



Ciencias Marinas

ISSN: 0185-3880

cmarinas@uabc.mx

Universidad Autónoma de Baja California  
México

Arizmendi-Rodríguez, DI; Salinas-Zavala, CA; Quiñónez-Velázquez, C; Mejía-Rebollo, A  
Abundance and distribution of the Panama brief squid, *Lolliguncula panamensis* (Teuthida:  
Loliginidae), in the Gulf of California  
Ciencias Marinas, vol. 38, núm. 1A, enero, 2012, pp. 31-45  
Universidad Autónoma de Baja California  
Ensenada, México

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48023242003>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System

Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal

Non-profit academic project, developed under the open access initiative

## Abundance and distribution of the Panama brief squid, *Lolliguncula panamensis* (Teuthida: Loliginidae), in the Gulf of California

### Abundancia y distribución del calamar dedal, *Lolliguncula panamensis* (Teuthida: Loliginidae), en el golfo de California

DI Arizmendi-Rodríguez<sup>1\*</sup>, CA Salinas-Zavala<sup>2</sup>, C Quiñónez-Velázquez<sup>1</sup>, A Mejía-Rebollo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz 23096, Baja California Sur, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz 23090, Baja California Sur, México.

\* Corresponding author. E-mail: adanaisela@gmail.com

**ABSTRACT.** This study examines the abundance and distribution of Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) caught during 15 fishery surveys in the Gulf of California in 2003–2006 and 2008. A total of 2460 individuals were captured in 66 positive squid trawls. Based on the seasonal sea surface temperature pattern, captured individuals were grouped into two periods: cold (<22 °C: December, January, February, March, and April 2003–2006 and 2008) and warm (≥22 °C: May, June, July, August, September, October, and November 2003–2006 and 2008). During the cold period, 1579 organisms were sampled, and during the warm period, 881. Abundance by sex showed that females were more abundant during both periods (62% cold, 57% warm) than males (17% cold, 12% warm). During both periods, females (99.6% cold, 91.0% warm) as well as males (99.3% cold, 95.3% warm) presented reproductive activity (maturing and mature stages), and they were captured at depths between 7 and 40 m. The highest abundances occurred in diurnal trawls at an average depth of 40 m during the cold period and 24 m during the warm period.

**Key words:** distribution, abundance, Panama brief squid, *Lolliguncula panamensis*, Gulf of California.

**RESUMEN.** Se analizó la abundancia y la distribución del calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) capturado en 15 cruceros de pesca exploratoria en el golfo de California, durante 2003–2006 y 2008. Se registraron 66 lances positivos de calamar, en los que se capturó un total de 2460 individuos. Con base en el patrón estacional de la temperatura superficial del mar, los individuos capturados se agruparon en dos periodos: frío (<22 °C: diciembre, enero, febrero, marzo y abril de 2003–2006 y 2008) y cálido (≥ 22 °C: mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre de 2003–2006 y 2008). En el periodo frío se recolectaron 1579 organismos, mientras que en el cálido, 881 individuos. Al analizar la abundancia por sexos, en ambos periodos las hembras fueron más abundantes (62% frío, 57% cálido) en comparación con los machos (17% frío, 12% cálido). En ambos periodos, tanto las hembras (99.6% frío, 91.0% cálido) como los machos (99.3% frío, 95.3% cálido) presentaron actividad reproductiva (etapa en desarrollo y madura), y fueron capturados entre 7 y 40 m de profundidad. Las mayores abundancias se registraron en lances realizados durante el día, a una profundidad promedio de 40 m en el periodo frío y de 24 m en el cálido.

**Palabras clave:** distribución, abundancia, calamar dedal, *Lolliguncula panamensis*, golfo de California.

## INTRODUCTION

The Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis* Berry 1911) is distributed in the Eastern Pacific from the Gulf of California to Peru. It occurs between 1 and 70 m depth, though in greater abundance between 5 and 30 m depth, at temperatures of 21 to 27 °C and salinities of 15 to 23 (Fisher *et al.* 1995).

In the Mexican Pacific, *L. panamensis* is captured incidentally in the shrimp fishery (Alejo-Plata *et al.* 2001), and is found at depths ranging from 16 to 65 m along the coast (Sánchez 2003). Off the Pacific coast of Colombia, Squires and Barragán (1979) observed that male and female *L. panamensis* attain sizes of 74 and 110 mm dorsal mantle length, respectively, and that sexual dimorphism occurs

## INTRODUCCIÓN

El calamar dedal (*Lolliguncula panamensis* Berry 1911) se distribuye en el Pacífico oriental, desde el golfo de California hasta Perú. Se encuentra entre 1 y 70 m de profundidad, aunque es más abundante entre los 5 y 30 m de profundidad, a temperaturas entre 21 y 27 °C y salinidades entre 15 y 23 (Fisher *et al.* 1995).

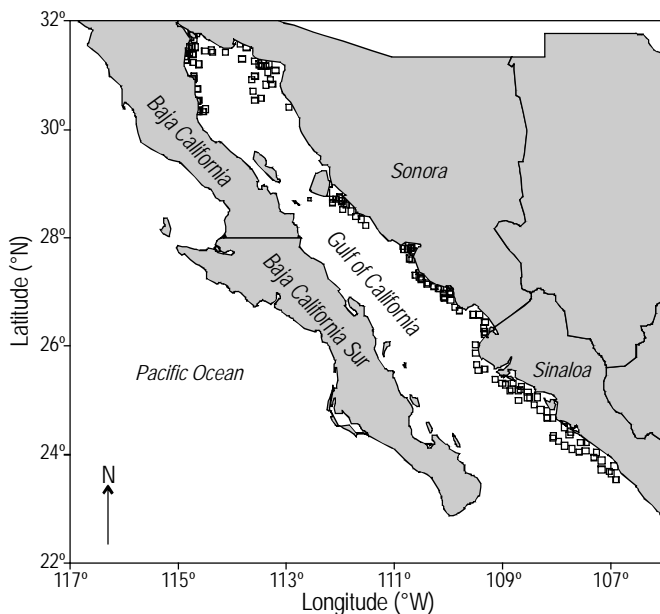
En el Pacífico mexicano, *L. panamensis* se captura de manera incidental en la pesca de camarón (Alejo-Plata *et al.* 2001). Sánchez (2003) menciona que en las costas mexicanas el calamar dedal se localiza a profundidades entre 16 y 65 m. Para las costas de Colombia, Squires y Barragán (1979) observaron que los machos y las hembras de *L. panamensis* alcanzan hasta 74 y 110 mm de longitud dorsal del manto,

before sexual maturity is reached. Barragán (1977a, 1977b) reported that females are larger than males and that this species feeds mainly on fish and crustaceans.

Loliginid squid are subject to exploitation and are fished directly or taken incidentally (Staudinger 2006). Landings reached 275,024 t in 2002, representing 9% of the world squid catch (Rodhouse 2005). They are also important elements in food webs (Rosas-Luis *et al.* 2008). Yet knowledge regarding their biology is scarce and it is necessary to establish lines of research to address in detail the basic biological aspects of species considered potential resources, such as the Panama brief squid (Hernández-Vázquez 1987). Hence, this study aimed to analyze the abundance and distribution of *L. panamensis* in the Gulf of California (Mexico).

## MATERIAL AND METHODS

The biological material was collected during 15 exploratory fishing cruises in the Gulf of California between 2003 and 2006 and in 2008, carried out within the framework of the project “Assessment of shrimp stocks in marine waters of the Mexican Pacific during the closed season and effect of the incidental catch of non-shrimp species on the ecosystem”. The cruises were conducted on board the R/Vs *BIP-XI* and *BIP-XII*, equipped with trawl nets (90 ft headline, mesh size of 2–2¼” in the body and 1½–1¾” at the cod end, wooden boards of 10' × 60"). Sampling was carried out at 96 stations situated along the coast, from 25° to 31° N latitude (fig. 1), at depths between 7.3 and 165 m. Trawling duration was one hour at an approximate speed of 2.5 kn.



**Figure 1.** Study area, Gulf of California (Mexico), showing the geographic position of the sampling stations (squares).

**Figura 1.** Área de estudio, golfo de California (Mexico), donde se indica la posición geográfica de las estaciones de muestreo (cuadrados).

respectivamente, y que el dimorfismo sexual se presenta antes de alcanzar la madurez sexual. Barragán (1977a, 1977b) registró que las hembras son más grandes que los machos y que esta especie se alimenta principalmente de peces y crustáceos.

Los loliginidos son organismos sujetos a explotación pesquera de manera directa o incidental (Staudinger 2006). Sus capturas alcanzaron 275,024 t en 2002, que representan el 9% de la captura mundial de calamar (Rodhouse 2005). Estos organismos también son un elemento importante en las tramas tróficas (Rosas-Luis *et al.* 2008). Sin embargo, el conocimiento sobre su biología es escaso, y es necesario establecer líneas de investigación que aborden de manera detallada los aspectos biológicos básicos de las especies consideradas recursos potenciales, como lo establecido para el calamar dedal por Hernández-Vázquez (1987). El presente trabajo tiene como objetivo analizar la abundancia y distribución de *L. panamensis* en el golfo de California (México).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico se recolectó en 15 cruceros de pesca exploratoria en el golfo de California, durante 2003–2006 y 2008, que fueron parte del programa “Evaluación de las poblaciones de camarón en aguas marinas del Pacífico mexicano durante el periodo de veda y el efecto de la captura incidental de la fauna acompañante de camarón en el ecosistema”. Los cruceros se desarrollaron a bordo de los barcos de exploración pesquera *BIP-XI* y *BIP-XII*, equipados con red de arrastre (90 pies en relinga superior con luz de malla de 2 a 2 ¼” en el cuerpo y de 1 ½ a 1 ¾” en el copo, tablas de madera de 10' × 60"). El plan de muestreo incluyó 96 estaciones a lo largo de la costa, desde los 25° N hasta los 31° N de latitud (fig. 1), a profundidades entre 7.3 y 165 m. Los arrastres tuvieron una duración de una hora a una velocidad aproximada de 2.5 nudos.

La captura de cada arrastre se colocó sobre la cubierta del barco y se recolectó una muestra al azar de 40–45 kg. Los individuos de esta muestra se separaron en grupos taxonómicos (cefalópodos, crustáceos y peces), que se colocaron por separado en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y se mantuvieron congelados hasta su procesamiento.

En el laboratorio, los cefalópodos se identificaron hasta nivel de especie empleando los caracteres diagnósticos descritos por Fisher *et al.* (1995). A todos los ejemplares de *L. panamensis* se les midió la longitud dorsal del manto (LDM, ± 0.1 cm) con un vernier y el peso total (PT, ± 0.1 g) con una báscula Ohaus. Cada organismo fue eviscerado por la parte ventral para identificar macroscópicamente el sexo y evaluar su condición reproductiva de acuerdo con los cuatro estadios de maduración (inmaduro, en desarrollo, maduro y desovado) incluidos en la escala morfocromática propuesta por Barragán (1977b).

Con el propósito de agrupar la información biológica en un ciclo anual, se estimó el promedio mensual de la

Each trawl catch was placed on the deck and a random sample of 40–45 kg was collected. The organisms were sorted into taxonomic groups (cephalopods, crustaceans, and fish), placed in separate, properly labelled plastic bags, and frozen until processing.

In the laboratory, cephalopods were identified to species level using the diagnostic characters described by Fisher *et al.* (1995). All specimens of *L. panamensis* were measured for dorsal mantle length (DML,  $\pm 0.1$  cm) with a vernier caliper and total weight (TW,  $\pm 0.1$  g) with an Ohaus scale. Each organism was gutted at the ventral side for the macroscopic determination of sex and reproductive condition based on the morphochromatic scale comprising four maturity stages (immature, maturing, mature, and spent) proposed by Barragán (1977b).

To group the biological information in an annual cycle, we estimated the monthly mean sea surface temperature (SST) at each positive station during the period 2003–2008, using 4-km Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Pathfinder 5 SST images (<http://poet.jpl.nasa.gov>). According to the SST values, two periods were defined: a cold period (December, January, February, March, and April) and a warm period (May, June, July, August, September, October, and November). The results are presented in terms of these periods. The SST data can correspond to bottom temperatures in shallow waters due to the effects of tidal and wind mixing (Villaseñor-Casales 1979, Lluch-Cota and Arias-Aréchiga 2000).

The size and weight structure of *L. panamensis* was analyzed by sex, grouping DML in 10-mm intervals and TW in 5-g intervals. The Shapiro-Wilk test was used to test for the normality of the distributions of both variables, and the Kolmogorov-Smirnov test was used to determine the differences in size and weight. To describe the reproductive condition of the specimens, the gonadal maturation data were analyzed by sex.

Using maturing and mature males and females, we calculated cumulative relative frequency by length interval and estimated mean size at first maturity (DML<sub>50</sub>), defined as the DML at which 50% of the broodstock shows reproductive activity.

Abundance (organisms per trawling hour), distribution, gonadal maturity, and depth (1–20, 21–40, 41–60, 61–80, 141–160, 161–180 m) data, and hour of the diurnal (08:00 to 19:59) and nocturnal (20:00 to 07:59) trawls were grouped as a function of SST for analysis. To assess the differences in distribution and abundance by sex and period and at each depth range, a  $\chi^2$  test was applied (Sokal and Rohlf 1981).

## RESULTS

Sixty-six positive squid trawls were obtained (14% of the total number of trawls during the study period) and 2460 individuals were caught, of which 1490 (61%) were females, 376 (15%) males, and 594 (24%) indeterminate

temperatura superficial del mar (TSM) en cada estación positiva durante 2003–2008. La TSM se estimó a partir de imágenes satelitales del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Pathfinder 5, con una resolución espacial de  $4 \times 4$  km (<http://poet.jpl.nasa.gov>). De acuerdo con los valores de TSM se definió un periodo frío (diciembre, enero, febrero, marzo y abril) y un periodo cálido (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre). Los resultados se presentan con respecto a estos periodos. Los datos de TSM pueden corresponder a los valores de temperatura del fondo en aguas someras, a causa de los efectos de mezcla ocasionada por vientos y mareas (Villaseñor-Casales 1979, Lluch-Cota y Arias-Aréchiga 2000).

La estructura de tallas y pesos de *L. panamensis* se analizó por sexo, agrupando la LDM en intervalos de 10 mm y el PT en intervalos de 5 g. Se evaluó la normalidad de las distribuciones de ambas variables con una prueba Shapiro-Wilk, y las diferencias en talla y peso se evaluaron con la prueba Kolmogorov-Smirnov. Para describir la condición reproductiva de los ejemplares, se analizaron los datos de madurez gonádica por sexo.

Con las hembras y los machos en estadio en desarrollo y maduro, se calculó la frecuencia relativa acumulada por intervalo de longitud y se estimó la talla promedio de primera madurez (LDM<sub>50</sub>), definida como la LDM a la cual el 50% de la población reproductora presenta actividad reproductiva.

Los datos de abundancia (organismo por hora de lance), distribución, madurez gonadal, profundidad (1–20, 21–40, 41–60, 61–80, 141–160, 161–180 m) y hora de los arrastres diurnos (08:00 a 19:59) y nocturnos (20:00 a 07:59) se agruparon en función de la TSM para su análisis. Para evaluar las diferencias en la distribución y abundancia por sexo y periodo, y a cada intervalo de profundidad, se aplicó una prueba de  $\chi^2$  (Sokal y Rohlf 1981).

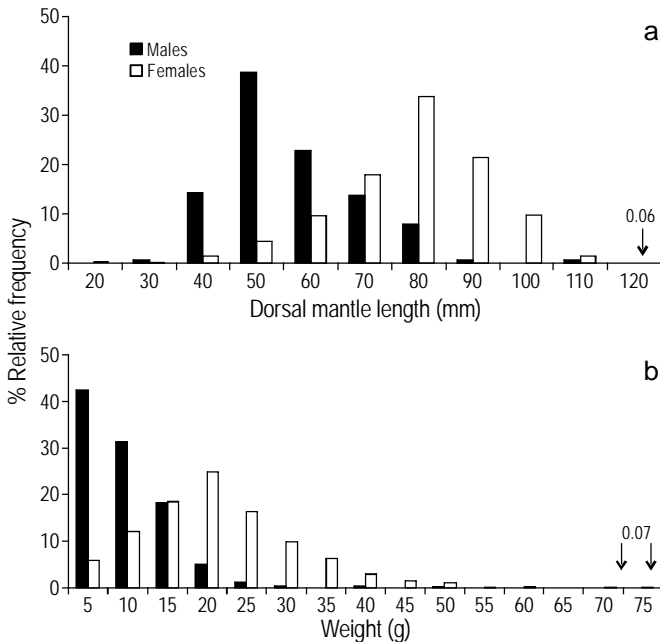
## RESULTADOS

Se obtuvieron 66 lances positivos de calamar (14% del total de lances durante el periodo de estudio) y se capturaron 2460 individuos, de los cuales 1490 (61%) fueron hembras, 376 (15%) machos y 594 (24%) indeterminados (aparato reproductor en mal estado). La talla de las hembras varió de 30 a 115 mm LDM, con una moda de 80 mm LDM, y la de los machos varió de 27 a 110 mm LDM, con una moda de 50 mm LDM (fig. 2a). El peso varió entre 1.46 y 72.4 g PT (moda = 20 g PT) para las hembras y entre 1.33 y 49.1 g PT (moda = 5 g PT) para los machos (fig. 2b). Las diferencias en LDM y PT entre machos y hembras fueron significativas (K-S,  $P < 0.05$ ). Se registraron organismos de ambos sexos en todo el intervalo de tallas; sin embargo, las hembras dominaron en tallas  $>70$  mm LDM y los machos en tallas  $<70$  mm LDM. En lo que corresponde a peso, las hembras presentaron una distribución normal en su estructura, a diferencia de los machos, cuyos valores tendieron a agruparse en los pesos  $<15$  g PT.

(reproductive system in a bad state). Females ranged in size from 30 to 115 mm DML, with a mode at 80 mm DML, and males from 27 to 110 mm DML, with a mode at 50 mm DML (fig. 2a). Weight varied between 1.46 and 72.4 g TW (mode = 20 g TW) for females and between 1.33 and 49.1 g TW (mode = 5 g TW) for males (fig. 2b). There were significant differences (K-S,  $P < 0.05$ ) in DML and TW between males and females. Organisms of both sexes were recorded throughout the size range; however, females dominated the sizes  $>70$  mm DML and males the sizes  $<70$  mm DML. Regarding weight, females showed a normal distribution, whereas males tended to have values of  $<15$  g TW.

During the study period (2003–2008), SST showed a similar annual pattern (ANOVA,  $P > 0.05$ ): mean SST was 22 °C, values  $>22$  °C were recorded from May to November, and values  $<22$  °C were recorded the rest of the year, from December to April (fig. 3).

The DML and TW data of the organisms collected are summarized in table 1. During the cold period ( $<22$  °C), 1579 squid were captured, of which 323 (21%) were not sexed (indeterminate). During the warm period ( $>22$  °C), 881 squid were captured and 271 (31%) were indeterminate. Significant differences (K-S,  $P < 0.05$ ) in size and weight between periods were observed for both sexes. Females were larger and heavier in the warm months than in the cold ones, while males were larger in the cold period and heavier in the warm period.



**Figure 2.** Frequency distribution of (a) dorsal mantle length and (b) total weight of Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) in the Gulf of California.

**Figura 2.** Distribución de frecuencias de (a) la longitud dorsal del manto y (b) el peso total del calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) en el golfo de California.

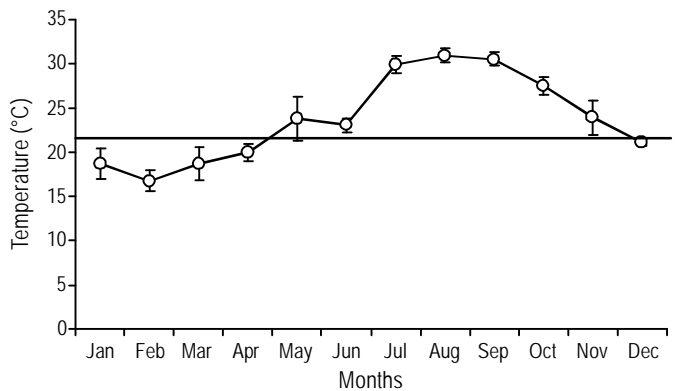
Durante el periodo de estudio, 2003–2008, la TSM presentó un patrón anual similar (ANOVA,  $P > 0.05$ ), con un promedio de 22 °C. Los valores de TSM  $>22$  °C se presentaron de mayo a noviembre y los valores  $<22$  °C se presentaron el resto del año, de diciembre a abril (fig. 3).

En la tabla 1, se presentan de manera resumida los datos de LDM y PT de los organismos recolectados. Durante el periodo frío ( $<22$  °C) se capturaron 1579 calamares, de los cuales a 323 (21%) no se les asignó sexo (indeterminados). Durante el periodo cálido ( $>22$  °C) se capturaron 881 calamares y 271 (31%) fueron indeterminados. Al evaluar las diferencias en talla y peso entre periodos para ambos sexos, éstas fueron significativas (K-S,  $P < 0.05$ ). Las hembras fueron más grandes y pesadas en los meses cálidos que en los meses fríos, y los machos fueron más grandes en el periodo frío y más pesados en el periodo cálido.

El intervalo de tallas de organismos maduros por sexo fue similar en ambos periodos (K-S,  $P > 0.05$ ): para las hembras, la talla varió de 32 a 105 mm LDM en el periodo frío y de 30 a 115 mm LDM en el periodo cálido; mientras que para los machos, la talla varió de 33 a 110 mm LDM en el periodo frío y de 30 a 105 mm LDM en el periodo cálido. En ambos periodos, la LDM<sub>50</sub> fue de 80 mm LDM para las hembras y 50 mm LDM para los machos.

### Distribución por sexo

Durante el periodo frío, se registraron 30 lances positivos de calamar (6% del total); las hembras estuvieron presentes en 28 estaciones y los machos en 24 estaciones. En los meses



**Figure 3.** Mean monthly sea surface temperature (SST) at the positive stations for Panama brief squid in the Gulf of California, during 2003–2008. Vertical lines indicate standard deviation and the horizontal line indicates mean monthly SST in the study period.

**Figura 3.** Promedio mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) en las estaciones positivas de recolecta de calamar dedal en el golfo de California, durante 2003–2008. Las líneas verticales son la desviación estándar y la línea horizontal señala el promedio mensual de la TSM en el periodo de estudio.

**Table 1.** Dorsal mantle length (DML) and total weight (TW) of Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) by sex and period in the Gulf of California, during 2003–2008; *n* = number of organisms.

**Tabla 1.** Datos de longitud dorsal del manto (DLM) y peso total (TW) del calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) por sexo y periodo (frío y cálido) en el golfo de California durante, 2003–2008; *n* = número de organismos.

	Cold period (December–April)				Warm period (May–November)			
	DML (mm)		TW (g)		DML (mm)		TW (g)	
	Males	Females	Males	Females	Males	Females	Males	Females
<i>n</i>	270	986	270	986	106	504	106	504
Minimum	33	30	1.46	1.46	27	30	1.33	1.80
Maximum	110	105	33.70	47.60	105	115	49.10	72.40
Mode	50	80	5	20	50	80	10	15

The size range of mature organisms by sex was similar in both periods (K-S,  $P > 0.05$ ): female sizes ranged from 32 to 105 mm DML in the cold period and from 30 to 115 mm DML in the warm period, while male sizes ranged from 33 to 110 mm DML in the cold period and from 30 to 105 mm DML in the warm period. In both periods, the DML<sub>50</sub> was 80 mm DML in the case of females and 50 mm DML in the case of males.

### Distribution by sex

During the cold period, 30 positive squid trawls were obtained (6% of the total); females occurred at 28 stations and males at 24. During the warm period, 33 positive trawls were obtained (7% of the total); females occurred in 31 trawls and males only in 18. Females were present in more than 90% of the positive trawls and males in 67%. The number of trawls in which female and male *L. panamensis* were found in both periods was not significantly different according to the  $\chi^2$  value (cold:  $\chi^2 = 0.07$ ,  $P > 0.05$ ; warm:  $\chi^2 = 0.06$ ,  $P > 0.05$ ).

During the cold period, the abundance of females was highest in the upper Gulf, off San Luis Gonzaga (Baja California [BC]), and lowest in the southern Gulf, off Santa María (Sinaloa) (fig. 4a). A relatively different pattern was observed during the warm period, with higher abundance in the central Gulf, off Bahía Kino (Sonora), and lower abundance in the northern Gulf, off Puertecitos (BC), and the southern Gulf, off Bacochibampo (Sonora) and Topolobampo (Sinaloa) (fig. 4b).

Regarding the distribution of male squid, during the cold period abundances were higher in the central Gulf, off Bahía Kino, and lower in the northern and southern Gulf (Puertecitos, Yavaros [Sonora], and Agiabampo [Sonora]) (fig. 4c). During the warm period, the highest abundance was recorded in the southern Gulf, off Santa María, and the lowest in the northern Gulf (Puertecitos, La Soledad [Sonora], Bahía Kino, and Yavaros) (fig. 4d). Considering both sexes, the highest abundance occurred in the cold

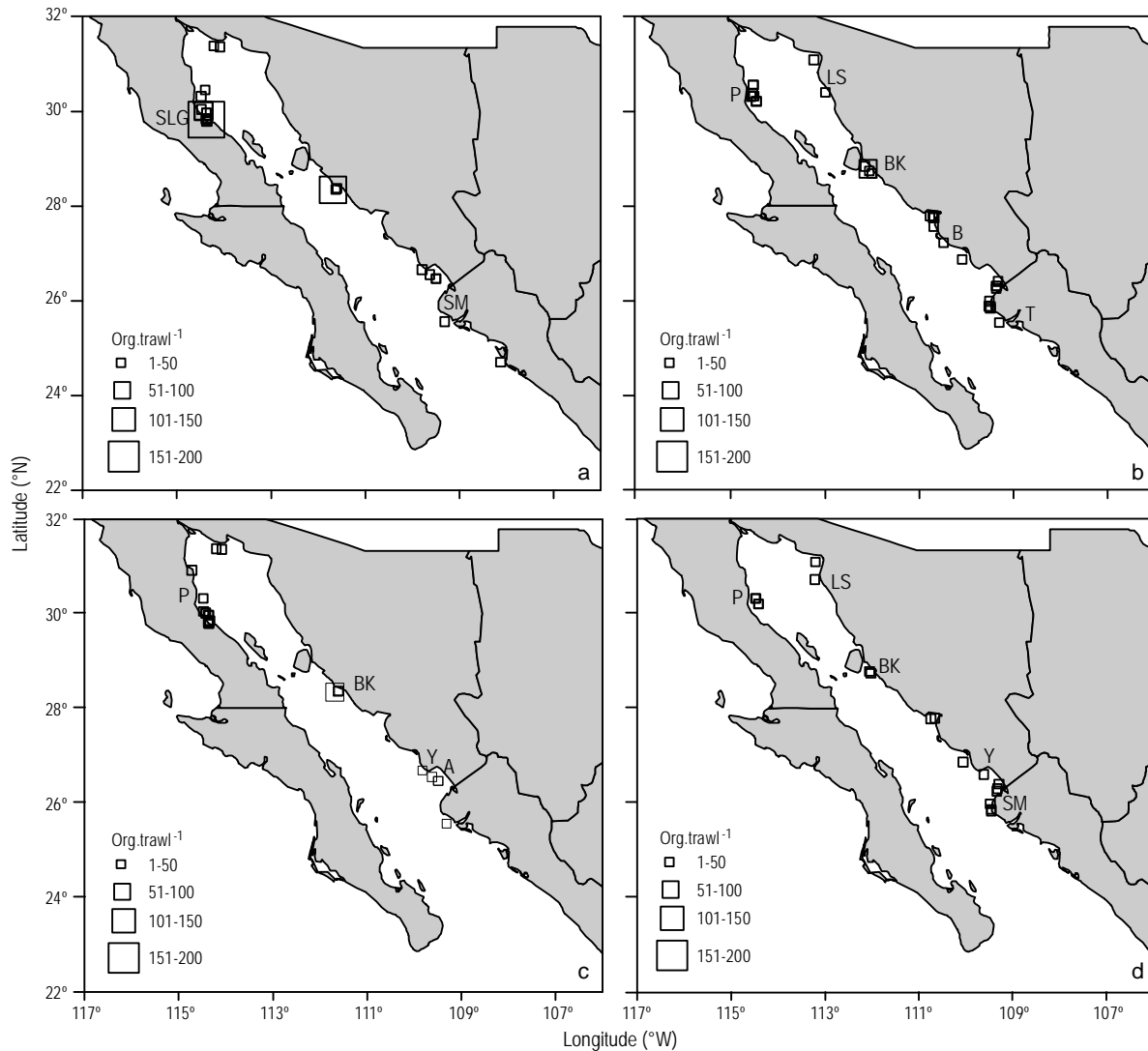
cálidos se registraron 33 lances positivos (7% del total); las hembras estuvieron presentes en 31 lances y los machos sólo en 18 lances. Las hembras se presentaron en más del 90% de los lances positivos, mientras que los machos en el 67% de los lances. El número de lances en los que se localizaron hembras y machos en ambos periodos no fue estadísticamente significativo de acuerdo con el valor de  $\chi^2$  cuadrada (frío,  $\chi^2 = 0.07$ ,  $P > 0.05$ ; cálido  $\chi^2 = 0.06$ ,  $P > 0.05$ ).

Durante el periodo frío, la mayor abundancia de hembras se registró en la parte alta del golfo, frente a San Luis Gonzaga (Baja California [BC]), mientras que las menores abundancias se registraron al sur de la zona de muestreo, frente a Santa María (Sinaloa) (fig. 4a). Un patrón relativamente distinto se observó en el periodo cálido, cuando la mayor abundancia de hembras se presentó en la parte central del golfo, frente a Bahía Kino (Sonora), y la menor abundancia se presentó en el norte del golfo, frente a Puertecitos (BC), y en el sur del golfo, frente a Bacochibampo (Sonora) y Topolobampo (Sinaloa) (fig. 4b).

Respecto a la distribución de la abundancia de los machos de calamar dedal durante el periodo frío, las mayores concentraciones se localizaron en la parte central del golfo, frente a Bahía Kino, y la menor abundancia al norte y sur de la zona de estudio (Puertecitos, Yavaros [Sonora] y Agiabampo [Sonora]) (fig. 4c). Durante los meses cálidos, la mayor abundancia se presentó en la parte sur del golfo, frente a Santa María, y la menor abundancia en el norte del golfo (Puertecitos, La Soledad [Sonora], Bahía Kino y Yavaros) (fig. 4d). Considerando ambos sexos, la mayor abundancia fue en el periodo frío, y el número de organismos por lance disminuyó en 50% durante los meses cálidos.

### Condición reproductiva

Del total de hembras de calamar dedal capturadas durante el periodo frío, >85% fueron maduras y <1% inmaduras (tabla 2). La mayor abundancia de hembras en estadio maduro se localizó frente a San Luis Gonzaga, en estadio en desarrollo frente a El Cardonal (Sonora) y en estadio



**Figure 4.** Distribution and abundance by sex of Panama brief squid in the Gulf of California per period: (a) female/cold, (b) female/warm, (c) male/cold, and (d) male/warm.

**Figura 4.** Distribución y abundancia por sexo del calamar dedal en el golfo de California por periodo: (a) hembra/frío, (b) hembra/cálido, (c) macho/frío, (d) macho/cálido.

San Luis Gonzaga (SLG), Santa María (SM), Puertecitos (P), La Soledad (LS), Bahía Kino (BK), Bacochibampo (B), Topolobampo (T), Yavaros (Y), Agiabampo (A).

period, the number of organisms per trawl decreasing by 50% in the warm period.

### Reproductive condition

Of the total of female squid captured during the cold period, >85% were mature and <1% immature (table 2). Mature females were more abundant off San Luis Gonzaga, maturing females off El Cardonal (Sonora), and immature females off Puertecitos (fig. 5a). During the warm period, 60% of the females caught were mature, 30% were maturing, and 10% were immature. The highest abundance of mature and immature females was recorded off Bahía Kino, and of maturing females off Las Guásimas (Sonora) (fig. 5b).

inmaduro frente a Puertecitos (fig. 5a). En el periodo cálido, el 60% de hembras fueron maduras, 30% estuvieron en desarrollo y 10% fueron inmaduras. La mayor abundancia de hembras en estadio maduro se presentó en Bahía Kino (fig. 5b), en estadio en desarrollo frente a Las Guasimas (Sonora) y en estadio inmaduro en Bahía Kino.

Respecto a los machos de calamar dedal, durante el periodo frío >70% estuvieron en estadio maduro (tabla 2) y la zona de mayor abundancia se localizó frente a Bahía Kino (fig. 6a). La mayor abundancia de machos en estadio en desarrollo se presentó frente a San Luis Gonzaga, y los organismos en estadio inmaduro se recolectaron frente a San Felipe (BC) y Yavaros. Durante los meses cálidos, la mayor abundancia de machos en estadio maduro se concentró frente

**Table 2.** Reproductive condition of Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) per period in the Gulf of California, during 2003–2008; *n* = number of organisms.

**Tabla 2.** Condición reproductiva del calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) por periodo (frío y cálido) en el golfo de California, durante 2003–2008; *n* = número de organismos.

Maturity stage	Cold period (December–April)				Warm period (May–November)			
	Males		Females		Males		Females	
	No. of trawls	<i>n</i>	No. of trawls	<i>n</i>	No. of trawls	<i>n</i>	No. of trawls	<i>n</i>
Mature	20	201	27	855	16	63	28	313
Maturing	14	67	23	127	8	38	22	145
Immature	2	2	1	4	3	5	10	46
Total		270		986		106		504

Regarding male squid, during the cold period >70% were mature (table 2) and the highest abundance was recorded off Bahía Kino (fig. 6a). The highest abundance of maturing males occurred off San Luis Gonzaga, while immature males were collected off San Felipe (BC) and Yavaros. During the warm period, mature males were more abundant off Las Guásimas and Agiabampo, maturing males off Puertecitos, and immature males off Las Guásimas (fig. 6b).

#### Distribution and abundance by depth

Analysis of the abundance and distribution of *L. panamensis* by depth revealed a similar pattern in both periods for both males and females (table 3). The highest abundance occurred between 7 and 40 m depth and the lowest between 60 and 180 m depth.

#### Diurnal and nocturnal distribution and abundance

During the cold period, positive diurnal trawls captured 731 females and 220 males between 23.8 and 146.4 m depth, whereas during the warm period, positive diurnal trawls caught 339 females and 60 males between 7.3 and 44.8 m depth (table 4). The positive nocturnal trawls during the cold period captured 260 females and 50 males between 13.0 and 45.8 m depth; during the warm period, 165 females and 46 males were caught between 9.2 and 164.7 m depth. We compared, for each period, the diurnal and nocturnal abundance by sex, and there were significant differences in the number of females (cold, day/night,  $\chi^2 = 7.18$ ,  $P < 0.05$ ; warm, day/night,  $\chi^2 = 5.29$ ,  $P < 0.05$ ), but there were no significant differences in the number of males (cold, day/night,  $\chi^2 = 0.80$ ,  $P > 0.05$ ; warm, day/night,  $\chi^2 = 0.78$ ,  $P > 0.05$ ). Highest abundances were recorded during the day.

#### DISCUSSION

The Gulf of California is known for its high productivity (Santamaría-del Ángel and Álvarez-Borrego 1994), for its

a Las Guásimas y Agiabampo, en estadio en desarrollo frente a Puertecitos y en estadio inmaduro frente a Las Guásimas (fig. 6b).

#### Distribución y abundancia por profundidad

Al analizar los datos de abundancia y distribución de *L. panamensis* respecto a la profundidad, se observó un patrón similar en ambos periodos tanto en hembras como en machos (tabla 3). La mayor abundancia se registró entre 7 y 40 m de profundidad y la menor abundancia entre 60 y 180 m de profundidad.

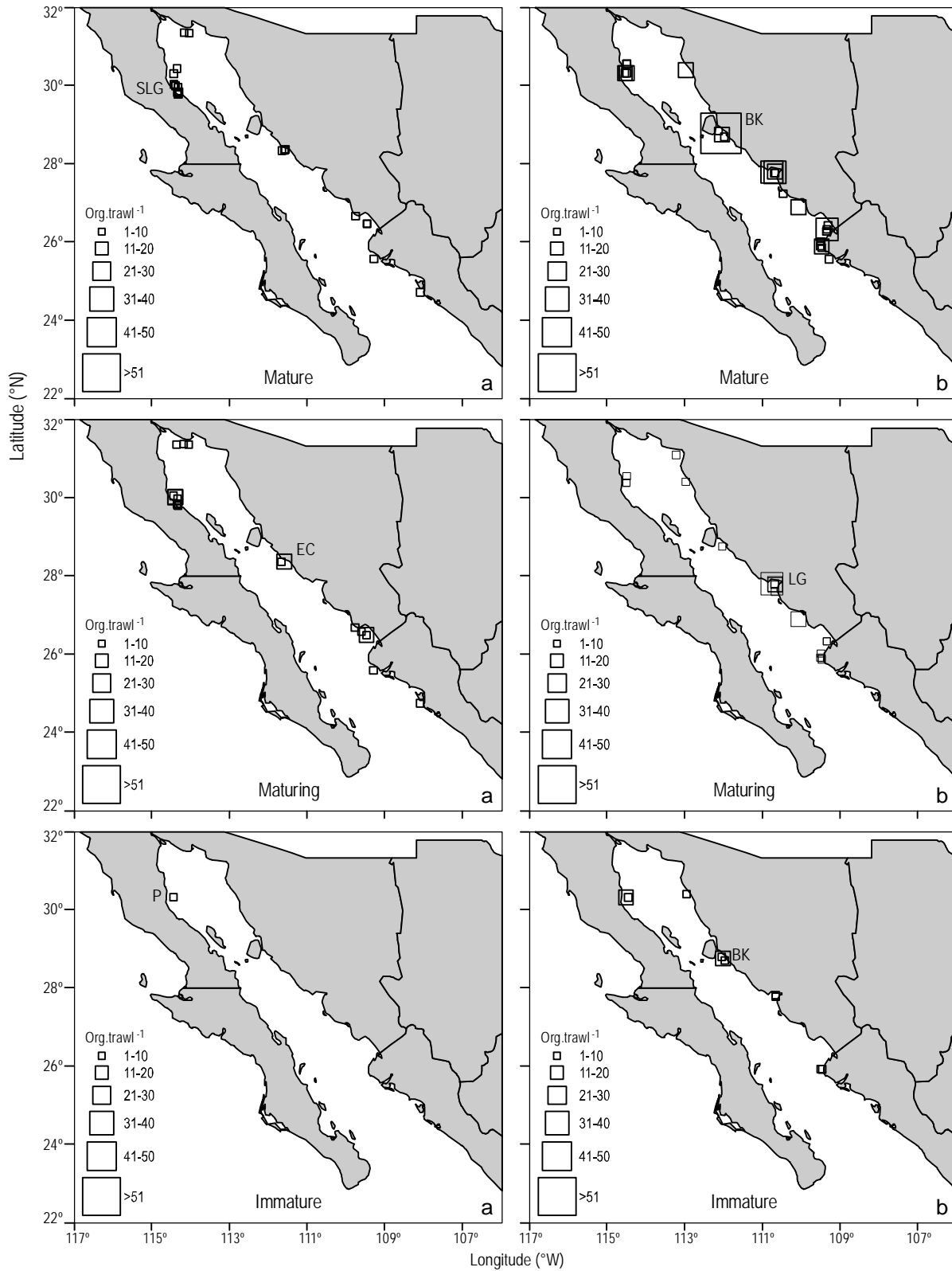
#### Distribución y abundancia diurna y nocturna

Durante el periodo frío, en los lances positivos diurnos se capturaron 731 hembras y 220 machos entre 23.8 y 146.4 m de profundidad (tabla 4). En cambio, en los lances positivos diurnos del periodo cálido se capturaron 339 hembras y 60 machos entre 7.3 y 44.8 m. En los lances positivos nocturnos, durante el periodo frío se capturaron 260 hembras y 50 machos entre 13.0 y 45.8 m de profundidad; durante el periodo cálido se capturaron 165 hembras y 46 machos a profundidades entre 9.2 y 164.7 m. Para cada periodo, se comparó la abundancia entre el día y la noche por sexo y se encontraron diferencias significativas en el número de hembras (frío, día y noche,  $\chi^2 = 7.18$ ,  $P < 0.05$ ; cálido, día y noche,  $\chi^2 = 5.29$ ,  $P < 0.05$ ); sin embargo, en los machos no se encontraron diferencias significativas (frío, día y noche,  $\chi^2 = 0.80$ ,  $P > 0.05$ ; cálido, día y noche,  $\chi^2 = 0.78$ ,  $P > 0.05$ ). Las mayores abundancias se registraron durante el día.

#### DISCUSIÓN

El golfo de California se distingue por su alta productividad (Santamaría-del Ángel y Álvarez-Borrego 1994), por su riqueza y abundancia en recursos naturales, por sus características ecológicas y por los volúmenes de captura de sus pesquerías (Lluch-Cota *et al.* 2007). Actualmente, el golfo

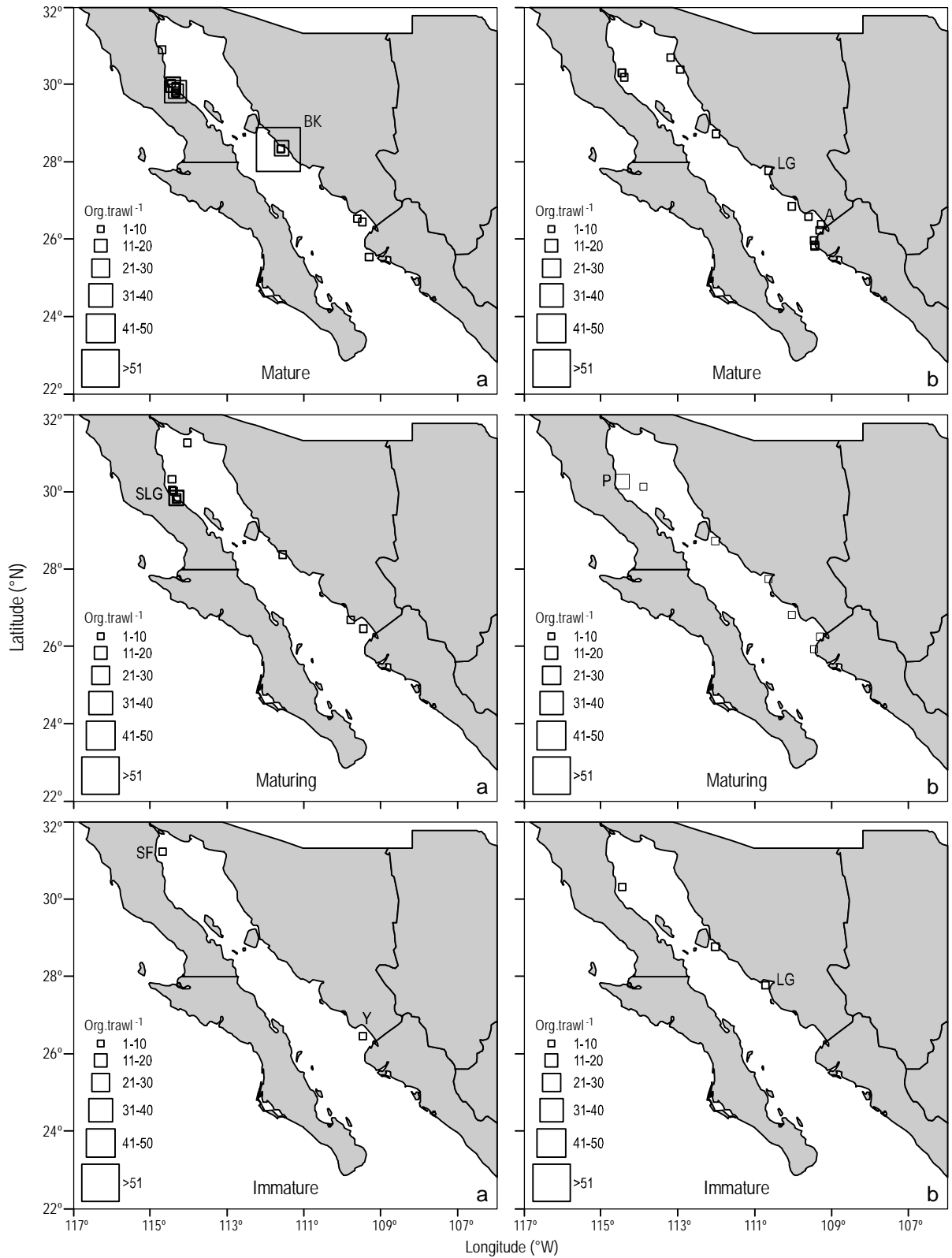




**Figure 5.** Distribution and abundance of female Panama brief squid in the Gulf of California by maturity stage in the (a) cold period and (b) warm period.

**Figura 5.** Distribución y abundancia de hembras de calamar dedal en el golfo de California por estadio de madurez en el (a) periodo frío y (a) periodo cálido.

San Luis Gonzaga (SLG), El Cardonal (EC), Puertecitos (P), Bahía Kino (BK), Las Guásimas (LG).



**Figure 6.** Distribution and abundance of male Panama brief squid in the Gulf of California by maturity stage in the (a) cold period and (b) warm period.

**Figura 6.** Distribución y abundancia de machos de calamar dedal en el golfo de California por estadio de madurez en el (a) periodo frío y (b) periodo cálido.

Bahía Kino (BK), San Luis Gonzaga (SLG), San Felipe (SF), Yavaros (Y), Las Guásimas (LG), Agiabampo (A), Puertecitos (P).

**Table 3.** Abundance of male and female Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) by depth range in each period.

**Tabla 3.** Abundancia de hembras y machos del calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) por intervalo de profundidad en cada periodo.

Period	Sex	1–20 m	21–40 m	41–60 m	61–80 m	141–160 m	61–180 m
		Org trawl <sup>-1</sup>	Org trawl <sup>-1</sup>	Org trawl <sup>-1</sup>	Org trawl <sup>-1</sup>	Org trawl <sup>-1</sup>	Org trawl <sup>-1</sup>
Cold	Females	15.3	47.4	15.16	51.0	13.5	0.0
	Males	3.0	14.1	13.6	3.0	5.0	0.0
Warm	Females	16.7	16.8	12.0	0.0	0.0	16.0
	Males	7.0	5.2	4.5	0.0	0.0	1.0

**Table 4.** Diurnal and nocturnal abundance of Panama brief squid (*Lolliguncula panamensis*) by sex and period in the Gulf of California.

**Tabla 4.** Abundancia diurna y nocturna del calamar dedal (*Lolliguncula panamensis*) por sexo y periodo en el golfo de California.

Period	Sex	Depth		Hour	Number of trawls	Organisms trawl <sup>-1</sup>
		Minimum	Maximum			
Cold	Females	23.8	146.4	Day	23	31
		13.0	45.8	Night	5	56
	Males	23.8	146.4	Day	18	12
		13.0	45.8	Night	6	8
Warm	Females	7.3	44.8	Day	12	29
		9.2	164.7	Night	12	14
	Males	9.2	44.8	Day	10	6
		11.0	164.7	Night	9	5

richness and abundance of natural resources, for its ecological characteristics, and for its fishery catch volumes (Lluch-Cota *et al.* 2007). This region is currently subject to high fishing effort by the shrimp trawl fishery. Together with this target species, other crustaceans, fish, and molluscs are captured incidentally. The Panama brief squid is a recurrent species in this bycatch (Hernández-Vázquez 1987).

The presence of *L. panamensis* in the Gulf of California confirms that documented by Fisher *et al.* (1995) regarding its distribution area, but the temperature range (21–27 °C) they report for this species differs to our findings (17–32 °C). The relationship between SST and the abundance of *L. panamensis* coincides with that reported for other loliginid squid (Pierce *et al.* 1994). We recorded a wide temperature range (17–32 °C) during the study period (2003–2006 and 2008), but higher abundances were observed in the months when SST was lower (December, January, February, March, and April), between 17 and 22 °C. The highest abundances during this cold period occurred in the most productive area of the Gulf of California (upper Gulf), where enrichment is originated by tidal mixing processes (Lluch-Cota and Arias-Aréchiga 2000). The presence of *L. panamensis* in this area is probably related to greater food availability, which is why higher abundances were observed in this area during the cold months.

Considering that *L. panamensis* inhabits areas rich in food, the occurrence of both males and females at the same stations indicates that they coexist in space to feed.

es una de las zonas sujetas a un gran esfuerzo pesquero mediante la pesca de camaron con redes de arrastre. Junto con esta especie objetivo, se capturan de manera incidental otros crustáceos, peces y moluscos como fauna de acompañamiento. El calamar dedal es una especie recurrente en la fauna de acompañamiento (Hernández-Vázquez 1987).

La presencia de *L. panamensis* en el golfo de California confirma lo registrado por Fisher *et al.* (1995) respecto a su área de distribución; sin embargo, el intervalo de temperatura (21–27 °C) que ellos registran para esta especie difiere de lo encontrado en el presente estudio (17–32 °C). La relación entre la TSM y la abundancia de *L. panamensis* coincide con lo documentado para otros loliginidos (Pierce *et al.* 1994). Durante el periodo de estudio (2003–2006 y 2008), el intervalo de temperatura fue amplio (17–32 °C); sin embargo, la mayor abundancia se registró durante los meses con menor TSM (diciembre, enero, febrero, marzo, abril), cuando osciló entre 17 y 22 °C. Las mayores abundancias en este periodo se localizaron en la zona más productiva del golfo (parte alta del golfo), donde el enriquecimiento es originado por los procesos de mezcla por marea (Lluch-Cota y Arias-Aréchiga 2000). La presencia del calamar dedal en esta zona posiblemente está asociada a una mayor fuente de alimento, razón por la cual sus mayores abundancias se hayan localizado en esta zona en los meses fríos.

Considerando que el calamar dedal habita zonas ricas en alimento, la presencia tanto de machos como de hembras en las mismas estaciones indica que cohabitan en espacio para

Arkhipkin *et al.* (2004) reported a similar tendency for *Loligo gahi*, which forms aggregations at the moment of feeding. Likewise, Rodrigues and Gasalla (2008) observed that, in southeastern Brazil, *Loligo plei* also forms groups when feeding, similar to that observed for *L. gahi* around the Falkland Islands (Agnew *et al.* 1998).

Food availability explains the occurrence of both male and female *L. panamensis* at the same sites. Moreover, the presence of mature organisms throughout the year (cold and warm periods) in the Gulf of California indicates that the species is able to reproduce year-round. Two spawning groups have been reported for species of the family Loliginidae: winter-spring spawners and summer-autumn spawners (Costa and Fernandes 1993). Our findings regarding the higher abundance of *L. panamensis* during the cold period relative to the warm period suggest that the summer-autumn group is more successful, resulting in greater recruitment of individuals to the adult population during the cold months.

### Distribution and abundance by sex

Analysis of the abundance by sex revealed that, in general, females were more abundant than males at sizes >70 mm DML, whereas males dominated at smaller sizes. This could be considered part of the reproductive strategy of *L. panamensis*, as female squid store spermatophores since the immature stage and thus define reproductive success (Hanlon and Messenger 1996, Pineda *et al.* 1998, Boyle and Rodhouse 2005). The results suggest that males reach sexual maturity at smaller sizes than females and will stay in the mature stage for a longer time, mating with more than one female (Boyle and Rodhouse 2005). The higher abundance of females at larger sizes may be the result of a differential distribution by sex after mating and of the physiological deterioration they undergo leading directly to their death or making them easy prey for predators. Similarly, Pineda *et al.* (1998) observed that male *Loligo sanpaulensis* increase in size as gonadal maturation progresses, whereas in females, the maturation process is slow at first and at approximately 60 mm DML it is abrupt.

Barragán (1977b) found that off Colombia's coast, female *L. panamensis* mature between 76 and 79 mm DML and males at 40 mm DML; these sizes are similar to those reported herein. In the case of loliginid squid, it is common that females mature at smaller sizes than males (Pineda *et al.* 1998, Perez *et al.* 2002, Jackson 2004).

Comparison of the size and weight structure by sex and period revealed that females showed greater weight per size than males and that heavier individuals of both sexes were mature. In this stage organisms are heavier because of the presence of oocytes in females and of spermatophores in males. According to Pineda *et al.* (1998), squid increase in weight during maturation of the reproductive organs, and in the case of female *Loligo gahi* this is evident when they

alimentarse. Esta misma tendencia la documentó Arkhipkin *et al.* (2004), quienes mencionan que, en la Patagonia, *Loligo gahi* forma agregaciones al momento de alimentarse. De igual forma, Rodrigues y Gasalla (2008) afirman que, en el sureste de Brasil, *Loligo plei* es una especie que se agrupa para alimentarse, de manera similar que *L. gahi* en las islas Malvinas (Agnew *et al.* 1998).

La disponibilidad de alimento es un elemento que explica la presencia de *L. panamensis* de ambos sexos en los mismos sitios. También, la presencia de organismos maduros en el golfo de California, a lo largo del año (periodos frío y cálido), sugiere que la especie está en condiciones de reproducirse. Lo anterior ha sido documentado para las especies de la familia Loliginidae, y se han registrado dos grupos desovantes: uno en invierno-primavera y otro en verano-otoño (Costa y Fernandes 1993). Los resultados en el presente trabajo respecto a la mayor abundancia de *L. panamensis* en el periodo frío, en comparación con el cálido, sugieren que el grupo desovante más exitoso es el de verano-otoño, razón por la cual se da el mayor reclutamiento de individuos a la población adulta en la temporada fría.

### Distribución y abundancia por sexo

Al analizar la abundancia por sexo, de manera general, las hembras fueron más abundantes que los machos a tallas >70 mm LDM, mientras que los machos dominaron a tallas menores. Esto podría ser considerado como parte de la estrategia reproductiva de *L. panamensis*, debido a que en calamares las hembras definen el éxito reproductivo al almacenar los espermátóforos desde el estadio inmaduro (Hanlon y Messenger 1996, Pineda *et al.* 1998, Boyle y Rodhouse 2005). Los resultados sugieren que los machos alcanzan la madurez sexual a tallas menores que las hembras y permanecerán durante más tiempo en estadio maduro, copulando con más de una hembra (Boyle y Rodhouse 2005). La mayor abundancia de hembras a tallas mayores podría ser consecuencia de una distribución diferencial por sexos después de la copula y de un desgaste fisiológico que les ocasionaría directamente la muerte, e indirectamente al ser presas fáciles de sus depredadores. Pineda *et al.* (1998) documentaron algo similar a lo encontrado en el presente estudio; ellos mencionan que los machos de *Loligo sanpaulensis* aumentan de talla a medida que avanzan en la maduración gonadal, mientras que en las hembras, el proceso de maduración es lento al principio y aproximadamente a los 60 mm LDM el proceso de maduración se dispara.

Barragán (1977b) registró que, para las costas colombianas, las hembras de *L. panamensis* maduran entre 76 y 79 mm LDM y los machos a 40 mm LDM; estas tallas son similares a las registradas en el presente estudio. Es común en loliginidos que las hembras maduren a menores tallas que los machos (Pineda *et al.* 1998, Perez *et al.* 2002, Jackson 2004).

reach 40 g, whereas in males weight increases gradually with growth.

### Reproductive condition

In our classification of *L. panamensis* by gonadal maturity stage (Barragán 1977b), the mature stage was always the most frequent (63% cold period and 79% warm period), indicating that this species is capable of reproducing year-round in the Gulf of California. The abundance of mature females was higher in the upper Gulf (San Luis Gonzaga) during the cold period and in the central Gulf (Bahía Kino) during the warm period. This suggests a shift in the centers of abundance of mature squid in relation to food availability (Arizmendi-Rodríguez *et al.* 2011), as has been reported for other squid species (Rodrigues and Gasalla 2008, Arkhipkin *et al.* 2004).

Lluch-Cota and Arias-Aréchiga (2000) observed that, in the cold months, in the upper Gulf of California tidal currents and vertical mixing processes enrich the water column, leading to increased food availability. In the warm period, *L. panamensis* occurred all along the east coast of the Gulf of California, with centers of abundance of both sexes off Bahía Kino, in the central Gulf, which is the second most productive area of this body of water (Mann and Lazier 1996, Lluch-Cota and Arias-Aréchiga 2000). Enrichment in this area is attributed to wind-driven coastal upwelling.

### Distribution and abundance by depth

Analysis of the data by period, sex, and maturity stage showed that mature organisms of both sexes occurred at depths between 21 and 40 m in the cold period and between 1 and 20 m in the warm period. This indicates that the depth at which they carry out some stage of the reproductive event (courtship, mating, or spawning) differs by season. O'Dor and Coelho (1993) observed that squid inhabit different areas at each stage of their life cycle (paralarva, juvenile, and adult). Hatfield *et al.* (1990) reported that off the Falkland Islands, juvenile *Loligo gahi* occur at the edge of the continental shelf and mature individuals move to deeper waters. Pineda *et al.* (1998) observed mature individuals of *L. gahi* between 100 and 200 m in the southern Patagonia coast, suggesting that this species spawns at that depth. Rodrigues and Gasalla (2008), in Brazilian waters, and Barón and Re (2002), off the coast of Patagonia, observed that juvenile *L. sanpaulensis* were more abundant in the open sea but, on attaining maturity, migrated to the coast to spawn.

In this study we did not identify a bathymetric pattern per maturity stage and size. Most organisms in each level showed reproductive activity. The female size mode of 80 mm DML occurred in all depth ranges, while the best represented male size was 50 mm DML. It is therefore possible to conclude that in the Gulf of California, the Panama brief squid does

Al comparar la estructura de tallas y pesos por sexo y periodo, se encontró que las hembras presentaron mayor peso por talla que los machos y que los individuos de ambos sexos con mayor peso estaban maduros. En esta etapa los organismos son más pesados debido a la presencia de ovocitos, en el caso de las hembras, y de paquetes de espermátóforos, en el caso de los machos. Pineda *et al.* (1998) mencionan que los calamares incrementan su peso durante la maduración de los órganos reproductores; en las hembras de *Loligo gahi* esto se hace evidente una vez que alcanzan los 40 g y en los machos este aumento es gradual con el crecimiento.

### Condición reproductiva

Al clasificar a *L. panamensis* por estadio de madurez gonadal (Barragán 1977b), el estadio maduro siempre fue más frecuente (63% periodo frío y 79% periodo cálido), y esto sugiere que esta especie se encuentra apta para llevar a cabo su evento reproductivo a lo largo del año en el golfo de California. Durante los meses fríos la mayor abundancia de hembras maduras se localizó en la parte alta del golfo (San Luis Gonzaga), mientras que durante el periodo cálido la mayor abundancia de hembras se localizó en la parte central (Bahía Kino). Esto sugiere un desplazamiento de los centros de abundancia del calamar dedal en estadio maduro en relación a la disponibilidad de alimento (Arizmendi-Rodríguez *et al.* 2011), tal como se ha reportado para otras especies de calamar (Rodrigues y Gasalla 2008, Arkhipkin *et al.* 2004).

Lluch-Cota y Arias-Aréchiga (2000) mencionan que, en los meses fríos, en la parte alta del golfo de California las corrientes de marea y los procesos de mezcla vertical enriquecen la columna de agua, incrementando la disponibilidad de alimento. En la temporada cálida, *L. panamensis* se distribuyó a lo largo de la costa este del golfo de California, con los centros de abundancia para ambos sexos frente a Bahía Kino, parte media del golfo, la cual corresponde a la segunda zona más productiva en este golfo (Mann y Lazier 1996, Lluch-Cota y Arias-Aréchiga 2000). El enriquecimiento en esta zona se debe a las surgencias costeras ocasionadas por el viento.

### Distribución y abundancia por profundidad

El análisis de los datos por periodo, sexo y estadio de madurez mostró que en el periodo frío los organismos de ambos sexos y maduros se localizaron a profundidades de 21 a 40 m, mientras que en el periodo cálido se ubicaron en el intervalo de 1 a 20 m. Esto indica que la profundidad en la que realizan alguna etapa del evento reproductivo (cortejo, parchado y desove) difiere por temporada. O'Dor y Coelho (1993) comentan que los calamares habitan diferentes áreas en cada etapa de su ciclo de vida (paralarva, juvenil y adulto). Hatfield *et al.* (1990) documentaron que en las Islas Malvinas *Loligo gahi* se localiza en el límite de la plataforma continental en estadio juvenil y se desplaza a aguas poco profundas en

not display a differential distribution of maturity stages (immature, maturing, mature) and size, or that the data analyzed did not allow the identification of such distribution pattern.

### Diurnal and nocturnal distribution and abundance

*Lolliguncula panamensis* was observed to carry out daily movements in the water column, probably to escape from predators and to feed. It was more abundant in trawls conducted during the day, between 08:00 and 19:00, and less abundant in those conducted during the night, between 20:00 and 07:00, in both periods (cold and warm). Vertical migrations have been reported for other loliginid squid, including *Loligo gahi* (Hatfield *et al.* 1990), *L. forbesi* (Pierce *et al.* 1998), and *L. pealei* (Vecchione 1981). Summers (1983) noted that *L. pealei* remains close to the bottom during the day and at night scatters throughout the water column, resulting in higher squid catches during the day, similar to our findings. *Lolliguncula tydeus* is another species known to perform nocturnal vertical migrations following zooplankton (Barrientos and García-Cubas 1997).

In general, the distribution of *L. panamensis* in the Gulf of California shows a seasonal cycle of the centers of abundance. Males and females mainly occur in the northern Gulf during the cold period and in the central Gulf during the warm period, coinciding with the higher food availability and enrichment periods in the area. The mature stage predominated in the centers of abundance, indicating feeding- and spawning-related displacements. Females mature at larger sizes than males and are more abundant at sizes >70 mm DML. This study constitutes the first report on the distribution of the Panama brief squid in the Gulf of California.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The project “Assessment of shrimp stocks in marine waters of the Mexican Pacific during the closed season and effect of the incidental catch of non-shrimp species on the ecosystem” was funded by the National Commission on Aquaculture and Fishing (CONAPESCA, Mexico). DIAR acknowledges support from the National Council for Science and Technology (CONACYT, Mexico) and from the National Polytechnic Institute (IPN, Mexico) through its PIFI program. CQV acknowledges support from IPN through its EDI and COFAA programs. We thank J Padilla-Serrato for his assistance during the collection and preservation of the biological material, as well as the captain and crew of the R/Vs *BIP XI* and *BIP XII* for their support during the fishery surveys. The comments and suggestions of an anonymous reviewer helped to improve this paper.

English translation by Christine Harris.

estadio maduro. No obstante, Pineda *et al.* (1998) registraron individuos de *L. gahi* en estadio maduro entre 100 y 200 m de profundidad en la costa sudpatagónica, sugiriendo que esta especie desova a esa profundidad. Rodrigues y Gasalla (2008), en aguas brasileñas, y Barón y Re (2002), para la costa patagónica, registraron una mayor abundancia de juveniles de *L. sanpaulensis* en mar abierto y que al alcanzar la madurez sexual migran a la costa para desovar.

En el presente trabajo no se identificó un patrón batimétrico por fase de madurez y talla. La mayoría de los organismos en cada estrato presentaron actividad reproductiva. En lo que corresponde a la talla, en hembras se observó que la moda de 80 mm LDM se presentó en todos los intervalos de profundidad y en machos el intervalo de talla mejor representado fue 50 mm LDM. Es posible concluir que el calamar dedal en el golfo de California no presenta una distribución diferencial por fase de madurez (inmaduro, en desarrollo, maduro) y talla, o que los datos analizados no permitieron identificar tal patrón de distribución.

### Distribución y abundancia diurna y nocturna

Se detectó que *L. panamensis* realiza movimientos diarios en la columna de agua, posiblemente para escapar de sus depredadores y alimentarse. Esta especie fue más abundante en los lances diurnos, entre 8:00 y 19:00, y menos abundante en los lances nocturnos, entre 20:00 a 07:00, en ambos periodos (frío y cálido). La migración vertical también se ha documentado para otros loliginidos como *Loligo gahi* (Hatfield *et al.* 1990), *L. forbesi* (Pierce *et al.* 1998) y *L. pealei* (Vecchione 1981). Summers (1983) observó que durante el día *L. pealei* se mantiene cerca del fondo y durante la noche se dispersa en la columna de agua, similar a los resultados de este trabajo. Se han confirmado migraciones verticales de *Lolliguncula tydeus*, que durante la noche migra a la superficie persiguiendo al zooplancton (Barrientos y García-Cubas 1997).

De manera general, la distribución de *L. panamensis* en el golfo de California presenta un ciclo estacional de los centros de abundancia. Los machos y las hembras se localizan principalmente en la parte norte del golfo durante el periodo frío y en la parte central durante el periodo cálido, coincidiendo con los periodos de enriquecimiento y mayor disponibilidad de alimento en la zona. El estadio maduro predominó en los centros de abundancia, lo que sugiere desplazamientos asociados con la alimentación y el desove. Las hembras maduran a tallas mayores que los machos y son más abundantes a tallas >70 mm LDM. Este trabajo constituye el primer reporte sobre la distribución de la abundancia del calamar dedal en el golfo de California.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca por el financiamiento al proyecto “Evaluación de

## REFERENCES

- Agnew DJ, Baranowski R, Beddington JR, Desclers S, Nolan P. 1998. Approaches to assessing stocks of *Loligo gahi* around the Falkland Islands. *Fish. Res.* 35: 155–169.
- Alejo-Plata MC, Cerdan-Ladrón de Guevara G, Herrera-Galindo JE. 2001. Cefalópodos loliginidos en la fauna de acompañamiento del camarón. *Cienc. Mar* 5: 41–46.
- Arizmendi-Rodríguez DI, Cruz-Escalona VH, Quiñónez-Velázquez C, Salinas-Zavala CA. 2011. Feeding habits of the Panama brief squid *Lolliguncula panamensis* in the Gulf of California, Mexico. *J. Fish. Aquat. Sci.* 6: 194–201.
- Arkhipkin AI, Grzebielec R, Sirota AM, Remeslo AV, Polishchuk IA, Middleton DAJ. 2004. The influence of seasonal environmental changes on ontogenetic migrations of the squid *Loligo gahi* on the Falkland shelf. *Fish. Oceanogr.* 13: 1–9.
- Barón PJ, Re ME. 2002. Reproductive cycle and population structure of *Loligo sanpaulensis* of the northeastern coast of Patagonia. *Bull. Mar. Sci.* 71: 175–186.
- Barragán VJ. 1977a. Estudio de la nutrición del calamar del Pacífico colombiano, *Lolliguncula panamensis*, Berry (Cephalopoda: Myopsida). *Div. Pesq.* 10: 1–7.
- Barragán VJ. 1977b. Estudio de la maduración sexual del calamar del Pacífico colombiano, *Lolliguncula panamensis*, Berry (Cephalopoda: Myopsida). *Div. Pesq.* 10: 8–14.
- Barrientos G, García-Cubas A. 1997. Distribución y abundancia de la familia Loliginidae (Mollusca: Cephalopoda) en aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 47: 12–139.
- Boyle PR, Rodhouse P. 2005. *Cephalopods: Ecology and fisheries*. Blackwell, Oxford, 452 pp.
- Costa PAS, Fernandes FC. 1993. Reproductive cycle of *Loligo sanpaulensis* (Cephalopoda: Loliginidae) in the Cabo Frio region, Brazil. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 101: 91–97.
- Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem VH. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. FAO Pacífico centro-oriental*. Rome, ISBN: 9253036753.
- Hanlon R, Messenger J. 1996. *Cephalopod Behavior*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 248 pp.
- Hatfield EMC, Rodhouse PG, Porebski J. 1990. Demography and distribution of the Patagonian squid (*Loligo gahi* d'Orbigny) during the austral winter. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 46: 306–312.
- Hernández-Vázquez S. 1987. Pesquerías pelágicas y neríticas de la costa occidental de Baja California, México. *CalCOFI Rep.* 38: 53–56.
- Jackson GD. 2004. Advances in defining the life history of myopsid squids. *J. Mar. Res.* 55: 357–365.
- Lluch-Cota SE, Arias-Aréchiga JP. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros de actividad biológica para la regionalización del océano: El caso del Golfo de California. In: Lluch-Cota D, Elorduy-Garay J, Lluch-Cota SE, Ponce-Díaz G (eds.), *Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIBNOR, CICIMAR, CONACYT, La Paz, México, pp. 255–263.
- Lluch-Cota SE, Aragón-Noriega EA, Arreguín-Sánchez F, Auriolles-Gamboa D, Bautista-Romero JJ, Brusca RC, Cervantes-Duarte R, Cortés-Altamirano R, Del Monte-Luna P, Esquivel-Herrera A, Fernández G, Hendrickx ME, Hernández-Vázquez S, Herrera-Cervantes H, Kahru M, Lavín M, Lluch-Belda D, Lluch-Cota DB, López-Martínez J, Marinone SG, Nevárez-Martínez MO, Ortega-García S, Palacios E, Parés-Sierra A, las poblaciones de camarón en aguas marinas del Pacífico mexicano durante el periodo de veda y el efecto de la captura incidental de la fauna acompañante de camarón en el ecosistema”. DIAR agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) a través del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI). CQV es becario de EDI y COFAA del IPN. Se agradece la colaboración de J Padilla-Serrato durante la recolección y preservación del material biológico. Se agradece también la disposición y apoyo del capitán G Rivera-Velázquez y de la tripulación de los buques *BIP XI* y *BIP XII* durante las campañas de pesca exploratoria. El documento se benefició grandemente de los comentarios y sugerencias de un revisor anónimo.
- 
- Ponce-Díaz G, Ramírez-Rodríguez M, Salinas-Zavala CA, Schwartzlose RA, Sierra-Beltrán AP. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Prog. Oceanogr.* 73: 1–26.
- Mann KH, Lazier JRN. 1996. *Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-physical Interactions in the Oceans*. 2nd ed. Blackwell Science, Oxford, 394 pp.
- O'Dor RK, Coelho ML. 1993. Big squid, big currents and big fisheries. In: Okutani T, O'Dor R, Kubodera T (eds.), *The Recent Advances in Cephalopod Fishery Biology*. Tokai University Press, Tokyo, pp. 385–396.
- Perez JAA, Aguiar DC, Oliveira UC. 2002. Biology and Population dynamics of the long-finned squid *Loligo plei* (Cephalopoda: Loliginidae) in southern Brazilian waters. *Fish. Res.* 58: 267–279.
- Pierce GJ, Boyle PR, Hastie LC, Key L. 1994. The life history of *Loligo forbesi* (Cephalopoda, Loliginidae) in Scottish waters. *Fish. Res.* 21: 17–41.
- Pierce GJ, Bailey N, Stratoudakis Y, Newton A. 1998. Distribution and abundance of the fished population of *Loligo forbesi* in Scottish waters: Analysis of research cruise data. *ICES J. Mar. Sci.* 55: 14–33.
- Pineda SE, Brunetti NE, Scarlato NA. 1998. Calamares loliginidos (Cephalopoda, Loliginidae). In: Boschi EE (ed.), *Los Moluscos de Interés Pesquero. Cultivos y Estrategias Reproductivas de Bivalvos y Equinodermos*. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata, pp. 13–36.
- Rodhouse PG. 2005. Recursos mundiales de calamares. In: FAO Documento Técnico de Pesca No. 457, Roma, pp. 194–207.
- Rodrigues AR, Gasalla MA. 2008. Spatial and temporal patterns in size and maturation of *Loligo plei* and *Loligo sanpaulensis* (Cephalopoda: Loliginidae) in southeastern Brazilian waters, between 23° S and 27° S. *Sci. Mar.* 72: 631–643.
- Rosas-Luis R, Salinas-Zavala CA, Koch V, Del Monte-Luna P, Morales-Zarate MV. 2008. Importance of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Orbigny 1835) in the pelagic ecosystem of the central Gulf of California. *Ecol. Model.* 218: 149–161.
- Sánchez P. 2003. Cephalopods from off the Pacific coast of Mexico: Biological aspects of the most abundant species. *Sci. Mar.* 67: 81–90.
- Santamaría-del Angel E, Álvarez-Borrego S. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.* 99: 7411–7423.

- Staudinger, MD. 2006. Seasonal and size-based predation on two species of squid by four fish predators on the northwest Atlantic continental shelf. *Fish. Bull.* 104: 605–615.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1981. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*, 2nd ed. Freeman, San Francisco, 859 pp.
- Squires HJ, Barragán JH. 1979. *Lolliguncula panamensis* from the Pacific coast of Colombia. *Veliger* 22: 67–74.
- Summers WC. 1983. *Loligo pealei*. In: Boyle PR (ed.), *Cephalopod Life Cycles*. Vol. I. Species Accounts. Academic Press, London, pp. 115–142.
- Vecchione M. 1981. Aspects of the early life history of *Loligo pealei* (Cephalopoda: Myopsida). *J. Shellfish Res.* 1: 171–180.
- Villaseñor-Casales M. 1979. Distribución vertical de temperatura, salinidad, y oxígeno disuelto en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante la primavera de 1976. *CalCOFI Rep.* 20: 146–149.

*Received October 2010,  
received in revised form June 2011,  
accepted September 2011.*