

Abundancia del calamar gigante *Dosidicus gigas* y su relación con factores ambientales en el Golfo de California, México

Violeta E. González-Máynez*, Manuel O. Nevárez-Martínez*, Artemio Gallegos-García**, Erik Márquez-García*** y Ranulfo Rodríguez-Sobeyra**

Para determinar la posible relación entre el calamar gigante y el ambiente se utilizaron imágenes satelitales de composición mensual de temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila-*a* (Chl-*a*), datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de sardina Monterrey (*Sardinops sagax*) y una estimación de abundancia y distribución de calamar gigante de junio de 2005 en el Golfo de California. La relación entre estas variables se exploró usando regresiones múltiples y se aplicó un modelo parabólico que fue significativo ($R^2 = 0.895$, $p < 0.05$). Se observó un intervalo en donde la abundancia de calamar gigante es máxima cuando se presentan valores medios de CPUE de sardina Monterrey y valores altos de TSM para el mes de junio de 2005. Se concluye que al parecer existe una relación no lineal entre la distribución del calamar gigante y estas variables ambientales en el Golfo de California.

Palabras clave: Captura por unidad de esfuerzo, TSM, Chl-*a*, sardina Monterrey, calamar gigante.

Abundance of jumbo squid *Dosidicus gigas* and its relation to environmental factors in the Gulf of California, Mexico

We analyzed the relationship between the jumbo squid and environmental factors. We used monthly images of sea surface temperature (SST), chlorophyll-*a* (Chl-*a*), catch-per-unit-effort of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) (CPUE) and an estimate of abundance and distribution of jumbo squid during June 2005 in the Gulf of California. The relationship between these variables was analyzed using multiple regressions analysis and a parabolic model; this was statistically significant ($R^2 = 0.895$, $p < 0.05$). Mean values of CPUE and highest values of SST during June 2005 shown a range of where the abundance of jumbo squid was maximum. We concluded that there is a nonlinear relationship between the distribution of jumbo squid and these environmental variables in the Gulf of California.

Key words: Catch-per-unit-effort, SST, Chl-*a*, Pacific sardine, jumbo squid.

Introducción

En el Golfo de California, localizado en la región noroeste del Pacífico mexicano, se desarrollan diversas e importantes pesquerías, entre las que destaca la de calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835); este molusco cefalópodo considerado endémico del Pacífico oriental, se distribuye desde California hasta Chile (Nesis 1983, Ehrhardt *et al.* 1986, Hernández-Herrera

et al. 1996, Nevárez-Martínez *et al.* 2000). Dentro del Golfo de California llega a alcanzar tallas de hasta 120 cm de longitud de manto (LM) y pesos de hasta 35 kg (Ehrhardt *et al.* 1986, Hernández-Herrera *et al.* 1996, Nevárez-Martínez *et al.* 2006); se alimenta de peces mictófidios, sardinas, macarelas, engraúlidos, carángidos (Ehrhardt 1991), así como de crustáceos, calamares gigantes y otros cefalópodos (Markaida 2001).

En esta región, la actividad pesquera es llevada a cabo por tres flotas, una artesanal en Santa Rosalía, Baja California Sur, y dos más en Guaymas, Sonora, una artesanal y otra de barcos camaroneros (Morales-Bojórquez *et al.* 2001, Nevárez-Martínez *et al.* 2006). El arte de pesca utilizado para la explotación de este recurso son las poteras manuales de seis coronas, las jornadas son nocturnas, con periodos de iluminación

* Centro Regional de Investigación Pesquera - Guaymas, Instituto Nacional de Pesca. Calle 20 Sur No. 605, Col. La Cantera, Guaymas, Sonora. 85400, México. bios.maynez@gmail.com

** Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, DF.

*** Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA, Pitágoras 1320, Benito Juárez 03310, México, DF.

antes de comenzar la actividad de pesca. Esta pesquería es considerada una actividad importante para la región por los empleos e ingresos que genera; sin embargo, están condicionados a las fluctuaciones impredecibles de los periodos abundantes, asociados a mayores volúmenes de biomasa (Nevárez-Martínez *et al.* 2008), seguidos por descensos en los volúmenes capturados atribuidos a la modificación de la distribución y la abundancia de sus presas potenciales, como lo son los peces pelágicos menores del área (Ehrhardt 1991, Nevárez-Martínez *et al.* 2000, 2008, Markaida 2001) y, más específicamente, la sardina Monterrey (*Sardinops sagax*) (Nevárez-Martínez *et al.* 2000). Por las amplias fluctuaciones en disponibilidad y abundancia del calamar gigante, así como por su alta mortalidad natural, esta pesquería es considerada muy inestable (Ehrhardt *et al.* 1986, Nevárez-Martínez *et al.* 2000).

Las variaciones en el tamaño poblacional de la sardina Monterrey están muy relacionadas con el ambiente por ser organismos sensibles a las anomalías térmicas (Nevárez-Martínez 2000), los cambios se reflejan tanto en su abundancia como en la disponibilidad para la flota pesquera y, por consiguiente, en sus capturas (Lluch-Belda *et al.* 1986, Cisneros-Mata 1987, 1996, Hamman *et al.* 1988, Nevárez-Martínez *et al.* 2001, Martínez-Zavala *et al.* 2010). Nevárez-Martínez (2000) encontró que existe una relación entre la abundancia relativa de sardina Monterrey, las surgencias y la TSM en el Golfo de California, y que la variabilidad observada en la abundancia está influenciada por factores ambientales.

La hipótesis establece que los factores ambientales influyen en las grandes agregaciones de *D. gigas*, ya que modifican el patrón de comportamiento y de agregación de sus presas potenciales. Para identificar estos factores se utilizaron el análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) y clorofila-*a* (Chl-*a*), que fueron empleadas debido a la sinopticidad, la continuidad y la extensión geográfica de sus mediciones (Gallegos *et al.* 1996). Las imágenes de TSM han aportado información valiosa en la evaluación de otros recursos pesqueros y del ecosistema en general (Yáñez *et al.* 1996, Waluda *et al.* 2001, Nevárez-Martínez *et al.* 2002, Morales-Bojórquez *et al.* 2003, Zheng-Rui 2008, Manzano-Sarabia y Salinas-Zavala 2008,

Vallarta-Zárate 2010). Por su parte, la Chl-*a* estimada por sensores remotos es un indicador de la biomasa fitoplanctónica. En aguas oceánicas, las características ópticas son dominadas por el fitoplancton, y las características del espectro observado pueden ser directamente relacionadas con la concentración de Chl-*a* (Moses *et al.* 2009). Es por ello que el objetivo de este estudio fue analizar la distribución y la abundancia del calamar gigante a partir de datos obtenidos durante un crucero de investigación realizado en junio de 2005 en el Golfo de California, así como su relación con la TSM y la abundancia de sardina Monterrey.

Materiales y métodos

El área de estudio comprende la parte central del Golfo de California desde el sur de Isla Tiburón en Sonora hasta Isla San José en Baja California Sur, superficie comprendida entre los paralelos de 28° 17.84' y los 25° 43.81' N y los meridianos 113° 12.49' y 108° 37.49' O. Esta superficie fue dividida en seis áreas para facilitar un mejor análisis (Fig. 1).

El análisis de TSM se realizó a partir de 365 imágenes satelitales AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) diarias, de los pasos nocturnos de los satélites NOAA 12, 14 y 18, con resolución de 1.1 km² correspondientes a los meses de junio de 1996 a 2009, con las que se generaron composiciones semanales y mensuales; esta información se obtuvo de la base de datos BITS/MEX/ICMYL-UNAM. Para el análisis de Chl-*a* se trabajó con composiciones mensuales generadas a partir de imágenes satelitales captadas por el sensor MODIS-Aqua con resolución espacial de 1 km², correspondientes a los meses de junio de 2003 a 2009, obtenidas de la base de datos SATMO-CONABIO. En cada área se calculó el “junio típico” para ambas variables ambientales, siendo éste el resultado del promedio de las composiciones mensuales; asimismo, se calcularon las variaciones por área de las composiciones mensuales con respecto al “junio típico” lo que se conoce como anomalías.

Para el análisis de distribución y abundancia de *D. gigas* se utilizó información recopilada durante un crucero de pesca exploratoria en junio

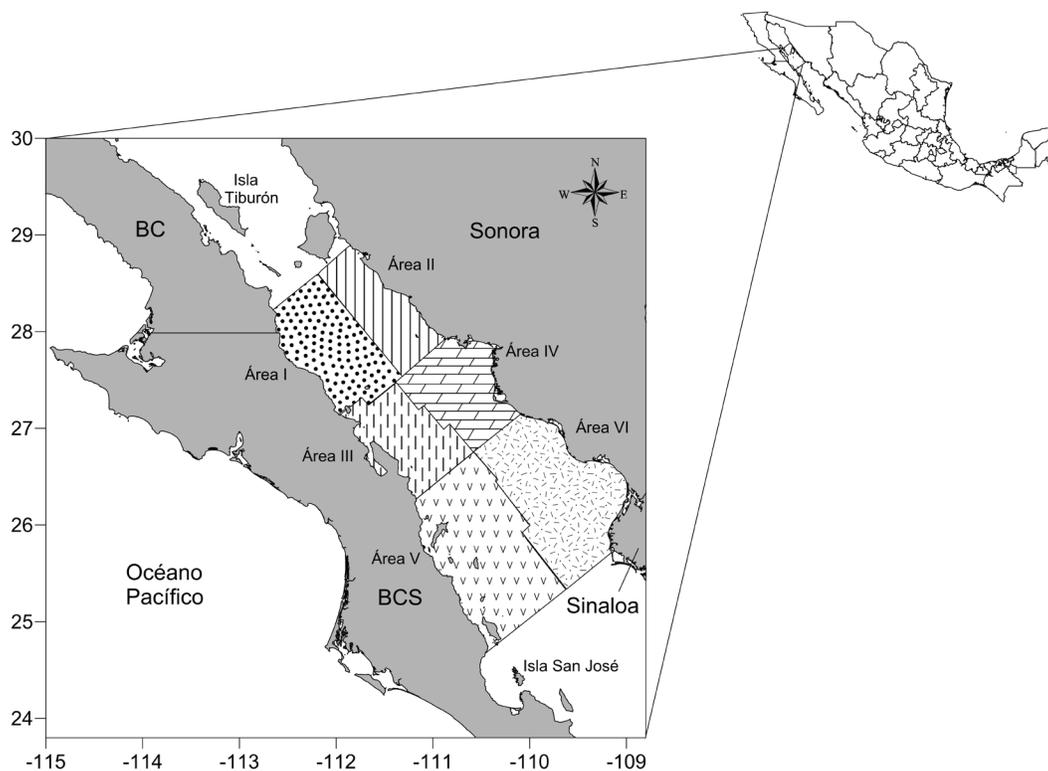


Fig. 1. Área de estudio. Golfo de California.

de 2005, a bordo del Buque de Investigación Pesquera BIP XI (INAPESCA). Se cubrió una red de 50 estaciones en nueve líneas perpendiculares a la costa dentro del área de estudio. En cada estación se emplearon seis poteras manuales, utilizando atracción con luz, la cual consistió de 15 minutos de iluminación previa al inicio de la actividad de muestreo, que tuvo una duración de 30 minutos. En cada estación se registró la posición exacta al inicio y al término de la actividad, el tiempo de iluminación previa, tiempo efectivo de pesca, el número de calamares capturados y el peso total (kg) de la captura por estación.

En cada estación positiva se realizó un muestreo masivo donde se determinó la LM (cm) de cada organismo capturado; estos datos fueron agrupados en intervalos de dos centímetros para conocer la distribución de frecuencias de longitud, así como la talla media ponderada por la marca de clase por cada área.

De cada muestreo masivo obtenido por estación se tomaron 15 organismos a los que se les determinó, además, el sexo y la fase de madurez gonádica de acuerdo con la escala establecida por Lipinski (1979). Se consideraron inmaduros

aquellos organismos en estadio I, II y III, y maduros IV, V, VI. Se determinó también la frecuencia relativa de la fase de madurez de machos y hembras. La biomasa se estimó a partir del método de área barrida estratificada y se utilizaron los estimadores propuestos por Pierce y Guerra (1994) y Nevárez-Martínez *et al.* (2000).

Se utilizaron los datos de capturas y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la sardina Monterrey desembarcadas en el puerto de Guaymas, Sonora; las capturas fueron llevadas a cabo en junio de 2005 dentro de cada una de las seis áreas propuestas. La CPUE se usó como un indicador de abundancia relativa (Cubillos *et al.* 1998, Nevárez-Martínez *et al.* 2008), tomando en cuenta el número de viajes realizados por la flota. Estos datos fueron proporcionados por el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Guaymas.

Se utilizó un modelo parabólico para determinar la relación entre las variables ambientales y la abundancia de calamar gigante:

$$\text{Abundancia} = (b1 \cdot \text{CPUE}_{\text{mty}} + c1 \cdot \text{CPUE}_{\text{mty}}^2) \cdot (b2 \cdot \text{TSM} + c2 \cdot \text{TSM}^2)$$

Resultados

Del análisis climatológico de TSM y Chl-*a* se deriva una correlación negativa de -0.682, en la que destaca un comportamiento espacio-temporal inverso entre las dos variables. Las áreas localizadas en la parte occidental del Golfo (I, III, V) presentaron valores de temperatura más bajos que las de la parte oriental (II, IV, VI). De manera generalizada se observó un aumento de temperatura de norte a sur del área de estudio. Los valores más altos de Chl-*a* se presentaron en el norte y los más bajos en el sur, donde las temperaturas fueron más altas. Las anomalías de TSM para el año 2005 fueron negativas para todas las áreas respecto al “junio típico”, por lo que se puede considerar que el mes de junio 2005 fue frío, respecto a los demás años analizados (Tabla 1).

Tabla 1

Valor típico de Chl-*a* calculado de 2003 a 2009, y “junio típico” estimado desde 1996 hasta 2009, con sus respectivas anomalías en 2005

Área	Valor típico de Chl- <i>a</i> (mg/m ³)	Anomalías de Chl- <i>a</i> 2005 (mg/m ³)	“Junio típico” (°C)	Anomalías de TSM 2005 (°C)
I	1.35	0.22	25.18	0.08
II	1.21	0.10	26.53	-0.09
III	0.93	-0.09	26.25	-0.80
IV	0.67	0.01	27.06	1.06
V	0.62	0.10	26.18	1.69
VI	0.70	0.03	27.19	1.65

Las estimaciones de biomasa de *D. gigas* fueron mayores en las áreas VI y I (en orden de importancia), y menores en las III y V que en el resto de los sitios (Fig. 2). El mayor porcentaje de calamares maduros (75%) se concentró en el área IV, mientras que en el área I se encontró el porcentaje más bajo (9%). Los organismos inmaduros se localizaron mayormente en la parte occidental (áreas I, III y V) y los maduros en la parte oriental del Golfo de California (áreas II, IV y VI) (Fig. 3). La longitud promedio del manto osciló entre 24 cm y 43 cm LM (Fig. 4); se observó que los organismos de tallas mayores se encontraron en la zona norte del área de estudio, disminuyen-

do de manera paulatina hacia el sur. Lo anterior fue corroborado mediante un análisis de varianza de una vía, que indicó diferencias significativas ($p < 0.05$).

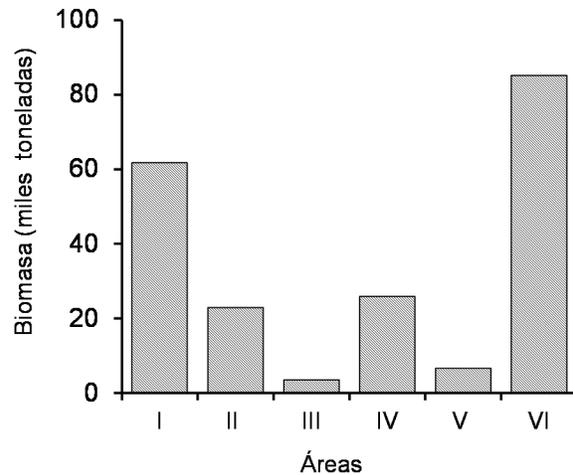


Fig. 2. Biomasa de calamar gigante *Dosidicus gigas* estimada por área, en el Golfo de California durante junio de 2005.

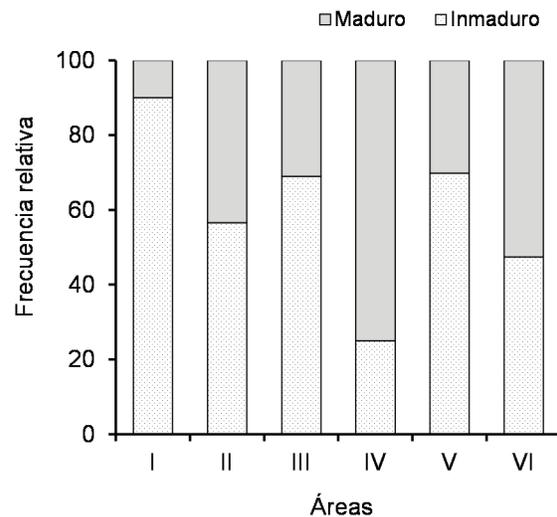


Fig. 3. Frecuencia relativa (%) de organismos en estadios inmaduro y maduro por área.

Con base en la CPUE, el máximo de abundancia de sardina Monterrey estuvo en el área II y la menor en el área III porque ahí los lances de pesca realizados fueron negativos; el resultado anterior se atribuye a la escasa abundancia del recurso ya que la prospección por parte de la flota sí se realizó (Tabla 2).

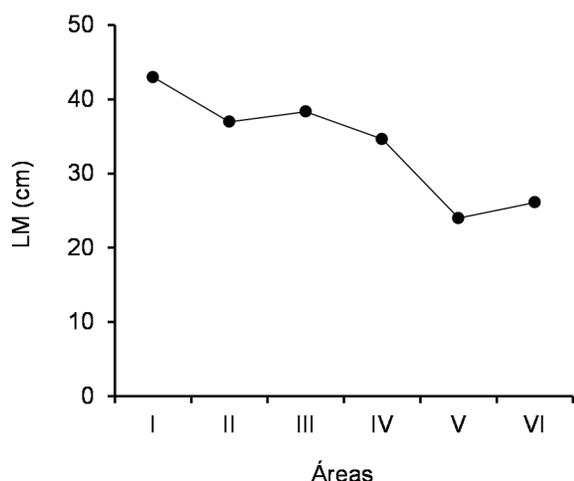


Fig. 4. Tallas promedio de longitud de manto (LM, en cm) del calamar gigante *Dosidicus gigas*, por área, en junio de 2005.

Tabla 2

Capturas en toneladas de peces pelágicos menores y sardina Monterrey para cada área

Área	Pelágicos (t)	Monterrey (t)	Viajes (v) pelágicos	Viajes (v) Monterrey	CPUE Pelágicos	CPUE Monterrey
I	1 223.2	730.8	11	8	111.2	91.4
II	8 267.9	7 762.9	57	55	145.1	141.1
III	—	—	—	—	—	—
IV	279.0	1	3	1	93.0	1
V	198.3	1	1	1	198.3	1
VI	1 542.5	58.4	11	1	140.3	58.4

El modelo parabólico mostró los siguientes valores de sus parámetros: $b1 = 122.3604$; $c1 = -0.8376$; $b2 = -18.9068$; $c2 = 0.7711$ (Fig. 5). La relación estimada indica que el valor de la varianza explicada por el modelo fue $R^2 = 0.895$ ($p < 0.05$). Existe un intervalo óptimo en donde la abundancia de calamar gigante es máxima cuando se presentan valores medios de CPUE de sardina Monterrey, y valores altos de TSM registrados en el área de estudio para el mes de junio de 2005.

Discusión

La alta biomasa fitoplanctónica favorece el aumento de la biomasa de los elementos superiores

de la cadena alimenticia (Bulgakov y Martínez-Zatarain 2006). Las aguas subsuperficiales son normalmente ricas en nutrientes y una vez en la zona fótica son altamente productivas, por lo que las áreas de surgencia soportan grandes biomásas de plancton, *stocks* masivos de peces y poblaciones de mamíferos y aves marinas (Parrish *et al.* 1981, Cury *et al.* 1995, Bakun 1998, Lluch-Cota 2000). El Golfo de California tiene zonas altamente productivas que favorecen la presencia y la reproducción de la sardina Monterrey, que se han asociado a zonas ricas en biomasa fitoplanctónica (Lluch-Belda *et al.* 1986, Nevárez-Martínez 2000). Por lo anterior, es probable que las condiciones de alimentación del calamar gigante se vean favorecidas en las áreas donde hay surgencia, resultado que coincide con lo reportado por Markaida (2001), quien argumenta que el calamar gigante se concentra en las zonas de surgencias alternas del Golfo de California, donde encuentra alimento abundante. Ehrhardt (1991) menciona que la sardina Monterrey es la especie de mayor importancia dentro del Golfo de California, basado en un análisis del contenido estomacal de calamar gigante, mientras que Markaida (2001) considera que es una presa secundaria.

En todas las áreas donde hubo capturas de sardina Monterrey, la biomasa de calamar gigante fue relativamente alta, superando usualmente las 3 000 t (Fig. 2). En el área III, los valores estimados de biomasa de calamar fueron los más bajos del área de estudio, probablemente como resultado de los valores bajos de biomasa fitoplanctónica, incapaces de sostener una gran abundancia de peces pelágicos, lo que repercute en el registro nulo de capturas de sardina Monterrey y es posible que en la disminución de abundancia o disponibilidad de otros organismos que conforman la dieta del calamar.

Existen áreas en donde la biomasa de calamar gigante es de las más grandes, mientras que la abundancia relativa de sardina Monterrey tiene valores intermedios, por lo que cabe recordar que la asociación de los datos aquí analizados no es lineal, sino que existe un intervalo óptimo en los valores medios de abundancia relativa de sardina Monterrey. Cabe destacar que de algunos organismos de la dieta del calamar gigante no se tienen índices de la abundancia de sus poblaciones,

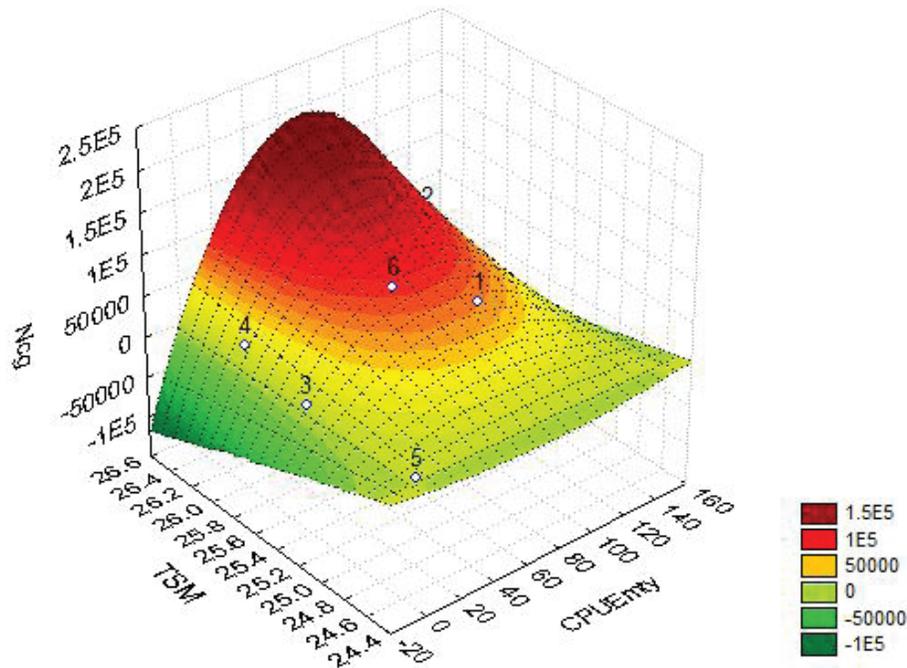


Fig. 5. Abundancia de calamar gigante *Dosidicus gigas* en las seis áreas propuestas. Eje x: CPUE de sardina Monterrey; Eje y: TSM; Eje z: toneladas de calamar gigante.

dinámica poblacional y disponibilidad, así como su desplazamiento dentro del Golfo de California, y la relación que tienen con las variables tomadas en cuenta en este estudio, por lo que es importante realizar una investigación más exhaustiva sobre las comunidades que forman parte de la dieta de este organismo y las preferencias alimenticias en ambas costas del Golfo de California.

Por lo que respecta a la hipótesis de este trabajo, los resultados permiten hacer algunos comentarios. En principio muestra que existe una relación entre las variables estudiadas y la distribución y la abundancia del calamar gigante. Sin embargo, debe notarse que no se trabajó con muchos datos, por lo que al incrementarse la cantidad de información analizada (ampliando los grados de libertad), no se puede descartar que pudieran cambiar los resultados, aunque no se sabe en qué sentido. Los parámetros ambientales y biológicos utilizados en este trabajo no pueden explicar las variaciones de abundancia del calamar gigante en la zona de estudio; sin embargo, hay evidencias de que existe una relación no lineal entre estos parámetros biológico-ambientales y la distribución del calamar gigante

en el Golfo de California. Asimismo, existe un intervalo óptimo en donde la abundancia del calamar es máxima, combinándose entre sí valores altos de TSM y valores medios de CPUE de sardina Monterrey. Nevárez-Martínez *et al.* (2008) encontraron una alta correlación entre la biomasa de calamar gigante y las capturas de sardina Monterrey con una serie de datos mayor de la que en este trabajo se presenta, por lo que se sugiere enriquecer el número de observaciones biológico-ambientales y realizar estudios de largo plazo de este recurso en el futuro.

En cuanto al análisis de tallas se refiere, Hernández-Herrera *et al.* (1998) mencionaron la existencia de una sola cohorte reclutada en mayo, cuando los calamares tienen seis meses de edad y una longitud que va de los 24 a 50 cm LM, lo que concuerda con la distribución de tallas medias encontradas en este estudio que van de los 24 cm a los 43 cm LM, por lo que posiblemente estos organismos corresponden a una sola cohorte. Asimismo, se observó un gradiente entre ellas: los calamares más grandes hacia el norte del Golfo de California y los menores al sur, lo que coincide con los resultados de Hernández-Herrera *et al.* (1996). Markaida (2001) sugirió

un patrón de segregación espacial del calamar gigante por tallas de madurez, con los calamares más grandes habitando las áreas de pesca caracterizadas por surgencias periódicas de aguas altamente productivas, mientras que los calamares de talla de madurez mediana se distribuyen afuera de las áreas de surgencia, en aguas menos productivas; los resultados aquí presentados coinciden en la segregación de los organismos por talla, ya que se localizó a los individuos más grandes al norte del área de estudio, donde se registró la mayor productividad, pero difieren de Markaida (2001), en cuanto a que la mayor proporción de organismos maduros se encontró fuera de las áreas más productivas, en la región central del Golfo.

En cuanto a la madurez gonádica, el mayor porcentaje de organismos maduros, tanto hembras como machos, se presentó en el área IV frente a las costas de Guaymas, resultado que coincide con lo propuesto por Hernández-Herrera *et al.* (1996), quienes destacan la importancia de esta área como zona de reproducción del calamar gigante en esta época del año, que debe tomarse en cuenta junto con las cercanías de Santa Rosalía en BCS, área propuesta por Ehrhardt *et al.* (1986) como importante de desove.

Conclusiones

- Durante junio de 2005 se observó una relación no lineal entre los parámetros biológicos-ambientales y la distribución del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California; así como un intervalo óptimo en donde la abundancia del calamar es máxima, combinándose entre sí valores altos de TSM y valores medios de CPUE de sardina Monterrey.

Agradecimientos

Al personal del CRIP Guaymas, por su amabilidad y colaboración durante la realización de este trabajo; a Ma. de los Ángeles Martínez Zavala y Dana Arizmendi Rodríguez, por sus comentarios.

Literatura citada

- BAKUN A. 1998. The CEOS comparative analysis framework: motivations and perceived opportunities. *En:* MH Durand, P Cury, R Mendelssohn, C Roy, A Bakun y D Pauly (eds). *Global Versus Local Changes in upwelling systems*. Orstom, París, pp: 2-26.
- BULGAKOV SN y A Martínez-Zatarain. 2006. Surgencias y vientos favorables en la costa oriental del Pacífico Mexicano. *En:* MC Jiménez-Quiroz y E Espino-Barr (eds.). *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán*. Instituto Nacional de la Pesca, pp: 29-40.
- CISNEROS-MATA MÁ. 1987. Biología reproductiva de sardina Monterrey en la costa occidental de Baja California Sur y costa de Sonora. *En:* M Ramírez-Rodríguez (ed.). *Memorias del Simposium sobre investigación en biología y oceanografía pesquera en México*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas/IPN, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp: 47-53.
- CUBILLOS L, M Canales, A Hernández, D Bucarey, L Vilugrón y L Miranda. 1998. Poder de la pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). *Investigaciones Marinas* 26: 3-14.
- CURY P, C Roy, R Mendelssohn, A Bakun, DM Husby y RH Parrish. 1995. Moderate is Better: Exploring Non-linear Climatic Effects on the Northern Anchovy (*Engraulis mordax*). *En:* RJ Beamish (ed.). *Climate Change and Northern Fish Populations. Canadian Journal Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 121: 417-424.
- EHRHARDT NM. 1991. Potential impact of a seasonal migratory jumbo squid (*Dosidicus gigas*) stock on a Gulf of California sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population. *Bulletin of Marine Science* 49(1/2): 325-332.
- EHRHARDT NM, A Solís, J Pierre, J Ortiz, P Ulloa, G González y F García. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante en el Golfo de California,

- México, durante 1980. *Ciencia Pesquera* 5: 63-76.
- GALLEGOS A, J Barberán, S Czitrom, A Fernández y R Rodríguez. 1996. Oceanografía satelital en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. *GeoUNAM* 3(2): 3-8.
- HERNÁNDEZ-HERRERA A, E Morales-Bojórquez, M Nevárez-Martínez, A Balmori-Ramírez y G Rivera-Parra. 1996. Distribución de tallas y aspectos de la reproducción del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México, en 1996. *Ciencia Pesquera* 12: 85-89.
- HERNÁNDEZ-HERRERA A, E Morales-Bojórquez, MA Cisneros-Mata, M Nevárez-Martínez y GI Rivera-Parra. 1998. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the gulf of California, Mexico. *California Cooperation Oceanic Fisheries Investigations Reports* 39: 212-218.
- LIPINSKI, MR. 1979. Universal maturity scale for the commercially-important squid (Cephalopoda: Teuthoidea); the results of maturity classification of the *Illex illecebrosus* (LeSueur, 1821) populations of the years 1973-1977. *Res Doc Int. Commn NW Atl Fish.* 40p.
- LLUCH-BELDA D, F Magallón-Barajas y RA Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. *California Cooperation Oceanic Fisheries Investigations Reports* 27: 136-140.
- LLUCH-COTA SE. 2000. Coastal upwelling in the Eastern Gulf of California. *Oceanología Acta* 23: 731-739.
- MANZANO-SARABIA MM y CA Salinas-Zavala. 2008. Variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila *a* y temperatura superficial del mar en la región occidental del Golfo de México: 1996-2007. *Interciencia* 33(9): 628-634.
- MARKAIDA U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 426p.
- MARTÍNEZ-ZAVALA MÁ, MO Nevárez-Martínez, ML Anguiano-Carrasco, P Santos-Molina y A Godínez-Cota. 2010. Captura de peces pelágicos menores en el Golfo de California, temporada de pesca 2007-2008. *Ciencia Pesquera* 18: 5-18.
- MORALES-BOJÓRQUEZ E, S Martínez-Aguilar, MO Nevárez-Martínez y F Arreguín-Sánchez. 2001. Estimations of catchability-at-length for the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. *California Cooperation Oceanic Fisheries Investigations Reports* 42: 167-171.
- MORALES-BOJÓRQUEZ E, VM Gómez-Muñoz, R Félix-Uraga y RM Alvarado-Castillo. 2003. Relation between recruitment, sea surface temperature, and density-independent mortality of the Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) off the southwest cost of the Baja California Peninsula, Mexico. *Scientia Marina* 67(1): 25-32.
- MOSES WJ, AA Gitelson, S Berdnikov y V Povazhnyy. 2009. Estimation of chlorophyll-a concentration in case II Waters using MODIS and MERIS data-successes and challenges. *Environmental Research Letters* 4: 1-8.
- NESIS KN. 1983. *Dosidicus gigas*. En: PR Boyle (ed.). *Cephalopod Life Cycles* Vol. 1, Species Accounts. Academic Press, London, pp: 215-231.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO. 2000. Variabilidad de la población de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 165p.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO, A Hernández-Herrera, E Morales-Bojórquez, A Balmori-Ramírez, MÁ Cisneros-Mata y R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 49: 129-140.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO, D Lluich-Belda, MÁ Cisneros-Mata, JP Santos-Molina, MÁ Martínez-Zavala y SE Lluich-Cota. 2001. Distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California and their relation with the

- environment. *Progress in Oceanography* 49: 465-580.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO, I Rivera-Parra, E Morales-Bojórquez, J López-Martínez, DB Lluch-Cota, E Miranda-Mier y C Cervantes-Valle. 2002. The jumbo squid (*Dosidicus gigas*) fishery of the Gulf of California and its relation to environmental variability. *Investigaciones Marinas* 30(1): 193-194.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO, F Méndez-Tenorio, C Cervantes-Valle, J López-Martínez y M Anguiano-Carrasco. 2006. Growth, mortality, recruitment, and yield of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off Guaymas, Mexico. *Fisheries Research* 79: 38-47.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO, E Morales-Bojórquez e I Rivera-Parra. 2008. La pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) del Golfo de California y su relación con la variabilidad ambiental. En: J López-Martínez (ed.). *Variabilidad ambiental y pesquerías de México*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, pp: 129-139.
- PARRISH RH, CS Nelson y A Bakun. 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biological Oceanography* 1: 175-203.
- PIERCE GJ y A Guerra. 1994. Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. *Fisheries Research* 21: 255-285.
- VALLARTA-ZÁRATE JR. 2010. Efectos de la temperatura superficial del mar, en la pesquería de sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) en el sur del Golfo de California, 1996-2008. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 70p.
- WALUDA CM, PG Rodhouse, PN Trathan y GJ Pierce. 2001. Remotely sensed mesoscale oceanography and the distribution of *Illex argentinus* in the south Atlantic. *Fisheries Oceanography* 10(2): 207-216.
- YÁÑEZ RE, GC Silva, MA Barbieri y K Nieto. 1996. Pesquería artesanal de pez espada y temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en Chile central. *Investigaciones Marinas* 24: 131-144.
- ZHENG-RUI CHG. 2008. Fluctuation in *Ommastrephe bartrami* yield in the North Pacific. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 26: 353-356.

Recibido: 18 de agosto de 2012

Aceptado: 8 de febrero de 2013