

Descripción y variación mensual de las etapas reproductivas de la pepitona *Arca zebra* (Swainson, 1833) en el banco de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, Venezuela

María Lista¹, Antulio Prieto¹, Carlos Velásquez¹, César Lodeiros², Vanessa Acosta^{1*}, Yelipza Longart¹ y Gilma Hernández³

¹Universidad de Oriente (UDO). Escuela de Ciencias. Departamento Biología. Cumaná, Sucre. Venezuela.

*Correo electrónico: vanessaacosta@yahoo.com.

²UDO. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Laboratorio de Acuicultura, Departamento Biología Pesquera. Cumaná, Sucre. Venezuela.

³UDO. Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCA). Cumaná, Sucre. Venezuela.

RESUMEN

Se estudió la variación mensual (12 meses) de las etapas reproductivas e histológicas en ejemplares adultos de *Arca zebra*, recolectados en el banco natural de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. Las características histológicas del tejido gonadal se describieron en función de los siguientes estadios reproductivos: reposo (0), inicio de la madurez (I), madurez total (II), desove parcial (III), desove total y degeneración (IV). No se encontraron diferencias significativas en la proporción total de sexos, aunque este parámetro difirió significativamente de una relación 1M:1H en algunos meses. La especie presenta asincronía en la maduración de los folículos, sin embargo, el análisis cuantitativo reveló que los estadios II y III estuvieron presentes durante todo el período de muestreo. Se observaron los cinco estadios de maduración gonadal en hembras, pero solamente los estadios I al III en machos. Las frecuencias de los estadios se relacionaron con las variaciones significativas que presentaron los promedios mensuales del diámetro de los folículos y del lumen en ambos sexos. El diámetro promedio de los óvulos maduros fue de $6,00 \pm 0,11 \mu\text{m}$, presentando su máxima proporción en el estadio II. El incremento del estadio II, observado desde julio hasta septiembre 2002, se correlacionó con aumentos de temperatura, mientras que el incremento del estadio III coincidió con disminuciones de temperatura observados desde octubre de 2002 hasta enero de 2003. Tanto la salinidad como la concentración de clorofila a mostraron escasa variación durante el estudio, indicando que no son factores limitantes durante el proceso reproductivo de la especie. Se concluye que las alteraciones en la temperatura del agua parecen ser el principal factor asociado a las variaciones en el ciclo reproductivo en *A. zebra*.

Palabras clave: *Arca zebra*, estadios reproductivos, factores ambientales, maduración sexual.

Description and monthly variation in reproductive stages of the clam *Arca zebra* (Swainson, 1833) in the Chacopata bank, Araya peninsula, Sucre state, Venezuela

ABSTRACT

Monthly variation (12 months) in reproductive stages and histology in adult specimens of *Arca zebra* harvested from natural bed of Chacopata, Sucre state, Venezuela were studied. The histological characteristics of gonadal tissue were described according to their reproductive stages: resting (0), onset of maturity (I), total maturity (II), partial spawning (III), total spawning and degeneration (IV). There were no significant differences in the total proportion of sexes, although there was significant differences in the 1M:1F relation in some months. The species presents asynchrony in the maturation of the follicles, however, quantitative analysis shows that while stages II

and III were present throughout the sampling period. Males were observed in stages 0 and IV, but in females. Changes in the frequency of the stages were associated with significant variations presented the monthly mean diameter of follicles and the lumen in both sexes, were always higher in females. The average diameter of mature eggs was $5,88 \pm 0,11 \mu\text{m}$, showing its highest proportion in stage II. The increase in stage II observed from July to September 2002 was correlated with increases in temperature, while the increase of stage III coincides with the observed temperature decreases from October 2002 to January 2003. Salinity showed little variation, and the chlorophyll remained constant during the study, indicating that there is a limiting factor, so it is suggested that temperature is the main factor associated with reproductive changes in *A. zebra*.

Keywords: *Arca zebra*, reproductive stages, environmental factors, sexual maturation.

INTRODUCCIÓN

La reproducción de moluscos bivalvos marinos en aguas templadas ha sido objeto de numerosas investigaciones, mientras que en el trópico este aspecto ha sido poco estudiado. De las especies de bivalvos marinos tropicales en Venezuela, la pepitona, *Arca zebra*, (Swainson, 1833), ha tenido especial atención debido a la importancia económica que reviste para el país, particularmente por ser el segundo rubro en producción en el estado Sucre después de la sardina (Mendoza, 1999). La explotación de pepitonas es una actividad realizada en poblaciones de la región noreste de la península de Araya, donde la mayoría de sus habitantes obtienen ingresos económicos de la captura, procesamiento y comercialización de esta especie.

Estudios realizados en el nororiente de Venezuela en relación a aspectos reproductivos de *A. zebra*, han establecido una escala de madurez sexual de cinco estadios (Nakal, 1979), ocurriendo la diferenciación sexual primero en los machos y altos índices de engorde desde enero hasta abril (Mora, 1985). Por su parte, García (1987) estudió el ciclo reproductivo, encontrando predominio de madurez total y altos índices de engorde para los meses de junio y julio en tallas superiores a los 60 mm.

Esta especie, también presenta una producción individual máxima de tejido seco entre los 6 y 9 meses de edad (Saint-Aubyn *et al.*, 1999). En el banco de Chacopata, se ha evaluado la influencia de los factores ambientales sobre el tejido gonadal y somático de este bivalvo señalando que los valores de la masa seca de las gónadas estuvieron asociadas con las oscilaciones de la temperatura (Prieto y Saint-Aubyn, 1998; Lista *et al.*, 2006). Dada la importancia

económica de esta especie, en la presente investigación se describen las etapas reproductivas y su variación mensual en el banco de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, con el objetivo de contribuir con el conocimiento de la biología reproductiva de esta especie y aportar datos que permitan hacer un manejo sustentable basado en su ciclo reproductivo y los factores ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre junio de 2002 y junio de 2003 se recolectaron, mensualmente ejemplares adultos de la pepitona, *Arca zebra* (>70 mm), en el banco natural de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, Venezuela entre las coordenadas $10^{\circ} 42' - 10^{\circ} 46' \text{ N.}$ y $63^{\circ} 46' - 63^{\circ} 54' \text{ W.}$ Las capturas se realizaron con una rastra de 120 x 86 cm a una profundidad aproximada de 8 m. Los moluscos fueron colocados en contenedores isotérmicos con una temperatura entre 10 y 15°C , para evitar la inducción al desove por “shock” térmico.

Los estadios reproductivos se analizaron siguiendo la técnica de Howard y Smith, (1983), haciendo cortes de 5 y 9 μm de espesor, con micrótopo marca Leica modelo rm2035 y coloreándolos con Hematoxilina de Harris y Eosina. Posteriormente, utilizando un microscopio de luz Olympus BMAX-50, se identificaron los estadios de maduración en machos y hembras, tomando como referencia la clasificación de Nakal (1979); la cual consiste en la identificación de los siguientes estadios gonádicos: reposo (0), inicio de la madurez (I), madurez total (II), desove parcial (III), desove total y degeneración (IV). El estado de desarrollo gonádico fue determinado tomando en cuenta el estadio predominante en los folículos (Vélez, 1975; Marcano, 1984).

Para caracterizar el grado de desarrollo histológico en los ejemplares machos, se midió el diámetro de los folículos, del lumen y de la altura del epitelio, mientras que en las hembras se midió el diámetro de los folículos, del lumen y el de los ovocitos, con un microscopio de luz, Olympus, BMAX-50. Las fotomicrografías se transfirieron al computador con una tarjeta capturadora de imágenes Dazzle 50 y se analizaron con el software Sigma Scan Pro (versión 5). Los parámetros cuantitativos permitieron caracterizar el estado de los ejemplares. Tanto en hembras como en machos la caracterización de los parámetros histológicos, por estadio y por mes, se realizó con el 20% de los folículos y ovocitos presentes en los cortes.

Factores ambientales

La temperatura del área fue monitoreada diariamente en el sitio de extracción de las muestras a intervalos de 30 min con un termógrafo (Sealog, Vemco Canadá). Sin embargo, por fallas electrónicas del termógrafo sólo se registraron datos en el segundo semestre del 2002. Los datos del primer semestre del 2003 fueron suministrado por medio de satélite, previamente procesados por métodos matemáticos. La biomasa fitoplanctónica, representada por la clorofila *a* (Strickland y Parson, 1972), se determinó mediante la toma semanal por triplicado de muestras de agua de mar en el sitio de captura de los ejemplares, con una botella de Niskin de 5 l de capacidad, las cuales fueron transvasadas a envases plásticos y transportadas al laboratorio.

La salinidad se comprobó por el método de conductividad eléctrica usando un salinómetro inductivo de 0,001 de precisión, marca KHALICO 118WC200.

Análisis Estadísticos

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva y el análisis de varianza simple, con la finalidad de determinar las diferencias existentes en las variables, folículo y lumen de la pepitona *A. zebra*, tomando como factores los meses y estadios; así mismo, la frecuencia de machos y hembras por meses. También se aplicó un análisis de correlación de la sumatoria de los porcentajes mensuales en ambos sexos del estadio de máxima gametogénesis (II) con los factores ambientales (Sokal y Rohlf, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diámetro de los ovocitos fue mayor en el estadio II ($5,88 \pm 0,11$) y menor en 0 ($3,25 \pm 0,36$; Cuadro). El diámetro del folículo en hembras también fue mayor en el estadio II ($28,98 \pm 1,17$), mientras que en los machos en el estadio I ($19,71 \pm 5,39$). Es de resaltar que no se encontraron machos en estadios 0 y IV. Con respecto al diámetro del lumen, en las hembras alcanzó un máximo valor en el estadio 0 ($24,86 \pm 7,41$) y en los machos en el estadio III ($7,79 \pm 0,70$). El diámetro del lumen en el estadio II no pudo ser medido, debido a que estaba totalmente lleno de gametos sexuales.

Cuadro. Diámetro (promedio $\pm$ EE) de ovocitos (μm), folículo y lumen en hembras y diámetro del lumen, folículo y altura del epitelio en machos en los diferentes estadios reproductivos (0, I, II, III y IV) de la pepitona *Arca zebra*, en la localidad de Chacopata, estado Sucre, Venezuela.

	Estadios reproductivos				
	0	I	II	III	IV
Ovocitos (♀)	$3,25 \pm 0,36$	$4,84 \pm 0,28$	$5,88 \pm 0,11$	$5,55 \pm 0,14$	$3,79 \pm 0,19$
Folículo (♀)	$25,45 \pm 7,33$	$17,16 \pm 1,07$	$28,98 \pm 1,17$	$27,46 \pm 0,01$	$23,01 \pm 1,98$
Lumen (♀)	$24,86 \pm 7,41$	$4,03 \pm 1,00$		$12,48 \pm 0,62$	$21,53 \pm 2,14$
Lumen (♂)		$5,80 \pm 0,91$		$7,79 \pm 0,70$	
Folículo (♂)		$19,71 \pm 5,39$	$25,22 \pm 1,72$	$22,27 \pm 1,79$	
Altura de epitelio (♂)		$6,89 \pm 2,61$		$9,08 \pm 0,68$	

Proporción sexual

Debido a que se examinaron ejemplares con tallas mayores de 70 mm de longitud, no se obtuvo diferencias significativas en la frecuencia sexual de la población en general, a causa que el 48,03% fueron machos y el 51,97% hembras ($P>0,05$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en algunos meses de muestreo ($P<0,05$), ya que, los machos dominaron en junio y diciembre de 2002; y enero, febrero y abril de 2003; mientras que las hembras fueron más numerosas en julio, octubre, noviembre de 2002; y mayo y junio de 2003. Sólo en agosto y septiembre 2002 y marzo de 2003, la proporción de sexos en adultos fue equilibrada (Figura 1).

Escala de madurez sexual

Estadio 0, reposo: está representado por gónadas que han concluido la expulsión de sus gametos, con folículos prácticamente vacíos, según sea el grado de inactividad (Figura 2a).

En las hembras, donde sólo fue observado este estadio, existen pocas ovogonias en el epitelio germinal y ovocitos residuales, provenientes del desove total. Las ovogonias son pequeñas, redondeadas y se encuentran adosadas a la pared folicular. El número de folículos es reducido con un espacio interfolicular bien desarrollado (Figura 2b).

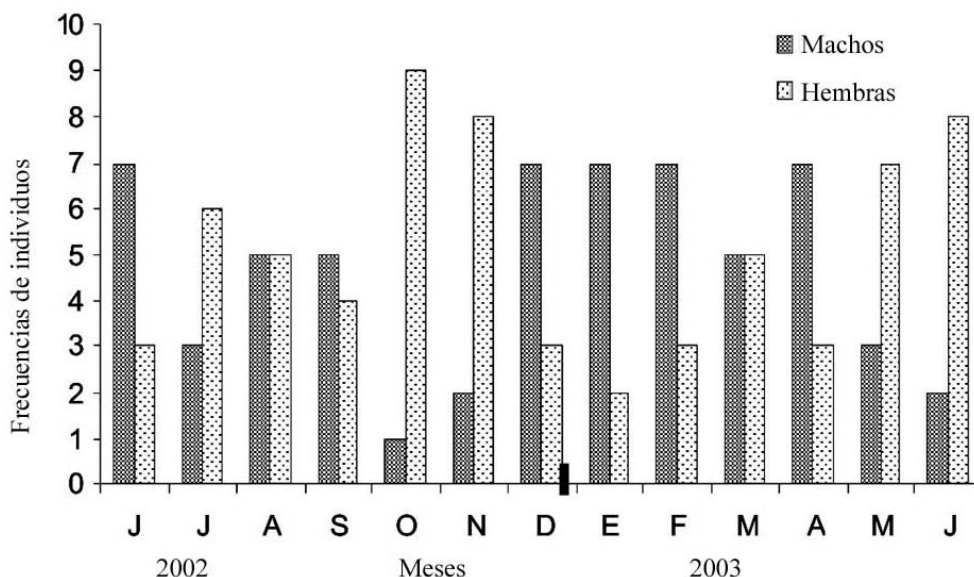
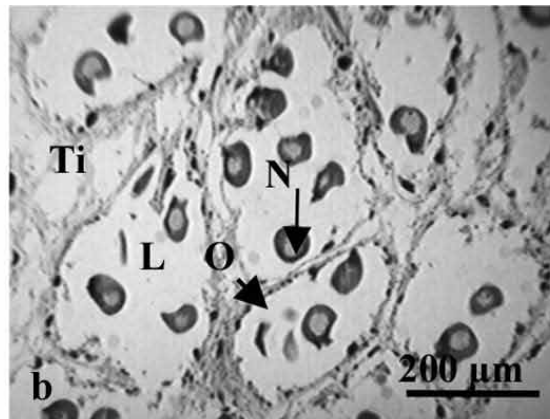
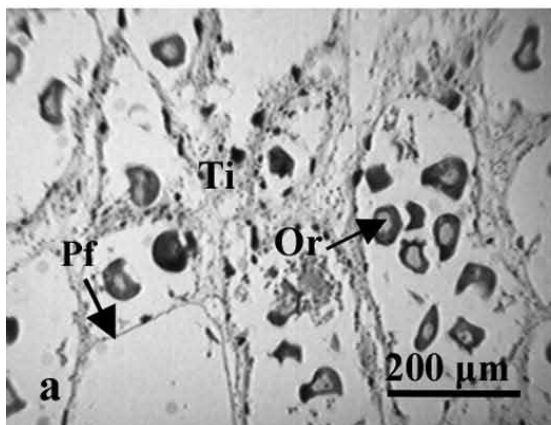


Figura 1. Frecuencias de machos y hembras por mes de *Arca zebra* en el banco del Morro de Chacopata, estado Sucre, Venezuela.



Figuras 2a y b. Fotomicrografías de gónada de *Arca zebra*. Hembra en reposo (0). Folículos casi vacíos y abundante tejido interfolicular. Pared folicular (Pf), tejido interfolicular (Ti), ovocitos residuales (Or), núcleo (N), Ovogonias (O) y lumen (L).

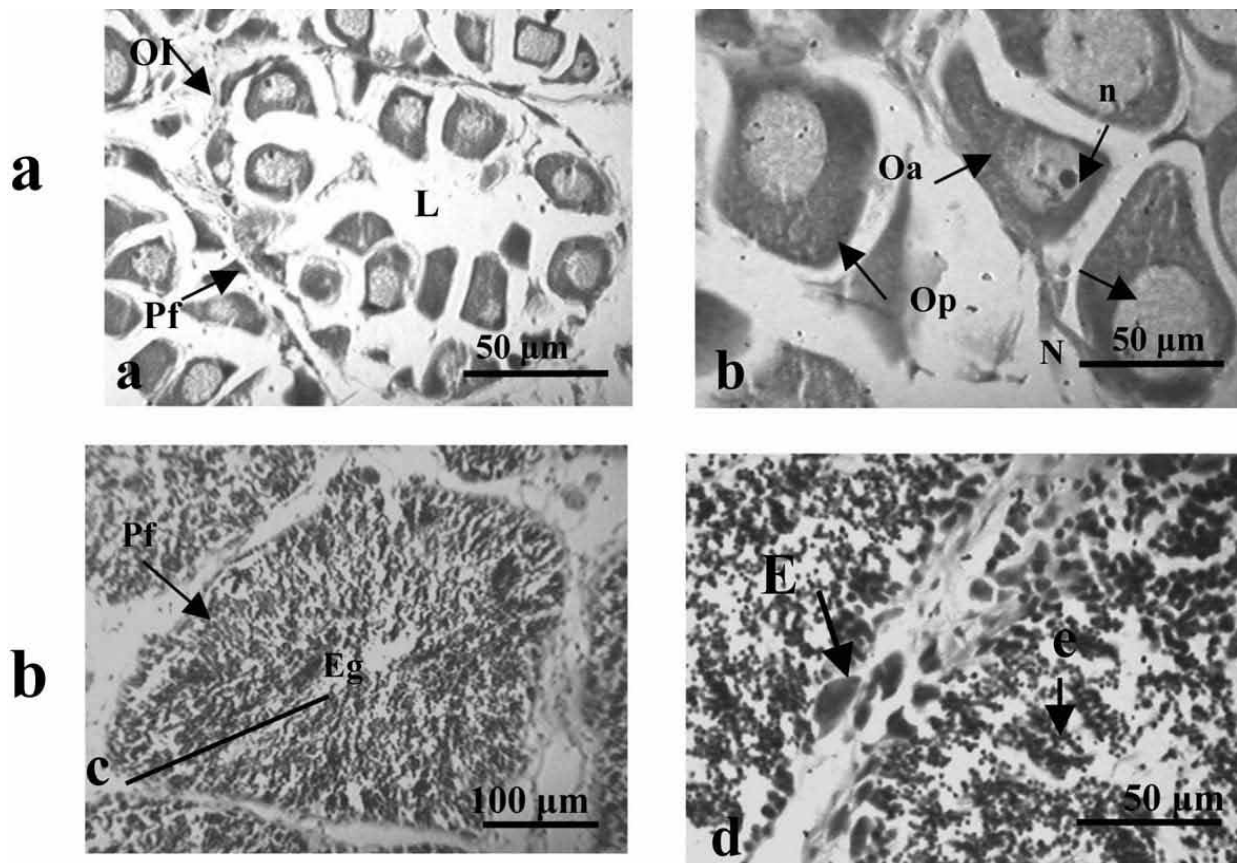
Estadio I, inicio de la madurez: durante este período, las gónadas están más desarrolladas y los folículos todavía no están llenos de células sexuales (Figuras 3a y 3c). El porcentaje de espacio interfolicular es menor que en el estadio 0 y se observa difuso. El número de folículos aumenta y el engrosamiento del epitelio germinal es evidente con más del 30% de los gametos libres en los folículos. La membrana basal es semidelgada debido al desarrollo de las células gonadales dentro de cada uno de los folículos. Al inicio, las ovogonias por medio de la meiosis dan origen a los ovocitos previtelogénicos que se diferencian por su forma circular, aunque algunas se adosan a la membrana basal por un pequeño pedúnculo (Figura 3b).

Los ovocitos previtelogénicos presentan un citoplasma con núcleo homogéneo granulado y algunos atrésicos, a causa de la liberación de enzimas hidrolíticas que se produce al momento de la lisis ovocitaria.

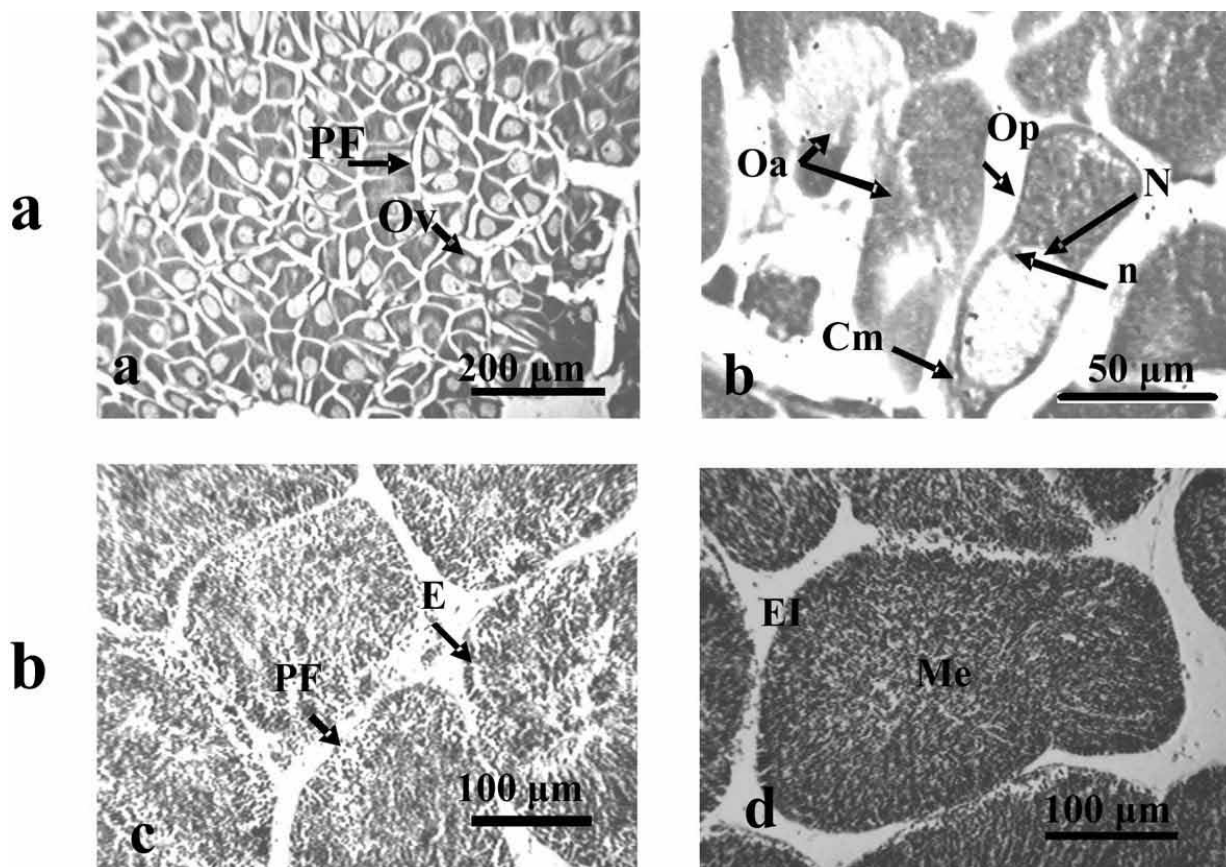
Los machos mostraron espermatoцитos en un grado más avanzado de crecimiento y número (Figura 3d). Las formaciones en columnas sencillas son más densas y en mayor cantidad con masas de espermátidas, y presencia de esperma en el lumen.

Estadio II, madurez total: los folículos en esta etapa se caracterizan por alcanzar máximas dimensiones, con paredes llenas de gametos sexuales, ocupando más del 50% del área total de la gónada (Figuras 4a y 4c). Sin embargo, el tejido interfolicular es disminuido, pero aún con pequeños espacios interfoliculares. Los ovocitos previtelogénicos entran en vitelogénesis (maduración) y llenan todo el folículo, con formas redondeadas, poliédricas y pedunculadas, por la presión en el interior del mismo (Figura 4b).

Los ovocitos vitelogénicos presentan un núcleo prominente, con uno o dos nucleolos pequeños y un citoplasma denso.



Figuras 3a-d. Fotomicrografías de gónada de *Arca zebra*. Hembra (A) y macho (B) en inicio de la madurez (I). Los folículos todavía no están llenos de células sexuales y su pared se encuentra más engrosada. Pared folicular (Pf), ovocito pedunculado o previtelogénico (Op), ovocito atrésico (Oa), Ovocito inmaduro (OI), núcleo (N), nucleolo (n), lumen (L), epitelio germinal (Eg), espermatozonias (E) y espermatoцитos (e).



Figuras 4a-d. Fotomicrografías de gónada de *Arca zebra*. Hembra (A) y macho (B) en madurez total (II), con folículos completamente llenos de células maduras y tejido inter-folicular escaso. Pared folicular (PF), ovocito vitelogénico (Ov), ovocito atrésico (Oa), ovocito pedunculado (Op), cono mitocondrial (Cm), núcleo (N), nucleolo (n), espacio interfolicular (EI), espermatogonias (E) y masa espermática (Me).

Los espermatocitos maduros se encuentran en el centro del lumen y su disposición abarca el folículo de manera compacta, con una distribución acanalada en el centro, típico de esta fase. Se observan numerosas espermatogonias y una ligera deformación en la pared folicular (Figura 4d).

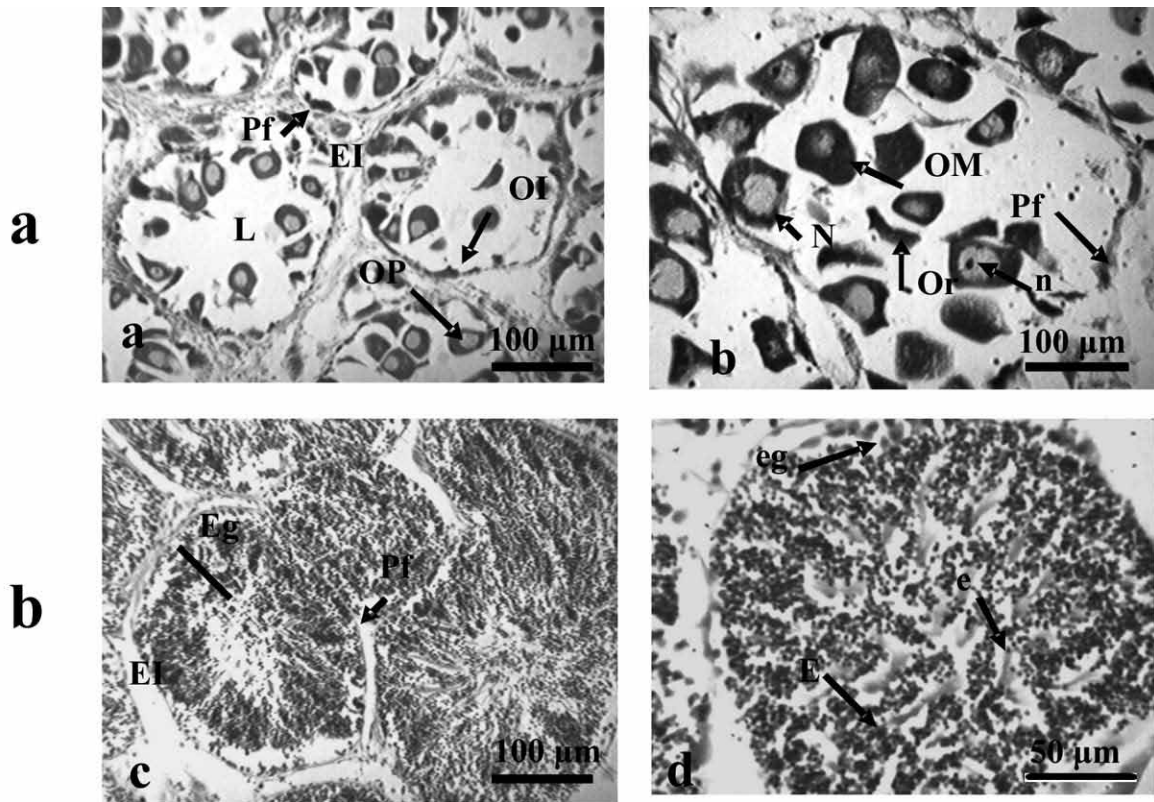
Estadio III, desove parcial de los gametos: los folículos lucen parcialmente vacíos, aunque algunos están próximos a vaciarse completamente y con paredes comprimidas (Figuras 5a y 6c). El espacio interfolicular es escaso e imperceptible y las gónadas tienen apariencia flácida.

El diámetro del folículo y la altura del epitelio disminuyen ligeramente. Los ovocitos vitelogénicos maduros están en el centro del lumen y puede haber folículos desovados y otros en maduración. Algunos folículos todavía presentan ovocitos maduros, pero menos numerosos que en la fase anterior (Figura 5b).

En machos, los folículos contienen gran cantidad de espermátidas y células jóvenes aún en desarrollo, los folículos lucen parcialmente vacíos y sus paredes se encuentran comprimidas. Las espermatogonias y los espermatocitos se desarrollan continuamente a lo largo de la membrana basal (Figura 5d).

Estadio IV, desove total y regresión: las gónadas en este estadio, se hallan desovadas y los folículos vacíos con la presencia de restos celulares (Figura 6a).

Se observa un aumento del espacio interfolicular a medida que los folículos expulsan las células sexuales y después del desove. Los folículos tienden a deformarse con paredes delgadas y fragmentadas, y pocos ovocitos maduros citolizados (Figura 6b); aunque se encuentran ovogonias en fases tempranas de desarrollo, las cuales no completan su desarrollo, ya que son reabsorbidas.



Figuras 5a-d. Fotomicrografías de gónada de *Arca zebra*. Hembra (A) y macho (B) en estadio III o evacuación parcial de gameto, con folículos dilatados en los que se observa algunos ovocitos maduros en el lumen y pedunculados adosados a la pared del folículo. Pared folicular fragmentada (Pff), pared folicular (Pf), ovocitos pedunculado (OP), ovocitos maduros (OM), ovocito inmaduros (OI), Ovocitos residuales (Or), núcleo (N), nucleolo (n), espacio interfolicular (EI), lumen (L), espermatocito (E), espermatozoides (e), espermatogonias (eg) y epitelio germinal (Eg).

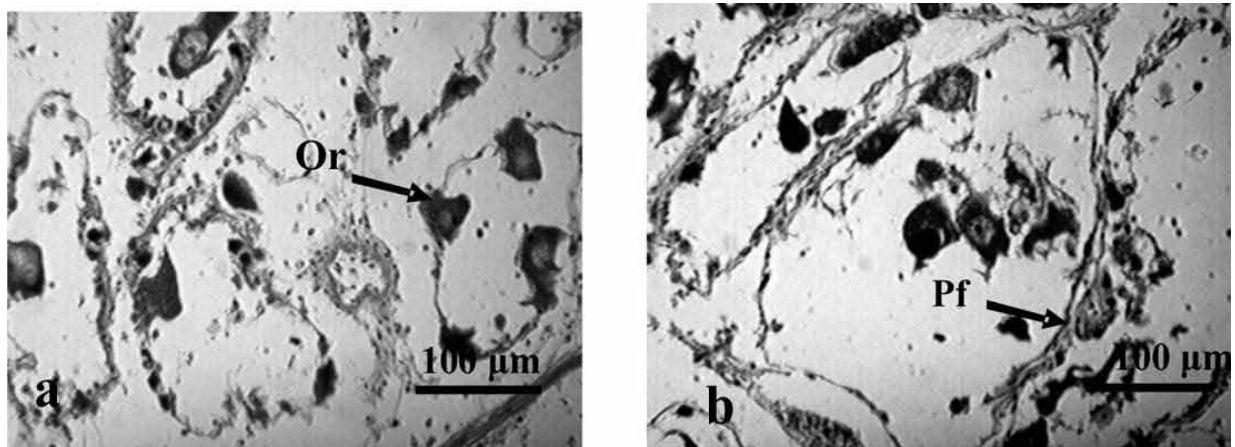


Figura 6a y b. Fotomicrografías de gónada de *Arca zebra*. Hembra en evacuación total de los gametos y regresión (IV), donde los folículos presentan restos celulares y pared folicular en fase de destrucción. Ovocitos residuales en reabsorción (Or) y pared folicular degenerada (Pf).

La mayoría de los folículos vacíos presentan paredes muy delgadas y fragmentadas. Este estadio fue difícil caracterizarlo en los machos.

Variaciones mensuales en los parámetros histológicos

El promedio mensual del diámetro de los folículos en ambos sexos presentó variaciones significativas en las hembras ($P < 0,05$), y en los machos ($P < 0,05$), con máximos valores entre septiembre y noviembre 2002 y mínimos en junio 2002 y enero, 2003 para ambos sexos (Figura 7a). En machos se determinó un promedio de $24,6 \pm 7,8$ (EE) μm con valores máximos en septiembre y octubre, 2002 y mínimos en febrero 2003. El diámetro del lumen también presentó variaciones significativas en hembras ($P < 0,05$), pero no en machos ($P > 0,05$), con valores máximos en hembras desde diciembre 2002 hasta mayo 2003 y mínimos entre agosto y noviembre 2002 (Figura 7b).

El promedio mensual de la altura del epitelio germinal de los folículos en machos presentó un promedio mensual de $5,6 \pm 7,1$ μm , con variaciones mensuales significativas ($P < 0,05$), un valor máximo en octubre 2002 ($12,91 \pm 1,79\mu\text{m}$) y mínimos en septiembre y noviembre 2002, con escasa variabilidad desde enero hasta junio 2003 (Figura 7c). El diámetro promedio de los ovocitos maduros fue de $6,0 \pm 0,11\mu\text{m}$, observándose su mayor proporción en el estadio II.

Variación mensual del ciclo reproductivo

Durante los meses de estudio, se observaron individuos con diferentes estadios de madurez sexual. En las hembras el estadio 0 se observó sólo en los meses de noviembre y diciembre 2002, con un 16,67 % en cada uno, mientras que en machos este estadio no fue observado (Figuras 8a y b).

El mayor porcentaje de individuos machos en el estadio I, se observaron en junio 2002 (34,28%) y el menor en diciembre 2002 (5%). En las hembras, predominaron los mayores porcentajes en junio 2002 (33,33%) y los menores en enero y marzo 2003 con 20 % cada uno, con diferencias significativas en los porcentajes mensuales ($P < 0,05$) en ambos sexos.

En los machos los folículos totalmente llenos de espermatozoides o estadio II, se observaron en mayor proporción en septiembre (80%) y noviembre 2002 (85%) y los menores en octubre y diciembre 2002

con 20% cada uno; mientras que en las hembras con la mayoría de los folículos desarrollados y llenos de ovocitos los mayores porcentajes se observaron en agosto (50%) y noviembre 2002 (63,33%), y el menor se obtuvo en septiembre 2002 con 15%.

El desove parcial de los gametos (estadio III), ocurrió en los machos en octubre y diciembre 2002 con 80 y 75%, respectivamente y los más bajos valores porcentuales se obtuvieron en septiembre 2002 (20%). En las hembras este estadio mostró sus mayores porcentajes en los meses de septiembre 2002 y mayo 2003 con 85 y 80 %, respectivamente y los menores valores porcentuales en noviembre 2002 (20%).

En estos ejemplares los más altos porcentajes en cuanto al desove total de los gametos se observaron en febrero 2003 (60%) y el menor en diciembre 2002 con 16,67%. El estadio IV en las hembras se presentó en mayor proporción en agosto 2002 y febrero 2003, este estadio no se encontró en machos. Se observaron diferencias significativas entre los porcentajes de cada estadio entre los meses ($P < 0,05$) a excepción del estadio II en julio, agosto, octubre, noviembre del 2002 y enero, junio del 2003 ($P > 0,05$).

El ciclo gametogénico de *A. zebra* se caracterizó por presentar individuos con diferentes estadios gonádicos, sugiriendo que la especie presentó ciclos reproductivos en el año, con desoves parciales entre octubre y diciembre 2002, una rápida capacidad de recuperación en septiembre y noviembre 2002, y el inicio de una nueva formación de gametos entre enero y febrero 2003. Estos procesos reproductivos continuos y asincrónicos que ocurren en esta población se deben, principalmente, al solapamiento causado por los diferentes estadios reproductivos.

Esta conducta reproductiva ha sido reportada en *Crassostrea rizophorae* (Vélez, 1976), *Tivela mactroides* (Prieto, 1977), *Pinctada imbricata* (Marcano, 1984) y *Perna viridis* (Marcano, 2004, Acosta *et al.*, 2009); la cual a su vez coincide con lo señalado por Giese (1959), quien indica que en el trópico los invertebrados marinos se caracterizan por presentar desoves prolongados la mayor parte del año. En áreas templadas por el contrario, existe una sincronización en las fases de maduración originado por los gradientes de temperaturas de los marcados cambios estacionales que se producen en la zona.

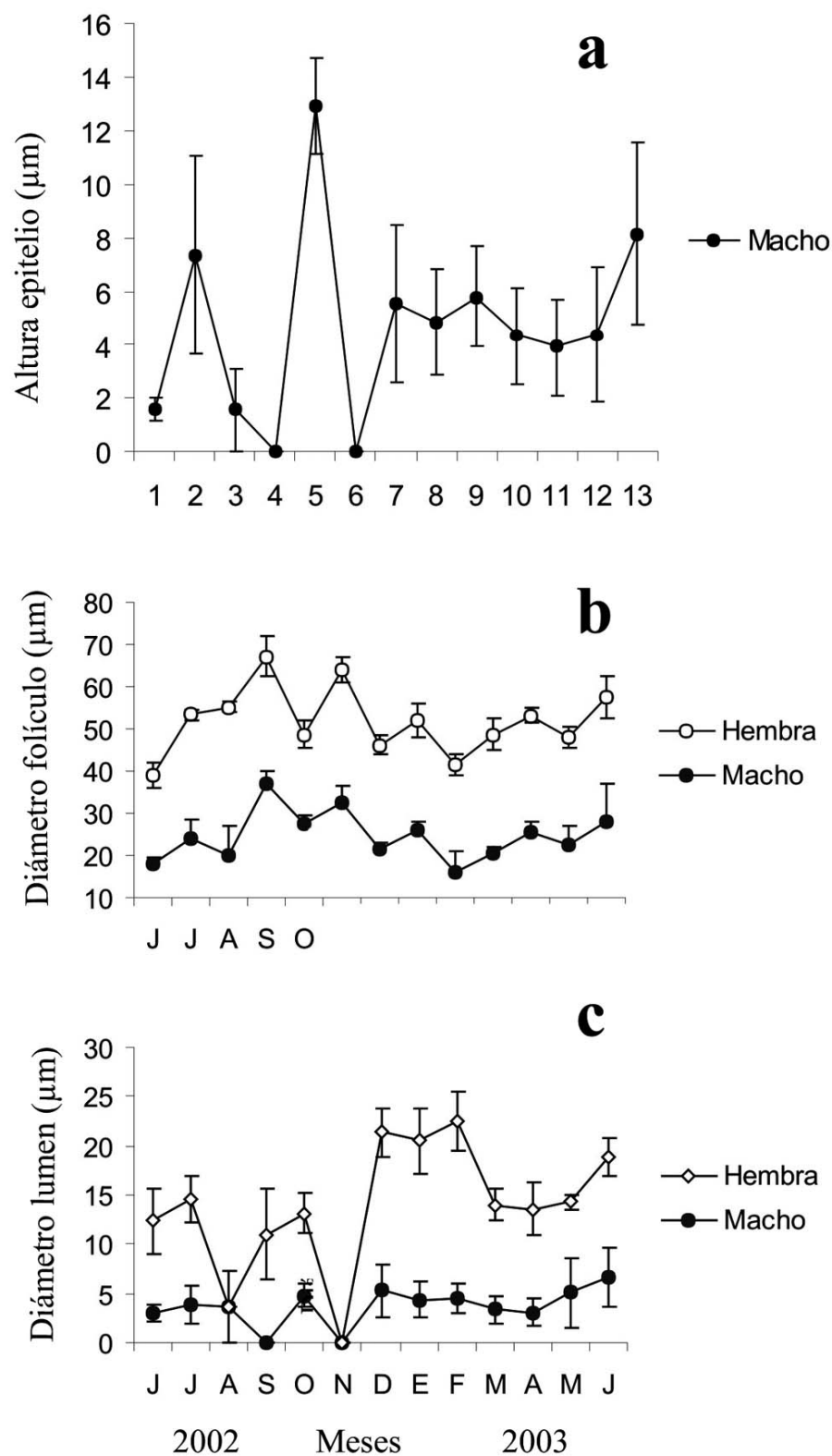


Figura 7. Variación mensual de la altura del epitelio en machos (promedio $\pm$ EE) (a), diámetro del folículo (b) y diámetro del lumen para machos y hembras (c) en la pepitona, *Arca zebra* de la localidad de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

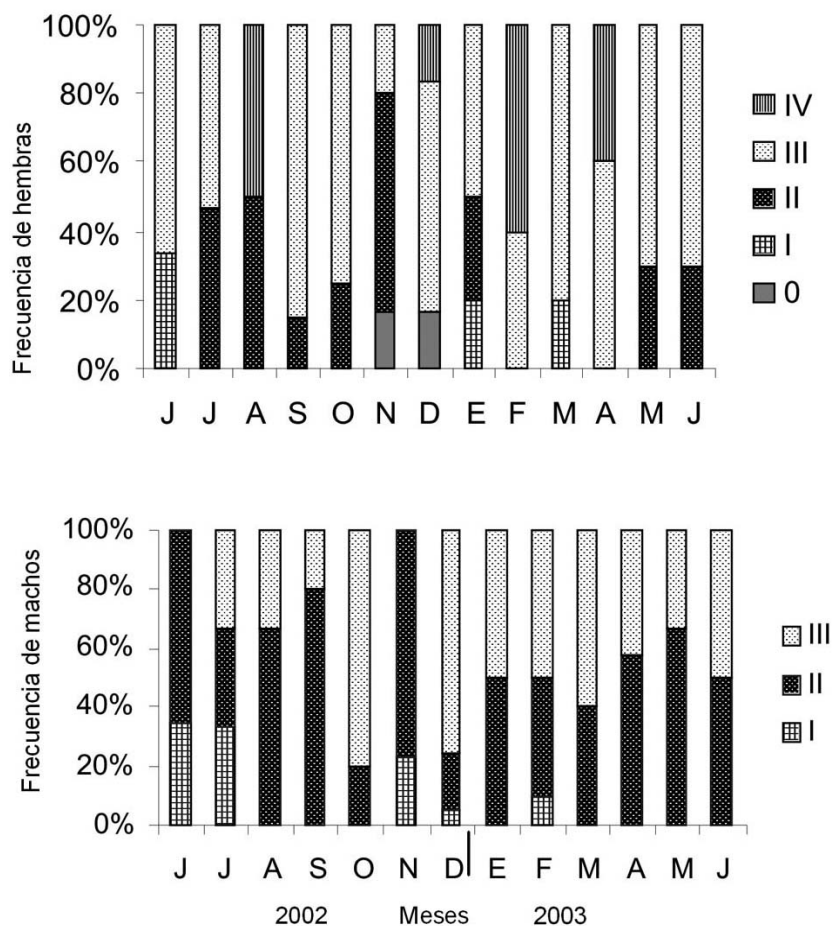


Figura 8. Frecuencia mensual de estadios de maduración sexual observada en hembras (a) y machos (b) de la pepitona *Arca zebra*, en la localidad de Chacopata, estado Sucre, Venezuela.

Factores ambientales

La temperatura mostró incrementos desde junio hasta agosto 2002 cuando pasó de 24°C a 26-27°C, manteniendo altos valores durante los meses de septiembre y octubre. A partir de octubre disminuyó hasta los 23°C a mediados de diciembre 2002 experimentando nuevamente aumentos menores desde enero hasta finales de febrero 2003 en comparación con el segundo semestre 2002. Desde de este momento disminuye bruscamente en marzo y mayo 2003 (Figura 9a). La salinidad se mantuvo con diferencias menores a los 2 ‰, oscilando entre los 36‰ y 38‰ (Figura 9b).

La clorofila *a* estuvo generalmente por encima de 1 µg/l, con picos aislados de 2,5 a 5 µg/l; los valores mínimos de 0,2 -1 µg/l se presentaron entre finales de agosto y noviembre 2002, coincidiendo con las temperaturas más elevadas (Figura 9c). El análisis de correlación de la sumatoria de los porcentajes

mensuales en ambos sexos del estadio de máxima gametogénesis (II) con los factores ambientales determinó que la temperatura está positivamente asociada con el proceso reproductivo de *A. zebra* ($r = 0,732$; $P < 0,05$).

Las estrategias de reproducción en relación a los factores ambientales, entre ellos, la temperatura, permiten adaptaciones locales de los invertebrados de la zona nororiental del país. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por García (1987), en bancos naturales de Punta Arenas, Isla de Cubagua y las Cabeceras, Isla de Coche, quien indica que la temperatura ejerce mayor influencia sobre el proceso reproductivo de *A. zebra*, aunque Saint-Aubyn *et al.* (1999) enfatizaron sobre la importancia de la disponibilidad de alimento en *A. zebra* al igual que en *Lima scabra* (Lodeiros y Himmelman, 1999), *Euvola (Pecten) ziczac* (Lodeiros y Himmelman, 2000) y en la pepitona roja, *Anadara notabilis* (Zapata, 2000).

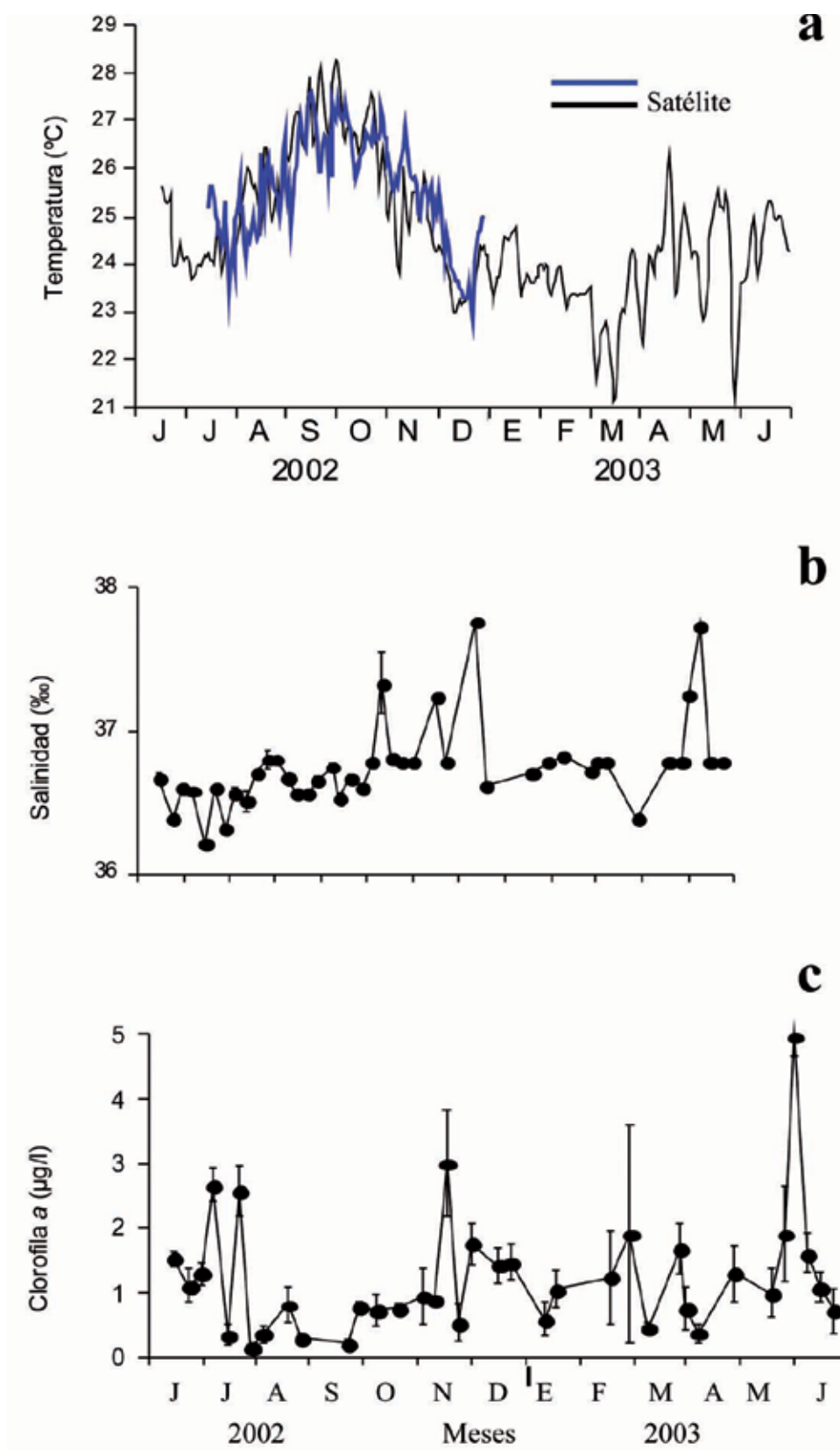


Figura 9. Variación mensual de la temperatura (a), salinidad (b) y la masa fitoplanctónica estimada por la clorofila a (c) del banco de pepitonas del Morro de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

La asociación positiva con la temperatura y su correlación con el índice gonadal reportada en *A. zebra* (Lista, 2005; Lista *et al.*, 2008), sugiere a este factor como el principal modulador de la reproducción en esta especie. Dicha asociación también ha sido reportada en otros organismos de importancia comercial del nororiente del país como *Lima scabra* (Lodeiros y Himmelman, 1999) y en *Perna perna* (Tejera *et al.*, 2000; Acosta *et al.*, 2009).

En cambio, los procesos reproductivos de *Lyropecten nodosus* (Vélez *et al.*, 1987) y *Pteria colymbus* (Márquez *et al.*, 2000), no muestran asociación alguna con la variación de la temperatura que se produce en el nororiente de Venezuela. Los valores de clorofila *a* en el Morro de Chacopata fueron en su mayoría superiores a 1 µg/l, lo que indica una constante disponibilidad de alimento en el medio, la cual es eficientemente utilizada por las pepitonas para su crecimiento y desarrollo gonádico, estos resultados coinciden con los señalados por Lista *et al.*, 2006.

Los bajos valores registrados de clorofila *a* entre agosto-septiembre 2002, coincidieron con incrementos de temperaturas, mientras que las disminuciones de este parámetros observadas entre enero-marzo, 2003 donde se obtuvieron bajos porcentajes de individuos maduros, sugieren que *A. zebra* durante el período de abundante disponibilidad de alimento, lo utilizan como fuente de energía para recuperar las reservas energéticas y emprender un período de desove parcial entre marzo-abril y posteriormente el de máximo desarrollo de la masa gonadal que culmina en octubre. Este último período se caracteriza por incrementos de temperatura, con valores por encima de 26°C en el cual la energía es canalizada hacia la reproducción, principalmente para que los ovocitos alcancen su madurez (Giese y Pearse, 1974; Vélez *et al.*, 1993).

La salinidad en la zona mostró escasa variación durante el año y no se encontró correlación con la variación de los estadios reproductivos de *A. zebra*, ni con las características histológicas de los folículos. Sin embargo, en ostras que habitan en ambientes de amplias fluctuaciones de salinidad como *Crassostrea virginica*, la gametogénesis y el crecimiento pueden inhibirse por bajas salinidades (Baqueiro-Cardenas *et al.*, 2007).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que la temperatura es el factor ambiental que modula la reproducción de *A. zebra*.

Esta especie muestra un comportamiento reproductivo asincrónico y continuo lo que le permite mantener un repoblamiento constante, lo cual es un elemento que permite explicar el mantenimiento de la intensa pesquería a la cual esta sometida la especie.

Por otro lado, conocer la influencia de factores ambientales sobre la reproducción de la pepitona, *A. zebra* representa un aporte para recomendar los períodos del año más adecuados para la explotación racional del recurso, los cuales serían junio-septiembre y noviembre de manera de que se conserven sus bancos naturales evitando la sobreexplotación y asegurando la administración del recurso a través del tiempo. En tal sentido, se concluye que la temperatura es el principal factor ambiental que influye en el comportamiento reproductivo de *A. zebra* en el banco de Chacopata.

CONCLUSIONES

A. zebra es una especie con características de reproducción protándrica, donde la mayoría de los juveniles son machos.

Existe asincronía en los folículos y el estadio dominante es la madurez total, donde se observa el mayor diámetro del folículo, ovocitos, y ausencia de lumen y epitelio germinal

Los valores de la masa seca de las gónadas estuvieron asociadas con las oscilaciones de la temperatura, lo que sugiere que esta variable ambiental es el principal modulador de la reproducción en *A. zebra*.

El comportamiento reproductivo asincrónico y continuo de *A. zebra* puede conducir a un repoblamiento constante, que asegura la conservación de la especie.

Se observaron tres estadios reproductivos en machos y cinco en hembras de *A. zebra* con una actividad gamética durante todo el año, con descensos en octubre y finales de diciembre, e incrementos desde finales de junio hasta mediados de septiembre y noviembre.

La influencia de factores ambientales en la reproducción de la pepitona, *A. zebra* representa un aporte para recomendar los períodos del año más adecuados para la explotación racional del recurso, (junio-septiembre y noviembre) de manera de preservar sus bancos naturales y conservarlos,

evitando su sobreexplotación de tal manera que se podría asegurar la administración del recurso a través del tiempo.

LITERATURA CITADA

- Acosta V., M. Glem, T. Urbano, Y. Natera, J. Himmelman, M. Rey Méndez y C. Lodeiros. 2009. Differential growth of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *J. World Aquacult. Soc.*, 40(2): 227-236.
- Baqueiro-Cardenas, E. and D. Aldana-Arana. 2007. Differences in the exploited oyster (*Crassostrea virginica*, Gmelin, 1791) populations from different coastal lagoons of the Gulf of Mexico. *Transit. Waters Bull.* 2: 21-35.
- 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 Licenciatura. Isla de Margarita. Venezuela. p 95.
- Giese, A. 1959. Comparative physiology: Annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Am. Rev. Physiol.*, 25: 575-577.
- Giese, A. and J. Pearse, 1974. Introduction: General principles. En "*Reproduction of Invertebrates*". Vol. I. Academic Press, New York. pp 1-49.
- Howard, D. and C. Smith. 1983. Histological techniques for marine bivalve mollusk. Technical Memorandum NMFS-F/NEC. pp 25-97.
- 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 Grado M.Sc. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p 85.
- Lista, M., C. Lodeiros, A. Prieto, J. Himmelman, J. Castañeda, N. García and C. Velásquez. 2006. Relation of seasonal changes in the mass of the gonad and somatic tissues. *J. Shellfish Res.* 25: 969-973.
- Lista, M., A. Prieto, C. Velásquez, C. Lodeiros y G. Hernández. 2008. Variación mensual del índice de condición y madurez sexual en la pepitona *Arca zebra*, del banco de Chacopata, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Saber*, 1:29-38.
- 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. and J. Himmelman. 2000. Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182: 91-114.
- Marcano, M. 2004. Histología gonadal de *Perna viridis* L. 1758 (Bivalvia: Mytilidae) del Morro de Guarapo, Costa Norte del Estado Sucre Venezuela. Tesis de Licenciatura. Dep. Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p 54.
- Marcano, V. 1984. Aspecto biológico de la reproducción en la ostra perla *Pinctada imbricata* Röding, 1798 (Mollusca: Bivalvia) de Punta Las Cabeceras, Isla de Cubagua, Venezuela. Tesis de Licenciatura. Dep. Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p. 64.
- Márquez, B., C. Lodeiros, M. Jiménez, y J. Himmelman. 2000. Disponibilidad de juveniles por captación natural de la ostra *Pteria colymbus* (Bivalvia: Pteriidae) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 1: 151- 158.
- Mendoza, J. 1999. Análisis de la pesca artesanal marítima en Venezuela: situación actual y perspectivas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Organización de Estados Americanos, Caracas. p 120.
- 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 Licenciatura. Dep. Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p 95.

- Nakal, A. 1979. Contribución a la ecología de la pepitona *Arca zebra* (Swainson, 1833). Aspectos gametogénicos. Tesis de Licenciatura. Dep. Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p 85.
- Prieto, A. 1977. Contribución a la ecología de *Tivela mactroides*, aspectos reproductivos y distribución de tallas. Tesis Grado M.Sc. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p 85.
- Prieto, A. y M. Saint-Aubyn. 1998. Crecimiento del bivalvo *Arca zebra* (Swainson, 1883), en Chacopata Estado Sucre, Venezuela. Saber, 10: 14- 19.
- Saint-Aubyn, M., A. Prieto y L. Ruiz. 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.
- Strickland, J. and T. Parson. 1972. A practical Handbook of seawater analysis. J. Fish. Res. B. Can., 167: 1-310.
- Sokal, R. and Rohlf, F. 1981. Biometry. 2nd. W.H. Freeman, San Francisco. p 362.
- Tejera, E., I. Oñate, M. Núñez y C. Lodeiros. 2000. Crecimiento inicial del mejillón marrón (*Perna perna*) y verde (*Perna viridis*) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Centro Invest. Biol., 34: 143-158.
- Vélez, A. 1975. Estudio de la reproducción de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* de la Bahía de Mochima. Bol. Inst. Oceanog., 15: 65-72.
- Vélez, A. 1976. Ciclo anual de reproducción del ostión *Crassostrea rhizophorae* de la Bahía de Mochima y Laguna Grande. Bol. Inst. Oceanog., 16: 39-43.
- Vélez, A., A. Elizabeth y L. Freitas. 1993. Inducción de la reproducción en la viera *Euvola (Pecten) ziczac* (Mollusca: Bivalvia) maduración y desove. Caribb. J. Sci., 29: 209-213.
- Vélez, A., F. Sotillo, y J. Pérez. 1987. Variación estacional de la composición química de los pectínidos *Pecten ziczac* y *Lyropecten nodosus*. Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente. 26: 67-72.
- Zapata, C. 2000. Producción de los compartimientos energéticos de la pepitona roja *Anadara notabilis* (Röding, 1798), en una población del Golfo de Cariaco, estado Sucre. Tesis de Licenciatura. Dep. Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p 45.