

Variación lipídica en los ovocitos de la medusa *Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Rhizostomeae), durante el desarrollo gonádico, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México

Liliana Carvalho-Saucedo^{1*}, Federico García-Domínguez², Carmen Rodríguez-Jaramillo¹ & Juana López-Martínez¹

1. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23090, México
 2. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23096, México
- * Autor para correspondencia: Tel. (52) 612-123-83-83, Ext. 3489; carvalho04@cibnor.mx

Recibido 03-IV-2009. Corregido 30-VI-2009. Aceptado 24-VII-2009.

Abstract: Lipid variation in oocytes of the jellyfish *Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Rhizostomeae) from Las Guasimas Lagoon, Mexico, during gonadal development. The jellyfish *Stomolophus meleagris* has potential for commercial exploitation but there is little information on their reproductive biology. This paper seeks to evaluate some biochemical and demographic characteristics of the species. Samples were taken monthly during 2005 and 2006. Jellyfish collected in 2005 were used to describe the characteristics and quantity of oocyte triglycerides and phospholipids with the Sudan black technique, and to ascertain the degree of gonadal development and sex ratio by the hematoxylin-eosin technique. The 2006 jellyfish were used to determine the size at first maturity and protein and total lipids contents. Four stages of development in both sexes were determined, with a continuous gamete development. The highest percentage of mature organisms was recorded in April. The proportion of sexes was 0.7:1.3. We found higher concentrations of triglycerides than phospholipids in the cytoplasm. There was a positive correlation between triglycerides and the diameter of the oocyte. The size at first maturity for both sexes was 105mm. The highest protein and lipids contents were obtained in April and March respectively. *Rev. Biol. Trop.* 58 (1): 119-130. Epub 2010 March 01.

Key words: Jellyfish, cannon ball, triacylglycerols, phospholipids, gametogenesis.

En los últimos años se ha señalado la importancia del estudio de la composición bioquímica de lípidos y proteínas, durante el desarrollo gonádico, en especies de importancia comercial, ya que dicha composición puede variar dependiendo de la etapa de desarrollo (Arellano-Martínez *et al.* 2004). Gallagher & Mann (1986), mencionaron que durante el desarrollo gamético en hembras de bivalvos, existe la movilización de proteínas y lípidos a la gónada, para acumularse como material de reservas en los ovocitos. En la medusa *Aurelia aurita*, se ha reportado que el contenido de proteínas y lípidos varía de acuerdo a la longitud

de la medusa (Lucas 1994). Fraser (1989), señala que es de gran importancia el estudio de la cantidad y tipo de lípidos durante el periodo reproductivo en invertebrados, ya que son la fuente de energía principal durante la primeras fases del desarrollo larvario. Al respecto, Gong *et al.* (2004), reportaron que en el langostino tigre verde (*Penaeus semisulcatus*), los fosfolípidos se presentaron durante todo el proceso de desarrollo, los cuales se incrementaron al inicio de la previtelogénesis y se estabilizaron durante la vitelogénesis, etapa en la cual se incrementan los triglicéridos. Así mismo, Racotta *et al.* (2003), menciona que los triglicéridos son los

principales lípidos empleados como energía de almacenamiento en el bivalvo *Nodipecten subnodosus*. Rodríguez-Jaramillo *et al.* (2001), sugieren que el índice lipídico obtenido a partir de la cantidad de triglicéridos, así como, la relación núcleo-citoplasma del ovocito, pueden ser empleados como indicadores de la calidad de los ovocitos durante el desarrollo gonadal del bivalvo, *Atrina maura*. En la medusa, *Nemopilema nomurai* se ha observado que el diámetro de los ovocitos varía durante el desarrollo gonádico (Ohtsu *et al.* 2007) y en *Catostylus mosaicus*, otra especie de medusa, con la época del año y de la zona de estudio (Pitt & Kingsford 2000). Sin embargo, en estos trabajos no se evaluó la cantidad y tipo de lípidos. El contenido nutritivo y los atributos medicinales de la medusa bola de cañón *S. meleagris*, ha despertado el interés de países como Estados Unidos, Australia y Namibia, entre otros (Hsieh *et al.* 2001). En México, la apertura de la pesca de esta especie y la posibilidad de exportación al mercado asiático, ha generado importantes divisas que pronostican una pesquería de gran importancia para este país (López-Martínez & Álvarez-Tello 2008). Esta medusa puede presentarse en el Océano Atlántico en las costas de EEUU y el Golfo de México, y en el Océano Pacífico de Baja California hasta Panamá (Omori & Nakano 2001). En el Golfo de California su fase planctónica dura aproximadamente seis meses, periodo en el que se presenta en grandes concentraciones, para luego desaparecer hasta el siguiente año, este periodo de gran abundancia, parece coincidir con el ciclo reproductivo de la especie (Álvarez-Tello 2007, López-Martínez *et al.* 2007). Sin embargo, a pesar de su explotación, no existen estudios referentes a su biología reproductiva (periodo reproductivo, talla de primera madurez, proporción de sexos, entre otros), los cuales, son una base importante para el manejo pesquero del recurso (Wolff 1988, Barber & Blake 1991, Pazos *et al.* 1996), así como tampoco sobre la composición bioquímica durante el desarrollo gonádico, que repercutirá en las primeras fases del desarrollo larvario.

Debido al escaso conocimiento sobre el tema, en el presente trabajo se determinó la biología reproductiva de la medusa *S. meleagris*, el contenido de triglicéridos y fosfolípidos en los ovocitos, el índice lipídico durante el desarrollo gonádico y su contenido bioquímico (proteínas totales y grasas totales), en la laguna Las Guásimas, Sonora, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la laguna Las Guásimas, Sonora, México (27°52'N-110°35'W), durante 2005 y 2006. En 2005 se realizaron muestreos mensuales, recolectando 20 medusas por mes, las cuales fueron pesadas y medidas (diámetro de campana y largo de la medusa). Las medusas fueron fijadas en solución de Davidson, posteriormente se trasladaron al laboratorio donde se extrajeron las gónadas. Durante el 2006 se recolectaron 36 medusas mensualmente, seis para los análisis bioquímicos y 30 para la determinación de la talla de primera madurez sexual. En las muestras de tejido gonádico del 2005, se efectuaron cortes histológicos y se obtuvo una réplica de cada corte para aplicar dos tinciones diferentes: la técnica tradicional Hematoxilina-Eosina (Humason 1979), para histología general y la técnica para lípidos del Sudán negro B (Bayliss 1984), modificada por Rodríguez-Jaramillo *et al.* (2008). Esta técnica tiñe los triglicéridos en tonos azules oscuros y los fosfolípidos en tonos grises y ha sido aplicada para cuantificar los lípidos presentes en el citoplasma de los ovocitos (Gómez-Robles *et al.* 2005).

Se capturaron tres campos visuales tomados al azar de cada hembra (con un aumento de 40x). Las imágenes fueron digitalizadas por medio de un microscopio compuesto y una cámara digital CoolSNAP-Pro. En las imágenes obtenidas de los cortes teñidos con la técnica de Sudan negro B, se delimitó el perímetro del citoplasma (sin el núcleo) y se seleccionaron todos los píxeles dentro del área delimitada en tono azul oscuro y posteriormente los de tonalidad gris, el programa SCAN PRO (versión 5.0) calculó automáticamente el área teñida

en el citoplasma (ATC), para cada coloración (azul y gris) dada en μm^2 . Este procedimiento se realizó en los ovocitos vitelogénicos de todas las hembras recolectadas (un promedio de 20 ovocitos por hembra). Por medio del programa SCAN PRO, cada perímetro y núcleo fueron trazados manualmente y el programa calculó el área del ovocito y del núcleo (Rodríguez-Jaramillo *et al.* 2008). Una vez obtenida el área del ovocito (unidades expresadas en μm^2) se calculó el diámetro teórico propuesto por Saout *et al.* (1999). El índice lipídico se obtuvo dividiendo la sumatoria de las áreas teñidas por los triglicéridos, entre la superficie total del ovoplasma, expresada en porcentaje. Como una variable adicional para establecer el crecimiento del ovocito (desarrollo del citoplasma y crecimiento del núcleo), se calculó la relación núcleo-citoplasma, a partir de dividir el área del núcleo entre el área del citoplasma (N/C). Para el análisis del proceso reproductivo los cortes fueron examinados histológicamente tomando como base la propuesta de López-Martínez *et al.* (2004) y de Eckelbarger & Larson (1992), para hembras de esta especie y la de Morandini & Silveira (2001) para machos de la medusa, *Nausithoe aurea*. Cada fase de desarrollo se complementó con descripciones adicionales que se obtuvieron durante las observaciones.

Para establecer la estacionalidad del proceso reproductivo de *S. meleagris*, se calcularon las frecuencias relativas mensuales de las fases de desarrollo gonádico, por sexo (Gómez-Robles *et al.* 2005). También se obtuvo la frecuencia relativa considerando el número de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos presentes en cada organismo por mes de muestreo. Se asignó el grado de madurez III, cuando había más del 50% de ovocitos previtelogénicos en la gónada y madurez IV, cuando del 50% de ovocitos vitelogénicos en la gónada.

La proporción sexual se determinó dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos. Para conocer si esta proporción difiere de 1:1 se aplicó una prueba de χ^2 , con un grado de libertad y un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ (Daniel 1995). La determinación de proteínas se basó en el

método micro-Kjeldahl y la determinación de grasas, fue realizada a partir del método Soxhlet (Ruiz-Campos *et al.* 1998). Ambos resultados son evaluados como porcentaje del peso después de evaporar el solvente. Para la determinación de la talla de primera madurez sexual, las medusas fueron pesadas, medidas y analizadas histológicamente para la determinación del sexo. Se establecieron intervalos de talla de las hembras y machos que presentaron madurez gonadal (estadios III y IV), para obtener la frecuencia de hembras y machos por intervalo, posteriormente se estimó la probabilidad y la probabilidad acumulada, donde: Probabilidad (P)=Frecuencia del intervalo / la suma total de frecuencias; Probabilidad acumulada=Probabilidad + la probabilidad del intervalo anterior.

A través de estimación no lineal usando el algoritmo de Marquardt (1963) y tomado como criterio de ajuste la suma de errores cuadráticos mínima, se efectuó el ajuste al modelo logístico para obtener la talla de primera madurez o LD_{50} .

Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), empleando como variable independiente los meses, cuando esta fue significativa se aplicó una prueba *a posteriori* para comparación de medias (Tukey) de las variables: Longitud de campana y peso de las medusas hembras empleadas en el análisis de triglicéridos y fosfolípidos, el número de ovocitos vitelogénicos, el área ocupada por los triglicéridos y los fosfolípidos, el diámetro de los ovocitos y las proteínas y lípidos. Se utilizó el programa Curve Expert 1.3 (Hyams 2003), para obtener la relación del diámetro teórico de los ovocitos con los triglicéridos y los fosfolípidos, así como la relación entre estos últimos.

RESULTADOS

Si bien se muestreó a lo largo de los dos años, en 2005, sólo se presentaron medusas en febrero, abril y mayo y de enero a mayo en 2006. El análisis de grasas totales (lípidos) y proteínas totales, únicamente fue posible de febrero-mayo, debido a que en enero, el tamaño

de los organismos no permitió obtener la cantidad de muestra necesaria para los análisis (3g de gónada y campana de medusa). La talla y peso promedio de las hembras para histología fue mayor en abril (613.2g y 107mm, respectivamente). Se encontraron diferencias significativas entre el promedio de peso en abril y los promedios de febrero y mayo. En los promedios de tallas no se encontraron diferencias significativas (Fig. 1).

El desarrollo gonádico de las hembras y de los machos fue clasificado en cuatro estadios:

Hembras: Indiferenciado (I), los gametos no se observan; ovogénesis primaria (II), pequeños ovocitos primarios con intervalo de 10 a 22µm de diámetro; previtelogénesis (III), ovocitos previtelogénicos con intervalo de 22 a 28µm de diámetro; madurez (IV), ovocitos vitelogénicos con intervalos mayores a 28µm de diámetro.

Machos: Indiferenciado (I), los gametos no se observan; espermatogénesis temprana

(II), espermatocitos esféricos con un intervalo de 3 a 4.02µm de diámetro; espermatogénesis tardía (III), espermátidas de 1.75 a 3.01µm diámetro; madurez (IV), espermatozoides cuya cabeza se observa ligeramente afilada con un diámetro promedio que va de 1.44 a 1.76µm.

Se obtuvo un porcentaje de 36.25% de hembras y de 63.75% de machos, durante todo el periodo de muestreo, y una proporción de hembra/machos de 0.7:1.3 ($\chi^2=6.05$; g.l.=2, $p=0.01$). Tanto en febrero como en mayo, se observaron organismos indiferenciados para ambos sexos, con las mayores frecuencias en febrero. Las mayores frecuencias de organismos maduros (IV) ocurrieron en abril para ambos sexos, con 93% para machos y 90% para hembras. En mayo se observó una reducción de las frecuencias de organismos maduros (IV) con 66% para hembras y 50% para machos (Fig. 2).

Se observó que los ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos se presentan constantemente. De febrero a mayo los ovocitos

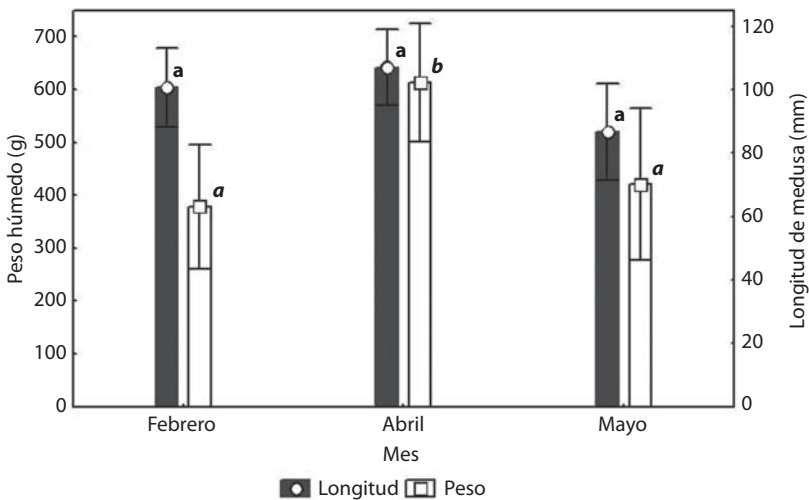


Fig. 1. Medias de peso húmedo (g) y largo de campana (mm) por mes de muestreo, de *S. meleagris* durante 2005, en la laguna Las Guásimas, México. Letras diferentes en cada variable indican diferencias significativas entre los meses de muestreo (prueba de Tukey, $p>0.05$).

Fig. 1. Averages of wet weight (g) and bell length (mm) per sampling month in *S. meleagris* during 2005 in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico. Different letters in each variable indicate significant differences between sampling months (Tukey's test, $p<0.05$).

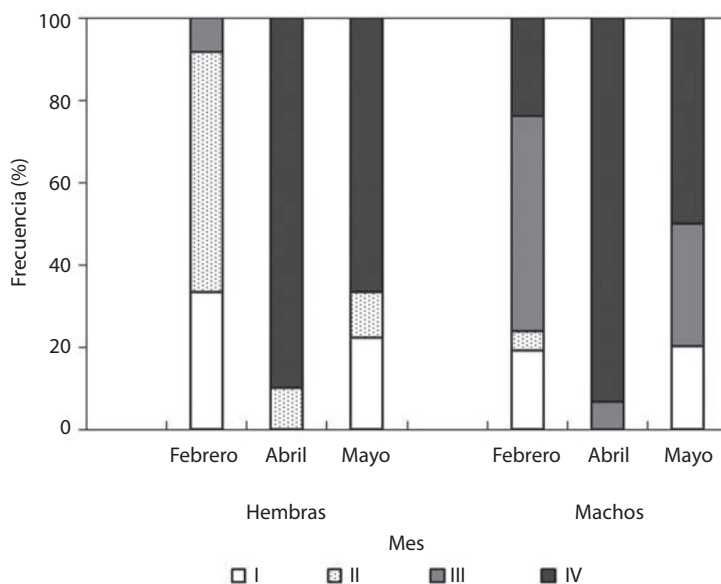


Fig. 2. Frecuencias relativas de los estadios gonádicos en hembras y machos de *S. meleagris* durante 2005, en la laguna Las Guásimas, México. La suma total de cada columna, representa el total (100%) de la frecuencia del desarrollo gamético.

Fig. 2. Relative frequency of the gonad phases in *S. meleagris* females and males during 2005 in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico. The sum of the four columns represents the total (100%) frequency of the gametogenic development.

previtelogénicos disminuyeron y los vitelogénicos se incrementaron, con diferencias significativas entre los meses de recolecta, para ambos ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos. Las mayores frecuencias de ovocitos previtelogénicos ocurrieron en febrero y de vitelogénicos en mayo (Cuadro 1).

El análisis de las medias de triglicéridos y fosfolípidos, mostró que los tres meses (febrero, abril y mayo) presentan diferencias entre sí, de tal manera que la mayor cantidad de triglicéridos ocurrió en mayo ($2198.07\mu\text{m}^2$ de ATC). El mayor valor de fosfolípidos se obtuvo en abril ($230\mu\text{m}^2$ de ATC), con diferencias significativas con febrero y mayo. La cantidad de triglicéridos fue notablemente mayor que la de fosfolípidos en los tres meses de recolecta, el diámetro de los ovocitos se incrementó de febrero a mayo (Fig. 3). En cuanto a la relación núcleo citoplasma (N:O), sólo se encontraron diferencias estadísticas en febrero, respecto a

abril y mayo, con una tendencia a disminuir esta relación conforme se avanza en el periodo de muestreo y se incrementa el diámetro de los ovocitos. El mayor valor del índice lipídico se obtuvo en mayo (61.29%), sin embargo en abril (57.48%), se presentó un valor muy cercano a mayo, de tal manera que no se observaron diferencias estadísticas entre estos meses, pero sí con febrero (50.13%) (Fig. 3).

La curva de regresión de el diámetro del ovocito y el ATC de los triglicéridos, resultó en un coeficiente de correlación muy alto entre los triglicéridos y el diámetro del ovocito ($r=0.9710$), el cual se ajustó a una curva ($y=ax^b$), donde $a=0.13085$ y $b=2.2610$, indicando que la cantidad de triglicéridos se incrementó conforme aumentó el diámetro del ovocito (Fig. 4).

Sin embargo en el caso de los fosfolípidos con un ajuste ($y=ax^b$), donde $a=0.53911982$ y $b=1.3845219$, con un coeficiente de correlación

CUADRO 1

Medias de las frecuencias relativas del número de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos, por organismos en cada mes de muestreo. Así como las diferencias significativas presentes entre los meses de muestreo en cada estadio de los ovocitos, de *S. meleagris* en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Medias por tipo de ovocito, con diferente letra, son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey $p > 0.05$)

TABLE 1

Mean relative frequencies of the amount of previtellogenic and vitellogenic oocytes per specimen for each sampling month, and significant differences between sampling months for each oocyte phase, in *S. meleagris* in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico. Different letters in each variable indicate significant differences between sampling months (Tukey's test, $p < 0.05$)

Mes	Número de ovocitos/organismo/mes		Err.Std.
	Previtelogénicos (%)	Vitelogénicos (%)	
Febrero	74.912 ^a	25.088 ^a	2.960
Abril	38.979 ^b	61.021 ^b	2.476
Mayo	24.377 ^c	75.623 ^c	2.960

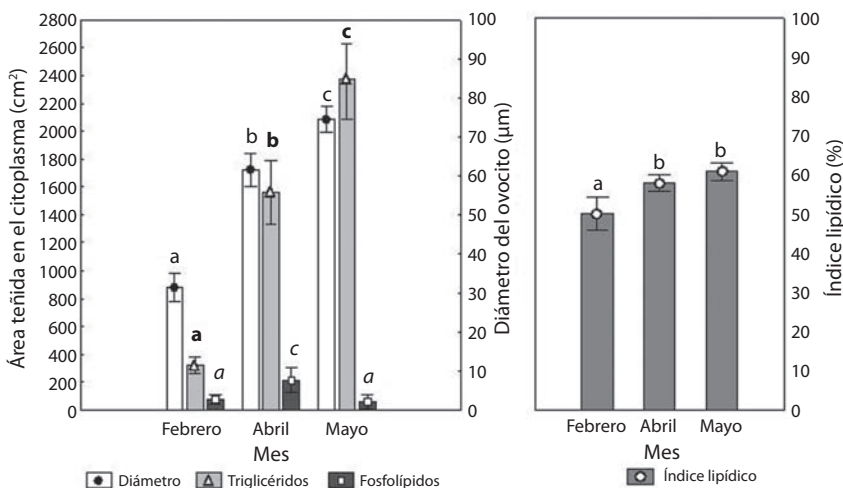


Fig. 3. Diámetro teórico del ovocito y área ocupada en el citoplasma por los triglicéridos y fosfolípidos e índice lipídico expresado en porcentaje, en cada mes de recolecta durante el año 2005, de *S. meleagris* en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Letras diferentes en cada variable indican diferencias significativas entre los meses de muestreo (prueba de Tukey, $p < 0.05$).

Fig. 3. Theoretical oocyte diameter and area of the cytoplasm filled with triglycerides and phospholipids, per sampling month during 2005, in *S. meleagris* in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico. Different letters in each variable indicate significant differences between sampling months (Tukey's test, $p < 0.05$).

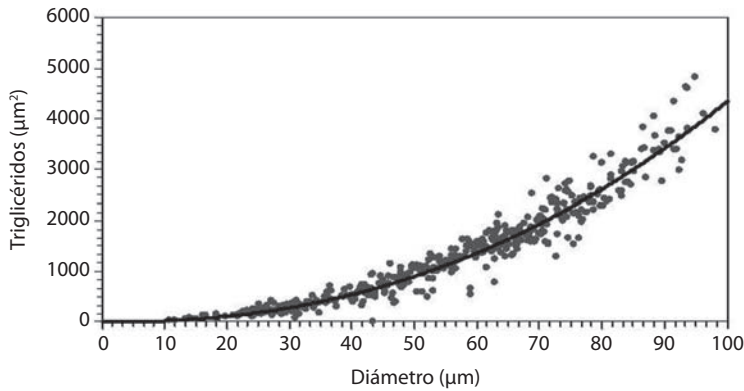


Fig. 4. Curva de regresión del diámetro teórico y el área ocupada en el citoplasma por los triglicéridos durante 2005, de *S. meleagris* en la laguna Las Guásimas, Sonora, México.

Fig. 4. Regression curve between theoretical diameter and cytoplasm area filled with triglycerides during 2005, in *S. meleagris* in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico.

muy bajo ($r=0.3645$), considerando el ajuste obtenido para los triglicéridos, sugiere que no hubo una clara relación entre estas variables.

El análisis realizado entre los triglicéridos y fosfolípidos mostró el mejor ajuste con una regresión lineal ($y=a+xb$) donde $a=200.09$ y $b=1.2484075$ del cual, se obtuvo un coeficiente de correlación muy bajo ($r=0.2563$), sugiriendo que la relación lineal entre los triglicéridos y los fosfolípidos es baja.

La media de la concentración del porcentaje de proteínas es mayor que la del porcentaje de grasas tales de febrero a mayo. El menor valor para ambas variables se obtuvo en febrero con diferencias significativas sólo con marzo y abril, el mayor porcentaje de proteínas se obtuvo en abril, mientras que en marzo se obtuvo el mayor porcentaje de grasas totales, sin embargo abril y mayo no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de proteínas y grasas totales (Fig. 5). El porcentaje de grasas totales, presentó una tendencia a disminuir conforme se avanza en el periodo de muestreo, lo que coincide con los valores de longitud total de la medusa, donde sólo febrero presentó diferencias significativas con marzo y abril (Fig. 5).

La ecuación de la proporción con madurez gonadal en un intervalo de talla para hembras (para ajuste de valores) resultó:

$$P = 1 / (1 + \exp(-0.0608 * (x-104)))$$

y para medusas machos:

$$P = 1 / (1 + \exp(-0.04999 * (x-104)))$$

Donde la talla de primera madurez resultó igual en machos y hembras con una longitud de 105 mm (Fig. 6).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se observó, que en *S. meleagris* el aumento de tamaño de los ovocitos coincidió con el aumento en la cantidad de triglicéridos, un fenómeno similar encontraron Morandini & Silveira (2001), en la medusa *Nausithoe aurea*, especie en la cual, el crecimiento de los ovocitos durante el proceso de vitelogénesis está relacionado con la aparición de las gotas lipídicas. Gómez-Robles *et al.* (2005), reportaron que en *Pinctada mazatlanica*, la principal fuente energética en

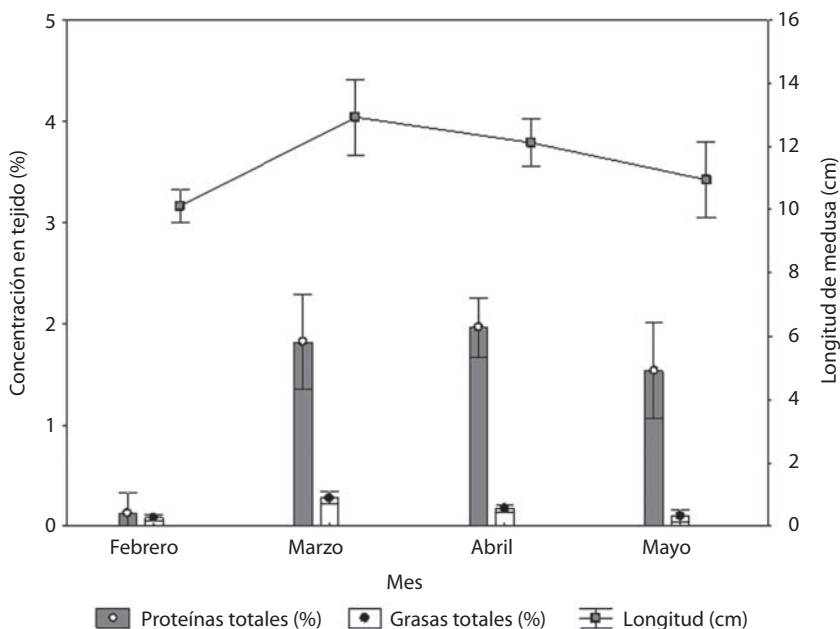


Fig. 5. Medias de variables bioquímicas obtenidas en tejido de medusa (%) y medias de longitud (cm) de *S. meleagris*, por mes de muestreo, colectadas en el año 2006, durante febrero-mayo, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Variables con la misma letra entre meses, no son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey $p > 0.05$).

Fig. 5. Average of biochemical variables obtained of jellyfish sample and averages of length (cm) for *S. meleagris*, for month of sampling, collected in 2006, during February-May, in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico. Different letters in each variable indicate significant differences between sampling months (Tukey's test, $p < 0.05$).

los ovocitos vitelogénicos son los lípidos, los cuales varían dependiendo de la estacionalidad. Por otra parte, se observó que la cantidad de fosfolípidos, fue notablemente menor que la de triglicéridos, aún considerando el valor obtenido en abril, lo que podría confirmar que los triglicéridos son la principal fuente de almacenamiento de energía de reserva en los ovocitos de *S. meleagris*. Esto coincide con lo reportado por Peña-Rangel & Riesgo-Escovar (2005), quienes indicaron que dentro de los tipos de lípidos, los triglicéridos son la principal forma de almacenamiento de energía. Se ha demostrado que dichos lípidos de reserva son transferidos a la progenie ya que los triglicéridos son empleados durante el desarrollo embrionario (Rodríguez-Jaramillo *et al.* 2001). Sin embargo

la mayor media mensual de triglicéridos y diámetro de ovocitos no coincidió con la mayor proporción de organismos maduros (V), de manera similar Pitt & Kingsford (2000), encontraron que en *Catostylus mosaicus*, se observa una reducción del diámetro de los ovocitos dependiendo de la época del año y señalaron que dicha reducción puede generar una disminución en el contenido del ovocito. Por otra parte, el índice lipídico aumentó junto con el incremento del diámetro del ovocito, lo que significa que durante el desarrollo del ovocito se da la acumulación de lípidos de reserva, la cual dependerá, en gran medida del tamaño del ovocito. Al respecto Gómez-Robles *et al.* (2005), mencionaron que en *Pinctada mazatlanica* el índice lipídico es un indicador confiable para

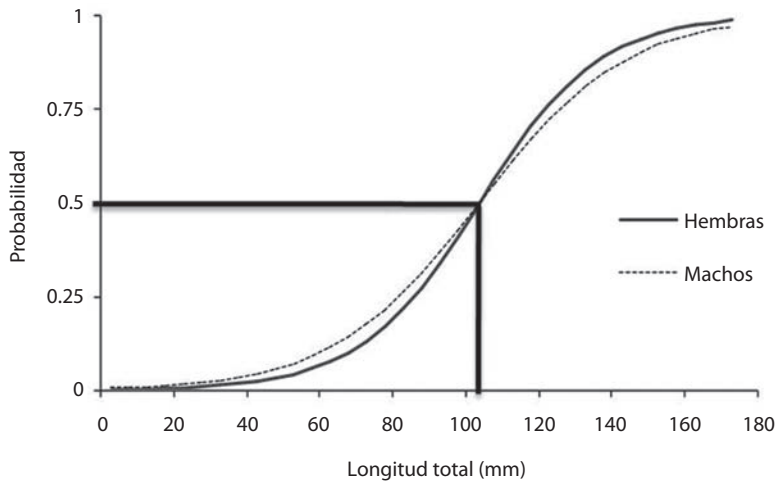


Fig. 6. Curvas de probabilidad de hembras y machos con madurez gonadal en cada intervalo de talla, donde el 0.5 de probabilidad indica la talla de primera madurez en ambos sexos, durante el periodo enero-mayo del 2006, de *S. meleagris* en la Laguna las Guásimas, Sonora, México.

Fig. 6. Curves of probability of females and males with gonad maturity stage in each interval of length, where 0.5 of probability indicate the size of first maturity, in both sexes, during the period January-May of the 2006, of *S. meleagris* in Las Guasimas lagoon, Sonora, Mexico.

evaluar la calidad de los ovocitos vitelogénicos en términos de incorporación de lípidos en el citoplasma. Lo anterior sugiere, que aunque el mes de abril presenta una mayor proporción de organismos, los ovocitos desarrollados durante este mes, presentan una menor calidad nutritiva que los desarrollados durante el mes de mayo, lo cual, puede afectar al desarrollo larval. Esto resulta de gran importancia ya que puede ser un indicador de la supervivencia larval, en las diferentes épocas de muestreo, basado no sólo en la proporción de organismos con madurez gonadal, sino además por la calidad de los ovocitos.

Por otro lado, las bajas cantidades de fosfolípidos en los ovocitos y su vaga relación con el diámetro de los mismos, nos indica que estos lípidos, cumplen un papel diferente al de reserva energética en los ovocitos. Peña-Rangel & Riesgo-Escovar (2005), mencionaron que los fosfolípidos, son utilizados principalmente como componentes estructurales, los cuales constituyen un importante porcentaje en los

organelos, de tal manera que en el retículo endoplásmico el 62% de moléculas lipídicas corresponden a fosfolípidos. Según lo reportado por Eckelbarger & Larson (1992) en *S. meleagris*, el citoplasma presenta gran cantidad de vesículas lipídicas y organelos como mitocondrias, retículo endoplásmico y aparato de Golgi, estos investigadores también observaron que dichos organelos se incrementan en número en las últimas etapas de desarrollo del ovocito (estadios III y IV). Lo anterior puede explicar el ligero aumento de los fosfolípidos observado en abril, ya que dicho valor aunque es muy pequeño comparado con los valores encontrados de triglicéridos, fue estadísticamente diferente. Por lo anterior, el ligero incremento de la relación de los fosfolípidos con el diámetro del ovocito obtenido en cada mes de muestreo, puede ser un reflejo de mayor cantidad de estos organelos en el citoplasma, causado por el crecimiento de los ovocitos durante el desarrollo gonádico. Así mismo, la baja relación de los fosfolípidos con los

triglicéridos se debe a las diferencias funcionales de estos lípidos en el citoplasma. Dichos cambios durante el desarrollo del ovocito se reflejaron en la relación núcleo-citoplasma, ya que, durante su crecimiento el núcleo alcanza su mayor tamaño antes del proceso vitelogénico y posteriormente tiende a disminuir y la membrana nuclear va perdiendo la forma esférica, por lo que la relación núcleo-citoplasma se reduce, como consecuencia del desarrollo del ovocito (Rodríguez-Jaramillo *et al.* 2001), como ocurrió en el presente trabajo.

Por otro lado, el mayor porcentaje de proteínas que de grasa totales (lípidos) en el cuerpo de la medusa, encontrado en el presente trabajo, coincide con lo reportado en otras especies de medusas (Clarke *et al.* 1992). Al respecto Hsieh *et al.* (2001), indicó que las medusas están constituidas principalmente de agua y proteínas, con una baja concentración de lípidos. Larson & Harbison (1989) mencionaron que la concentración de lípidos varía dependiendo de la especie, la localidad, así como de la época del año, ya que la composición zooplanctónica (alimento disponible) varía anualmente. Lucas (1994), reportó que en *Aurelia aurita*, la concentración de proteínas se incrementa en un intervalo de talla de 60 a 110mm, mientras que en intervalos mayores disminuye, y agrega que dichos intervalos se obtuvieron durante los meses en los que ocurre la mayor biomasa de mesozooplankton en esa región. Por otro lado De Silva-Dávila *et al.* (2006), reportaron que durante el 2003, en las costas del Golfo de California (Sinaloa, México), se encontró la mayor biomasa zooplanctónica en marzo, con una disminución durante los meses subsecuentes, ocurriendo la menor biomasa zooplanctónica en junio, debido al incremento de temperatura. De aquí que, el incremento de lípidos y proteínas en el cuerpo de la medusa obtenido durante marzo y abril, puede estar relacionado con la disponibilidad de alimento, así como por la necesidad de almacenar reservas energéticas para poder destinar dicha energía durante el desarrollo gonádico.

Los resultados histológicos del estudio del desarrollo gonádico de *S. meleagris*, indican

que esta especie presentó una gametogénesis continua, la presencia de organismos maduros, durante todo el periodo de muestreo, con la frecuencia más alta de abril a mayo (90% y 66% respectivamente), coincide con el máximo crecimiento del diámetro de los ovocitos y un aumento en la cantidad de triglicéridos. En relación a esto, en las costas de México, en el Golfo de California, es común que durante abril y mayo, se observe una gran cantidad de grandes medusas muertas y para junio la cantidad de medusas vivas en el mar es casi nula, hasta el próximo diciembre ó enero, cuando se presentan nuevamente las medusas (López-Martínez *et al.* 2004). Dichas medusas aparecen en gran número y en varias tallas, lo que, puede atribuirse a que los organismos, después de un tiempo de desove continuo mueren. Esto coincide con poblaciones cuyo ciclo de vida es corto y por ello, su talla de primera madurez es pequeña como se encontró en el presente trabajo (Fig. 6). Sin embargo en *Catostylus mosaicus* en las costas de Australia, el periodo de permanencia en la zona es más largo y varía con cambios estacionales en la zona (Pitt & Kingsford 2000). Ocaña-Luna & Gómez-Aguirre (1999) mencionaron que la abundancia y el tamaño de *S. meleagris* en las lagunas costeras del norte del Pacífico oriental tropical, pueden deberse a una mayor oscilación de la temperatura del mar en la región, por lo que es posible que la talla de primera madurez varíe con los cambios estacionales. Por lo que, es importante considerar las variables como temperatura, biomasa planctónica y salinidad, entre otras, para entender su relación con la estacionalidad reproductiva de esta especie.

En conclusión la medusa *S. meleagris* presentó un desarrollo gamético continuo en ambos sexos, de tal manera que lograron una sincronización en la madurez gonadal, durante el mes de mayor ocurrencia de organismos maduros. Durante el desarrollo gonádico, hubo una acumulación de lípidos en los ovocitos, principalmente de triglicéridos, los cuales variaron temporalmente. Esta acumulación puede ser debida a la disponibilidad de alimento y a las condiciones ambientales favorables, que en

términos de eficiencia reproductiva, significa que el excedente de energía obtenida durante la temporada de abundancia de alimento, será empleado para la reproducción.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto 939-1. Se agradece a la Pesquera México, S.A. de C.V., a Jesús Padilla, Rufino Morales (Unidad Guaymas) y a Ma. Eulalia Meza C. (Lab. de Histología, CIBNOR).

RESUMEN

La medusa *S. meleagris*, ha mostrado potencial de explotación pero hay escasa información sobre su biología reproductiva. El presente trabajo pretende conocer el contenido de los triglicéridos y fosfolípidos en los ovocitos durante el desarrollo gonadal, así como la proporción de sexos, talla de primera madurez y la concentración de proteínas y lípidos totales en la medusa. Se realizaron muestreos mensuales durante 2005 y 2006. A las medusas recolectadas en 2005, se les aplicó la técnica del sudán negro, para describir las características del ovocito y la cantidad triglicéridos y fosfolípidos y la técnica de hematoxilina-eosina para conocer el grado de desarrollo gonádico y la proporción de sexos. Las medusas del 2006 se emplearon para determinar la talla de primera madurez y el contenido de proteínas y lípidos totales. Se observaron cuatro fases de desarrollo en ambos sexos, con un desarrollo gamético continuo. El mayor porcentaje de organismos maduros se registró en abril. La proporción de sexos fue de 0.7:1.3. Se encontró mayor concentración de triglicéridos que de fosfolípidos en el citoplasma. Se obtuvo una correlación positiva entre triglicéridos y el diámetro del ovocito. La talla de primera madurez para ambos sexos fue de 105 mm. El mayor contenido de proteínas se obtuvo en abril y para lípidos en marzo.

Palabras clave: Medusa, bola de cañón, triglicéridos, fosfolípidos, gametogénesis

REFERENCIAS

Álvarez-Tello, F.J. 2007. La pesquería de la medusa bola de cañón (*Stomolophus meleagris*) en la región de Bahía de Kino-El Choyudo, Sonora, durante 2006. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Guaymas, Sonora, México.

Arellano-Martínez, M., B.P. Ceballos-Vázquez, M. Villalejo-Fuerte, F. García-Domínguez, J.F. Elorduy-Garay,

A. Esliman-Salgado & I.S. Racotta. 2004. Reproduction of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* Sowerby, 1835 (Bivalvia: Pectinidae) from Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., Mexico. *J. Shellfish Res.* 23: 723-729.

- Barber, B.J. & N.J. Blake. 1991. Energy storage utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 52: 121-134.
- Bayliss, H.O. 1984. Lipid histochemistry. Department of Pathology, Guy's Hospital Medical School. Oxford University. Londres, Reino Unido.
- Clarke, A., L.J. Holmes & D.J. Gore. 1992. Proximate and elemental composition of gelatinous zooplankton from the Southern Ocean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155: 55-68.
- Daniel, W.W. 1995. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. UTEHA. Noriega editores. México DF, México.
- De Silva-Dávila, R., R. Palomares-García, A. Zavala-Norzagaray & D.C. Escobedo-Urías. 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa, p. 26-39. *In* M.E. Hendrickx (ed). Contributions to the study of East Pacific crustaceans 4(1). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Sinaloa, México.
- 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. *Mar. Biol.* 114: 633-643.
- Fraser, A.J. 1989. Triacylglycerol content as a condition index for fish, bivalve, and crustacean larvae. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1868-1873.
- Gallager, S.M. & R. Mann. 1986. Individual variability in lipid content of bivalve larvae quantified histochemically by absorption photometry. *J. Plankton Res.* 8: 927-937.
- 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). *J. Shellfish Res.* 24: 1197-1202.
- Gong, H., D.H. Jiang, A.L. Lawrence, M.L. González-Félix & M. Pérez-Velázquez. 2004. Nuevos avances en el estudio de fosfolípidos nutrimentales para camarón, p. 329-343. *In* Cruz Suárez, L.E., D. Ricque Marie, M.G. Nieto López, D.A. Villareal Cavazos,

- U. Scholz, & M.L. González-Félix (eds.). Avances en Nutrición Acuicola VII. Memorias del Séptimo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 16 al 19 de Noviembre de 2004. Hermosillo, Sonora, México.
- Hsieh H.Y., F.M., Leong & J. Rudloe. 2001. Jellyfish as food. *Hydrobiologia* 451: 11-17.
- Humason, L.G. 1979. *Animal Tissue Techniques*. W. H. Freeman and Company. San Francisco, California, EEUU.
- Hyams, D. 2003. CurveExpert version 1.3: A comprehensive curve fitting system for Windows.
- Larson, R.J. & G.R. Harbison. 1989. Source and fate of lipids in polar gelatinous zooplankton. *Arctic* 42: 339-346.
- López-Martínez, J., D.B. Lluch-Cota, E. Herrera-Valdivia, S. Hernández-Vázquez, E. Alcántara-Razo, R. Morales-Azpeitia, J. Padilla-Serrato & C. Rodríguez-Jaramillo. 2004. Estimaciones de abundancia de la medusa bola de cañón (*Stomolophus meleagris*) al sur de Sonora para el establecimiento de una pesquería sustentable: pesquera México. Informe final anual de proyecto. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México.
- López Martínez, J., R. Morales-Azpeitia, J. Padilla-Arredondo, E. Herrera Valdivia, C. Rodríguez & E. Alcántara-Razo. 2007. Estimaciones de abundancia de la medusa "Bola de Cañón" (*Stomolophus meleagris*) al sur de Sonora, para el establecimiento de una pesquería sustentable. Informe Final de Actividades. Guaymas, Sonora, México.
- López-Martínez, J. & J. Álvarez-Tello. 2008. Medusa bola de cañón: recurso de exportación. *Ciencia y Desarrollo* 34: 8-15.
- Lucas, C.H. 1994. Biochemical composition of *Aurelia aurita* in relation to age and sexual maturity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 183: 179-192.
- Marquardt, D. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *SIAM J. Appl. Math.* 11: 431-441.
- Morandini, A. & F.L. Da Silveira. 2001. Sexual reproduction of *Nausithoe aurea* (Scyphozoa, Coronatae). Gametogenesis, eggs release, embryonic development, and gastrulation. *Sci. Mar.* 65: 139-149.
- Ocaña-Luna, A.R. & S. Gómez-Aguirre. 1999. *Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Rhizostomeae) en dos lagunas costeras de Oaxaca, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx. Ser. Zool.* 70: 71-77.
- Ohtsu, K., M. Kawahara, H. Ikeda & S. Uye. 2007. Experimental induction of gonadal maturation and spawning in the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae). *Mar. Biol.* 152: 667-676.
- Omori, M. & E. Nakano. 2001. Jellyfish fisheries in Southeast Asia. *Hydrobiologia* 451: 19-26.
- Pazos, A.J., G. Román, C. Acosta, M. Abad & J.L. Sánchez. 1996. Influence of the gametogenic cycle on the biochemical composition of the ovary of the great scallop. *Aquaculture Int.* 4: 201-213.
- Peña-Rangel, M. T. & J. Riesgo-Escovar. 2005. Nuevas funciones para las fosfolipasas y aciltransferasas de fosfolípidos: una breve revisión de las funciones y el metabolismo de fosfolípidos. *Mensaje Bioquím.* 29: 65-79.
- Pitt, A.K. & M. Kingsford. 2000. Reproductive biology of the edible jellyfish *Catostylus mosaicus* (Rhizostomeae). *Mar. Biol.* 137: 791-799.
- Racotta, I. S., J.L. Ramírez, A.M. Ibarra, M.C. Rodríguez-Jaramillo, D. Carreño & E. Palacios. 2003. Growth and gametogenesis in the lion's paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture* 217: 335-349.
- Rodríguez-Jaramillo, C., A.N. Maeda-Martínez, M.E. Valdez, T. Reynoso -Granados, P. Monsalvo-Spencer, D. Prado-Ancona, F. Cardoza-Velasco, M. Robles-Mungaray & M.T. Sicard. 2001. The effect of temperature on the reproductive maturity of the penshell *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae). *J. Shellfish Res.* 20: 39-47.
- Rodríguez-Jaramillo, C., M.A. Hurtado, E. Romero-Vivas, J.L. Ramírez, M. Manzano & E. Palacios. 2008. Gonadal development and histochemistry of the tropical oyster, *Crassostera corteziensis* (Hertlein, 1951) during an annual reproductive cycle. *J. Shellfish Res.* 27: 1-13.
- Ruiz-Campos, E., J. Cabrera-Peña & R.A. Cruz. 1998. Composición bioquímica de la carne de *Polymesoda radiata* (Bivalvia: Corbiculidae), en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46: 649-653.
- 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.
- Wolff, M. 1988. Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 42: 213-217.