

# Biología reproductiva de la medusa bola de cañón *Stomolophus meleagris* en la laguna Las Guásimas, Sonora, México

## Reproductive biology of the Cannonball Jellyfish *Stomolophus meleagris* in Las Guasimas Lagoon, Sonora, Mexico

Liliana Carvalho-Saucedo,<sup>1</sup> Juana López-Martínez,<sup>1</sup> Federico García-Domínguez,<sup>2</sup>  
Carmen Rodríguez-Jaramillo<sup>1</sup> y Jesús Padilla-Serrato<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23090, México.

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23096, México (Becario de la COFAA-IPN).  
e-mail:jlopez04@cibnor.mx

---

Carvalho-Saucedo L., J. López-Martínez, F. García-Domínguez, C. Rodríguez-Jaramillo y J. Padilla-Serrato. 2011. Biología reproductiva de la medusa bola de cañón *Stomolophus meleagris*, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. *Hidrobiológica* 21(1): 77-88.

### RESUMEN

Este trabajo describe aspectos de la biología reproductiva de la fase medusa de *Stomolophus meleagris*. Durante el periodo de enero a mayo de 2006, se recolectaron 34 ejemplares cada mes, en la laguna Las Guásimas, Sonora. Los ejemplares fueron pesados y medidos. Sus gónadas fueron retiradas y procesadas siguiendo la técnica de tinción estándar con hematoxilina eosina. El desarrollo gonádico de machos y hembras se caracterizó por ser continuo y tener cuatro fases. La proporción sexual fue 1:1 y no se detectaron diferencias significativas entre machos y hembras en cuanto a su longitud y peso. La actividad reproductiva se presentó entre febrero y mayo, mientras que la maduración máxima en ambos sexos ocurrió en abril y mayo. La maduración gonadal y la reproducción se relacionaron con el aumento progresivo de la temperatura y clorofila *a*.

**Palabras clave:** *Stomolophus meleagris*, medusa bola de cañón, reproducción.

### ABSTRACT

This paper describes basic aspects of the reproductive biology of the medusa phase of *Stomolophus meleagris*. From January to May 2006, 34 individuals were collected every month, in Las Guásimas Lagoon, Sonora, México. Specimens were weighed and measured; their gonads were removed and processed following the standard histological hematoxylin-eosin staining technique. The gonad development of both males and females was continuous and had four phases. Sex ratio was 1:1 and no significant differences were detected between males and females in length or weight. Reproductive activity was present from February to May, whereas the maximum maturation in both sexes occurred in April to May. Gonadic maturation and reproduction were related to the gradual increase of temperature and chlorophyll *a*.

**Key words:** *Stomolophus meleagris*, Cannonball jellyfish, reproduction.

## INTRODUCCIÓN

En México, hasta hace poco tiempo, se comenzó a mostrar interés por la pesca de *Stomolophus meleagris* L. Agassiz 1862, conocida como medusa bola o bala de cañón, especie que en Asia es un recurso pesquero importante (Hsieh *et al.*, 2001) y que cuenta con gran potencial para la pesca comercial, ya que es una especie comestible de gran aceptación en el mercado asiático (Omori & Nakano, 2001). Desde hace cinco años, en el estado de Sonora se ha establecido una industria pesquera enfocada a la captura de *S. meleagris*, las capturas han sido de más de 3000 toneladas anuales y en su mayoría se han destinado para la exportación (López-Martínez & Álvarez-Tello, 2008). Sin embargo existen años en los que esta medusa se presenta sólo dos o tres meses en pequeñas cantidades, lo que reduce considerablemente las capturas. Este comportamiento se ha observado en otras medusas en las que los cambios de las variables ambientales afectan no sólo su aparición, sino también su permanencia (Lucas, 2001).

En Sonora, México, se llevaron a cabo en el 2001, investigaciones enfocadas al desarrollo de la tecnología del proceso de deshidratación y estudios orientados a la evaluación del potencial de aprovechamiento del recurso, incluyendo aspectos como crecimiento, mortalidad, reclutamiento, abundancia y uso de modelos predictivos de captura (López-Martínez & Álvarez-Tello, 2008).

Sin embargo, la pesca ribereña de *S. meleagris* en Sonora se realiza sin ningún tipo de regulación, pero existe la posibilidad de explotación de este recurso siempre y cuando se establezcan normas para un adecuado manejo del mismo, para lo que es necesario el conocimiento básico de la biología de la especie (López-Martínez & Álvarez-Tello, 2008).

En relación al área de biología reproductiva de *S. meleagris*, Calder (1982), describió la metamorfosis desde larva plánula hasta larva éfira y Ocaña-Luna *et al.* (2004), realizaron un estudio en el que concluyen que esta especie desarrolla todo su ciclo de vida en las lagunas Superior e Inferior en Oaxaca. La ultra-estructura ovárica y oogénesis ha sido descrita por Eckelbarger & Larson (1992) y la relación entre las fases de madurez gonádica y la variación del contenido de proteínas y de lípidos (triglicéridos y fosfolípidos), así como con los estadios de desarrollo de los ovocitos, pero sin considerar factores ambientales, ha sido descrita por Carvalho-Saucedo *et al.* (2010).

Desafortunadamente, la escasa información actual sobre biología reproductiva de *S. meleagris*, así como el estudio de variables ambientales que pueden influir en la misma, no ha sido suficiente para entender el comportamiento de esta especie. En virtud de lo anterior, este trabajo tiene como objetivo estudiar algunos aspectos de la biología reproductiva de *Stomolophus meleagris* en la laguna Las Guásimas, Sonora, México y su posible relación con algunas variables ambientales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en la laguna costera Las Guásimas, que se localiza en la planicie costera del Estado de Sonora, México entre los 27° 49'-27° 55' N y 110° 29'-110° 40' W (Fig. 1). Cuenta con un área de 51 km<sup>2</sup> y en los límites de la boca presenta dos barreras arenosas, una en la parte sur y otra en la parte norte; entre ambas, hay un canal de entrada de 3.25 km de ancho a través del que mantiene comunicación permanente con el Golfo de California (Chávez-López & Álvarez-Arellano, 2006). El intervalo de temperaturas reportado para esta laguna es de 17 a 34°C y tiene una salinidad de 37 a 41ppm (Hernández & Arreola-Lizárraga, 2007). Las recolectas se efectuaron en la boca de la laguna, lugar donde se observó la mayor agrupación de medusas y donde se realiza la captura comercial.

La recolecta de organismos se realizó mensualmente de enero a mayo de 2006, debido a que sólo en estos meses hubo medusas en la laguna. En cada muestreo se recolectaron aproximadamente 34 ejemplares con una red de cuchara (de un centímetro de luz de malla) y se fijaron con formol al 10% durante 24 h. Cabe mencionar que no se observó ningún cambio apreciable de tamaño entre las medusas frescas y las fijadas, ya que las especies del orden Rhizostomeae tienen el cuerpo considerablemente duro y rígido (Omori & Nakano, 2001).

Cada mes se registraron la temperatura, el pH, la salinidad y el oxígeno disuelto con un medidor de campo multisonda YSI 556 MPS. La concentración de clorofila *a* se midió por el método espectrofotométrico (Rivera *et al.*, 2005). Todas las variables se midieron a una profundidad aproximada de 20 cm. En el laboratorio se midieron el peso húmedo total, la longitud (del inicio de la campana hasta el final de los brazos orales) y el diámetro de la campana (trazo longitudinal de un extremo a otro de la campana). Posteriormente fueron extraídas las gónadas y deshidratadas con alcohol etílico, aclaradas con xileno e incluidas en parafina. De las gónadas se cortaron secciones trasversales de 4 µm de grosor y se tiñeron con la técnica hematoxilina eosina (Humason, 1979). Se elaboraron un total de 150 laminillas y se examinaron con el programa para el análisis de imágenes SCAN PRO, versión 5.0 (Systat Software, Richmond, CA, E.U.A), con el que se estimó el diámetro de los ovocitos (Saout *et al.*, 1999). Para identificar las fases gonádicas del ciclo reproductivo se tomó como base el criterio de Carvalho-Saucedo *et al.* (2010), que consiste en dividir las fases de madurez en en cuatro estadios para las hembras: I indiferenciados, II ovogénesis primaria, III previtelogénesis avanzada y IV madurez; y cuatro estadios para los machos: I indiferenciados, II espermatogénesis inicial, III espermatogénesis avanzada y IV madurez; para diferenciarlas se consideró la dominancia en la gónada de más del 50% de una de las etapas de desarrollo de las células germinales (ovocitos primarios, previtelogénicos, vitelogénicos, espermatogonias, espermatocitos y espermatozoides).

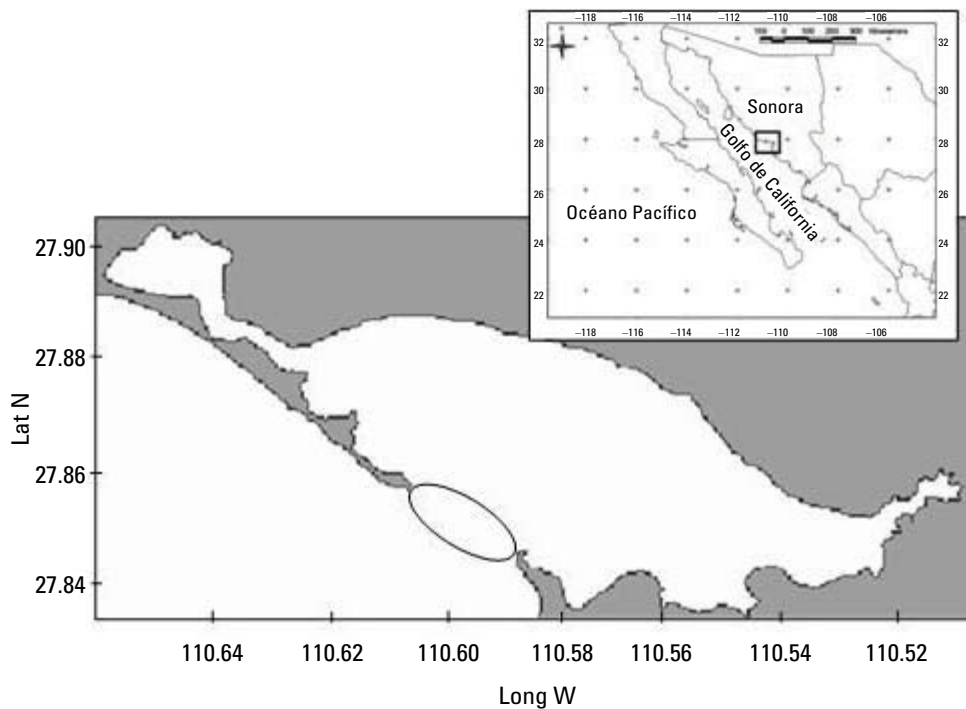


Figura 1. Localización del sitio de recolecta en la laguna Las Guásimas, Sonora, México entre los 27° 49' -27° 55' N y 110° 29' -110° 40' W. El óvalo en la figura indica la zona donde se realizaron los muestreos.

Para establecer la estacionalidad del proceso reproductivo de *S. meleagris*, se calcularon las frecuencias relativas mensuales de las fases de desarrollo gonádico por sexo, según lo indican Gómez-Robles *et al.* (2005) para *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856).

Debido a que no existe hasta la fecha ningún método que permita determinar externamente el sexo de los organismos de esta especie, la determinación de sexos se efectuó mediante el análisis histológico. La proporción de sexos se evaluó con la relación del número total de hembras y machos por mes y de todo el periodo de muestreo. Para saber si existían diferencias entre los valores esperados y los observados, se utilizó una prueba de probabilidad  $\chi^2$  con un grado de libertad y un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$  (Daniel, 1995).

Se estudió la variación de las características morfométricas (longitud, diámetro y peso húmedo) de los machos, hembras y ejemplares indiferenciados por medio de un análisis de varianza de dos vías, usando los meses y sexos como factores. Cuando las diferencias fueron significativas se aplicó una prueba a posteriori para comparación de medias (Tukey), empleando el programa STATISTICA (versión 6.1). Se evaluó el promedio de talla por estadio gonádico. Se estimó la ecuación de mejor ajuste para la relación peso húmedo-diámetro de hembras, machos y de la población (considerando indiferenciados hembras y machos jun-

tos), así como para la relación entre la longitud de medusa y el diámetro de medusa con todos los datos de la población, por medio del programa de cómputo Curve Expert (versión 1.3., Microsoft Corporation, E. U. A.). Adicionalmente por mes de recolecta se calcularon las frecuencias relativas por intervalos de 5 mm de longitud en machos y hembras.

## RESULTADOS

**Variables ambientales.** La temperatura se incrementó sostenidamente de enero (16.8°C) a mayo (25°C) (Fig. 2a). La salinidad se mantuvo constante a lo largo del periodo de recolecta, oscilando entre 37.3 y 33.2 ups (Fig. 2b). De igual modo el pH presentó una variación mínima oscilando de 7.4 a 8.09 (Fig. 2c). El oxígeno disuelto disminuyó progresivamente de enero a mayo, fluctuando entre 5.89 y 7.75 mg L<sup>-1</sup> (Fig. 2d). La clorofila a se incrementó gradualmente de enero a abril, alcanzando un máximo de 1.24 µg L<sup>-1</sup>. En mayo disminuyó considerablemente hasta valor mínimo de 0.11 µg L<sup>-1</sup> (Fig. 2e).

**Periodo reproductivo.** En enero, la mayor parte de los organismos estaban indiferenciados pero se encontraron hembras en estadio II (7%) y machos en estadio III (7%). Se observó la presencia de organismos indiferenciados en todos los meses de recolecta exceptuando abril. A partir de febrero se encontraron organismos en estadio IV con 15.7% de frecuencias para hembras

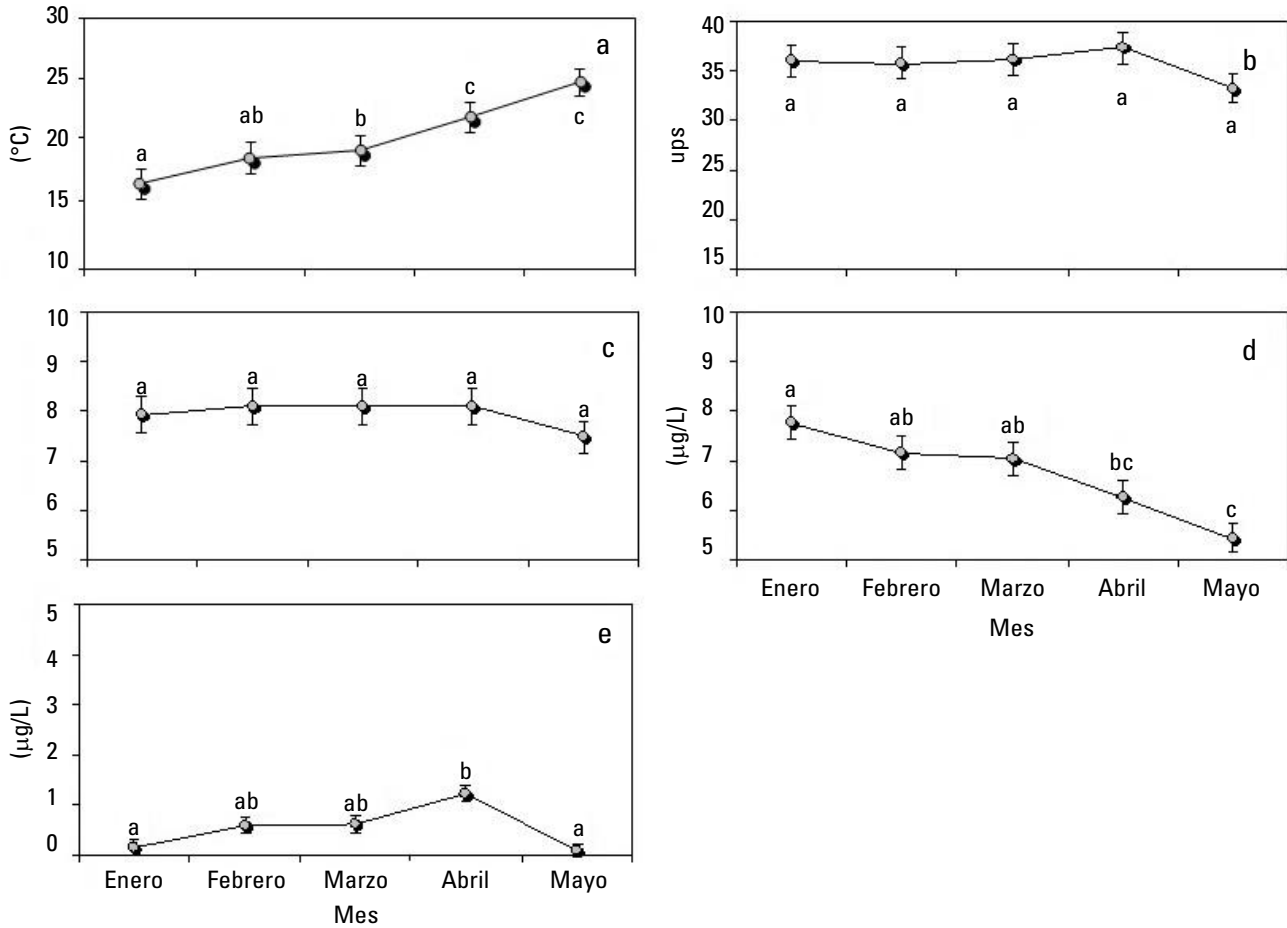


Figura 2. Variables ambientales durante el periodo reproductivo de la laguna Las Guásimas, Sonora, México (2006). a) Temperatura (°); b) Salinidad (ups); c) pH; d) Oxígeno disuelto ( $\text{mg L}^{-1}$ ); e) clorofila a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

y 34.6% para machos. La proporción de organismos en estadio IV se incrementó gradualmente de febrero a abril para ambos sexos con el 100% de individuos maduros en abril (Fig. 3). Las frecuencias del estadio de madurez, muestran de manera general un patrón de desarrollo gonadal muy similar entre hembras y machos, con una tendencia a la sincronización de la madurez entre sexos (Fig. 3).

**Proporción de sexos.** De enero a marzo se observó una tendencia al aumento en la proporción de hembras con respecto a los machos, mientras que de abril a mayo la tendencia se revierte con un incremento en la proporción de machos. Sin embargo la proporción promedio de sexos a lo largo del periodo de muestreo no difiere significativamente del valor esperado de 1:1 ( $\chi^2$ ,  $p > 0.01$ ) (Fig. 4).

**Análisis de tallas y peso.** El análisis de varianza mostró que la longitud, diámetro y peso húmedo de las medusas cambiaron a lo largo del tiempo (meses), pero no se encontraron diferencias significativas entre las distintas

categorías de organismos (hembras, machos, indiferenciados; Tabla 2-3). Se observó un incremento gradual de enero a abril en el diámetro, longitud y peso húmedo total, en machos y hembras, con una disminución posterior en mayo (Tablas 2-3). Los valores de tallas y peso total de los organismos indiferenciados, fueron menores que los de hembras y machos, exceptuando enero, donde no se presentaron diferencias significativas en ninguno de los grupos (Tabla 2).

Las hembras en estadio II fueron las de menor promedio de longitud (3.6 cm,  $F = 6.4$ ,  $p = 0.00045$ ) para todo el periodo. Los machos sólo presentaron espermatogénesis inicial en febrero, en correspondencia con el menor promedio de longitud (4.5 cm,  $F = 1.15$ ,  $p = 0.3237$ ) para todo el periodo (Fig. 5). Las mayores longitudes correspondieron a hembras y machos maduros. El máximo promedio de longitud en hembras maduras ocurrió en marzo (12.7 cm,  $F = 6.4$ ,  $p = 0.00045$ ) y se mantuvo constante de marzo a mayo. En los machos maduros se observó un incremento de febrero a abril (9.1 y 12.3 cm, respectivamente,  $F = 1.15$ ,  $p = 0.3237$ ) (Fig. 5).

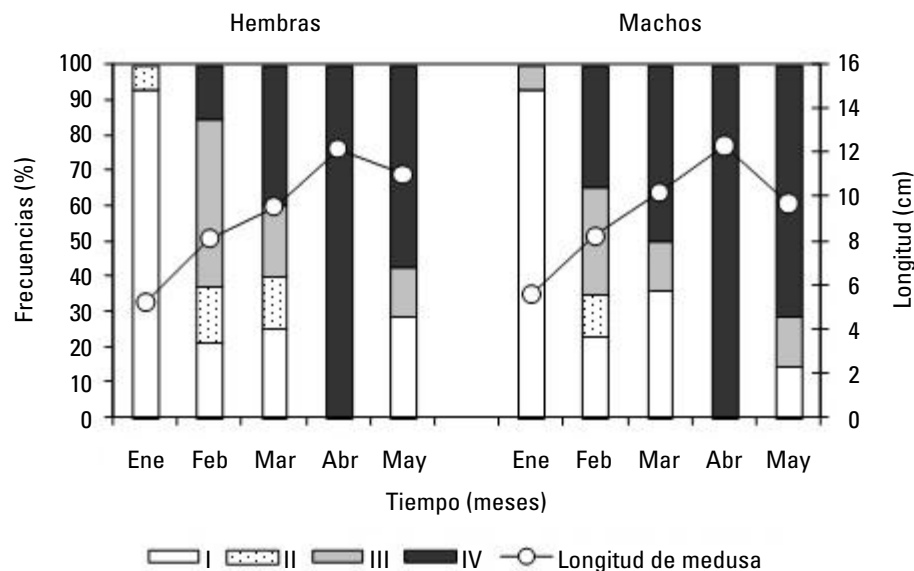


Figura 3. Frecuencia relativa de los estadios I (indiferenciados); II (ovogénesis primaria/espermatogénesis inicial); III (previtelogénesis/espermatogénesis avanzada) y IV (madurez) y longitud promedio de medusas (cm) de *Stomolophus meleagris*, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Hembras  $n = 66$  y machos  $n = 65$

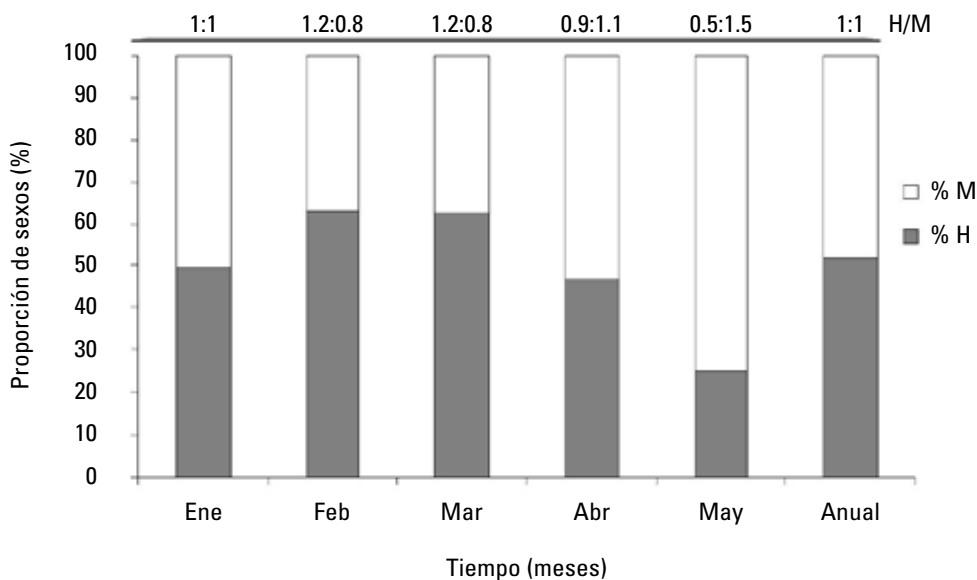


Figura 4. Proporción de hembras y machos por mes y para todo el periodo de muestreo (enero-mayo de 2006) de la medusa *Stomolophus meleagris* en la laguna Las Guásimas, Sonora México.

El análisis de regresión entre el peso húmedo total y el diámetro (indiferenciados  $n = 38$ , hembras  $n = 66$  y machos  $n = 65$ ) mostró una relación de tipo potencial de la siguiente forma:

$$W = 0.2081 * T^{2.723}$$

Donde  $T$  es el diámetro de campana, y  $W$  es el peso húmedo total, con una  $r = 0.8868$ .

El análisis de regresión entre el diámetro de medusa ( $T$ ) y peso húmedo total ( $W$ ) de 66 hembras, mostró una relación de tipo potencial de la siguiente forma:

$$W = 0.0546 * T^{3.1878}$$

Con una  $r$  de 0.9313 (Fig. 6A).

Tabla 1. Descripción de estadios de madurez de hembras y machos, *Stomolophus meleagris* durante 2006, en la laguna las Guásimas, Sonora, México.

Estados de madurez	Descripción
<b>Hembras</b>	
Estadio I (indiferenciados)	No se observan los gametos.
Estadio II (ovogénesis primaria)	Pequeños ovocitos primarios con intervalo del 10 a 22 $\mu\text{m}$ de diámetro teórico.
Estadio III (previtelogénesis)	Ovocitos previtelogénicos con intervalo de 22 a 38 $\mu\text{m}$ de diámetro teórico.
Estadio IV (madurez)	Ovocitos vitelogénicos con intervalos mayores a 38 $\mu\text{m}$ de diámetro teórico.
<b>Machos</b>	
Estadio I (indiferenciados)	Los gametos no se observan.
Estadio II (espermatogénesis inicial)	Espermatocitos esféricos con un intervalo de 3 a 4.02 $\mu\text{m}$ de diámetro teórico.
Estadio III (espermatogénesis avanzada)	Espermátidas de 1.7 a 3.01 $\mu\text{m}$ de diámetro teórico.
Estadio IV (madurez)	Se observan espermias con largas caudas, cuyas cabezas son ligeramente afiladas, con un diámetro promedio de 1.33 $\mu\text{m}$ .

Tabla 2. Análisis de ANOVA de dos vías (sexos-mes) de la longitud, diámetro y peso húmedo de la medusa *Stomolophus meleagris*. \*Indica diferencias estadísticas significativas por variable ( $p < 0.05$ ).

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l	Cuadrado medio	F	P
Longitud	Mes	71.71	3	23.90	4.068	0.0081*
	Sexo	0.0014	1	0.0013	0.00023	0.9878
	Mes-sexo	62.51	7	8.93	1.511	0.1641
	Error	922.53	157	5.87		
	Total	2353	170			
Diámetro	Mes	69.75	3	25.25	3.500	0.0465*
	Sexo	2.019	1	2.018	0.188	0.6648
	Mes-sexo	92.61	7	13.23	1.234	0.2868
	Error	167.4	157	10.71		
	Total	4337	170			
Peso húmedo	Mes	687238	3	229079.3	9.698	0.000007*
	Sexo	10008	1	10007.9	0.423	0.5160
	Mes-sexo	415622	7	59374.5	2.513	0.0178*
	Error	3684728	157	23620.1		
	Total	10749372	170			

Tabla 3. Medias ± error estándar de longitud de medusa, diámetro de medusa y peso húmedo total en hembras, machos e indiferenciados de *Stomolophus meleagris*, por mes de recolecta durante el 2006, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Letras diferentes indican grupos estadísticamente diferentes (Prueba de Tukey  $p < 0.05$ ).

Mes	Hembras n = 66	Machos n = 65	Indiferenciados n = 38
Longitud (cm)			
Enero	5.20 ± 1.7 <sub>a</sub>	5.55 ± 1.7 <sub>a</sub>	3.75 ± 0.47 <sub>ac</sub>
Febrero	8.09 ± 0.43 <sub>a</sub>	8.20 ± 0.64 <sub>a</sub>	4.90 ± 0.91 <sub>ac</sub>
Marzo	9.52 ± 0.64 <sub>a</sub>	10.20 ± 0.72 <sub>a</sub>	4.03 ± 0.80 <sub>ac</sub>
Abril	12.14 ± 0.64 <sub>b</sub>	12.30 ± 0.58 <sub>b</sub>	—
Mayo	11.01 ± 0.98 <sub>ab</sub>	9.68 ± 0.55 <sub>ab</sub>	3.40 ± 1.7 <sub>c</sub>
Diámetro (cm)			
Enero	9.30 ± 2.2 <sub>a</sub>	10.05 ± 2.28 <sub>a</sub>	6.82 ± 0.63 <sub>ac</sub>
Febrero	12.35 ± 0.58 <sub>a</sub>	13.56 ± 0.86 <sub>a</sub>	5.65 ± 1.2 <sub>ac</sub>
Marzo	13.92 ± 0.86 <sub>a</sub>	14.80 ± 0.97 <sub>a</sub>	5.96 ± 1.0 <sub>ac</sub>
Abril	17.82 ± 0.86 <sub>b</sub>	17.91 ± 0.78 <sub>b</sub>	—
Mayo	15.40 ± 1.3 <sub>ab</sub>	14.27 ± 0.74 <sub>ab</sub>	5.40 ± 2.2 <sub>ac</sub>
Peso húmedo (g)			
Enero	41.16 ± 97 <sub>a</sub>	51.08 ± 97 <sub>a</sub>	18.09 ± 29 <sub>ae</sub>
Febrero	156.12 ± 27 <sub>a</sub>	187.55 ± 40 <sub>a</sub>	19.97 ± 57 <sub>ae</sub>
Marzo	386.57 ± 40 <sub>b</sub>	366.19 ± 45 <sub>b</sub>	22.83 ± 50 <sub>ae</sub>
Abril	580.32 ± 40 <sub>c</sub>	561.97 ± 36 <sub>c</sub>	—
Mayo	530.33 ± 61 <sub>bc</sub>	400.55 ± 34 <sub>b</sub>	10.75 ± 97 <sub>ae</sub>

Medias de sexo y mes, con diferente letra son estadísticamente diferentes (Prueba de Tukey  $p < 0.05$ ), ± = Error estándar de la media.

En 65 machos la relación obtenida fue:

$$W = 0.1559 * T^{2.8195}$$

Con una r de 0.9501 (Fig. 6B)

Los exponentes de las ecuaciones de regresión de la población, hembras y machos, cuyos valores fueron cercanos a 3 sugieren un crecimiento isométrico.

Lo anterior indica un incremento en el peso húmedo de la medusa, con el aumento de talla, tanto en la población total como en machos y hembras por separado (Fig. 6 A, B y C).

La relación entre la longitud y el diámetro de 150 medusas fue:

$$L = -0.8771 + 0.7253 * T$$

Donde T es el diámetro de campana y L es la longitud, con una r de 0.9539 (Fig. 6C).

Las frecuencias relativas mostraron en febrero, marzo y mayo una amplia distribución en los intervalos tallas, en hembras entre 1.8 y 12.8 cm y en machos entre 2.8 y 16.8 cm (Fig. 7). Sin embargo en abril, se observó una tendencia hacia el incremento en tallas, en hembras entre 11.0 y 13.0 cm, y en machos entre 9.8 y 15.3 cm (Fig. 7). Esto coincidió con la mayor frecuencia de madurez gonadal mencionada anteriormente.

## DISCUSIÓN

La medusa *Stomolophus meleagris* a diferencia de otros invertebrados, es una especie que carece de estructuras anatómicas que permitan identificar a simple vista el grado de maduración gonadal. Por lo que para poder iniciar el estudio de biología reproductiva, se asignó una escala de madurez gonadal, en base a las características gonádicas y a la tallas de las células germinales. Se encontró que el desarrollo espermático de *S. meleagris* es muy similar al reportado por Morandini & Da Silveira (2001) en *Nausithoe aurea* Da Silveira & Morandini, 1997 (Scyphozoa), con la diferencia de que en esta especie la cabeza espermática cónica es más grande (4.2-6.0 µm), mientras que el diámetro de la cabeza espermática de *S. meleagris* fue de 1.44 a 1.76 µm. Al respecto, Rouse & Pitt (2000) reportan que el tamaño y forma de los espermatozoides en las medusas varía en cada especie.

El desarrollo de los ovocitos de hembras de *S. meleagris* coincidió de manera general con lo reportado por Eckelbarger & Larson (1992) para la misma especie, sin embargo estos autores encontraron que los ovocitos primarios que migran hacia la mesoglea son de mayor diámetro que los encontrados en el presente estudio. Se ha reportado en *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 y en *S. meleagris* que las variaciones mensuales en el diámetro de los ovocitos están relacionadas con la temperatura y la disponibilidad de alimento que a su vez intervienen en la incorporación de lípidos en los ovocitos (Lucas & Lawes, 1998; Carvalho-Saucedo et al., 2010).

La proporción de sexos mostró variaciones (no significativas) en febrero y marzo con una mayor proporción de hembras por machos, mientras que de abril a mayo dicha tendencia se revirtió (Fig. 4). Esto en coincidencia con una disminución del promedio de tallas de las hembras en el inicio del desarrollo gonádico (ovogénesis primaria) conforme se avanzó en el periodo de recolecta (Fig. 5). Sugiere que las hembras inician el desarrollo gonádico antes que los machos, ocasionando en los primeros meses un desfase de la madurez gonadal entre sexos como se ha descrito en otra medusa (Lucas & Lawes, 1998; Vagelli, 2007). Esto posiblemente se deba a un mayor tiempo requerido por las hembras para su maduración que el requerido por los machos. Afectando a su vez las frecuencias mensuales de madurez gonadal en el inicio del periodo reproductivo, tal y como se observó en las frecuencias relativas mensuales del presente estudio (Fig. 3). Este desfase del desarrollo gonadal de hembras y machos (enero

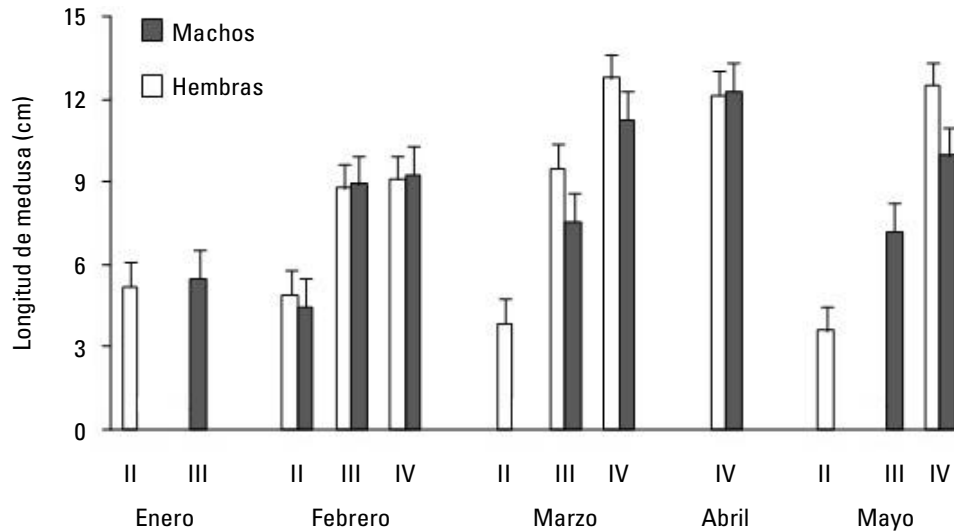


Figura 5. Longitud de la medusa y estadio gonádico II (ovogénesis primaria/espermatogénesis inicial); III (previtelogénesis/espermatogénesis avanzada) y IV (madurez) de *Stomolophus meleagris* durante 2006, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Machos ( $n = 65$ ) y hembras ( $n = 66$ ).

y marzo), así como el inicio de la madurez gonadal en menores tallas por parte de las hembras, permite que en un momento dado las hembras y los machos presenten simultáneamente una alta frecuencia de madurez asegurando el éxito reproductivo (Figs. 3 y 5). De forma similar en *A. aurita* ocurre una sincronización de madurez al presentarse grandes concentraciones de medusas que permiten la cercanía de machos y hembras (Lucas, 2001).

Por otro lado, existen diferencias temporales de la maduración gonádica de *S. meleagris* que pueden estar relacionadas con las variaciones ambientales que ocurren en la laguna Las Guásimas (Hernández & Arreola-Lizárraga, 2007). En *Pelagia noctiluca* Forsskal, 1775, los resultados obtenidos por diferentes autores sobre la duración del periodo reproductivo no han sido los mismos (Stravisi, 1984; Avian et al., 1991), debido posiblemente a las diferencias térmicas de las localidades estudiadas. Rottini-Sandrini & Avian (1991) reportan también que en *P. noctiluca* el incremento de la temperatura favorece el inicio temprano de la vitelogénesis. Sin embargo, si se presentan altas tasas metabólicas en condiciones de baja calidad de alimento, el proceso vitelogénico se retrasa.

El aumento en la concentración de clorofila *a* que se presentó de enero a abril, podría haber influido favorablemente en la maduración de *S. meleagris*, si se considera a la concentración de clorofila como un indicador indirecto de la disponibilidad de alimento. Esto ya se ha reportado en otras medusas en las que la acumulación de lípidos durante la vitelogénesis depende de la disponibilidad y calidad de alimento (Eckelbarger & Larson, 1988; Barber & Blake, 1981; Avian et al., 1991). De aquí que la coincidencia de un máximo valor de clorofila durante abril, cuando se

observó la mayor frecuencia de individuos en estadio de madurez (IV), sugiere que además de la temperatura, la cantidad de alimento en la zona puede ser importante para la maduración gonádica de *S. meleagris*.

Por otro lado, la ocurrencia en mayo de organismos maduros y su ausencia en junio coincidió con lo reportado para la misma localidad por Carvalho-Saucedo et al. (2010). También en las costas del Golfo de California, es común que en diciembre ó enero, surjan larvas y juveniles de medusas en grandes cantidades y en varias tallas (de 1 a 5.6 cm de longitud), pero al llegar abril ocurre una gran mortandad de medusas, de tal manera, que hacia finales de mayo la cantidad de medusas vivas en el mar es casi nula (López-Martínez & Álvarez-Tello, 2008), tal y como se ha observado en la medusa *A. aurita* y en la que después de un tiempo de desove mueren (Miyake et al., 1997). Esto puede indicar que un periodo de desove prolongado de *S. meleagris* genera un gasto energético elevado que conlleva a la degradación de la gónada y a la susceptibilidad de invasión por parásitos (Spangenberg, 1964), ocasionando la muerte. Por otro lado, en *Cyanea Péron & Lesueur, 1810*, se ha reportado que el incremento de la temperatura provoca el deterioro de la campana generando la muerte (Brewer, 1989). Por lo que es posible que el incremento de la temperatura (superiores a los 25°C) no es favorable para la supervivencia de *S. meleagris* en Las Guásimas, Sonora, ya que se han reportado intervalos de temperatura en junio-septiembre (meses sin presencia de medusas) de aproximadamente 30 a 34°C (Hernández & Arreola-Lizárraga, 2007). La influencia de la temperatura en la ocurrencia de *S. meleagris* ha sido reportada también en otras zonas del Pacífico mexicano y Golfo de México (Ocaña-Luna & Gómez-Aguirre 1999; Gómez-Aguirre, 1980). Esto es muy



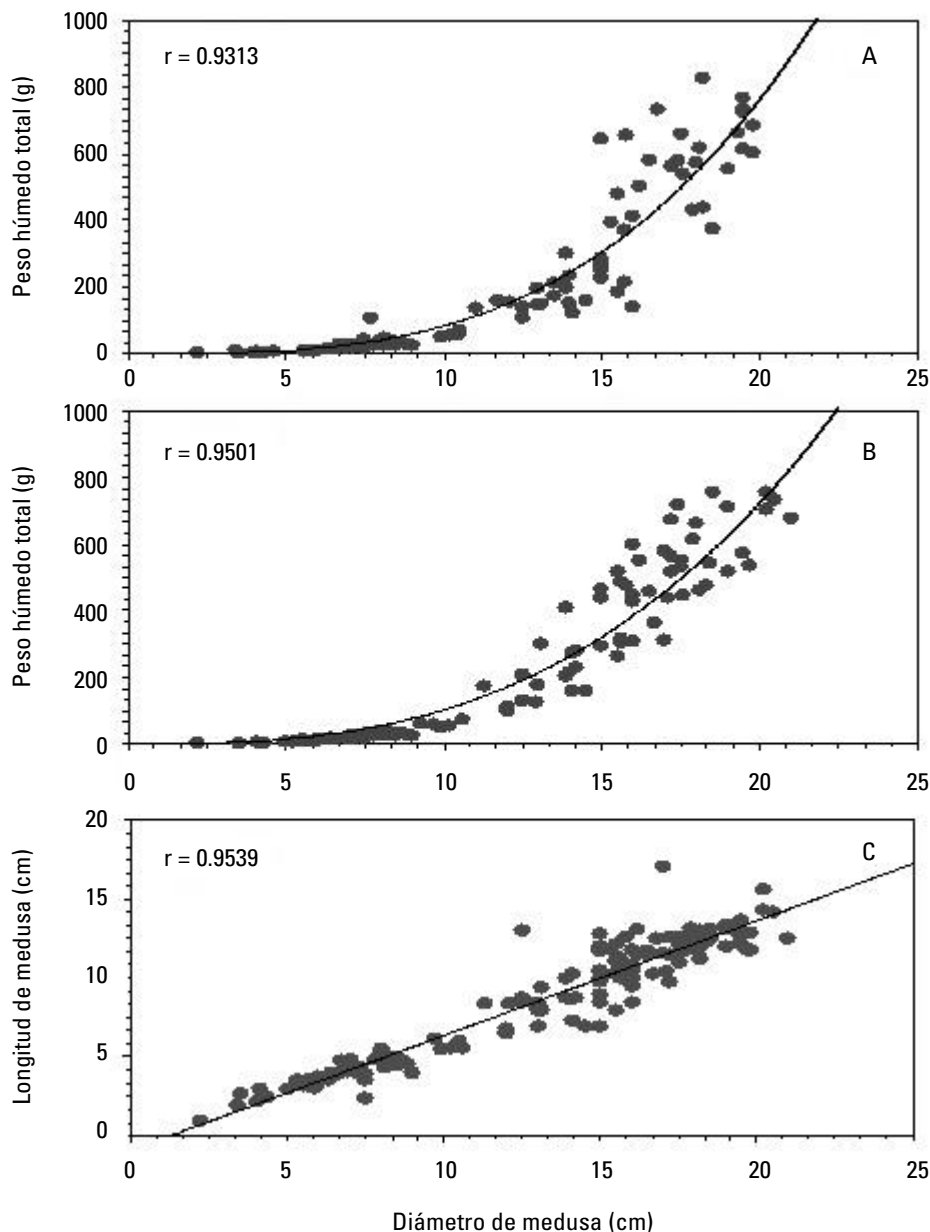


Figura 6A-C. Análisis de regresión entre peso húmedo total de la medusa *Stomolophus meleagris* con el diámetro de campana en hembras (A), machos (B) y relación de longitud de medusa con diámetro de medusa (C) durante 2006, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México.

importante de considerar, ya que indica que el tiempo de permanencia de *S. meleagris* como forma medusa, puede variar de un año a otro y de una localidad a otra. Dicho comportamiento afecta directamente al sector pesquero y es importante considerarlo al establecer el manejo de esta especie como recurso pesquero.

Por otro lado, se ha señalado que existen otras variables ambientales que podrían afectar la presencia de la medusa en la zona. Por ejemplo, Ocaña-Luna *et al.* (2004) señalan que el incremento de salinidad puede ser un factor que influye en la penetra-

ción de *S. meleagris* a la Laguna Mandinga, México, pero su establecimiento en la zona dependerá de las variaciones de salinidad. De aquí que, quizás la baja variación de salinidad favorezca la permanencia de *S. meleagris* en la laguna Las Guásimas.

Respecto al pH, Attrill *et al.* (2007), reportan que una ligera disminución en el pH (de 8.3 a 8.0) favorece el incremento de las medusas en el Mar del Norte. Sin embargo, en el presente trabajo, no se encontraron diferencias significativas mensuales de pH.

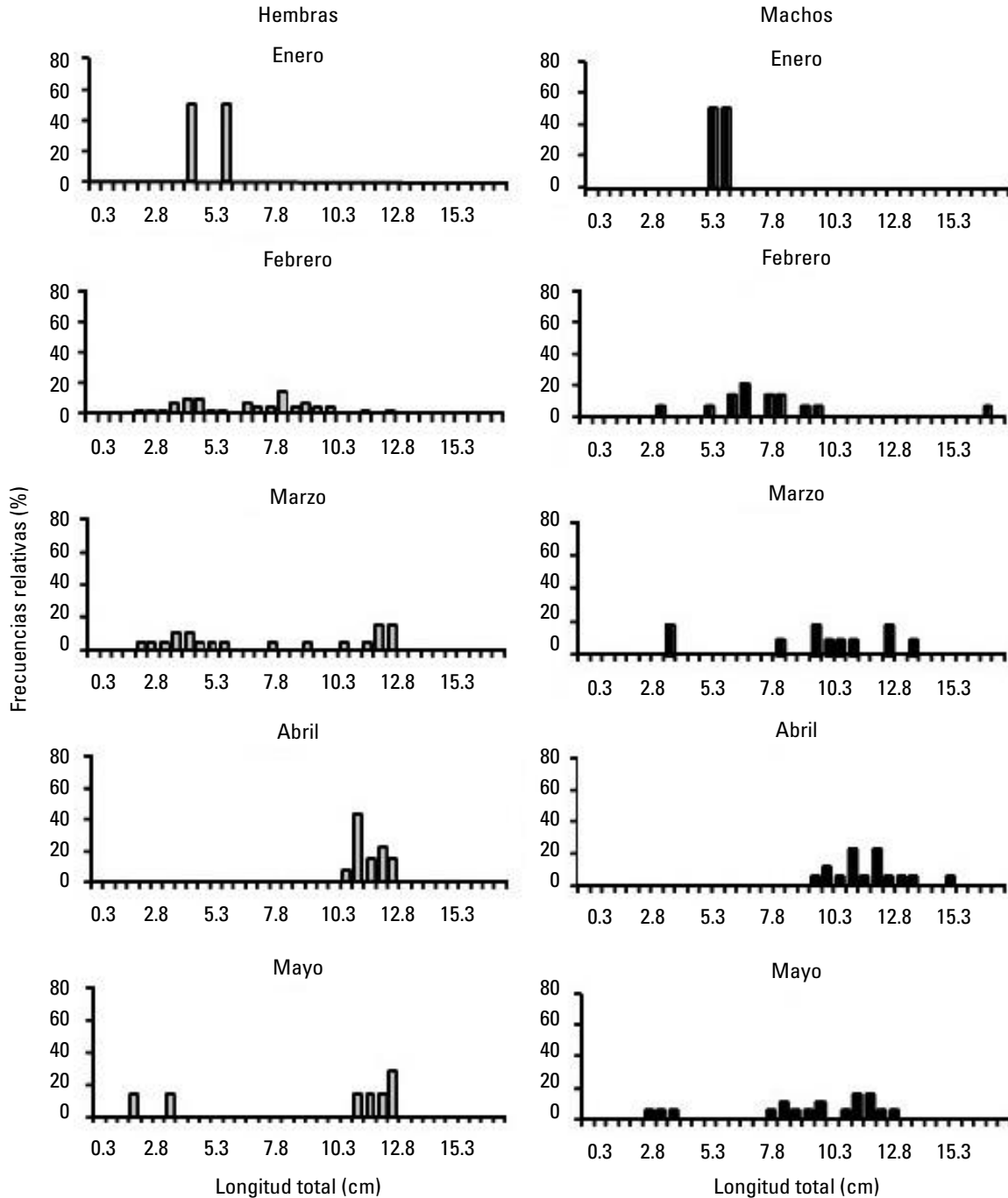


Figura 7. Frecuencias relativas mensuales (%) por intervalos de longitud (5 cm) de machos ( $n = 65$ ) y hembras ( $n = 66$ ) de *Stomolophus meleagris* durante distintos meses del 2006, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México.

Respecto a la concentración del oxígeno disuelto en el medio marino, Marshalonis & Pinckney (2007) mencionan que las hidromedusas pueden estar en zonas con baja concentración de oxígeno. Por lo que la disminución del oxígeno disuelto por sí sola, no representa una limitante para las medusas, como se observó en el presente trabajo, donde a pesar de la disminución en la

concentración de oxígeno, la presencia de medusas se mantuvo hasta mayo.

Una herramienta básica en un estudio de tipo reproductivo, es la identificación de características externas que permita la selección por sexos. Sin embargo, los análisis morfométricos hechos en este estudio (la proporción longitud:diámetro, el expo-

nente de la relación entre el diámetro y el peso húmedo total para ambos sexos) reflejan una isometría corporal en ambos sexos y sugiere que no existe dimorfismo sexual en la especie. Esto ha sido reportado por López-Martínez & Álvarez-Tello (2008), para la población de *S. meleagris* en la laguna Las Guásimas, con un crecimiento claramente isométrico de 3.1.

Por otro lado, la presencia de organismos menores a 6.0 cm en enero y las altas frecuencias relativas de organismos indiferenciados en hembras y machos (Figs. 2 y 7) indican un reciente reclutamiento de medusas. Aunado a esto, la presencia de organismos menores a 1.8 a 12.8 cm (de febrero a mayo) señalan que hay más de dos periodos de incorporación de nuevos organismos a la población (Fig. 2 y 7), pero que parecen no vivir después de junio. Lucas (2001) menciona que la estructura de tallas heterogéneas observada en *A. aurita* está estrechamente relacionada con la periodicidad de ocurrencia de larvas éfiras y que es posible que una continua generación de larvas éfiras de lugar a diferentes clases de edad de la forma medusa.

Aunque en este trabajo no se evaluó la fase pólipo, se sabe que los pólipos de *S. meleagris* se reproducen cuando la temperatura disminuye y hay gran disponibilidad de alimento (Calder, 1982) y que cuerpos de agua semicerrados, con amplios rangos de marea, afluencia de agua dulce por medio de ríos y zonas de manglar tienen condiciones favorables para la fijación de pólipos y para el reclutamiento (Omori & Nakano, 2001). Estas condiciones ambientales podrían ser la explicación del reclutamiento de las medusas en la laguna Las Guásimas. Sin embargo es necesario y muy importante efectuar un estudio de la fase pólipo de *S. meleagris* para conocer el ciclo de vida completo de la especie en la laguna.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir que no existen diferencias en tallas y peso entre hembras y machos; que el desarrollo gonadal es continuo en los meses en que la fase medusa estuvo presente en la laguna; que el periodo reproductivo de la población es de febrero a mayo, con los meses de máxima maduración gonadal en abril y mayo y que el aumento progresivo de la temperatura y la probable disponibilidad de alimento se relacionaron con la maduración y el periodo reproductivo de *S. meleagris* en la laguna Las Guásimas durante 2006.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto 920-1 CIBNOR. Se agradece a la Pesquera México, S.A. de C.V., a Eloisa Herrera (Unidad Guaymas) y Ma. Eulalia Meza C. (Lab. de Histología, CIBNOR). Se agradece al proyecto Ciencia Básica 106787.

## REFERENCIAS

ATTRILL, M. J., J. WRIGHT & M. EDWARDS. 2007. Climate-related increases in jellyfish frequency suggest a more gelatinous future for the North Sea. *Limnology and Oceanography* 52: 480-485.

AVIAN, M., R. GIORGI & L. ROTTINI-SANDRINI. 1991. Seasonal influence on the vitellogenesis of *Pelagia noctiluca*, in Northern Adriatic Sea. Proc. 2<sup>nd</sup> Workshop on Jellyfish in the Mediterranean, Trieste 1987, MAP. *Technical Report Series* 47: 22-31.

BARBER, B. & N. J. BLAKE. 1981. Energy storage utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 52: 121-134.

BREWER, H. R. 1989. The annual pattern of feeding, growth and sexual reproduction in *Cyanea* (Cnidaria: Scyphozoa) in the Niantic River Estuary, Connecticut. *Biological Bulletin* 176: 272-281.

CALDER, D. R. 1982. Life history of the cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* L. Agassiz, 1860 (Scyphozoa, Rhizostomida). *Biological Bulletin* 162: 149-162.

CARVALHO-SAUCEDO, L., F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ, C. RODRÍGUEZ-JARAMILLO & J. LÓPEZ-MARTÍNEZ. 2010. Variación lipídica en los ovocitos de la medusa *Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Rhizostomeae), durante el desarrollo gonádico, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. *Revista de Biología Tropical* 58 (1): 119-30.

CHÁVEZ-LÓPEZ, S. & A. D. ÁLVAREZ-ARELLANO. 2006. Batimetría, sedimentos y ambientes de depósito en la laguna costera de Las Guásimas Sonora, México. *Investigaciones Geográficas. UNAM. Boletín del Instituto de Geografía* 60: 7-21.

DANIEL, W. W. 1995. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. UTEHA, Noriega Editores, México. 878 p.

ECKELBARGER, K. J. & R. L. LARSON. 1988. Ovarian morphology and oogenesis in *Aurelia aurita* (Scyphozoa: Semaestomae): ultra-structural evidence of heterosynthetic yolk formation in a primitive metazoan. *Marine Biology* 100: 103-115.

ECKELBARGER, K. J. & R. LARSON. 1992. Ultrastructure of the ovary and oogenesis in the jellyfish *Linuche unguiculata* and *Stomolophus meleagris*, with a review of ovarian structure in the Scyphozoa. *Marine Biology* 114: 633-643.

GÓMEZ-AGUIRRE, S. 1980. Variación estacional de grandes medusas (en un sistema de lagunas costeras del sur del Golfo de México (1977-1978). *Boletim do Instituto Oceanografico São Paulo* 29 (2): 183-185.

GÓMEZ-ROBLES, E., C. RODRÍGUEZ-JARAMILLO & P. E. SAUCEDO. 2005. Digital image analysis of lipid and protein histochemical markers for measuring oocyte development and quality in pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). *Journal of Shellfish Research* 24: 1197-1202.

HERNÁNDEZ, L. & J. A. ARREOLA-LIZÁRRAGA. 2007. Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *C. belicosus* (Decapoda: Portunidae) en la laguna costera Las Guásimas, México. *Revista Biología Tropical* 55: 225-233.

HSIEH, Y. H., L. FUI-MING & J. RUDLOE. 2001. Jellyfish as food. *Hydrobiologia* 451 (1-3): 11-17.

- HUMASON, L. G. 1979. *Animal Tissue Techniques*. San Francisco: W. H. Freeman and Company. 4<sup>th</sup> ed. San Francisco. 661 p.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ J. & J. ÁLVAREZ TELLO. 2008. Medusa bola de cañón: recurso de exportación. *Revista Ciencia y Desarrollo* 34 (226): 8-15.
- LUCAS, C. H. & S. LAWES. 1998. Sexual reproduction of the Scyphomedusa *Aurelia aurita* in relation to temperature and variable food supply. *Marine Biology* 131(4): 629-638.
- LUCAS, C. H. 2001. Reproduction and life history strategies of the common jellyfish of *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment. *Hydrobiologia* 451 (1-3): 229-246.
- MARSHALONIS, D. & J. L. PINCKNEY. 2007. Respiration rates of dominant hydromedusae in the North Inlet tidal estuary during winter and summer. *Journal of Plankton Research* 29 (12): 1031-1040.
- MIYAKE, H., K. IWAO & Y. KAKINUMA. 1997. Life history and environment of *Aurelia aurita*. *South Pacific Study* 17 (2): 273-285.
- MORANDINI, A. & F. L. DA SILVEIRA. 2001. Sexual reproduction of *Nausithoe aurea* (Scyphozoa, Coronatae). Gametogenesis, eggs release, embryonic development, and gastrulation. *Scientia Marina* 65 (2): 139-149.
- OCAÑA-LUNA, A. & S. GÓMEZ-AGUIRRE. 1999. *Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in two coastal lagoons of Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 70 (2): 71-77.
- OCAÑA-LUNA, L. A., R. M. SÁNCHEZ & A. S. GÓMEZ. 2004. *Abundancia de Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Stomolophidae) en el sistema lagunar Carmen- Pajonal-Machona, Tabasco. Resúmenes de la XIII Reunión Nacional de la Sociedad de Planctología, A.C. y VI Reunión Internacional de Planctología. Nuevo Vallarta, Nayarit, México. 57 p.
- OMORI, M. & E. NAKANO. 2001. Jellyfish fishery in Southeast Asia. *Hydrobiologia* 451 (155): 19-26.
- RIVERA, C., A. ZAPATA, G. PINILLA, J. DONATO, B. CHAPARRO & P. JIMÉNEZ. 2005. Comparación de la estimación de la clorofila-a mediante los métodos espectrofotométrico y fluorométrico. *Acta biológica Colombiana* 10 (2): 95-103.
- ROTTINI-SANDRINI, L. & M. AVIAN. 1991. Reproduction of *Pelagia noctiluca* in the Central and Northern Adriatic Sea. *Hydrobiologia* 216 (217): 197-202.
- ROUSE, G. W. & K. PITT. 2000. Ultrastructure of the sperm of *Catostylus mosaicus* and *Phyllorhiza punctata* (Scyphozoa, Cnidaria): Implications for sperm terminology and the inference of reproductive mechanisms. *Invertebrate, Reproduction and Development* 38 (1): 23-34.
- SPANGENBERG, D. B. 1964. New observations on *Aurelia*. *Transactions of the American Microscopical Society* 83: 448-455.
- STRAVISI, F. 1984. Meteorological influence on the blooms of *Pelagia noctiluca* in the Northern Adriatic. In: United Nations Environmental Program 1983. *Workshop on jelly-fish blooms in the Mediterranean*. Athens, pp. 74-79.
- SAOUT, C., C. QUÉRE, A. DONVAL, Y. M. PAULET & J. F. SAMAIN. 1999. An experimental study of the combined effects of temperature and photoperiod on reproductive physiology of *Pecten maximus* from the Bay of Brest. *Aquaculture* 172: 301-314.
- VAGELLI, A. 2007. New observation on the asexual reproduction of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphozoa) with comments on its life cycle and adaptive significance. *Invertebrate Zoology* 4 (2): 111-127.

Recibido: 27 de noviembre de 2009.

Aceptado: 17 de diciembre de 2010.