses to an acute increase in suspended sediment concentrations. Bull. Mar. Scien. 59: 417-432.