



**CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S. C.**

Programa de Estudios de Posgrado

**EDAD Y CRECIMIENTO DE CALAMAR GIGANTE
Dosidicus gigas d'Orbigny, 1835 EN LA COSTA OCCIDENTAL
DE LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA, EN EL 2004.**

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, manejo y preservación de los recursos naturales
(Orientación Ecología Pesquera)

Presenta

Arminda Mejía Rebollo

La Paz, Baja California Sur, julio 2006

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las ___ horas del día ___ del Mes de _____ del 2006, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Edad y crecimiento de calamar gigante *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 en la costa occidental de la Península de Baja California, México, en el 2004."

Presentada por el alumno:

Arminda Mejía Rebollo

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **Oceanografía Pesquera**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Dr. César Augusto Salinas Zavala
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Unai Markaida
CO-TUTOR

Dr. Agustín Hernández Herrera
CO-TUTOR

DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL Y REVISOR DE TESIS

Dr. César Augusto Salinas Zavala

Director de Tesis

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

La Paz, B. C. S., México.

Dr. Unai Markaida Aburto

Asesor

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Unidad Campeche, Campeche México.

Dr. Agustín Hernández-Herrera

Asesor

IPN Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar (CICIMAR)

La Paz, B. C. S., México.

COMITÉ SINODAL

Dr. César Augusto Salinas Zavala	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
Dr. Casimiro Quiñónez Velázquez	Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar
Dr. Agustín Hernández Herrera	Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar
Dr. Salvador Emilio Lluch Cota (Suplente)	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

“Edad y Crecimiento de calamar gigante *Dosidicus gigas* d’Orbigny, 1835 capturado en la costa occidental de la Península de Baja California, México durante el año 2004”.

Arminda Mejía Rebollo.

RESUMEN

El calamar gigante *Dosidicus gigas* es una especie de interés pesquero en México, Perú y Chile. En aguas mexicanas se distribuye en el Golfo de California y en la costa occidental de la Península de Baja California. Las características oceanográficas de cada zona pueden repercutir en la tasa de crecimiento de los calamares que habiten en cada una de ellas. Los estudios de edad y crecimiento son de gran importancia en el manejo de los recursos pesqueros y el calamar gigante no es la excepción, hasta la fecha sólo se cuenta con la información correspondiente del Golfo de California, por lo que se requiere hacer el análisis de edad y crecimiento en la costa occidental de la Península de Baja California y un comparativo del crecimiento y longevidad del calamar entre las zonas, para tener información biológica sólida que permita el uso óptimo del recurso calamar en nuestro país. Se realizaron cuatro cruceros (enero, abril, julio y octubre), en los que se capturaron 260 calamares (197 hembras y 63 machos) con una proporción sexual de 3 hembras por cada macho. Se identificaron dos grupos de talla en ambos sexos, con un intervalo de 200 a 820 mm LDM y dos modas 340 y 660 mm LDM en hembras y de 220 a 680 mm LDM y 280 y 680 mm LDM en machos. La relación LDM-PT reflejó un crecimiento isométrico ($R^2 \geq 0.98$, t-Student, $p > 0.05$) en ambos sexos. Se describió el estado de madurez de 245 calamares (184 hembras y 61 machos), de acuerdo a la escala de madurez propuesta por Lipinski y Underhill (1995): I-II inmaduro, III madurando, IV-V maduro y VI desovado o gastado. El grado de madurez confirmó la existencia de dos grupos en hembras < 440 mm LDM y > 600 mm LDM, lo cual no fue posible en machos debido al tamaño de muestra. Bajo la hipótesis de la depositación de 1 incremento diario en los estatolitos, se calculó la edad de 188 calamares (142 hembras y 46 machos), donde la longevidad máxima en machos fue de 391 días (690 mm LDM; madurando) y en hembras de 433 días (700 mm LDM; madura). Se registraron nacimientos de diciembre de 2002 a junio de 2004, los cuales se concentraron en los meses enero a junio, indicando un pico reproductivo por el alto índice de nacimiento y hembras maduras; el porcentaje de machos maduros fue constante a lo largo del año ($< 36\%$), lo cual refleja que los machos están preparados para la reproducción durante todo el año. El modelo Logístico Integral ($R^2 \geq 0.974$) fue el que mejor describió el crecimiento en hembras y machos de calamar gigante. De acuerdo a los datos utilizados se afirma que las hembras fueron más grandes (10 cm) y más longevas (1.4 mes) que los machos. La comparación entre zonas sugiere que en el Golfo de California los calamares son más grandes que los de la costa occidental de la Península de Baja California, tanto en hembras como en machos ($F_{(3,385)}$, $P < 0.001$). La TCD máxima en hembras fue de 2.09 mmd^{-1} (220 días; 407.6 mm LDM) y en machos de 2.1 mmd^{-1} (200 días; 365.9 mm LDM). Las hembras nacidas en 2003 crecieron en promedio 1.2 mmd^{-1} durante cuatro meses, mientras que las nacidas en 2004 crecieron 1.6 mmd^{-1} y el cual disminuyó en casi un 50% (0.7 mmd^{-1}) al final del intervalo. Con los machos no se pudo hacer la comparación por año de nacimiento debido a que no hubo coincidencia en el intervalo de edad.

“Age and growth of the jumbo squid *Dosidicus gigas* d’Orbigny, 1835 caught along the west coast of the peninsula of Baja California in 2004”.

Arminda Mejía Rebollo.

ABSTRACT

The jumbo squid is an important fishery species in México, Peru and Chile. In Mexican waters, it is distributed in the Gulf of California and along the west coast of the peninsula of Baja California. Its rate of growth may be affected by the oceanography features of each zone. Studies of age and growth are important in the management of the fisheries resources, and jumbo squid is not an exception, until now there is only information about the Gulf of California. Thus, it is necessary to analyze the age and growth data along the west coast of the peninsula of Baja California and to compare the studies of growth and longevity of the jumbo squid between the zones to generate important biology information and to be able to manage optimally the squid resource in Mexico. All the specimens were collected during four cruises (January, April, July and October). In total, 260 squids were caught (197 females and 63 males). The female:male ratio was 3:1. Two size groups were present in both sexes, with an interval ML (Mantle Length) from 200 to 820 mm ML and two modes of 340 and 660 mm ML in females and from 220 to 680 mm ML, and on the other hand, in males modes of 280 and 680 mm ML. The relationship between ML-WT suggests an isometric growth ($R^2 \geq 0.98$, t-Student, $p > 0.05$) in both sexes. The maturity stages of 245 squids were described (184 females and 61 males) according to the maturity stages proposed by Lipinski and Underhill (1995): I-II immature, III maturing, IV-V mature and VI spent. The maturity stage confirmed the existence of two groups of females <440 mm ML and >600 mm ML, which was not possible to find in males due to the size of sample. Assuming a daily rhythm of statolith deposition, the age of 188 squids was calculated (142 females and 46 males), a maximum longevity was found in males (391 days; 690 mm ML; maturing) and the females registered a longevity of 433 days (700 mm ML; mature). The hatches were registered from December 2002 to June 2004, with the majority found from January to June. This suggests that there is a spawning peak due to the high rate of hatches and mature females. The proportion of mature males was the same during 2004 (<36%), this indicates that males are able to mate during all year. The logistic model ($R^2 \geq 0.974$) best described growth. According to the data, the females were older (1.4 month) and bigger (10 cm) than the males. The comparison between zones suggests that in the Gulf of California the squids are bigger than west coast of the peninsula of Baja California ($F_{(3,385)}$, $P < 0.001$). The females registered a maximum DGR (Daily Growth Rate) of 2.09 mmd^{-1} (220 days; 407.6 mm ML) and in males 2.1 mmd^{-1} (200 days; 365.9 mm ML). The females hatched in 2003 grew 1.2 mmd^{-1} during four months, whereas the ones hatched in 2004 grew 1.6 mmd^{-1} and its growth diminished almost 50% (0.7 mmd^{-1}) at the end of the interval. The comparison among males was not able to be done because there was no coincidence in the age interval.

Para la mujer que me ha inspirado siempre

Mi madre

“Todos tenemos una misión en la vida y para alcanzarla el
Universo entero conspira a nuestro favor sólo hay que
leer las señales”

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste por la formación académica

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de estudios de Posgrado a nivel Maestría.

A la Dirección de Estudios de Posgrado a cargo de la Dra. Thelma R. Castellanos, a la Lic. Osvelia Ibarra (Control escolar) y a la Lic. Leticia González (Departamento de becas y apoyo estudiantil) por el apoyo y facilidades otorgadas.

A mi comité tutorial Dr. César A. Salinas Zavala, Dr. Unai Markaida Aburto, Dr. Casimiro Quiñónez Velázquez, Dr. Agustín Hernández-Herrera y Dr. Salvador Lluch Cota por sus correcciones, comentario y sugerencias, de todos aprendí mucho profesional y personalmente.

Al proyecto Calamar gigante dirigido por el Dr. César A. Salinas Zavala, porque nos permitió a mí a varios más desempeñarnos en la rama que nos interesa, pero sobre todo gracias al Calamar gigante que cada día nos enseña una nueva faceta y nuevas líneas de investigación.

Al proyecto “Estudio para incrementar el valor agregado de productos del calamar e infraestructura de comercialización.” con No. de registro: 099, dirigido por el Dr. Julio Cordova Murueta por la oportunidad de participar en el proyecto.

Al proyecto Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) por las facilidades otorgadas para el muestreo de calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California y los datos oceanográficos proporcionados

Al Laboratorio de Histología e Histoquímica y al Laboratorio de Diagnóstico Microbiológico por todas las facilidades para el procesamiento de los estatolitos, gracias Carmen, Norma y Sofía por permitirme trabajar en sus respectivos laboratorios.

A la MC. Marlene Manzano por la extracción de los datos de clorofila superficial (Cl sup) y temperatura superficial del mar (TSM) tu ayuda fue muy importante para poder terminar éste proyecto.

A los encargados del Laboratorio de computo (Horacio y Manuel), al personal de biblioteca (Ana María y Antonio) por soportarnos como estudiantes molones durante toda la Maestría.

¡¡¡¡A todos Muchas Gracias!!!!

Agradecer a todas las personas que me permitieron llegar hasta aquí, es un poco más que imposible, ya que cada quien es el resultado de un sin fin de eventos que nos forjan como personas y como profesionales. Sin embargo hay pilares que no puedo evitar nombrar.

En primer instancia a María Rebollo Gutiérrez quien me dio la vida y toda la libertad para realizar mis sueños y metas, esta es una meta más Gracias por estar a mi lado. Al igual que ella a mi familia hermanos (Maxx, Héctor y César), hermanas (Lucila, Carmen y Angeles) y sus respectivos hijos (JJ, Danny, Cielo, Iván, Sofi, Marco, Gibrán y Daniela) que me han dado todo el amor y todo el apoyo para poder salir adelante. Hago un paréntesis especial para nombrar a Lula y Arturo que si bien no son familia de sangre, con el paso de los años han entrado a la familia por la puerta principal.

La amistad es un ingrediente indispensable para todo ser humano, me considero afortunada por contar con la amistad de muchas personas, todas ellas especiales para mí y totalmente correspondidas, a todos ustedes Gracias por su amistad.

A todos los que conforman al grupo calamar gigante César, Bazzino, Rigo, Jorge, Raúl, Verito, Susy, Alexxa, Donaji y Dana; porque el compartir el mismo interés, nos ha llevado a vivir momentos inolvidables.

A todos mis compañeros de maestría por haber compartido un periodo importante en nuestras vidas María, Gaby, Chayito, Lupita, Nadia, Anne, Aline, Wenses, Carlos, Tonny, Alex (vecino), Horacio, Polo, Alejandro, Camilo, Luis y Albert. Ojala que cada uno consiga sus metas y que el tiempo y la distancia no borren los días compartidos.

ÍNDICE

	Pag
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	5
El calamar gigante en la costa occidental de Baja California.....	5
Edad y Crecimiento en cefalópodos.....	8
El estatolito.....	10
Estudios de edad en calamares mediante el análisis de estatolitos	11
Edad y crecimiento de calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> mediante el análisis modal de tallas	13
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	17
Objetivo general.....	17
Objetivos particulares.....	17
ÁREA DE ESTUDIO	18
MÉTODOS	22
Trabajo de campo.....	22
Trabajo en laboratorio	24
Extracción de Estatolitos.....	24
Longitud total del estatolito LE	24
Edad.....	26
Análisis de datos.....	26
Características del hábitat	26
Relación longiud-peso (LDM-PT).....	27
Madurez.....	27
Relación longitud total del estatolito y longitud dorsal del manto (LE-LDM)	28
Edad.....	28
Microestructura del estatolito	28
Fecha de nacimiento.....	29
Crecimiento.....	29
Tasa de crecimiento diaria (TCD) y tasa de crecimiento relativo (G)Crecimiento.....	31
Talla de madurez.....	32
RESULTADOS	32
Distribución de calamar gigante en la costa occidental.....	32
Descripción del hábitat (Cl sup, TSM, Prof).....	34
Relación longitud-peso (LDM-PT).....	38
Madurez.....	40
Relación longitud total del estatolito-longitud dorsal del manto (LE-LDM)	42
Edad.....	43
Microestructura del estatolito.....	44
Fecha de nacimiento.....	46
Crecimiento.....	47
Comparación entre curvas de crecimiento.....	49
Tasas de crecimiento.....	52
Relación edad-talla-madurez	55

DISCUSIÓN	
Distribución de calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California.....	57
Descripción del hábitat (CI sup, TSM, Prof).....	58
Relación longitud-peso (LDM-PT).....	63
Madurez.....	68
Relación longitud total del estatolito-longitud dorsal del manto (LE-LDM)	75
Edad.....	76
Microestructura del estatolito.....	78
Fecha de nacimiento	81
Crecimiento.....	82
Comparación entre curvas de crecimiento.....	85
Tasas de crecimiento.....	87
CONCLUSIONES	89
LITERATURA CITADA	91
ANEXO A	104
ANEXO B	107

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> (A) y su rango de distribución a lo largo del Pacífico Oriental (B).....	1
Figura 2. A Principales corrientes en el noroeste del Océano Pacífico. Tomado de Lluch-Belda <i>et al.</i> (2003a). B Costa occidental de la Península de Baja California	18
Figura 3. Centros de actividad biológica (BACs) en la costa occidental de la Península de Baja California, definidos por la concentración de clorofila. A mayo y B agosto, tomado de Lluch-Belda <i>et al.</i> (2003a).....	21
Figura 4. Índice de surgencia y perfil de temperatura superficial del mar en la costa occidental de la Península de Baja California, tomado de Lluch-Belda <i>et al.</i> (2003a).....	22
Figura 5. Estaciones de muestreo del proyecto IMECOCAL en el año 2004...	23
Figura 6. Longitud Dorsal de Manto.....	24
Figura 7. Estatolito de calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> , de 42 cm LDM, presentando sus características más notables (modificado de Arkhipkin y Murzov, 1986).....	25
Figura 8. Zonas microestructurales del estatolito de calamar gigante <i>D. gigas</i> . PN posnuclear, O oscura y PF periférica	26
Figura 9. Estaciones positivas (círculos negros) de pesca de calamar gigante <i>D. gigas</i> en los cruceros IMECOCAL en el año 2004. IM0401 enero, IM0404 abril, IM0407 julio e IM0410 octubre.....	33
Figura 10. Mapas de concentración de clorofila superficial (Cl sup) y captura de calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A enero, B abril, C julio y D octubre.	35
Figura 11. Mapas de temperatura superficial del mar (TSM) y captura de calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A enero, B abril, C julio y D octubre.....	36
Figura 12. Mapa batimétrico (metros) y captura de calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.....	37
Figura 13. Distribución de tallas y pesos del calamar gigante <i>D. gigas</i> durante 2004 en la costa occidental de Baja California. A hembras-tallas, B machos-tallas, C hembras-PT, y D machos-PT.....	39
Figura 14. Distribución de tallas del calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004 por mes de captura: A enero, B abril, C julio y D octubre, barras blancas hembras y barras negras machos	40
Figura 15. Estado de madurez del calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A hembras y B machos.....	41
Figura 16. Talla de madurez al 50% (estadios IV y V) de hembras de calamar gigante <i>D. gigas</i> capturadas en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.....	42
Figura 17. Relación LE y LDM de calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A hembras y B machos.....	42
Figura 18. Distribución de frecuencia de la lectura de anillos de crecimiento	

por cada lector en los estatolitos derecho e izquierdo de <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.....	44
Figura 19. Microestructura del estatolito de una hembra de calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> de 710 mm LDM. C cristales en el Domo dorsal, 20X; NA núcleos accesorios, 40X; MD “marcas de desove”, 40X.....	45
Figura 20. Fecha de nacimiento (barras) y proporción de organismos maduros (círculos negros) de calamar gigante <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A hembras y B machos. Distribución de tallas por año de nacimiento: C 2003, D 2004, barras blancas hembras y barras negras machos.....	49
Figura 21. Ajuste de los datos de edad del calamar gigante <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California al modelo de crecimiento Logístico integral. A machos y B hembras.....	50
Figura 22. Ajuste del modelo Logístico Integral de los datos de edad del calamar gigante <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante el 2004.....	52
Figura 23. . Tasa de crecimiento diaria TCD (A) en mm y Tasa relativa G (B) de calamar gigante <i>D. gigas</i> en la costa occidental de la Península de Baja California. o Hembras, Δ machos.....	55
Figura 24. A Tasa de crecimiento diario TCD en mmd^{-1} y B Tasa relativa de crecimiento instantáneo G para la LDM de hembras <i>D. gigas</i> . \bullet 2003, \square 2004.....	57
Figura 25. Relación edad-madurez-LDM de calamar gigante <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A machos y B hembras.....	58
Figura 26. Calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> d’ Orbigny, 1835; ejemplar adulto. A vista dorsal B vista ventral.....	107

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla I. Modelos de crecimiento individual evaluados para <i>Dosidicus gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California en 2004.....	30
Tabla II. Resumen de datos obtenidos en campo. H hembras, M machos.....	38
Tabla III. Número de estatolitos procesados. der estatolito derecho, izq estatolito izquierdo, N número total.....	43
Tabla IV. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos de edad y LDM para hembras y machos de <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental de la Península de Baja California, durante 2004. R^2 coeficiente de determinación, Prm parámetros del modelo, CV coeficiente de variación, * significativo $P<0.05$; ** significativo $P<0.01$; *** altamente significativo $P<0.001$	49
Tabla V. Comparación estadística de curvas de crecimiento calamar gigante <i>D. gigas</i> por localidad de captura: costa occidental 2004 y Golfo de California GC 1995-1997*, aplicando el método Logístico Integral. N número de organismos, CO costa occidental, GC Golfo de California, SRC Suma de residuos al cuadrado, PRC promedio de residuales al cuadrado, * significativo $P<0.05$, ** significativo $P<0.01$, *** altamente significativo $P<0.001$	51
Tabla VI. Comparación estadística de curvas de crecimiento calamar gigante <i>D. gigas</i> capturado en la costa occidental por año de nacimiento, aplicando el método Logístico Integral. N número de organismos, SRC Suma de residuos al cuadrado, PRC promedio de residuales al cuadrado, * significativo $P<0.05$, ** significativo $P<0.01$, *** altamente significativo $P<0.001$	52

INTRODUCCIÓN

El calamar gigante, *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 es uno de los representantes más grandes y abundantes de los calamares oceánicos pertenecientes a la familia Ommastrephidae (Fig. 1 A). Las características diagnósticas morfológicas de la especie para juveniles y adultos se muestran en el Anexo A. Se distribuye a lo largo del Océano Pacífico oriental, desde California hasta el sur de Chile (Nesis, 1983; Nigmatullin *et al.*, 2001) (Fig. 1 B) y verticalmente desde la superficie hasta los 1000 m de profundidad aproximadamente (Yatsu *et al.*, 1999).

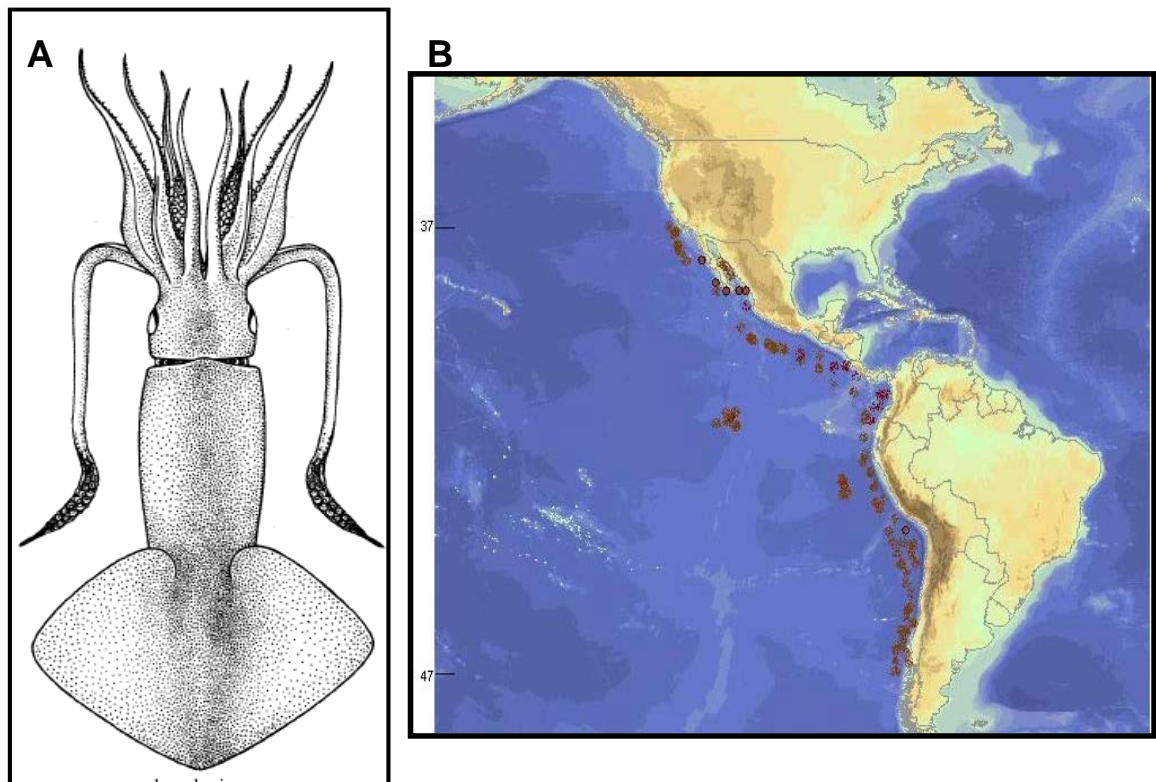


Figura 1. Calamar gigante *Dosidicus gigas* (A) y su rango de distribución a lo largo del Pacífico Oriental (B).

Actualmente se reconocen dos zonas de concentración de calamar gigante, una en aguas mexicanas desde los 30° N a los 18° N, incluyendo el Golfo de California (Sato, 1976) y la otra desde el ecuador hasta los 28° S, principalmente frente a costas de Perú (Nesis, 1983; Nigmatullin *et al.*, 2001).

El adjetivo de calamar gigante se debe a reportes de tallas máximas de hasta 2.06 metros de longitud total (LT) y 1.2 metros de longitud dorsal de manto (LDM) (Clarke y Paliza, 2000); sin embargo, en el noroeste mexicano las tallas máximas más comunes se encuentran entre 80 cm LDM (Markaida, 2001) y 90 cm LDM (Observación Personal, 2003).

Las zonas de concentración de calamar gigante en México son el Golfo de California y la costa occidental de la Península de Baja California (Sato, 1976; Markaida y Sosa Nishizaki, 2001). Dentro del Golfo de California, frente a las costas de Santa Rosalía B. C. S. y Guaymas, Son., se ha pescado calamar gigante de manera ocasional e intermitentemente desde los años 70s (Klett, 1981, 1982; Klett-Traulsen, 1996; Ehrhardt *et al.*, 1983, 1986). En 1994 empezó una nueva etapa de la pesquería de calamar gigante que ha operado de manera continua hasta la fecha (Hernández-Herrera *et al.*, 2000; Morales-Bojorquez *et al.*, 2001; Markaida, 2001). Si bien los estudios científicos sobre la especie en México se restringen al Golfo de California, la presencia de calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California fue reportada por Sato (1976); lo cual ha despertado grandes expectativas de investigación, entre las cuales se encuentra el presente trabajo.

Los trabajos de la especie en la costa occidental de Baja California son escasos y todos ellos con fines exploratorios (Sato, 1976; INP, 1990, 1992; De la Rosa *et al.*, 1992).

Si bien los trabajos de Klett (1981 y 1982) y Klett-Traulsen (1996) se enfocan al calamar gigante en el Golfo de California, mencionan la presencia de calamar gigante en la costa occidental de la península de Baja California.

Existen reportes aislados de calamares capturados fuera del límite nortero reportado para la especie, lo cual indica la permanencia o tránsito por la costa occidental de la Península de Baja California, tal es el caso de ejemplares capturados en las costas de California durante la década de los 30's (Phillips, 1933, 1937, 1961; Bartsh, 1935; Clark y Phillips, 1936; Croker, 1937; Anderson, 1978; Blake, 1982) y en años recientes en Oregon, EUA durante el ENSO-El Niño de 1997-1998 (Percy, 2002) y en 2003 (Burke y Newberg, 2004) y en Alaska en el año 2004 (CTV, 2004; Lovgren, 2005; Reyes, 2005; Zapato, 2004).

Los varamientos de calamar son también evidencia al respecto, uno de los hechos más difundidos fue el de las playas de La Jolla California en el 2002, debido al gran número calamares varados (Henry, 2002; Zapato, 2004; CNN, 2005). Otros de conocimiento regional en México, ocurrieron a lo largo del año 2004 en el Ejido La Reforma, La Bocana y Punta Abreojos en las costas de Baja California Sur y Bahía Vizcaino, Sta Rosaliita y San Quintín en las costas de Baja California, información que ha sido recopilada por el grupo de trabajo sobre cefalópodos del CIBNOR, México dirigido por el Dr. Salinas Zavala.

Una evidencia más de la presencia del calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California fue la pesca comercial en Baja California (Tijuana, Ensenada, El Rosario e Isla Cedros) durante 1984-1993 con volúmenes de hasta 6, 331 t en 1991 (Hamman *et al.*, 1995), en Bahía Magdalena y en la boca del Golfo de California durante 1991, 1994 y 1995 (Klett-Traulsen, 1996), en Bahía Magdalena durante 1998 con

volúmenes de captura de hasta 32,000 t (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b) y más recientemente en abril de 2005 en Puerto San Carlos con un promedio de tres toneladas por panga (Periódico El Sudcaliforniano, 2005).

Las preguntas científicas que surgen a partir de las evidencias mencionadas son: a) existen diferencias en los parámetros biológicos de los calamares del Golfo de California y los de la costa occidental de la Península de Baja California?, b) se trata de poblaciones diferentes o es sólo una población? y c) la posibilidad de migración dentro y fuera del Golfo de California permite flujo genético y si es así en que grado?; todas ellas de suma importancia para realizar un manejo adecuado del recurso.

Para responder a tales preguntas es necesario conocer las características biológicas de los calamares en la costa occidental, para compararlas con las ya conocidas para los calamares en el Golfo de California (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001; Markaida *et al.*, 2004).

Este trabajo tiene por objeto contribuir en el conocimiento de la biología de *Dosidicus gigas*; centrándose en la edad y el crecimiento del calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California y compararlos con lo reportado para la especie en el Golfo de California.

ANTECEDENTES

El calamar gigante en la costa occidental de Baja California

La primera referencia de la presencia del calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California corresponde a Sato (1976), quien reportó capturas elevadas (>4800 kg), incluso mayores a las encontradas en el Golfo de California (780 kg) para otoño e invierno de 1971.

Klett (1981 y 1982) relaciona los volúmenes de captura correspondientes a 1980, con las zonas y temporadas de pesca de calamar gigante dentro del Golfo de California, y con base en ello sugiere que el calamar sale del Golfo de California hacia la costa occidental de la Península de Baja California durante su ruta migratoria, donde un grupo de calamares migra hacia el sur, a lo largo de la costa del continente, y una porción más se extiende alrededor de la Península de Baja California.

Durante el periodo de 1981 a 1989 el calamar aparentemente “desapareció” del Golfo de California, por lo que la pesquería se vio afectada notoriamente (Ramírez y Klett, 1985; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). Ramírez y Klett (1985) y Klett-Traulsen (1996) mencionan que en el año 1981 barcos de co-inversión mexicano-japonés estuvieron pescando calamar en las costas de Cabo San Lucas, B. C. S., Nayarit y Colima, también deducen que la ausencia de calamar dentro del Golfo de California, fue consecuencia de la sobreexplotación del recurso, la modificación del comportamiento migratorio asociado a cambios en el medio ambiente o una combinación de ambos procesos.

En octubre de 1989 el Instituto Nacional de la Pesca desarrolla el programa de “Prospección Pesquera de Calamar Gigante (*Dosidicus gigas*) frente a la Península de Baja

California, México”, en el cual se realizaron seis cruceros con barcos japoneses en zonas aledañas a Bahía Magdalena, cada crucero con un promedio de 30 días de pesca neta. La captura total de calamar en la prospección fue de 1,454. 234 t (INP, 1990). Posteriormente en 1991 el mismo Instituto Nacional de la Pesca intensifica la exploración del recurso calamar gigante con el “Programa nacional de calamar en el Pacífico mexicano”, a bordo de 5 embarcaciones japonesas realizan 31 cruceros, con un promedio de 43.4 días de pesca neta por embarcación por crucero. El volumen total de pesca correspondiente a el programa de exploración fue de 6,287.88 t (INP, 1992). De la Rosa *et al.* (1992) y Klett-Traulsen (1996) analizan los resultados del proyecto “Prospección de calamar gigante en aguas de la ZEE del Pacífico mexicano 1989-1992”, realizado por el INP y concluyen que el Golfo de California y la costa occidental de la Península de Baja California son las zonas más recomendables para explotación de calamar gigante en aguas mexicanas.

Hammann *et al.* (1995) analizan los efectos del ENSO El Niño 1992 en las principales pesquerías de de Baja California, México, mediante la revisión de los volúmenes de pesca correspondientes al periodo 1988-1992, en las cuales se refleja claramente la operación exploratoria dirigida hacia el calamar gigante en la costa occidental de Baja California. Concluyen que el ENSO El Niño 1992 ocasionó una disminución importante en los volúmenes de captura de 6,331.88 t en 1991 a 1,663.19 t en 1992, además de un cambio en la temporada de pesca de agosto-noviembre durante 1988-1991 a abril-julio en 1992.

En los años 1994 (Bahía Magdalena) y 1995 (boca del Golfo de California) se reportaron concentraciones elevadas de calamar, con capturas de hasta 5000 y 25,000 t respectivamente (Klett-Traulsen, 1996). Si bien se han hecho estimaciones de potencial

pesquero prometedoras para el calamar gigante, como la de FAO 1995 (300,000 t) éstas no se habían comprobado hasta dicha fecha.

Tras años de gran abundancia en el Golfo de California, durante la temporada de pesca 1997-1998 el calamar nuevamente “desapareció” del Golfo de California y de manera paralela “apareció” en la costa occidental de Baja California, detectándose grandes concentraciones de calamar gigante frente a Bahía Magdalena con registros de desembarque de 32,000 t (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). Este suceso se atribuyó a un efecto ambiental en dicho momento, específicamente El Niño 1997-1998 (Dimate-Velásquez, 2005; Markaida, 2006). Markaida (2006) comenta que además del efecto en la distribución del calamar gigante, el fenómeno de El Niño 1997-1998 también influyó en la estructura de tallas de la población del Golfo de California.

Sánchez (2003), presenta un estudio sobre los cefalópodos de la costa del Pacífico mexicano y muestra capturas de calamar gigante en 1990 en la boca del Golfo de California y en 1991 en el Golfo de Tehuantepec. Deducen que los primeros pertenecen al grupo de talla grande y maduración tardía y los segundos representan al grupo de talla chica y maduración temprana, de acuerdo a la propuesta de Nigmatullin *et al.* (2001).

En la primavera de 2005 se pescó calamar gigante en Puerto San Carlos B. C. S. durante aproximadamente tres meses, con volúmenes de hasta tres toneladas por panga, lo cual se vió reflejado en la generación de empleos para las localidades pesqueras de la zona (Periódico El Sudcaliforniano, abril 2005).

Edad y Crecimiento en cefalópodos

Históricamente, los trabajos sobre edad y crecimiento de especies marinas se iniciaron con métodos indirectos como el de análisis de frecuencia de tallas, donde se asigna la edad en función a la moda en longitud (Panella, 1980).

De la misma forma los primeros trabajos de edad y crecimiento en calamares se basaron en el análisis de frecuencia de tallas (Nesis, 1970; Hixon, 1980; Ehrhardt *et al.*, 1983, 1986). Conforme se avanzó en el conocimiento biológico del tema, se hizo evidente que no era el método más adecuado. Desde la década de los años 70s se desató la discusión sobre la deficiencia de los estudios realizados en función al análisis de las frecuencias de tallas. Las justificantes de tal postura son que los cefalópodos en general presentan tasas de crecimiento acelerado, tallas grandes, ciclos de vida corto, desoves parciales y comportamiento migratorio, ocasionado el traslape de cohortes (Caddy, 1991; Jackson y Choat, 1992; Jackson *et al.*, 2000).

Posteriormente y hasta la fecha los estudios de edad y crecimiento en calamares se realizan por medio del método directo de “Lectura de marcas de crecimiento en los estatolitos”, el cual se basa en el conteo de marcas de depositación calcárea periódica en los estatolitos (par de concreciones calcáreas ubicadas en estatocistos). Este método tiene el objetivo de conocer la edad y describir el crecimiento individual del calamar (Clarke, 1966, 1978; Hurley *et al.*, 1983, 1985; Lipiński, 1978, 1980, 1981, 1986; Kristensen, 1980; Arkhipkin, 1989, 1991; Arkhipkin y Murzov, 1986; Arkhipkin y Pérez 1998).

Existen dos vertientes de investigación en el uso de este método directo: 1) el uso de la microscopía óptica, la cual implica tratamiento físico de los estatolitos para la lectura de las marcas de crecimiento (anillos) (Rodhouse y Hatfield, 1990a; Dawe y Natsukari, 1991)

y 2) la microscopia electrónica que involucra tratamientos químicos del estatolito (Lipiński, *et al.*, 1991). Recientemente se encuentra en desarrollo una tercera vertiente que valida la edad de los calamares en función de las características biogeoquímicas y microestructurales del estatolito (Kalish, 1989; Yatsu *et al.*, 1998).

Uno de los principales alcances de la técnica de lectura de estatolitos, es asignar una edad individual a cada organismo y no por medio de modas como en el análisis de frecuencia de tallas; así como la descripción del crecimiento corporal de calamares, mediante el ajuste de modelos de crecimiento individual a los datos de edad asignados (Forsythe y Van Heukelem, 1987; Arkhipkin, 1991; Bello, 1991). Los factores ambientales juegan un papel determinante en el proceso de desarrollo y crecimiento, de tal forma que organismos capturados en distintas épocas del año probablemente tendrán tasas de crecimiento y edades diferentes, lo cual se debe tener presente cuando se hacen estudios referentes al tema.

Si bien Young (1960) es el primero en notar marcas periódicas y concéntricas en los estatolitos de calamares, no las relaciona en modo alguno con la edad. Clarke (1965) sugirió que la determinación de la edad podría hacerse de una manera más objetiva y adecuada, mediante el uso del proceso de laminación conocido para los otolitos de peces (Campana y Neilson, 1985). Bajo ésta premisa fue necesario analizar las estructuras corporales que pudieran utilizarse de manera similar a los otolitos de peces.

Otras estructuras de los cefalópodos que permiten conocer de manera indirecta algún aspecto sobre su biología son: el pico (Iverson y Pinkas, 197, Clarke, 1965; Mejía-Rebollo, 2003), la rádula (Wirz 1963), el gladio de calamares y la concha vestigial de

octópodos (Arkhipkin y Bizikov, 1991; Sousa y Fernández, 2002), los globos oculares (Iverson y Pinkas, 1971) y las dentaciones de las ventosas en calamares (Roper *et al.*, 1984).

Referente a estudios de edad y crecimiento en cefalópodos, Clarke (1965) propone que las estructuras mandibulares podrían ser las adecuadas, pero no proporciona una validación temporal de las marcas. Años más tarde Nixon (1973), Raya y Hernández-González (1998), Hernández-López *et al.* (2001) dieron las bases suficientes para usar los picos para estudios de edad y crecimiento en octópodos.

El estatolito

Los estatolitos de los calamares son un par de concreciones calcáreas contenidas en los estatocistos, órganos saculares situados simétricamente en la región ventral posterior del cartílago cefálico, bajo el cerebro. Los estatocistos son órganos sensitivos responsables de la detección de la aceleración lineal y angular, y se consideran funcionalmente análogos a los otolitos en los peces (Rodhouse y Hatfield, 1990a). Los estatolitos están compuestos de carbonato de calcio (CaCO_3) en forma de aragonita en un 95% y una matriz orgánica (mucoproteica) en un 5%. Su estructura microscópica presenta incrementos o anillos de naturaleza periódica, característica que permite que sean útiles en estudios de edad y crecimiento. Cada incremento está conformado por una banda oscura (CaCO_3) y otra clara con mayor concentración de materia orgánica (Kristensen, 1980; Rodhouse y Hatfield, 1990a; Lipiński *et al.*, 1991). Hasta ahora la mayoría de los estudios que han validado la edad en calamares reportan una deposición de los anillos de crecimiento diaria, ya sea por estudios de calamares en cautiverio (Yang *et al.*, 1983; Hixon y Villoch, 1984; Jakson, 1994), por uso de marcadores químicos en experimentos de laboratorio (Kristensen, 1980;

Hurley *et al.*, 1983, 1985; Dawe *et al.*, 1985; Lipiński, 1986; Balch *et al.*, 1988; Nakamura y Sakurai, 1990, 1991; Jackson, 1990; Jackson *et al.*, 1993; Jackson y Forsythe, 2002; Durholtz *et al.*, 2002; Villanueva *et al.*, 2003) o por datos en campo (Lipiński *et al.*, 1998).

Estudios de edad en calamares mediante el análisis de estatolitos

Desde que Clarke (1966) sugiere que el crecimiento laminar de los estatolitos puede ser útil para la determinación de edad de calamares, los estatolitos se han utilizado de manera formal en estudios de edad y crecimiento (Clarke, 1978; Lipiński, 1978, 1980, 1981, 1986; Arkhipkin, 1989).

Hurley y Beck (1979) comprueban que los anillos de los estatolitos de *Illex illecebrosus* son marcas cronológicas reales y propone la hipótesis de que tales marcas sean de carácter diario. Lipiński (1978) y Kristensen (1980) apoyan la hipótesis, pero es con el trabajo de Lipiński (1980) con el que se consolida la idea. Siguiendo ésta línea Lipiński (1986) valida la temporalidad de los anillos en estatolitos del calamar loligínido *Alloteuthis subulata*, mediante la técnica de marcado con Tetraciclina, y consigue argumentos sólidos a favor de la hipótesis de la formación diaria de los anillos de crecimiento.

Arkhipkin y Mikheev (1992), describen el crecimiento de *Sthenoteuthis pteropus*, donde las hembras viven hasta un año y los machos 1 o 2 meses menos. Identifican un crecimiento de 16% de su peso corporal en paralarvas y 7-8% en juveniles, también identifican cuatro zonas de crecimiento en el estatolito en función a la coloración y la separación entre cada incremento de crecimiento.

Arkhipkin y Pérez (1998), desarrollan el tema de la reconstrucción de la historia de vida de los calamares, de acuerdo a la interpretación de líneas de crecimiento en los

estrolitos y el gladio de tres especies del género *Illex* y concluyen que los estrolitos son una herramienta confiable para inferir edad. Además proponen tres zonas microestructurales para los estrolitos y las relacionan con las fases ontogénicas de los calamares: la zona posnuclear que refleja el crecimiento acelerado de la fase paralarva, la zona oscura que corresponde a la fase de juvenil, donde el crecimiento es menos acelerado y la dieta se compone básicamente de crustáceos y la zona periférica donde se evidencia la fase de transición de juvenil a adulto y fase adulta.

Lipiński (1986) y Arkhipkin y Pérez (1998) afirman que la lectura de estrolitos no sólo permite conocer la edad individual de los organismos, sino que además puede proporcionar información biológica: 1) estructura poblacional, 2) atributos biológicos, 3) análisis de cohortes, 4) modelos de crecimiento y tasas de crecimiento y 5) datación de eventos importantes (madurez, copula, desove, transiciones alimenticias o ecológicas) todo ello con la finalidad de hacer comparaciones entre grupos (especies, sexos, poblaciones estacionales, poblaciones geográficas y/o generaciones enteras). Incluso establecer diferencias taxonómicas generales entre calamares (incrementos diarios), sepias (incrementos no diarios) y pulpos en los cuales no se han identificado anillos en los estrolitos (Jackson, 1994).

Edad y crecimiento de calamar gigante *Dosidicus gigas* mediante el análisis modal de tallas

Los primeros estudios de calamar gigante sobre edad y crecimiento, se realizaron con el método de distribución de tallas. Nesis (1972 y 1983) sugiere que los calamares grandes (> 50 cm LDM) pueden llegar hasta 3 o 4 años de vida, los calamares medianos (30-50 cm LDM) a dos años y los chicos (20-35 cm LDM) a un año. Ehrhardt *et al.* (1982),

reportaron para calamares del Golfo de California una longevidad máxima de 16-20 meses con tasas de crecimiento de 5-9 cm/mes en los primeros meses y 5 cm/mes a los 7-10 meses; concluyen que calamares de 30 cm LDM tienen 3 meses de edad y los de 75 cm de LDM 1 año de edad. Argüelles-Torres (1996) identifica dos cohortes de calamar gigante, en un periodo de tres años en el Hemisferio sur, en las cuales organismos de 30 a 50 cm LDM tuvieron 350 días (~1 año). Mientras que Hernández-Herrera *et al.*, (1998) en el Hemisferio norte sugieren que a calamares de 50 cm LDM les corresponde una edad de 450 días

Edad y crecimiento de calamar gigante *Dosidicus gigas* mediante el análisis de estatolitos

Si bien la formación diaria de anillos de crecimiento en los estatolitos de *Dosidicus gigas* no se ha confirmado hasta la fecha, el hecho de que en todos los calamares ommatréfidos en los que se ha validado la cronología de formación de anillos coincidan en la depositación de un anillo por día (Hurley y Beck, 1979; Kristensen, 1980; Hurley *et al.*, 1983; Dawe *et al.*, 1985; Hurley *et al.*, 1985; Lipiński, 1986; Balch *et al.*, 1988; Caddy, 1991), permite asumir que en el calamar gigante suceda lo mismo.

Arkhipkin y Murzov (1986) realizaron el primer trabajo de edad y crecimiento de calamar gigante *D. gigas*, mediante la técnica de lectura de los estatolitos. Ellos identifican dos grupos de calamares en las costas de Ecuador y Perú durante los años 1981 y 1984: calamares chicos de 180-320 mm LDM con edades de 6 a 7 meses y calamares grandes de 700 mm LDM a los cuales les estimaron de 1.5 a 2 años, a pesar de no haber leído los estatolitos de los calamares grandes. Proponen un modelo de crecimiento exponencial para calamares chicos, sin identificar diferencias entre sexos, para los calamares grandes

proponen el modelo $Lct = (0.14) (LM^{0.44})$, donde Lct es la longitud del estatolito, y LM Longitud de manto. Argumentan que los calamares grandes crecen más rápido en comparación con los calamares chicos, es decir estatolitos de igual tamaño, si pertenecen a un calamar grande tendrán menos marcas que los estatolitos de un calamar chico.

Masuda *et al.* (1998) estimaron la edad del calamar gigante en el Pacífico sudoriental para los años 1987 y 1995, donde la edad del macho más grande (770 mm LM) fue de 352 días y 338 días para la hembra de mayor talla (860 mm LM) con lo cual concluyen que *D. gigas* vive un año.

Nigmatullin *et al.* (2001) realizaron una revisión sobre la biología de la especie y sugieren que *Dosidicus gigas* puede llegar a vivir hasta 2 años, pero su edad máxima reportada fue de 492 días, además mencionan tres grupos intraespecíficos: calamares chicos 130-260 mm LDM y 140-340 mm LDM, calamares medianos 240-420 mm LDM y 280-600 mm LDM y calamares grandes >400-500 mm LDM y >550-650 y hasta 1000 mm LDM para machos y hembras respectivamente.

Yatsu (2000) hace un comparativo de estudios previos de edad y crecimiento de cuatro ommastreídeos: *Ommastrephes bartramii*, *Illex argentinus*, *Sthenoteuthis oualaniensis* y *Dosidicus gigas* en el que encuentra que las hembras de las cuatro especies crecen más rápido que los machos, pero subraya que en *D. gigas* la diferencia es mínima.

Argüelles *et al.* (2001) identifican dos grupos de calamares frente a Perú en el año 1992, donde el grupo de calamares chicos (<490 mm LDM) tenían 220 días de vida y los grandes (>520 mm LDM) 354 días.

Markaida *et al.* (2004) en un estudio dentro del Golfo de California para los años 1996-1997 reportan que la hembra más joven tenía 84 días de edad y 108 mm LDM y la

hembra más longeva completamente madura tenía 442 días de edad y 810 mm LDM. El macho más joven estaba madurando a los 135 días de edad con sólo 170 mm LDM y el más longevo fue un ejemplar maduro de 372 días de edad y 715 mm LDM. El ejemplar más grande de este estudio fue una hembra madura de 875 mm LDM con 386 días de edad.

Filauri (2005) analiza los estatolitos de *D. gigas* del Golfo de California para los años 2000-2002, estimando una tasa de crecimiento ligeramente mayor a los 2 mm de LDM por día y reporta edades máximas de 385 y 450 días para machos y hembras respectivamente.

JUSTIFICACIÓN

Dentro de las aguas mexicanas, el calamar gigante ha sido ampliamente estudiado en el Golfo de California. Sin embargo, en la costa occidental de la Península de Baja California no se tiene ningún estudio formal de la especie, solo registros de capturas aisladas, a pesar de constituir un recurso de gran potencial en el área. Teniendo en cuenta que las condiciones oceanográficas y ecológicas de ambas zonas son diferentes, se esperaría que ciertos parámetros biológicos (en este caso la tasa de crecimiento) también lo fuesen, por lo que resulta de carácter indispensable la realización de estudios biológicos en la costa occidental de la Península de Baja California, para afirmar o refutar tal premisa. Tal falta de conocimiento es la justificación principal del presente estudio referente a los calamares presentes en la costa occidental. En este caso en particular se abordará el estudio de edad y crecimiento del calamar gigante en la costa occidental.

La importancia de los estudios de edad y crecimiento está en función del aporte que ofrecen en el análisis de la dinámica poblacional, lo cual a su vez permite la elaboración de

adecuados planes de explotación y aprovechamiento pesquero de la especie en cuestión. Actualmente la pesquería del calamar está regulada bajo la premisa de una sola cohorte (Hernández-Herrera *et al.*, 1998); sin embargo, algunos autores afirman la existencia de más de una cohorte e inclusive distintos grupos poblacionales asociados a la de talla, lo cual podría implicar parámetros de crecimiento diferente (Nigmatullin *et al.*, 2001; Markaida *et al.*, 2004). Adicionalmente el proceso de migración del calamar dentro del Golfo de California (Klett, 1982; Ehrhardt *et al.*, 1983; Markaida *et al.*, 2005) y probablemente hacia fuera del Golfo de California (Klett, 1981; 1982) tampoco es tomado en cuenta para actual la estrategia de manejo actual de la pesquería de calamar gigante en aguas mexicanas. En caso de comprobarse la existencia de grupos intraespecíficos y la migración entre la costa occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California se contaría con las bases biológicas básicas para proponer una modificación en los métodos regulación de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* en la región.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Describir la edad y calcular los parámetros que definen el crecimiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.

Objetivos particulares

- Representar geográficamente los sitios de colecta de calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.
- Describir la estructura de tallas del calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.
- Estimar la edad de calamar gigante *D. gigas* mediante la técnica de lectura de anillos de crecimiento en estatolitos.
- Calcular las fechas de nacimiento de calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.
- Describir el crecimiento del calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.
- Describir la relación entre la madurez morfofotométrica y la edad de los calamares capturados en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.

ÁREA DE ESTUDIO

La costa occidental de la Península de Baja California se encuentra ubicada en las coordenadas 31° N, 116° O y 22° N, 110° O (Fig. 2 B), en la porción más meridional del Sistema de la Corriente de California (SCC), el cual está limitado al norte por el subártico, al oeste por el Pacífico Central y al sur por el Pacífico Ecuatorial (Fig. 2 A) (Lluch-Belda, 2000; LLuch-Belda *et al.*, 2003 a y b).

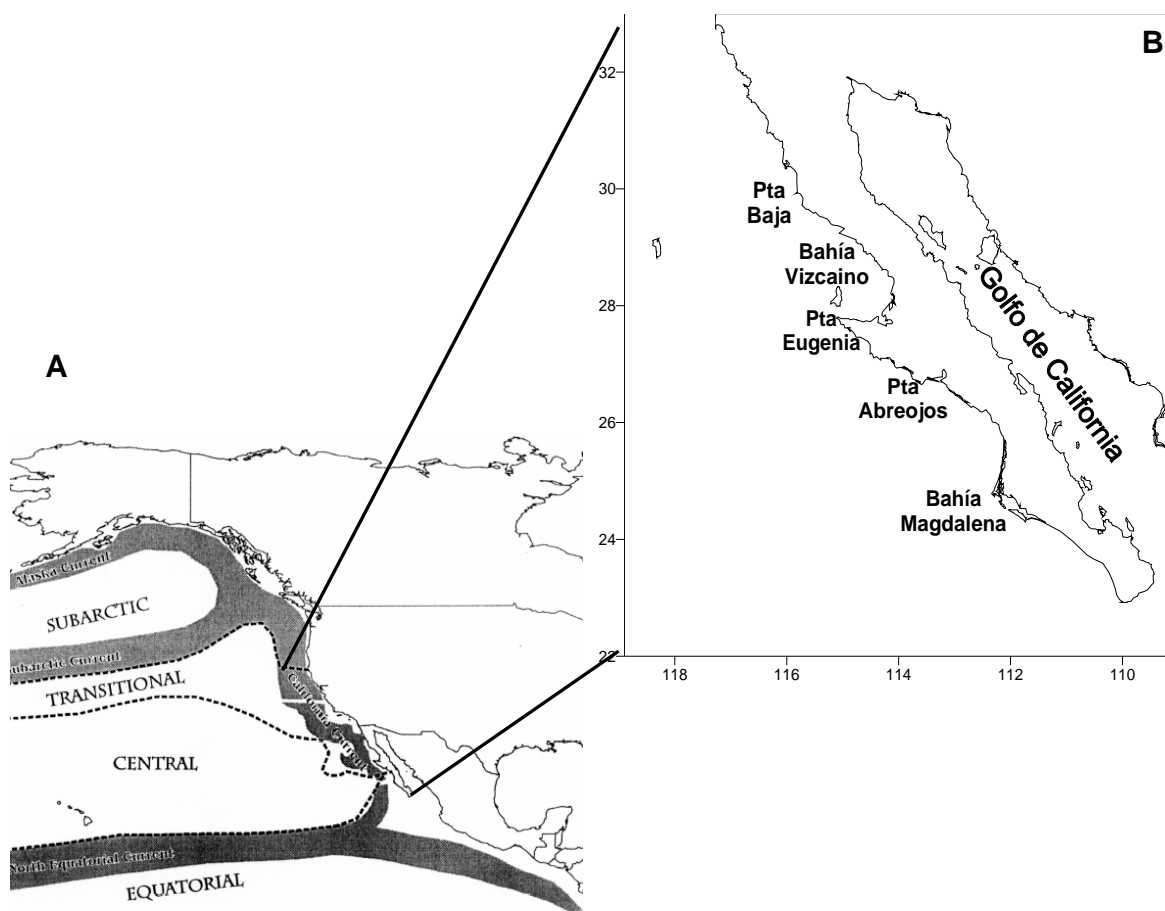


Figura 2. **A** Principales corrientes en el noroeste del Océano Pacífico. Tomado de LLuch-Belda *et al.* (2003a). **B** Costa occidental de la Península de Baja California

El SCC está ubicado en el límite oriental del Giro del Pacífico Norte, que se reconoce como un área oceanográfica transicional, donde confluyen a) un flujo superficial

(0-300 m) de agua subártica que se dirige hacia el ecuador, desde 48° N hasta 25° N aproximadamente, b) agua del Pacífico Norte Central que penetra en dirección oeste-este, c) una contracorriente profunda que acarrea agua del Pacífico Ecuatorial hacia el norte, d) una contracorriente costera que fluye hacia el polo durante otoño e invierno y e) surgencias estacionales originadas por viento que incorporan a la superficie aguas ricas en nutrientes (Huyer, 1983; Lynn y Simpson, 1987).

Debido a las peculiaridades oceanográficas del SCC existe una mezcla de especies características de cada uno de los dominios que la limitan: Subártico (norte), Central (este) y Ecuatorial (sur), incluyendo algunas especies de carácter endémico Transicional (CC), por lo cual es considerada como una zona biogeográfica de transición natural (Moser *et al.*, 1987; Lluch-Belda *et al.*, 2002).

El SCC presenta escalas de variabilidad física de alta frecuencia (<10 años) relacionadas principalmente con eventos ENSO, ocasionando un calentamiento anómalo en la temperatura del mar, un incremento en el nivel medio del mar y el hundimiento de la termoclina (Lluch-Cota *et al.*, 2001 y Lluch-Belda *et al.*, 2003b). La relajación de la Corriente de California (Chelton *et al.*, 1982), intensificación de la Contracorriente de California (Lynn y Simpson, 1987) y la formación y permanencia de los eddies (giros) oceánicos (Longhursts, 1966), también se relacionan con eventos ENSO, por lo que la interacción de dichos procesos oceanográficos afectan directamente al componente biológico de la zona, principalmente en la distribución temporal de la fauna marina (Lluch-Belda *et al.*, 2005). En el SCC los dominios subtropical y subártico tienen influencia en una periodicidad de 5 años, donde el efecto subtropical (calentamiento), intensificación de la Corriente de Alaska, relajación de la Corriente de California, incremento en el nivel medio

del mar y el incremento de la actividad y tamaño de los eddies ocasionan una progresión hacia el norte de especies subtropicales y una retracción hacia el norte de especies subárticas. Las especies pasivas pueden ser transportadas hacia el norte gracias a la combinación de la Corriente de California profunda, Contracorriente Costera y eddies oceánicos, mientras que las especies activas extienden su distribución hacia la norte en respuesta al cambio en las condiciones físicas. De manera contraria cuando existe un efecto subártico (enfriamiento) la Corriente de Alaska se relaja, la Corriente de California se intensifica, el nivel del mar disminuye y la actividad y tamaño de los eddies también disminuye, lo cual ocasiona a su vez una progresión hacia el sur de especies subárticas y una retracción hacia el sur de especies subtropicales (Lluch-Belda *et al.*, 2003b; Lluch-Belda *et al.*, 2005).

Lluch-Belda (2000) comenta que el enriquecimiento de las aguas en la costa occidental de la Península de Baja California es el resultado de surgencias locales ocasionadas principalmente por el viento, reconociéndose regiones oceanográficas relativamente pequeñas y cuya característica primordial es una alta productividad biológica que contrasta con la de masa de agua circundante, a las cuales denomina Centros de Actividad Biológica (BACs por sus siglas en inglés) (Fig. 3). Arreguín-Sánchez (2000) y Morales-Zarate *et al.* (2000) identifican tres BACs Punta Baja (30° N), Punta Eugenia (28° N) y Bahía Magdalena (25° N). Los BACs son considerados zonas de suma importancia para el ámbito pesquero (explotación y recursos potenciales), por lo que son objeto de estudio con miras a la explotación. La limitada área que abarcan permite hacer estudios intensivos y de mayor precisión tanto en el aspecto biológico como oceanográfico y climático (Lluch-Belda *et al.*, 2002).

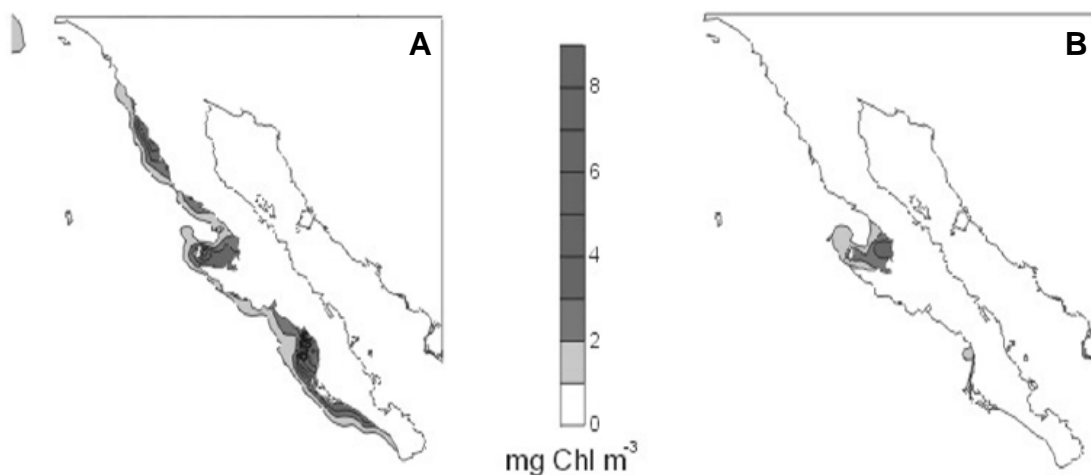


Figura 3. Centros de actividad biológica (BACs) en la costa occidental de la Península de Baja California, definidos por la concentración de clorofila. **A** mayo y **B** agosto, tomado de Lluich-Belda *et al.* (2003a).

Se ha identificado un patrón de variabilidad interanual en la costa occidental de la Península de Baja California, de acuerdo a parámetros físicos y biológicos. Los eventos que predominan son el ENSO que tienen una periodicidad de 3-4 años. La estacionalidad oceanográfica en la costa occidental de la Península de Baja California (Fig. 4) refleja un periodo frío (febrero–junio) relacionado con la intensificación de la CC, ocasionando temperaturas bajas, con un mínimo en febrero (15° C) y con surgencias intensas (abril a junio) con un pico en Bahía Magdalena y otro en Punta Eugenia. En el periodo cálido (verano) la Corriente de California se relaja y la Contracorriente Costera se intensifica, por lo que la temperatura es elevada, con valores máximos en septiembre (27° C), lo que ocasiona que aguas pobres cubran la mayor parte del área (Lluich-Belda *et al.*, 2003a).

Los límites de distribución de los ensambles faunísticos del SCC se encuentran en la costa occidental de la Península de Baja California. La fauna de la Provincia Californiana

se extiende hasta Bahía Vizcaino y Punta Eugenia, la fauna de la Provincia Tropical hasta Bahía Magdalena y entre los extremos de éstas dos se distribuye la Provincia Tropical-templada ubicada entre Bahía Vizcaino y Bahía Magdalena (Moser *et al.*, 1987; Lluch-Belda *et al.*, 2003a).

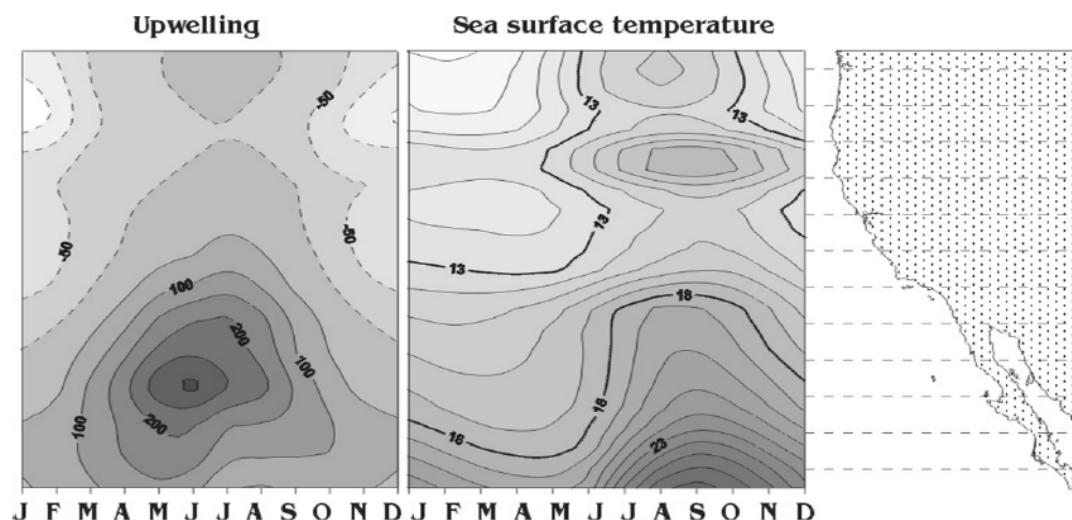


Figura 4. Índice de surgencia y perfil de temperatura superficial del mar en la costa occidental de la Península de baja California, tomado de Lluch-Belda *et al.* (2003a).

MÉTODOS

Trabajo de campo

Los especímenes utilizados en este estudio se capturaron durante cuatro cruceros oceanográficos realizados a bordo del B/O Francisco de Ulloa, propiedad del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada) durante el año 2004 y que forman parte del proyecto de investigación IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California). Los cruceros se denominaron con el prefijo IM (indicativo del proyecto IMECOCAL), seguido del año y el mes en que se realizaron:

IM0401 (enero), **IM0404** (abril), **IM0407** (julio), **IM0410** (octubre). El plan de estaciones de dichos cruceros se muestra en la figura 5.

La pesca se realizó de manera manual con poteras con 5 coronas, mientras se realizó la maniobra de operación del CTD (Conduction Temperature Deep) tanto en estaciones nocturnas como diurnas, el tiempo promedio de pesca fue 45 minutos. La longitud dorsal del manto (LDM) de todos los ejemplares fue medida con una precisión de 0.5 cm (Fig. 6) y el peso total (PT) con una precisión de 25 gr. Se identificó el sexo (hembra o macho) y se evaluó su condición reproductiva mediante la escala de madurez morfocromática desarrollada por Lipiński (1979) y redefinida en Lipiński y Underhill (1995): I-II inmaduro, III madurando, IV-V maduro y VI desovado o gastado. Finalmente se colectaron las cabezas y se mantuvieron en congelación hasta el laboratorio, donde se extrajeron los estatolitos.

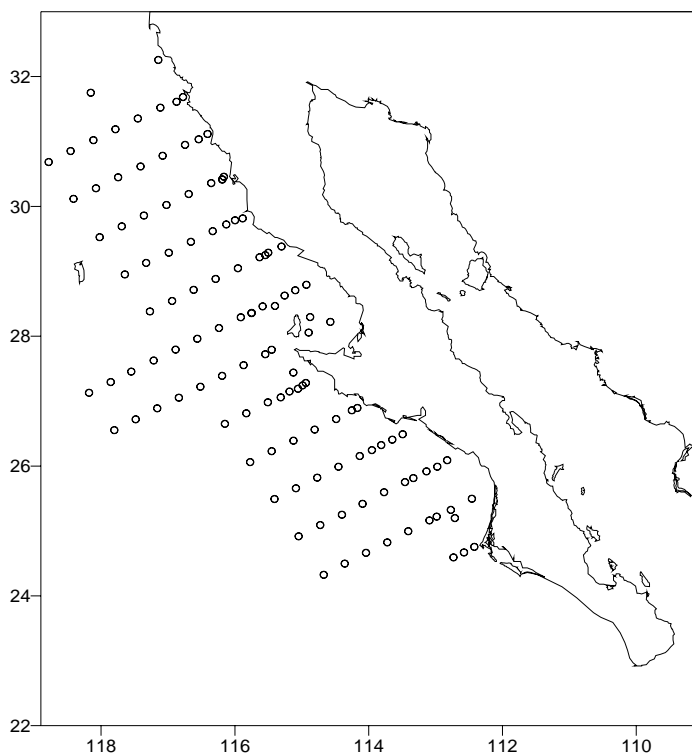


Figura 5. Estaciones de muestreo del proyecto IMECOCAL en el año 2004.

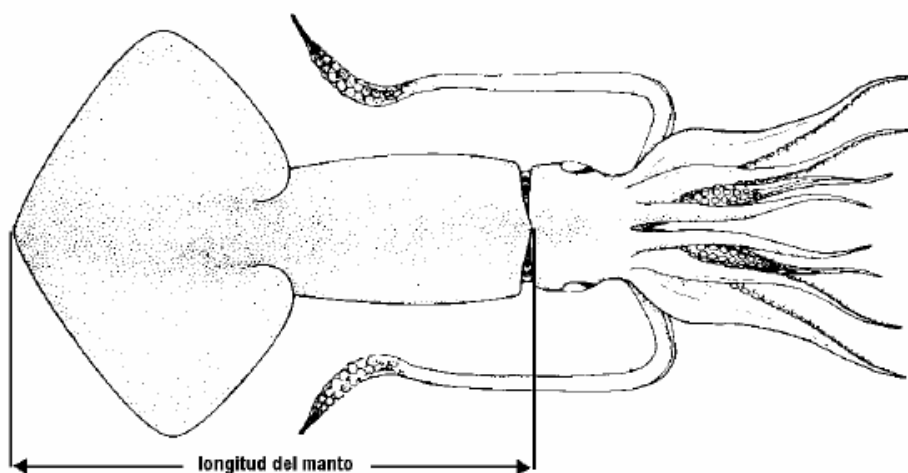


Figura 6. Longitud Dorsal de Manto

Trabajo en laboratorio

Extracción de Estatolitos

En el laboratorio se descongelaron las cabezas, se retiró el sifón dejando visibles los estatocistos (capsula que contiene a los estatolitos) y se realizó un corte transversal para dejar al descubierto los estatolitos, los cuales se extrajeron con ayuda de unas pinzas para disección teniendo sumo cuidado para no romperlos. Los estatolitos se almacenaron en alcohol al 95% grado reactivo siguiendo la metodología propuesta por Rodhouse y Hatfield (1990).

Longitud total del estatolito (LE)

Para la biometría de los estatolitos se usó un sistema de análisis de imágenes con el paquete computacional Image Pro Plus (Versión 4.5.29) integrado a un microscopio compuesto y a una cámara digital CoolSNAP-Proo con un objetivo 4X. Se midió la LE del

estanolito, la cual va desde la punta del rostro (R) hasta el extremo del domo dorsal (DD) (Fig. 7), con una precisión de $\pm 1 \mu\text{m}$. La LE se tomó para el estanolito derecho e izquierdo tanto por la cara anterior como la cara posterior, siguiendo la metodología aplicada por Markaida *et al.* (2004).

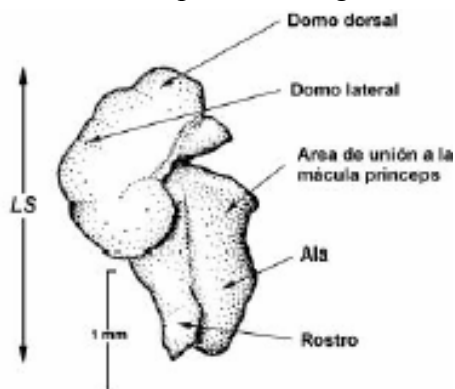


Figura 7. Estanolito de calamar gigante *Dosidicus gigas*, de 42 cm LDM, presentando sus características más notables (modificado de Arkhipkin y Murzov, 1986).

Para el tratamiento y preparación de los estanolitos se siguió el método de Arkhipkin en Dawe y Natsukari (1991), con ciertas modificaciones debido a limitaciones logísticas (Anexo B). Primeramente, con ayuda de pinzas y aguja de disección se eliminaron los restos de materia orgánica de los estanolitos utilizando un microscopio estereoscópico marca MEIJI. Posteriormente cada estanolito (derecho e izquierdo) se montó sobre un portaobjeto debidamente etiquetado (crucero, número, sexo y talla). De manera aleatoria se tomaron y procesaron los estanolitos (derecho e izquierdo) de 21 calamares, con la precaución de abarcar en lo posible la amplitud total de tallas, para contrastar el número de incrementos de crecimiento (anillos) de los estanolitos derecho e izquierdo por medio de una prueba Chi-cuadrada. De acuerdo al resultado de ésta prueba se decidió que estanolito utilizar para el resto del material a procesar.

Edad

La lectura del número de incrementos de crecimiento (anillos) se realizó por dos lectores de manera independiente usando un microscopio óptico con un filtro de luz polarizada a 400 aumentos (40X). Se realizaron pre-lecturas simultáneas por dos lectores (no incluidas en el análisis) de una sub-muestra de 35 estatolitos elegidos al azar, hasta alcanzar una diferencia no mayor al 10% entre las lecturas de cada lector. Se contaron los incrementos de crecimiento desde el núcleo hasta el borde del domo dorsal, dichas lecturas se hicieron para cada zona del estatolito (Fig. 8) y la edad de cada animal resulto de la suma de los incrementos de crecimiento de cada zona.

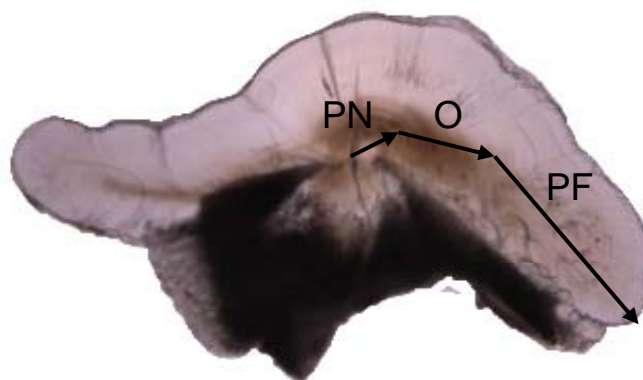


Figura 8. Zonas microestructurales del estatolito de calamar gigante *D. gigas*. **PN** posnuclear, **O** oscura y **PF** periférica.

Análisis de datos

Características del hábitat

Se realizaron diagramas para ubicar espacial y temporalmente las estaciones positivas de pesca de calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California, usando el programa computacional Surfer versión 8.0. Se extrajeron los datos mensuales de temperatura superficial del mar (TSM en °C) y concentración superficial de clorofila (Cl. Sup en mg/m³) para cada una de las estaciones, a partir de imágenes satelitales

Nivel 3 (resolución 9 km) provenientes de los sensores SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) y NASA/GSFC (SeaWiFS Data Processing Center). Los datos de profundidad de las estaciones se obtuvieron de los informes del proyecto IMECOCAL para cada uno de los cruceros. Dicha información se relacionó con la presencia de calamar gigante, para describir en lo posible las características oceanográficas del hábitat de la especie.

Relación longitud-peso (LDM-PT)

La estructura de talla y peso se realizó por separado para machos y hembras, tomando en cuenta todo el rango de tallas encontrado a intervalos de 20 mm, también se calculó la proporción sexual (hembra:macho). Para conocer el tipo de crecimiento de los calamares en función de los datos de LDM-PT se aplicó la Ecuación 1 y para evaluar la alometría se realizó una prueba t-Student para los valores de “b” obtenidos por el modelo respecto a un valor teórico de $b=3$ que representa un crecimiento isométrico.

$$Y = a * X^b \dots\dots\dots(\text{Ecuación 1})$$

donde

a=peso inicial ($t \rightarrow 0$); b=factor de alometría; X=longitud dorsal del manto (mm);
Y=peso total (gr).

Madurez

Se agruparon los estadios de madurez en organismos inmaduros (I y II), organismos en proceso de madurez (III) y organismos totalmente maduros (IV, V y VI), para hembras y machos por separado y se expresaron en frecuencia relativa. Para identificar los posibles grupos de madurez en cada sexo, se aplicó el método de Cassie (1954), para calamares

maduros (estadio IV y V) el cual se usa para discriminar grupos dentro de una distribución compuesta, donde el número de modas identificadas representara a un grupo independiente.

Relación longitud total del estatolito y longitud dorsal del manto (LE-LDM)

Para conocer la relación entre la LE-LDM se aplicó un ajuste de regresión lineal (Ec. 2) a los datos de LE y LDM de hembras y machos por separado, con la intención de evaluar la proporcionalidad del crecimiento corporal y el crecimiento del estatolito, lo cual justifica el uso del estatolito como descriptor de la edad y crecimiento del calamar.

$$Y = b \cdot X + c \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2})$$

donde

c=constante de proporcionalidad; b=pendiente; X=longitud dorsal del manto (mm); Y=longitud del estatolito (μm).

Edad

Se aplicó una prueba de Chi cuadrada a las lecturas de cada lector para tomar la decisión estadística de igualdad o diferencia. Las lecturas en las que la diferencia neta fue $\leq 10\%$ se promediaron entre si y aquellas en las que la diferencia fue $> 10\%$ se llegó a un consenso entre los lectores para asignar un número de incrementos definitivo.

Microestructura del estatolito

Por medio de una prueba Chi-cuadrada se compararon el número de anillos de crecimiento de cada una de las zonas del estatolito (PN, O y PF) entre hembras y machos.

Fecha de nacimiento

Para calcular la fecha de nacimiento de los calamares se restó la edad asignada a la fecha en la que se capturó el calamar, posteriormente se agrupó la fecha de nacimiento de manera mensual. Se agruparon los datos de talla para cada año de nacimiento, tanto para hembras como para machos.

Crecimiento

A los datos de edad asignada (X) y LDM (Y) de hembras y machos por separados se ajustaron distintos modelos de crecimiento individual (Tabla I). Se calcularon los parámetros de cada modelo por medio de un método iterativo utilizando el programa estadístico SIGMAPLOT 7.0. La discriminante para elegir el modelo más adecuado, fue el mayor valor del coeficiente de determinación (R^2) y el menor porcentaje del coeficiente de variación (CV).

Las comparaciones entre las curvas de crecimiento de las distintas agrupaciones de calamares se hicieron por medio de una prueba **F** (Ec. 3), con DF_p grados de libertad (Ec. 4), tal como lo propone Arkhipkin *et al.* (2000). Las comparaciones fueron: por sexo (hembras & machos), por año de nacimiento para cada sexo (hembras 2003 & hembras 2004, machos 2003 & machos 2004) y por zona para cada sexo (hembras del Golfo de California* & hembras de la Costa Occidental, machos del Golfo de California* & machos de la Costa Occidental).

*Datos de Markaida *et al.*, (2004)

Tabla I. Modelos de crecimiento individual evaluados para *Dosidicus gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California en 2004.

Modelo	Ecuación	Parámetros
Lineal	$Y=a+b \cdot X$	a =intercepto b =pendiente
Potencial alométrico	$Y=a \cdot X^b$	a =intercepto b =tasa de crecimiento específico
Logístico	$Y(t)=\frac{k}{1+\frac{k-Y_0}{Y_0} \cdot \exp^{(-r \cdot t)}}$	k=longitud asintótica Y ₀ =talla máxima y ₀ =talla inicial r =tasa de crecimiento instantáneo t =edad calculada
Logístico Integral	$Y(t)=\frac{Y_\infty}{1+\exp^{(-k \cdot (t-t_0)}}$	Y _∞ =longitud asintótica k =parámetro adimensional t ₀ =tiempo a la cual la tasa de crecimiento decrece (punto de inflexión) t =edad calculada
Gompertz	$L(t)=L_\infty \cdot \left[\exp^{k \cdot (1-\exp^{-g \cdot t})} \right]$	L _∞ =longitud asintótica k =parámetro adimensional g =tasa de crecimiento instantáneo (t=t ₀) t =edad calculada
von Bertalanffy	$L_t=L_\infty \cdot \left[1-\exp^{-k \cdot (t-t_0)} \right]$	L _t =Longitud a la edad t L _∞ =Longitud infinita k =tasa de crecimiento para alcanzar L _∞ t =edad calculada t ₀ =edad teórica para L ₀

$$F = \frac{\left[\frac{(SS_t - SS_p)}{(m+1)(k-1)} \right]}{\left[\frac{SS_p}{DF_p} \right]} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 3})$$

$$DF_p = \sum_{i=1}^k n_i - k(m+1) \dots\dots\dots(\text{Ecuación 4})$$

donde:

SS_t =suma de residuos al cuadrado total; SS_p =suma de residuos al cuadrado agrupada; DF_p =grados de libertad agrupados; k =número de regresiones comparadas; m =número de variables a comparar; n_i =número datos.

Tasa de crecimiento diaria (TCD) y tasa de crecimiento relativo (G)

Con los valores calculados de LDM a la edad del modelo seleccionado, se obtuvieron valores de LDM estimada de acuerdo a la edad conocida, con lo cual se procedió al cálculo de la tasa de crecimiento relativo instantáneo **G** (Ec. 5) y tasa crecimiento diaria **TCD** (Ec. 6) por separado para hembras y para machos de acuerdo a lo propuesto por Arkhipkin y Mikheev (1992). Se compararon las tasas de crecimiento por año de nacimiento por sexo, en intervalos de edad similares.

$$TCD = \frac{LDM_2 - LDM_1}{\Delta T} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 5})$$

$$G = \frac{\log LDM_2 - \log LDM_1}{\Delta T} * 100 \dots\dots\dots(\text{Ecuación 6})$$

donde

TCD=tasa de crecimiento diaria; LDM_1 =talla calculada a la edad 1; LDM_2 =talla calculada a la edad 2; ΔT =intervalo de edad (20 días).

Talla de madurez

La talla de madurez (50% de organismo maduros) se estimó para hembras y machos por separado de acuerdo a los grupos identificados para cada sexo, ajustando la función logística a los datos de LDM de los organismos maduros, siguiendo la metodología de Markaida y Sosa-Nishizaki (2001).

RESULTADOS**Distribución de calamar gigante en la costa occidental**

En todos los cruceros IMECOCAL hubo capturas de calamar (Fig. 9), lo que indica una presencia constante a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California. Los cruceros IMECOCAL no fueron diseñados específicamente para calamar gigante, por lo que las estaciones de muestreo no cubrieron la zona al sur de Bahía Magdalena y Cabo San Lucas. Sin embargo, a pesar del muestreo parcial los resultados corroboran la presencia de la especie a lo largo de la zona.

De acuerdo al muestreo realizado, el calamar gigante se distribuyó alejado de la costa en el 2004, a excepción del mes de abril, donde se tuvieron capturas en estaciones relativamente cercanas a la costa. La captura de calamar estuvo limitada (geográficamente) al norte por la estación 100.45 (31.18° N y 117.78° O), al sur por la estación 137.45 (24. 82° N y 113.72° O), alejado de la costa por la estación 117.70 (27.45° N y 117.54° O) y cercana a la costa por la estación 117.45 (28.29° N y 115.91° O).

Un aspecto importante a señalar es que en todos los cruceros se tuvieron estaciones positivas en áreas aledañas a Punta Eugenia, lo cual podría sugerir que se trate de una zona de concentración del recurso.

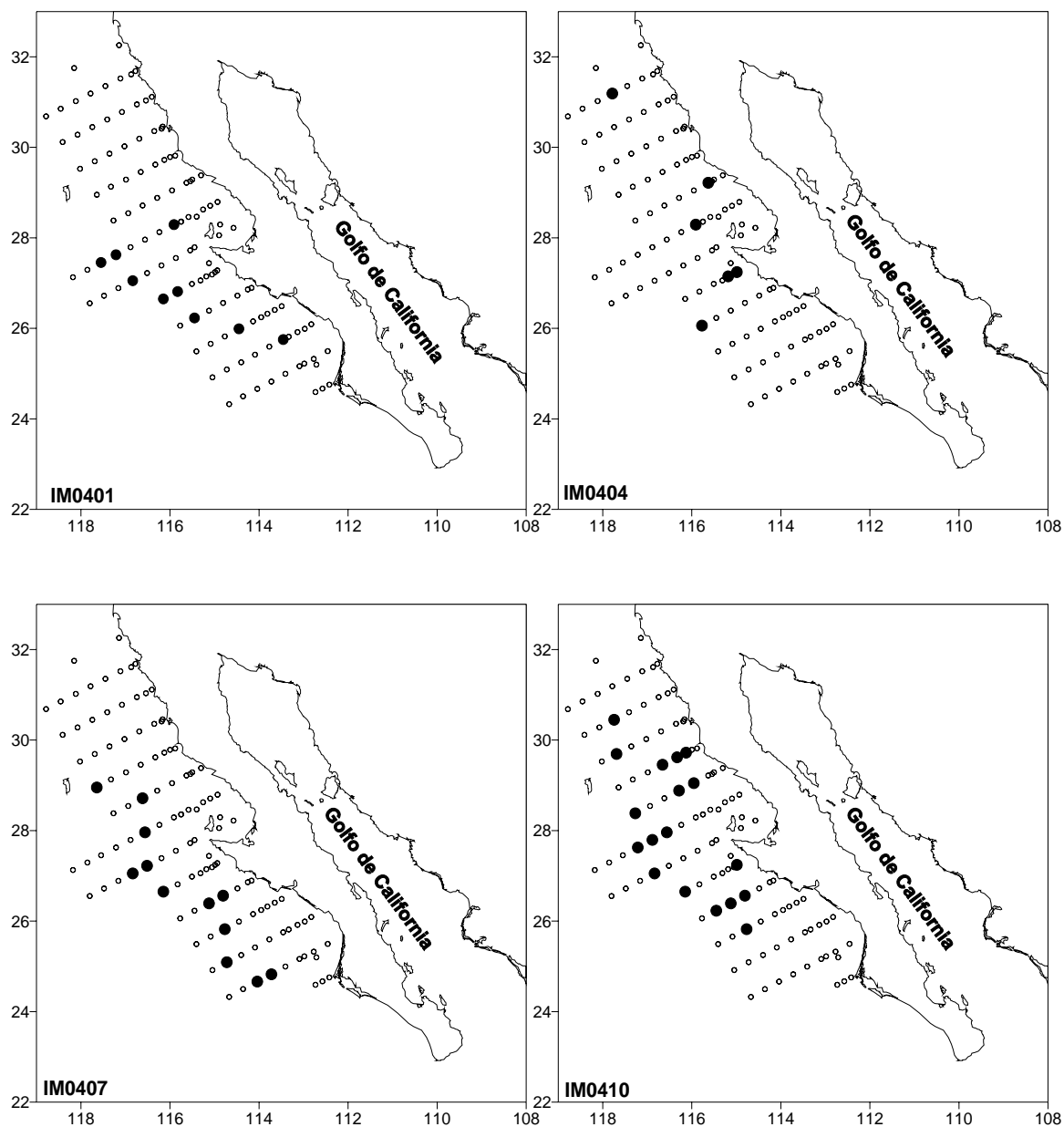


Figura 9. Estaciones positivas (círculos negros) de pesca de calamar gigante *D. gigas* en los cruceros IMECOCAL en el año 2004. **IM0401** enero, **IM0404** abril, **IM0407** julio e **IM0410** octubre.

Descripción del hábitat (Cl sup, TSM, Prof)

Con los datos de clorofila superficial (Fig. 10) se pudieron identificar las zonas de productividad cercanas a la costa durante enero a julio (Fig. 10 A, B y C), mientras que para el mes de octubre se tuvieron valores de concentración de clorofila muy bajos (Fig. 10 D), correspondiendo a los ya reportados por Lluch-Belda (2000), Morales-Zarate *et al.* (2000) y Arreguin-Sánchez (2000). Las estaciones de muestreo en las que se pescó calamar gigante no coinciden con las zonas de mayor productividad, más bien se distingue cierto paralelismo latitudinal, es decir entre los 30° N y 25° N, pero alejado de la costa.

Con respecto a la TSM (Fig. 11) se identificó la estacionalidad descrita por Lluch-Belda *et al.* (2003a) con una temporada fría en enero-junio y una cálida en julio-diciembre. En la temporada fría, representada por los cruceros de enero-febrero y abril predominaron temperaturas <17.5 °C, con aguas frías cercanas a Punta Eugenia (15 °C) (Fig. 11 A y B). La temporada cálida estuvo representada por los cruceros de julio y octubre, con temperaturas >17.5 °C con un pico de 22.5 °C en octubre (Fig. 11 C y D). El calamar gigante se encontró tanto en temperaturas frías como cálidas, reafirmando la característica euriterma de la especie reportada por Nesis (1972, 1983), Yatsu *et al.* (1999a) y Nevárez-Martínez *et al.* (2000). Con respecto a la variable de profundidad, el calamar gigante se localizó principalmente en zonas profundas (Fig. 12), en la isolinia de 3000- 3500 metros.

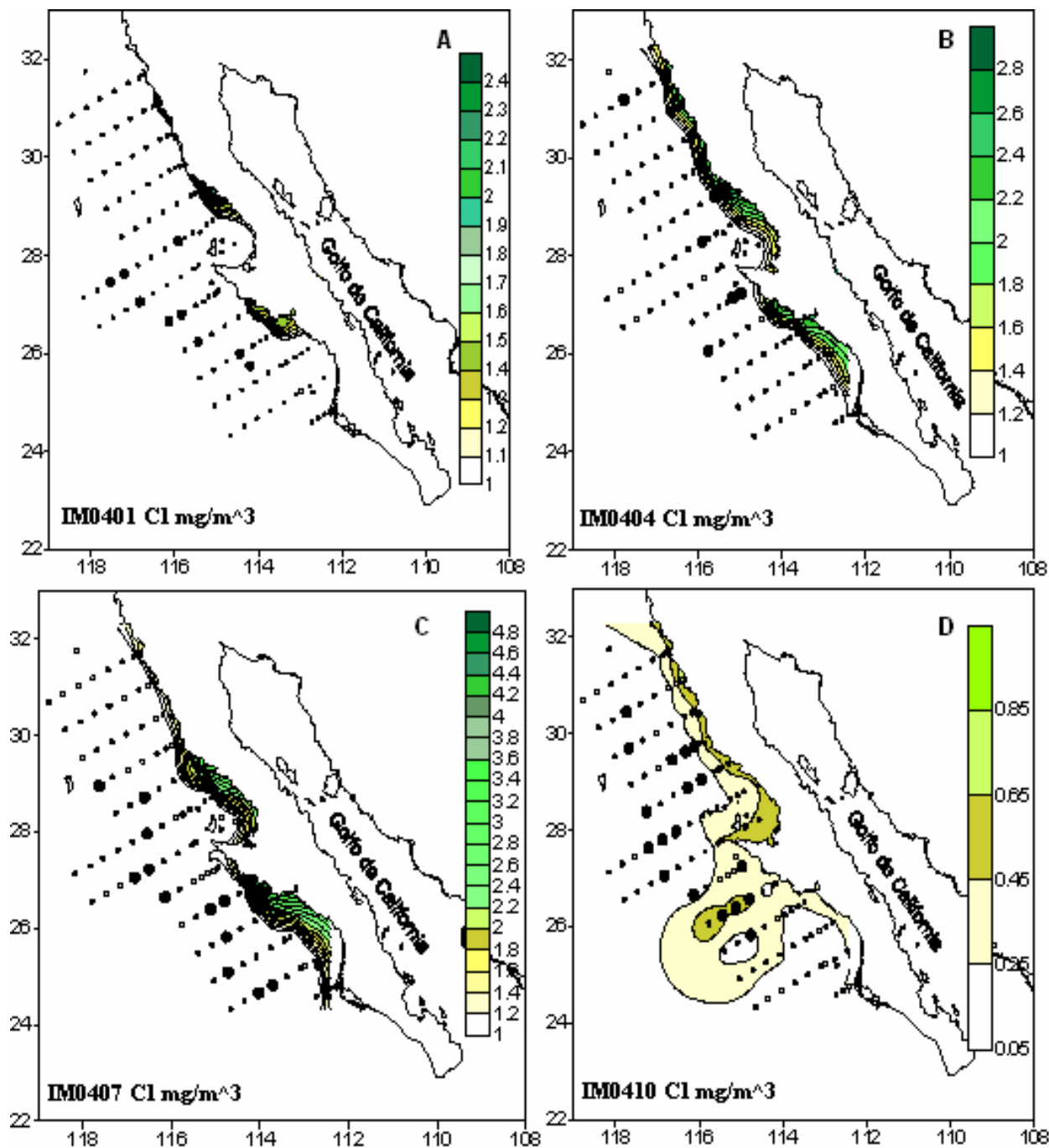


Figura 10. Mapas de concentración de clorofila superficial (CI sup) y captura de calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. A enero, B abril, C julio y D octubre.

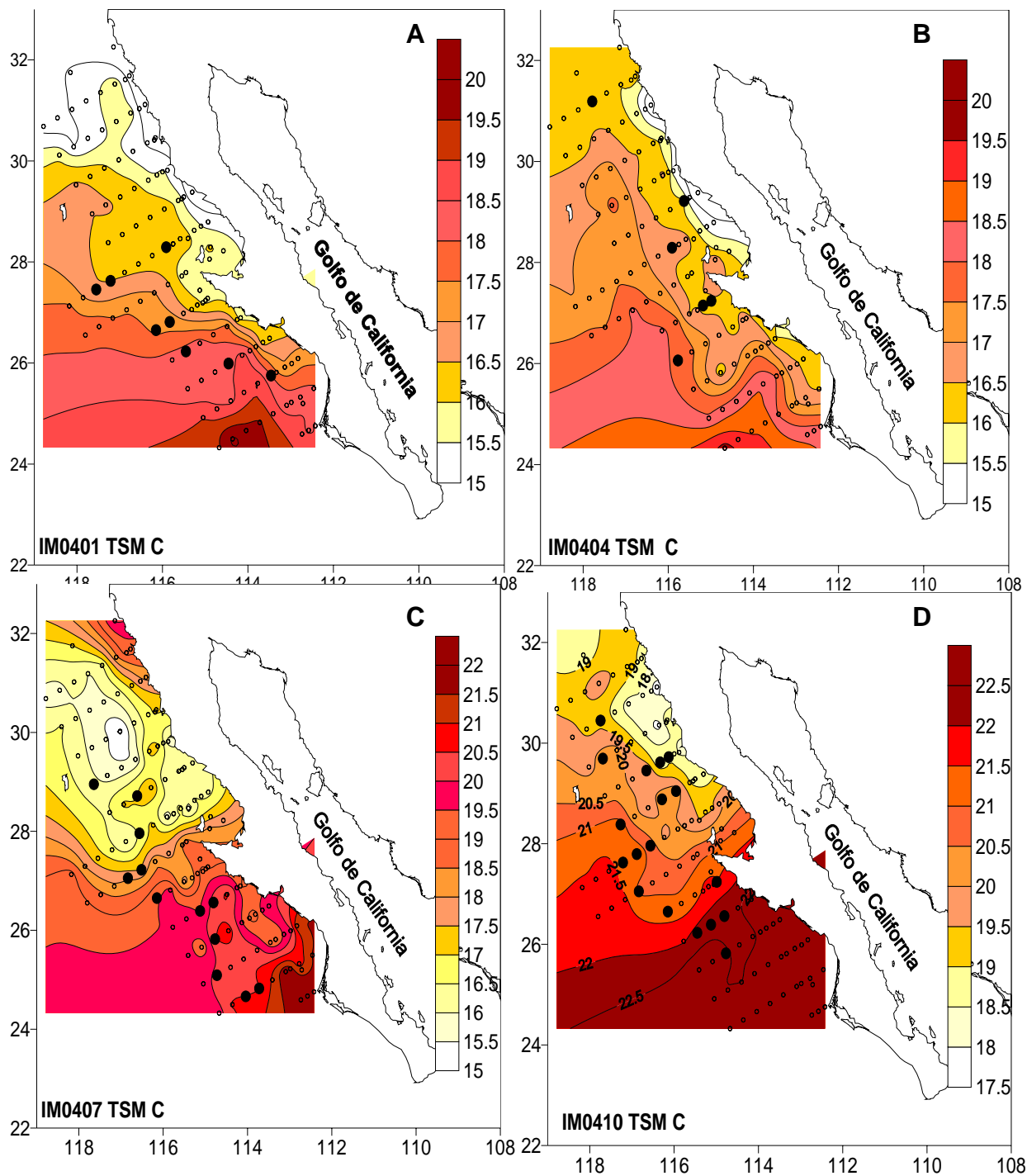


Figura 11. Mapas de temperatura superficial del mar (TSM) y captura de calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. **A** enero, **B** abril, **C** julio y **D** octubre.

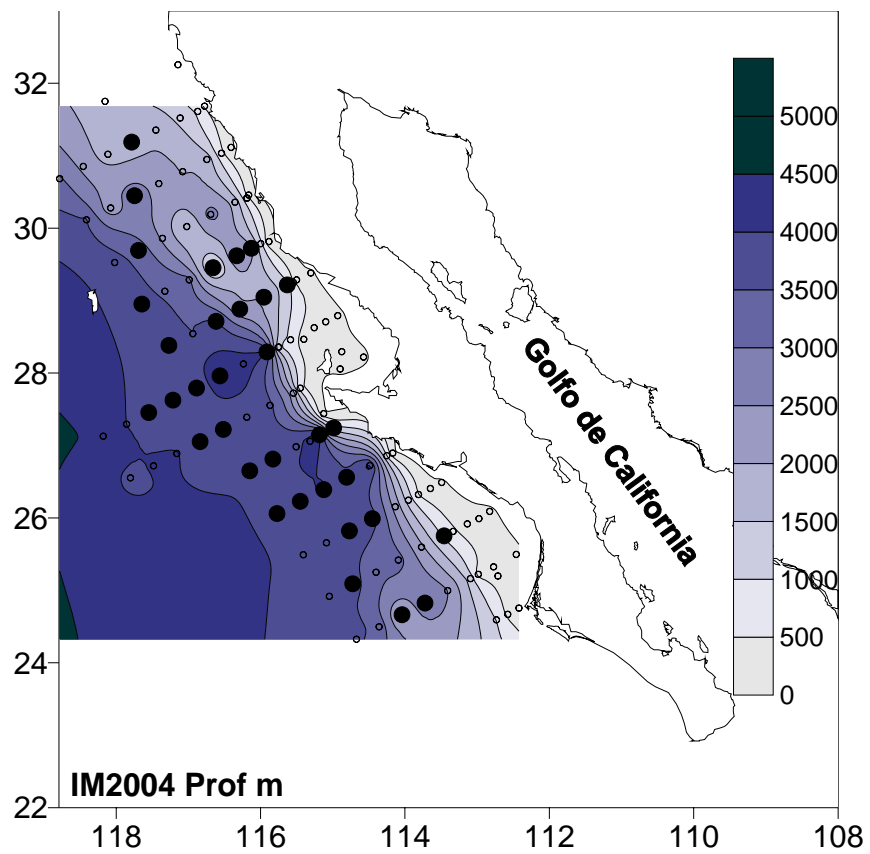


Figura 12. Mapa batimetrico (metros) y captura de calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.

Relación longitud-peso (LDM-PT)

Se capturaron 260 calamares (Tabla II) en los cuatro cruceros realizados, de los cuales 197 fueron hembras y 63 machos, lo cual dió una proporción sexual de 3 hembras por cada macho. La distribución de talla (LDM) y peso total (PT) entre hembras y machos presentó diferencia significativa (Kolmogorov-Smirnov; $p < 0.05$), con lo cual se justifica hacer los análisis de madurez y edad separado por sexos. La distribución de tallas en hembras (Fig. 13 A) muestra un intervalo de 200 a 820 mm de LDM, diferenciándose claramente dos grupos, el primero con una moda de 340 mm LDM y el segundo con una moda de 660 mm LDM. En el caso de los machos (Fig. 13 B) se identifican también dos grupos de talla, pero con un intervalo de tallas más estrecho, oscilando entre los 220 y 680 mm de LDM con una moda de 280 mm de LDM en el primer grupo, mientras que en el segundo grupo, la talla predominante es 680 mm de LDM. La relación LDM-PT mostró valores altos en ambos sexos, $R^2=0.98$ en hembras (Fig. 13 C) y $R^2=0.99$ en machos (Fig. 13 D); en ambos casos el valor de $b=3.1$ no fue significativamente diferente de $b=3$, lo que implica un crecimiento isométrico (t-Student, $p > 0.05$).

Tabla II. Resumen de datos obtenidos en campo. **H** hembras, **M** machos.

	H	M	Rango
LDM mm	197	63	190-830
PT gr	142	33	200-1200
Estadios de madurez	184	61	I-V

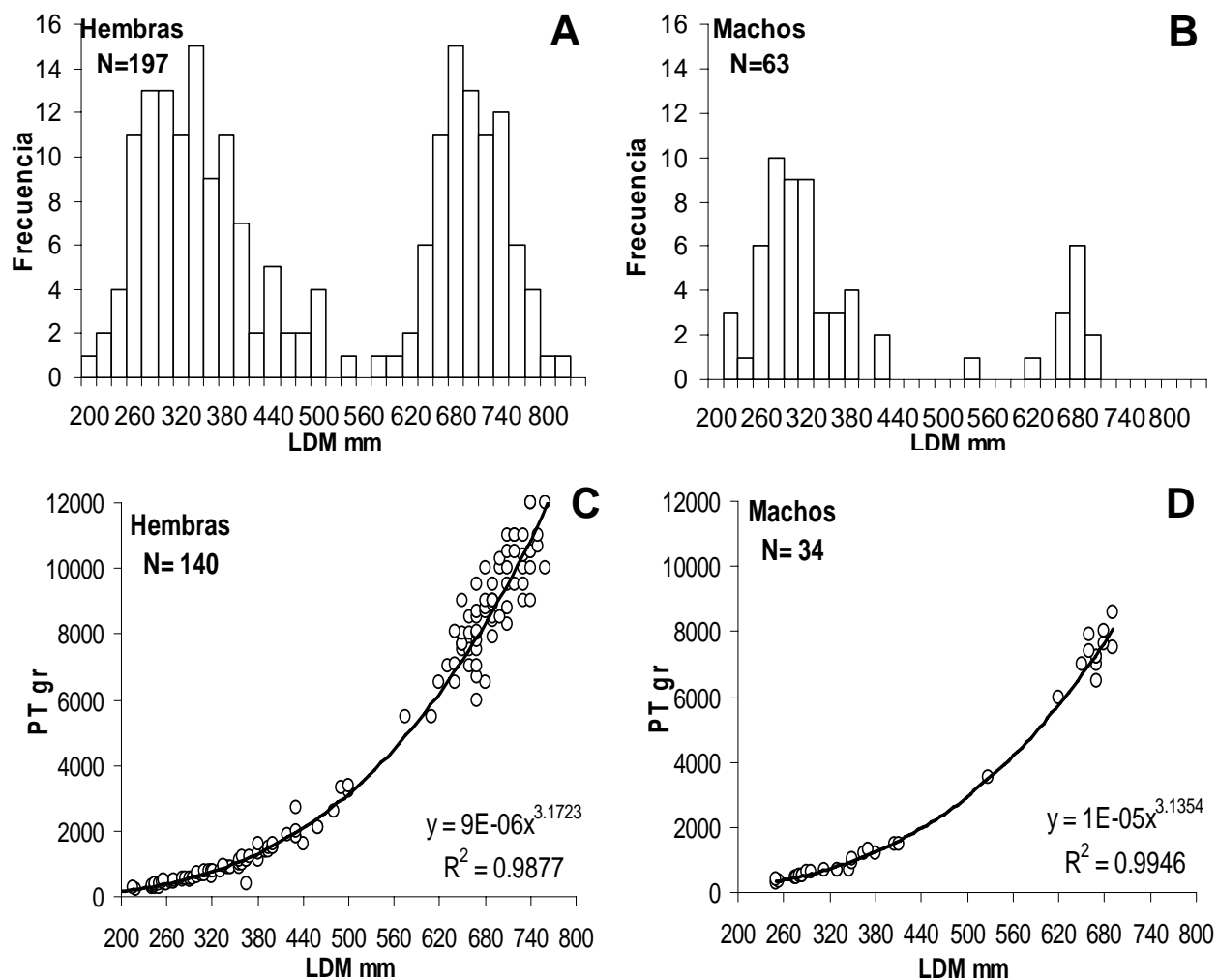


Figura 13. Distribución de tallas y pesos del calamar gigante *D. gigas* durante 2004 en la costa occidental de Baja California. **A** hembras-tallas, **B** machos-tallas, **C** hembras-PT, y **D** machos-PT.

La estructura de tallas en el mes de enero (Fig. 14 **A**) estuvo representada por calamares >600 mm LDM tanto en hembras como en machos, mientras que para abril (Fig. 14 **B**) el número de calamares capturados fue muy reducido y con un intervalo de tallas amplio (200-740 mm LDM). En el crucero de julio (Fig. 14 **C**) hubo calamares chicos (hembras y machos) <320 mm LDM y calamares grandes (sólo hembras) >720 mm LDM.

Finalmente en el crucero de octubre (Fig. 14 **D**) se capturaron calamares de tallas >200 mm LDM hasta <540 m LDM tanto para hembras como para machos.

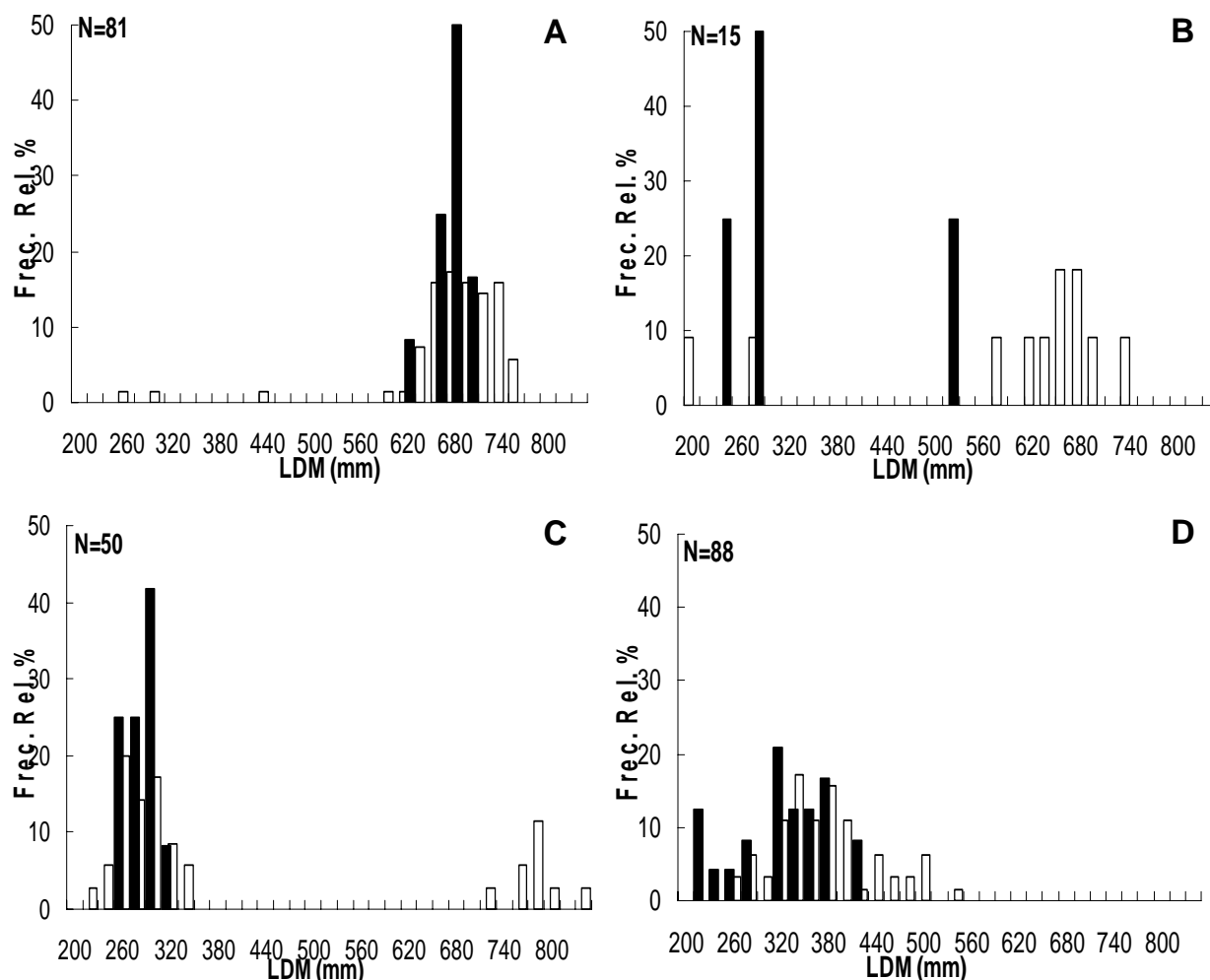


Figura 14. Distribución de tallas del calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004 por mes de captura: **A** enero, **B** abril, **C** julio y **D** octubre, barras blancas hembras y barras negras machos.

Madurez

Se describió el cambio de madurez morfofocromática de 245 calamares (184 hembras y 61 machos). Al hacer el análisis por sexos (Fig. 15 **A** y **B**), se detectaron organismos en los tres estadios de madurez (inmaduros, madurando y maduros) en todo en intervalo de

tallas. Sin embargo el comportamiento para cada sexo fue diferente, mientras que en el primer grupo de talla en hembras (Fig. 15 **A**) prácticamente todas estuvieron inmaduras y los machos (Fig. 15 **B**) del grupo correspondiente mostraban organismos maduros. Para el segundo grupo de calamares, en hembras la mayoría estuvo madura o en proceso de maduración y los machos a pesar de ser un número reducido presentaban la misma característica de madurez. En las hembras unas pocas están madurando <440 mm LDM, y en el grupo de hembras grandes están maduras >600 mm LDM. Para machos los hay maduros o madurando <400 mm LDM, y el grupo machos grandes madura >600 mm LDM, lo cual ha sido reportado con anterioridad para la especie (Arkhipkin y Murzov, 1986; Masuda, 1998; Nigmatullin *et al.*, 2001; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001; Argüelles *et al.*, 2001 y Taípe *et al.*, 2001).

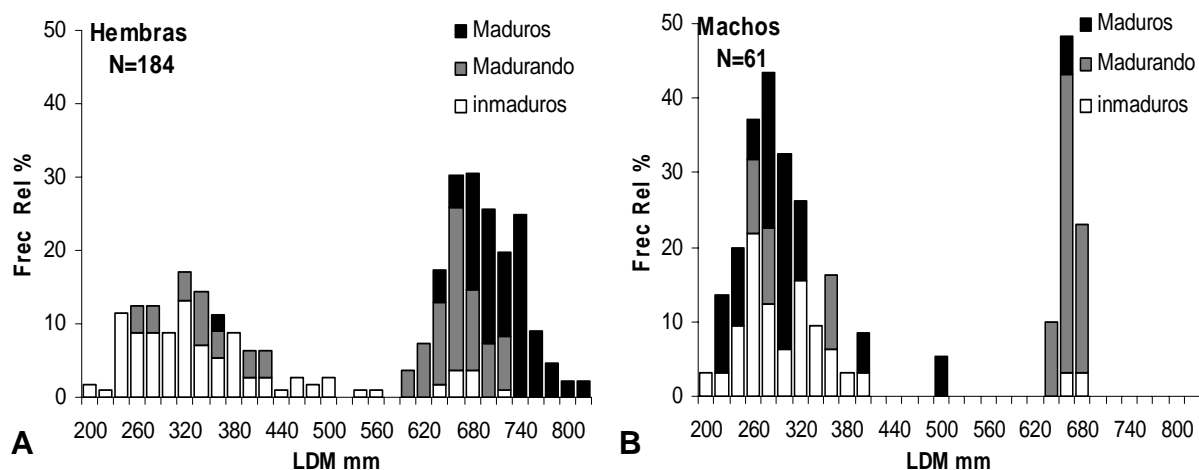


Figura 15. Estado de madurez del calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. **A** hembras y **B** machos.

Debido al reducido número de datos de madurez (IV y V) no fue posible identificar distintos grupos de madurez mediante el método de Cassie (1954). Por lo que solo se calculó la talla de madurez ($L_{50\%}$) para hembras, siendo esta 700 mm LDM (Fig. 16).

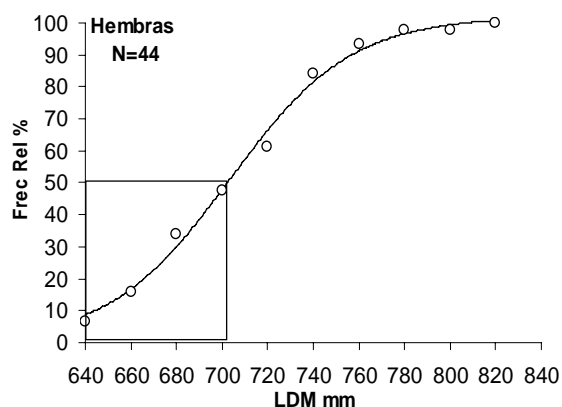


Figura 16. Talla de madurez al 50% (estadios IV y V) de hembras de calamar gigante *D. gigas* capturadas en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.

Relación longitud total del estatolito-longitud dorsal del manto (LE-LDM)

Se extrajeron un total de 207 pares de estatolitos correspondientes a 154 hembras y 53 machos. La relación entre LE y LDM mostró una alta proporcionalidad ($p < 0.001$) tanto en hembras ($R^2 = 0.89$) como en machos ($R^2 = 0.81$) (Fig. 17 A y B), lo cual justifica la utilización del estatolito para describir el crecimiento y determinar la edad del calamar gigante.

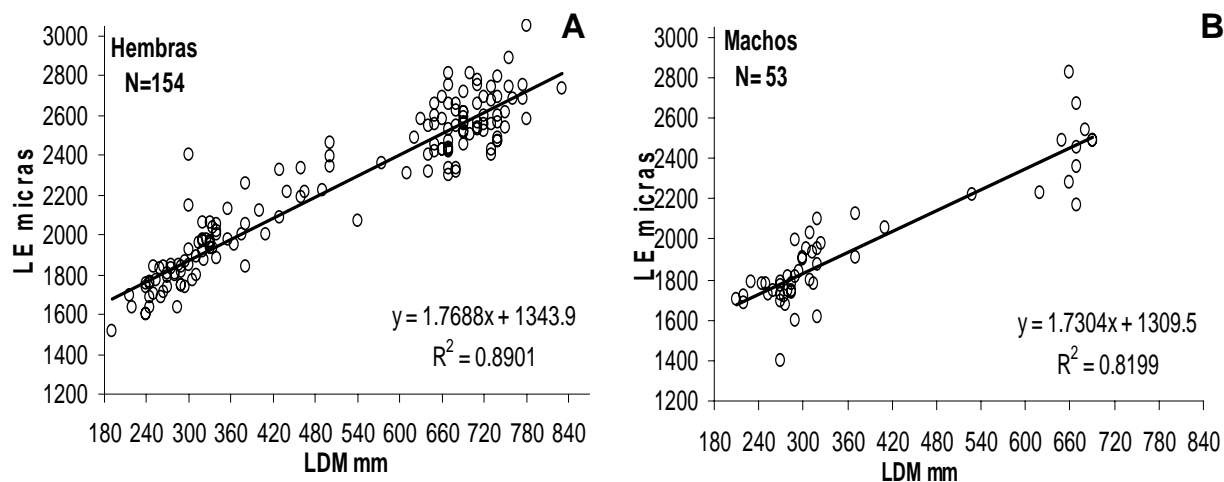


Figura 17. Relación LE y LDM de calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. **A** hembras y **B** machos

Edad

El número de estatolitos utilizados en el proceso de lectura se muestran en la Tabla III. Se lograron leer 142 estatolitos de hembras y 46 estatolitos de machos, lo cual representa el 92% y 87%, del total de la muestra y el 71.1% y 71.8% del total de los estatolitos preparados respectivamente.

Tabla III. Número de estatolitos procesados. **der** estatolito derecho, **izq** estatolito izquierdo, **N** número total.

Proceso	N	Hembras		Machos	
		der	izq	der	izq
Medición	376	148	137	49	42
Montaje	262	148	50	49	15
Lijado	214	113	50	36	15
Pulido	214	113	50	36	15
Lectura	188	99	43	34	12

No se detectaron diferencias significativas en el número de anillos de crecimiento diarios entre el estatolito izquierdo y derecho (Chi cuadrada=19.17; 20 gl; $p < 0.05$), con lo que se comprueba que es posible utilizar cualquiera de los dos estatolitos (Fig. 18) para realizar la lectura de anillos de crecimiento. Sin embargo, para fines de comparación con otros estudios, se utilizó el estatolito derecho excepto cuando el estatolito se encontró dañado.

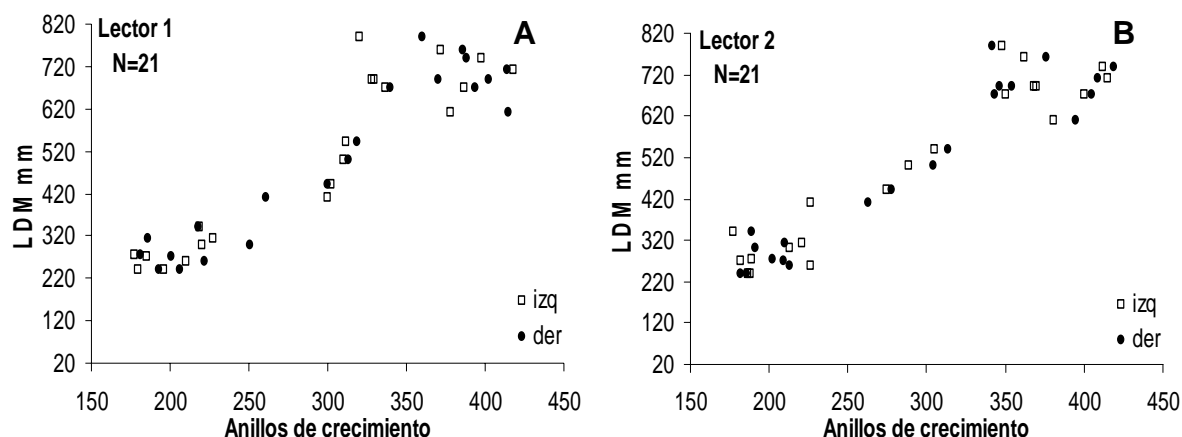


Figura 18. Distribución de frecuencia de la lectura de anillos de crecimiento por cada lector en los estatolitos derecho e izquierdo de *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004.

La longevidad máxima calculada para los machos, correspondió a un ejemplar con 391 días de edad, 690 mm LDM y en proceso de maduración, el cual fue también el macho de mayor talla. En el caso de las hembras, la más longeva fue una hembra madura con 433 días de edad y 700 mm LDM, mientras que la hembra de mayor talla 830 mm LDM, también madura tenía 425 días de edad.

Microestructura del estatolito

Los estatolitos que presentaron mayores problemas en su procesamiento fueron los de calamares grandes, en los que se encontró un gran número de cristales que no pudieron ser lijados en su totalidad y núcleos accesorios (Fig. 19), esto ocasionó problemas de visibilidad al momento de realizar las lecturas. También se identificaron anillos más oscuros y gruesos, los cuales han sido denominados “marcas de desove” y presumiblemente están relacionados con el desove (Arkhipkin y Murzov, 1986); sin embargo; ésta

característica se observó en ambos sexos y no se encontró ninguna relación con el estado de madurez.

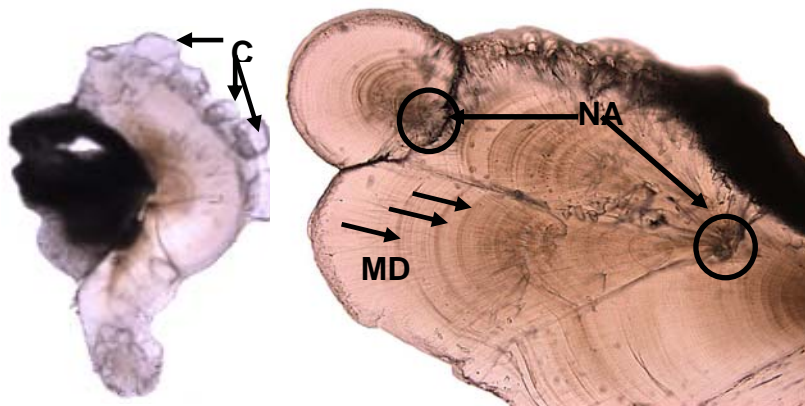


Figura 19. Microestructura del estatolito de una hembra de calamar gigante *Dosidicus gigas* de 710 mm LDM. **C** cristales en el Domo dorsal, 20X; **NA** núcleos accesorios, 40X; **MD** “marcas de desove”, 40X

Al comparar el número de anillos de crecimiento para cada una de las zonas del estatolito (posnuclear PN, oscura O y periférica PF), la prueba Chi-cuadrada fue significativa ($p < 0.001$) en cada uno de los casos, tanto para hembras como para machos, lo cual debe ser consecuencia del intervalo de tallas utilizado.

El número de incrementos de crecimiento de las zonas ZP y O del estatolito entre hembras y machos, no presentó diferencias significativas (Chi-cuadrada; $p > 0.05$), por lo que el número promedio de incrementos de crecimiento fue de 22.4 y 60.4 respectivamente; sin embargo, en la zona periférica la diferencia fue significativa (Chi-cuadrada; $p < 0.001$), con un promedio de 197 y un intervalo de 34-349 incrementos de crecimiento en estatolitos de hembras y de 130 con intervalo de 44-295 incrementos de crecimiento en estatolitos de machos.

Fecha de nacimiento

Se registraron nacimientos de calamar gigante de diciembre de 2002 a junio de 2004, los cuales se concentraron en la primera mitad de cada año (enero a junio), tanto en hembras como en machos (Fig. 20 **A** y **B**). Relacionado la fecha de nacimiento (2003, 2004) con el porcentaje de organismos maduros capturados (2004) por crucero, tenemos que el 77.2 % (Fig. 20 **A**) de hembras maduras se capturó en el primer crucero, lo cual podría indicar un pico reproductivo por el alto índice de nacimiento y hembras maduras, a diferencia de lo que ocurrió al final de año donde no se capturaron hembras maduras ni se registraron nacimientos. En el caso de los machos (Fig. 20 **B**) del 100% de organismos catalogados como maduros, el 27% se capturo en el primer crucero, 18.1% en el segundo y tercer crucero y en el último crucero se capturo el 36% de los machos maduros, lo cual indica que los machos están disponibles reproductivamente durante todo el año. La distribución de tallas por fecha de nacimiento, refleja un grupo de calamares pequeños nacidos en 2003 (Fig. 20 **C**) <300 mm LDM y un grupo de calamares grandes >500 mm LDM tanto en hembras como en machos; a diferencia de los calamares nacidos en 2004 (Fig. 20 **D**), donde la separación en distribución de tallas no es tan clara, si bien el grueso de la distribución se encuentra <340 mm LDM, no hay una separación para tallas >340 mm LDM.

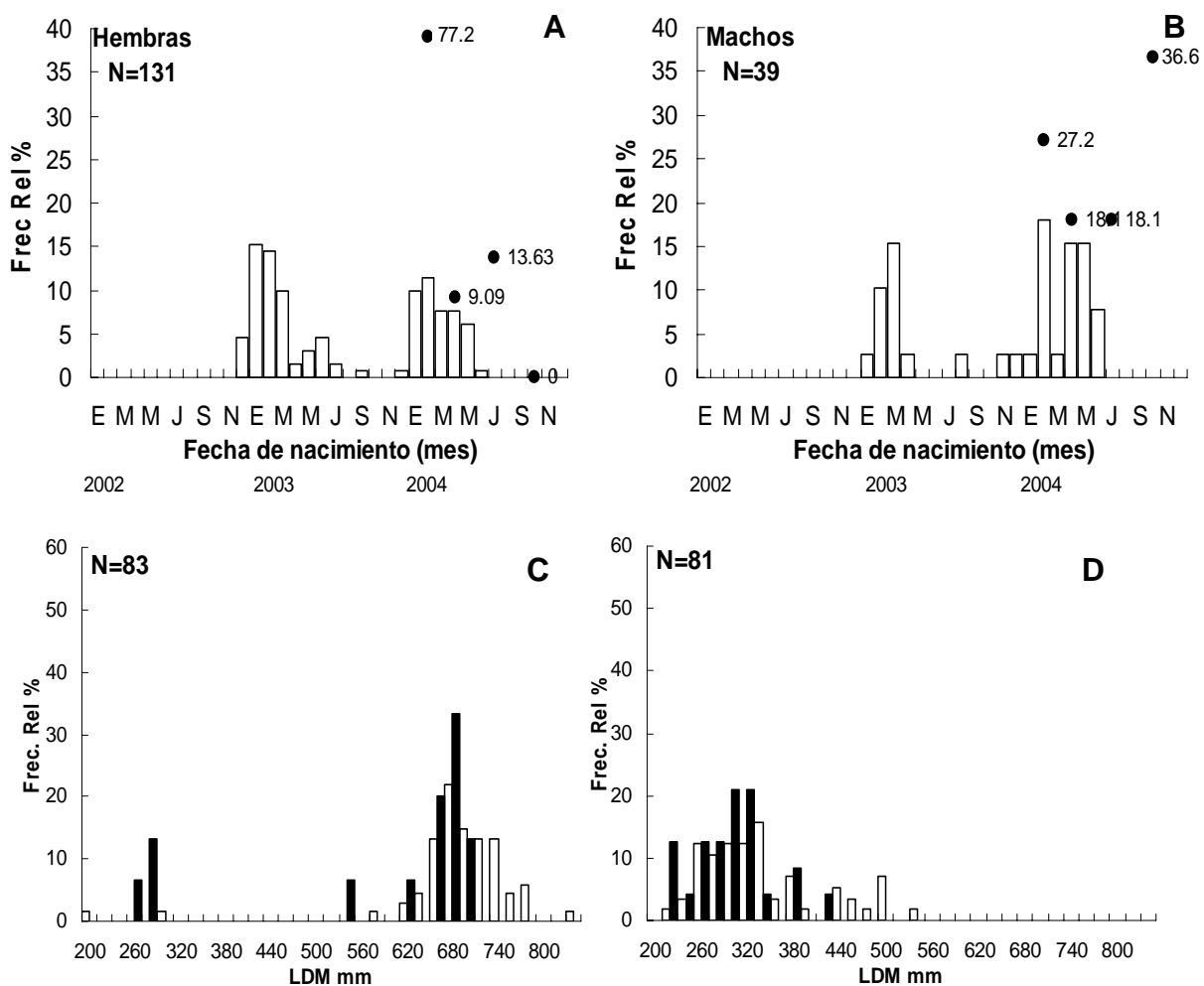


Figura 20. Fecha de nacimiento (barras) y proporción de organismos maduros (círculos negros) de calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. **A** hembras y **B** machos. Distribución de tallas por año de nacimiento: **C** 2003, **D** 2004, barras blancas hembras y barras negras machos.

Crecimiento

Para describir el patrón del crecimiento individual del calamar gigante, se evaluaron seis modelos los cuales mostraron variaciones en sus ajustes a los datos de edad-LDM y en los valores de CV (Tabla IV). El coeficiente de determinación en todos los modelos fue alto ($R^2 > 0.92$), pero el modelo que cumplió con las características de selección planteadas (alto

coeficiente de determinación y menor CV) fue el modelo Logístico Integral para ambos sexos, con valores de $R^2=0.977$ y $R^2=0.974$ en hembras y machos respectivamente (Fig. 18 **A** y **B**).

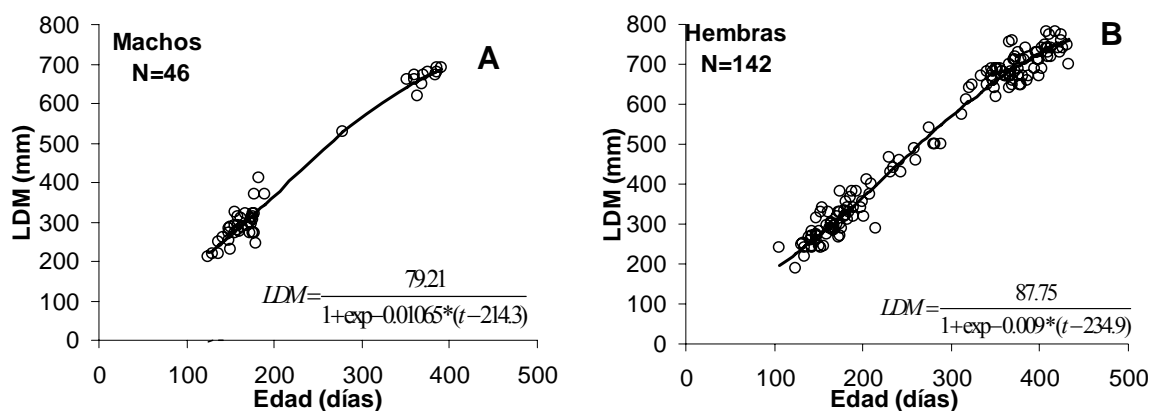


Figura 21. Ajuste de los datos de edad del calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California al modelo de crecimiento Logístico integral. **A** machos y **B** hembras.

Los modelos de crecimiento individual Lineal y von Bertalanffy no son adecuados para describir el crecimiento de calamar gigante, ya que a pesar de tener valores altos para R^2 (>0.9) los CV son elevados. La significancia estadística de los parámetros de cada modelo es una prueba de su utilidad como descriptores, en el caso de los parámetros a , L_∞ , k y t_0 de los modelos Lineal y von Bertalanffy no tuvieron valor estadístico, a diferencia de los parámetros del resto de los modelos (Potencial, Logístico, Gompertz y Logístico Integral) que fueron en todos los casos estadísticamente significativos, es decir que podrían ser útiles para representar el crecimiento del calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California (Tabla IV).

Tabla IV. Modelos de crecimiento individual ajustados a los datos de edad y LDM para hembras y machos de *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California, durante 2004. R^2 coeficiente de determinación, Prm parámetros del modelo, CV coeficiente de variación, * significativo $P<0.05$; ** significativo $P<0.01$; *** altamente significativo $P<0.001$

Modelo	Hembras				Machos			
	R^2	Prm.	CV (%)	P	R^2	Prm.	CV (%)	P
Lineal	0.927	a=0.06	1105	0.92	0.970	a =-0.23	2.48	0.82
		b=0.18	1.40	***		b = 0.18	442	***
Potencial alométrico	0.974	a=15.29	5.20	***	0.973	a=-15	7.34	***
		b=0.48	0.26	***		b=0.74	0.48	***
Logístico	9.770	k=87.40	3.11	***	0.974	k=79.20	7.38	***
		$b_0=8.44$	7.68	***		$b_0=7.33$	21.28	***
		r=0.009	5.56	***		r=0.010	15.39	***
Gompertz	0.976	l=4.90	17.76	***	0.974	L=4.30	47.57	*
		k=3.03	4.15	***		k=3.07	10.89	***
		a=0.005	8.97	***		a=0.005	23.45	***
von Bertalanffy	0.974	$L_{\infty}=186$	24.40	***	0.973	$L_{\infty}=187$	68.19	0.14
		k=0.001	34.15	**		k=0.001	92.72	0.28
		$t_0=35.06$	28.43	***		$t_0=32.00$	73.44	0.18
Logístico integral	0.977	$Y_{\infty}=87.75$	3.15	***	0.974	$Y_{\infty}=79.2$	7.541	***
		k=0.009	5.55	***		k=0.010	15.37	***
		$t_0=234.9$	3.60	***		$t_0=214.3$	8.93	***

Comparación entre curvas de crecimiento

El ajuste del modelo Logístico Integral para el calamar gigante (hembras y machos combinados) capturado en la costa occidental de la Península de Baja California (Fig. 19), muestra una longitud máxima $Y_{\infty}=87.0$ cm LDM, lo cual está en función de los datos usados para la construcción del modelo.

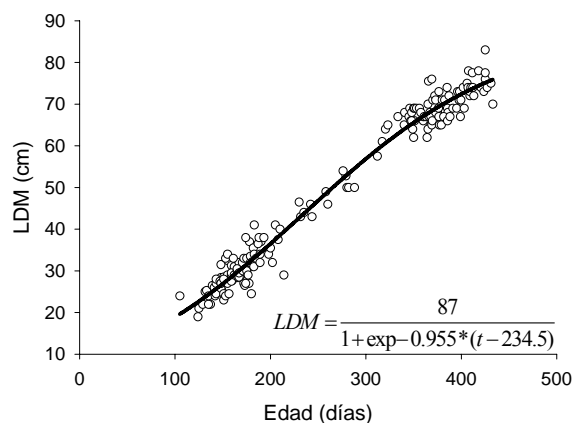


Figura 22. Ajuste del modelo Logístico Integral de los datos de edad del calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante el 2004.

Se encontró una diferencia altamente significativa ($P < 0.001$) entre las curvas de crecimiento de hembras y machos de calamar gigante *Dosidicus gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California combinando todos los datos (Tabla V). Con el intervalo de datos utilizado, se obtuvo una $Y_{\infty} = 87.75$ cm LDM en hembras y $Y_{\infty} = 79.21$ cm LDM en machos, con lo que se puede afirmar que en la costa occidental de la Península de Baja California en el 2004, las hembras de calamar gigante fueron más grandes que los machos, ejemplo de ello es que a una edad de 1 año y tres meses las hembras alcanzaron 768 mm LDM y los machos 720 mm LDM.

La comparación entre las curvas de crecimiento por zona de captura Golfo de California* y Costa occidental (Tabla V), también fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.001$), donde las hembras de la costa occidental fueron más chicas ($Y_{\infty} = 877.5$ mm LDM) que las del Golfo de California ($Y_{\infty} = 896.1$ mm LDM). En lo machos se detectó el mismo comportamiento, machos menores en la costa occidental ($Y_{\infty} = 792.1$ mm LDM) que los del Golfo de California* ($Y_{\infty} = 842.1$ mm LDM). Cabe aclarar que el tamaño de muestra en ambas zonas no fue similar, ya que los datos del Golfo de California

*Datos de Markaida *et al.*, (2004)

corresponden a dos años de muestreo (1995-1997) y los de la costa occidental de la Península de Baja California solo a un año (2004) por lo cual debe tenerse en consideración.

Tabla V. Comparación estadística de curvas de crecimiento calamar gigante *D. gigas* por localidad de captura: costa occidental 2004 y Golfo de California GC 1995-1997*, aplicando el método Logístico Integral. **N** número de organismos, **CO** costa occidental, **GC** Golfo de California, **SRC** Suma de residuos al cuadrado, **PRC** promedio de residuales al cuadrado, * significativo $P < 0.05$, ** significativo $P < 0.01$, *** altamente significativo $P < 0.001$

	N	SRC	PRC	F	P
CO				$F_{3,187}$	
Hembras	142	1255.39	8.90		
Machos	46	328.49	7.46	2.2591	***
CO & GC				$F_{(3,385)}$	P
Hembras CO	142	247	8.90		
Hembras GC	247	489250	2005	51.50	***
				$F_{(3,385)}$	P
Machos CO	46	328.49	7.46		
Machos GC	133	236077	1815	12.24	***

La comparación por año de nacimiento se observa en la Tabla VI, donde el ajuste del modelo Logístico Integral para hembras de 2003 ($n=70$) obtuvo un coeficiente de determinación bajo ($R^2=0.59$) y los parámetros k y t_0 no fueron significativos ($p > 0.05$), por lo que $Y_\infty=105.16$ cm LDM debe ser tomada con cautela, a pesar de haber sido significativa ($p < 0.05$). En el caso de las hembras nacidas en 2004 ($n=56$), con valores de entrada de 200-550 mm LDM y un intervalo de edad de 130-290 días, se obtuvo un ajuste de $R^2=0.89$ y todos los parámetros calculados significativos ($p < 0.001$), siendo $Y_\infty=71.9$ cm LDM.

Las curvas de crecimiento para machos nacidos en 2003 ($n=09$) y 2004 ($n=24$) tuvieron un ajuste de $R^2=0.72$ y $R^2=0.68$ respectivamente y en ambos casos los parámetros

del modelo no fueron significativos ($p > 0.05$), lo cual es consecuencia del tamaño de muestra utilizado. Por lo tanto el crecimiento de machos entre años de nacimiento estaría insuficientemente descrito y la comparación entre ellos no es significativa.

Tabla VI. Comparación estadística de curvas de crecimiento calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental por año de nacimiento, aplicando el método Logístico Integral. **N** número de organismos, **SRC** Suma de residuos al cuadrado, **PRC** promedio de residuales al cuadrado, * significativo $P < 0.05$, ** significativo $P < 0.01$, *** altamente significativo $P < 0.001$

	N	SRC	PRC	F	P
Hembras 2003	70	570.63	8.51	$F_{3,120}$	
Hembras 2004	56	385.31	7.13	12.52	***
Machos 2003	8	2.84	0.47	$F_{3,25}$	P
Machos 2004	23	179.33	8.53	6.69	***

Tasas de crecimiento

Las tasas de crecimiento para ambos sexos se puede ver gráficamente en la figura 20 **A** y **B**. La tasa de crecimiento diario (TCD) (Fig. 23 **A**) en hembras jóvenes (100 días) fue de 1.49 mmd^{-1} correspondiéndole una talla aproximada de 189 mm LDM, mientras TCD máxima 2.09 mmd^{-1} correspondió a hembras de 220 días de edad (407.6 mm LDM). Después de dicha edad, la TCD disminuyó paulatinamente hasta llegar a un valor mínimo de 0.97 mm diarios, con una edad aproximada de 420 días y 749 mm de LDM. En machos el patrón general es el mismo, pero los valores reflejan un crecimiento diferente al de las hembras; donde machos jóvenes de 120 días (212 mm LDM) crecen 1.73 mmd^{-1} , la TCD máxima fue de 2.1 mmd^{-1} , para edades de 200 días y 365.9 mm LDM, mientras que la TCD mínima fue de 0.49 mmd^{-1} para machos de 460 días y 712 mm LDM. Con lo anterior se puede ver que el crecimiento del calamar gigante en la costa occidental es acelerado

durante los primeros 200 días de edad y posteriormente disminuye paulatinamente a lo largo del resto de la vida del animal.

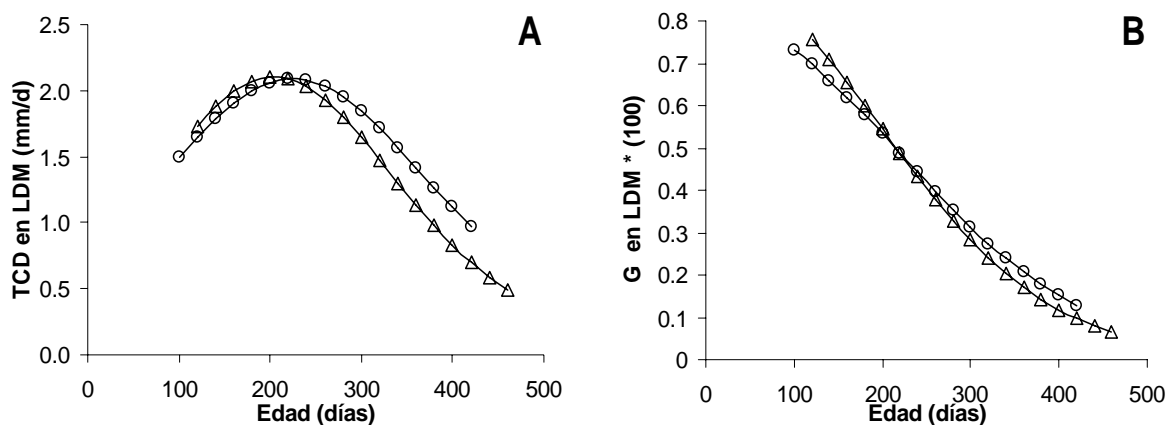


Figura 23. Tasa de crecimiento diaria TCD (A) en mm y Tasa relativa G (B) de calamar gigante *D. gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California. ○ Hembras, △ machos

La diferencia entre sexos se hace evidente al comparar la TCD a edades similares; a los 120 días de edad las hembras crecen más lento (1.64 mmd^{-1}) que los machos (1.73 mmd^{-1}) con tallas de 219 mm LDM y 212 mm LDM respectivamente. El punto de inflexión en la curva de TCD indica que los machos alcanzan su tasa de crecimiento máxima a una edad menor (200 días; 365 mm LDM), en comparación con hembras (220 días; 407 mm LDM), lo cual es el disparador de la diferencia en crecimiento entre machos y hembras. Finalmente la disminución de TCD después del punto de inflexión es más acelerada en los machos que en las hembras con 0.7 mmd^{-1} y 0.9 mmd^{-1} en machos y hembras a los 420 días de edad.

Con respecto al crecimiento relativo (G) (Fig. 23 B) también se diferencia entre hembras y machos, donde los machos crecen en una proporción mayor (7.5%) que las hembras (6.9%) a los 120 días de edad, comportamiento que se invierte a los 240 días de

edad y 449 mm LDM, donde los machos crecen 4.3% y las hembras 4.4%. La diferencia más evidente es a edades mayores (420 días) donde los machos crecen 0.9% y las hembras 1.2%. La combinación del comportamiento de TCD y G da como resultado un crecimiento diferencial entre hembras y machos de calamar gigante en la costa occidental, donde las hembras alcanzan tallas y edades mayores que los machos.

La comparación de las tasas de crecimiento TCD y G para hembras de calamar gigante nacidas en 2003 y 2004 se efectuó a un intervalo de edad similar, de 300-420 días de edad que representa el extremo derecho de las curvas de TCD y G (Fig. 24 **A** y **B**). Las hembras nacidas en 2003 presentaron un crecimiento promedio 1.2 mmd^{-1} a lo largo de los cuatro meses analizados, con tallas de 600 mm LDM al inicio del periodo y 740 mm LDM al final del mismo. A diferencia de las hembras nacidas en 2004, las cuales crecieron 1.6 mmd^{-1} a los 300 días (470 mm LDM) y el crecimiento disminuyó en casi un 50% (0.7 mmd^{-1}) al final del intervalo, es decir a los 420 días (620 mm LDM). La Tasa de crecimiento instantáneo (G) muestra un patrón similar, donde las hembras nacidas en 2003 crecieron en una proporción menor (2% LDM) que las hembras de 2004 (4% LDM) a una edad aproximada de 300 días, pero al final del intervalo el crecimiento fue similar (1% LDM) para las hembras de 2003 y 2004. Con los machos no se pudo hacer la comparación en TCD y G por año de nacimiento (2003-2004), debido a que no hubo coincidencia en el intervalo de edad.

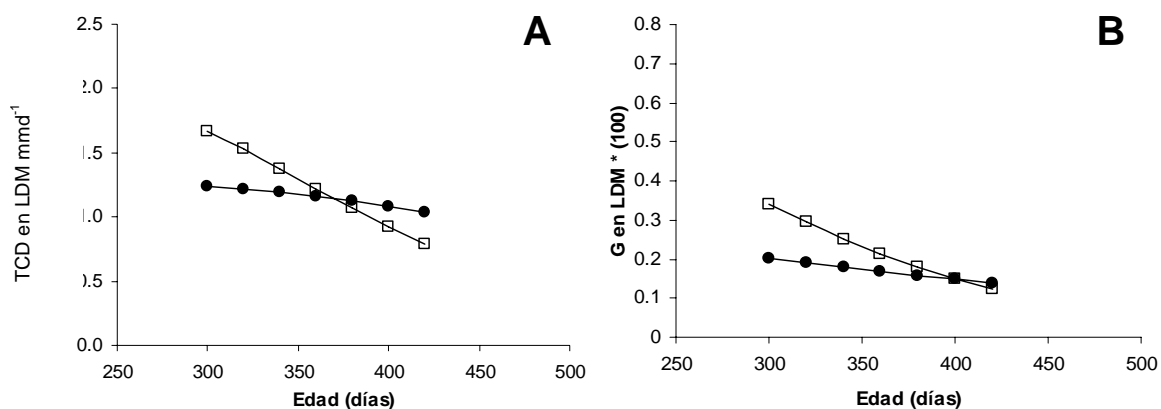


Figura 24. **A** Tasa de crecimiento diario TCD en mmd^{-1} y **B** Tasa relativa de crecimiento instantáneo G para la LDM de hembras *D. gigas*. ● 2003, □ 2004.

Relación edad-talla-madurez

Al relacionar los datos de edad-LDM-madurez se distinguen los grupos ya identificados al analizar por separado la estructura de tallas, peso y de madurez. El caso más evidente es el de los machos (Fig. 25 A), donde se aprecian dos grupos de talla claramente separados. En el grupo de menor talla, <400 mm LDM y <200 días de edad, se tienen animales en todos los estadios de madurez predominando los maduros, mientras que el grupo de machos grandes, >600 mm LDM y >350 días de edad, predominan los animales en proceso de maduración. En el caso de las hembras (Fig. 25 B) la separación por grupos no es tan clara, los animales inmaduros y en proceso de maduración se detectaron en todo el intervalo de tallas y edades, mientras que las hembras maduras se concentraron en tallas >600 mm LDM y edades >350 días; sin embargo, el hecho de que a edades <220 días existan hembras en proceso de maduración (incluso algunas totalmente maduras) son un indicativo de la existencia de un grupo intraespecífico de hembras pequeñas, y el mismo criterio podría aplicarse al grupo de machos grandes.

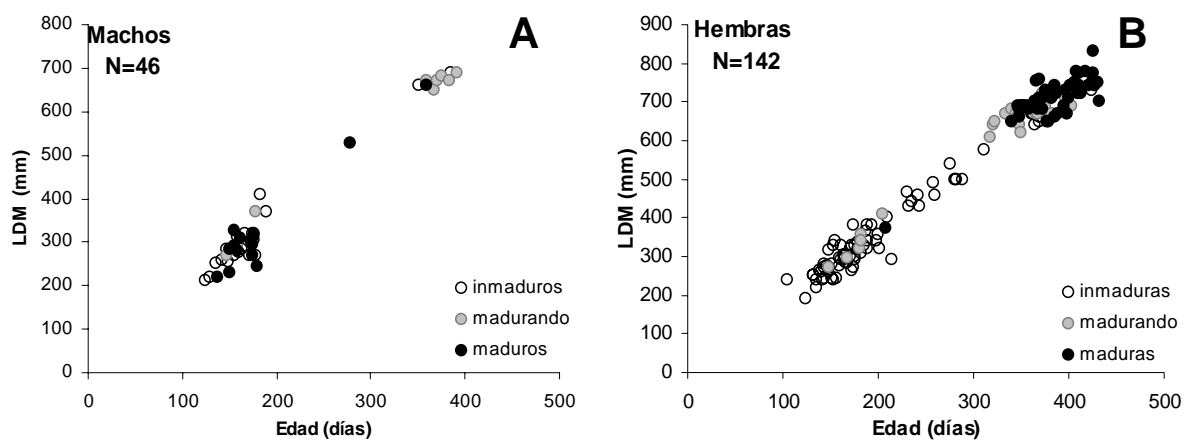


Figura 25. Relación edad-madurez-LDM de calamar gigante *D. gigas* capturado en la costa occidental de la Península de Baja California durante 2004. **A** machos y **B** hembras

DISCUSIÓN

Distribución de calamar gigante *Dosidicus gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California

En todo trabajo de investigación, el método de muestreo es crucial para la interpretación objetiva de los resultados, en este trabajo cabe aclarar que en los cruceros realizados, los objetivos principales fueron netamente oceanográficos, por lo que el muestreo biológico de calamar estuvo sujeto a la disponibilidad de tiempo, específicamente en las estaciones que se lanzó el CTD y posibilidad de maniobra en la cubierta del barco. A pesar de ello, los resultados encontrados representan el panorama mínimo espacial y temporal de lo que sucede con la especie en la costa occidental de la Península de Baja California. Los resultados sugieren continuar con muestreos específicos para el calamar gigante, con lo que se ampliará el panorama y sustentar la información del presente trabajo y por tanto su interpretación.

Las estaciones positivas de pesca de calamar gigante en éste trabajo son un indicio de la presencia constante del calamar gigante a lo largo de la zona. Se tuvieron capturas tanto en estaciones cercanas a la costa como en estaciones alejadas de ella. Kuroiwa (1996) discrimina entre las zonas de captura, entre la zona económica ZE (<200 mn) y en mar abierto (>200 mn) en el Hemisferio sur durante 1984-1994 donde encuentra diferencias en tallas, sin embargo en el presente trabajo la escala espacial se restringe a la ZE.

Existe un patrón general de migración vertical diaria en calamares oceánicos, los cuales permanecen en aguas profundas durante el día y suben hacia aguas superficiales durante la noche, donde se alimentan (Young, 1978; Nakamura, 1993). Nowara y Walker (1998) identifican un comportamiento de migración vertical en *Nototodarus gouldi* y

encuentran que las capturas nocturnas son mayores que las diurnas. Yatsu *et al.* (1999a) encuentran el mismo patrón en calamar gigante, que se localiza en profundidades >1000 m en el día y en aguas superficiales durante las horas de penumbra-oscuridad. Sin embargo recientemente se tiene observaciones de calamar gigante alimentándose en aguas superficiales durante el día, lo cual indica que el patrón encontrado por Yatsu *et al.* (1999a) puede presentar modificaciones. La alimentación diurna del calamar gigante se ha presenciado, tanto en el Golfo de California (Markaida, Comunicación personal) como en la costa occidental de la Península de Baja California (Salinas-Zavala, Comunicación personal) y se considera que debe estar asociado a la disponibilidad de alimento en la zona; ya que el avistamiento de alimentación diurna del calamar en la costa occidental, estuvo directamente asociado a la presencia de langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) que es una de las presas que componen su dieta (Sato, 1976; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2003). Si bien en el presente trabajo no se discriminó entre las estaciones nocturnas y diurnas, se considera importante su evaluación para concretar al respecto.

Descripción del hábitat (CI sup, TSM, Prof)

Los parámetros físicos de concentración de clorofila superficial (Fig. 10) y TSM (Fig. 11) extraídos de imágenes satelitales y los datos de profundidad (Fig. 12) obtenidos durante los cruceros de muestreo, permiten describir de manera general las características del hábitat del calamar gigante. Con lo que se puede decir que el calamar gigante no presenta preferencias en temperatura, al haberlo encontrado tanto en zonas cálidas como frías, lo cual está acorde con lo dicho por Nesis (1972, 1983) y Yatsu *et al.* (1999a) que catalogan a la especie como euritérmica. La relación de la distribución de calamar gigante y

la temperatura superficial del mar ha sido abordada por distintos autores, entre ellos Ehrhardt *et al.* (1982) que afirman que el calamar gigante se distribuye entre 16° C y 30° C. La relación entre los volúmenes de captura y temperatura superficial del agua se ha analizado con el objetivo de proponer una temperatura preferencial, tal es el caso de Sato (1976) 27-28 °C, Rubio y Salazar (1992) 17-20 °C, Kuroiwa (1996) 14-15° C, Mariátegui *et al.* (1999) en 16.8-18.4 °C, Taipe *et al.* (2001) en 17-23° C, Brito-Castillo *et al.* (2000) 12.8-16.5 ° C, Xinjun y Xiaohu (2005) indican que las capturas de calamar en Chile se concentraron en temperaturas superficiales de 17° C a 19° C durante el 2004.

De manera contraria Nevárez-Martínez *et al.* (2000) concluyen que no existe una relación directa entre la TSM y la distribución del calamar gigante. Brito-Castillo *et al.* (2000) y Nevárez-Martínez *et al.* (2000) coinciden en tiempo y área de estudio, aparentemente sus resultados son contradictorios; sin embargo se pueden considerar como complementarios ya que si bien la temperatura por si misma no es un limitante directo en la distribución del calamar gigante, debido a la capacidad de tolerar cambios bruscos de temperatura en periodos de tiempo cortos (Yatsu *et al.* 1999a), es probable que influya en la distribución de pelagicos menores que pueden ser presas potenciales del calamar gigante por lo cual se podría tomar como indicativo indirecto de la distribución del calamar gigante, a reserva de hacer los estudios necesarios para comprobar tal hipótesis.

El calamar gigante, como todos los ommastreídeos se distribuye en zonas de alta, pero no de máxima productividad (Nesis, 1983; Jackson, 1990, O'Dor, 1992, O'Dor y Coelho, 1993; Nigmatullin *et al.*, 2001; Boyle y Rodhouse, 2005), relacionadas con procesos oceanográficos de surgencia, convergencia, frentes oceánicos, giros oceánicos, etc.; que provocan las condiciones ambientales adecuadas para sostener grandes

comunidades de fauna marina (Bakun y Csirke, 1998), lo que significa una fuente de alimento para el calamar gigante, que es un animal sumamente voraz (Nesis, 1970, 1983; Ehrhardt, 1983, 1991; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2003) y considerado como depredador tope e inclusive como especie clave dentro del ecosistema marino (Rosas-Luis, 2005), por lo que es congruente que se encuentre en altas concentraciones asociado a zonas surgencia, donde se concentran grandes volúmenes de pelágicos menores que forman parte de su dieta.

Mariategui *et al.* (1999) encuentran que el calamar gigante en aguas peruanas se asocia a zonas de alta productividad, en la convergencia entre aguas cálidas y frías. En el presente trabajo se identificaron dos de las zonas de alta productividad (Punta Banda y Punta Eugenia) propuestas por Lluch-Belda, 2000; Arreguín-Sánchez (2000) y Morales-Zarate *et al.* (2000). Además de que en los cuatro cruceros del 2004 se tuvieron estaciones positivas en áreas paralelas a Punta Eugenia, lo cual podría sugerir que se trate de una zona de concentración del recurso debido a la posibilidad de abastecimiento de alimento. La importancia Bahía Magdalena y Punta Eugenia para el calamar gigante ha sido identificada desde Sato (1976) quien realizó esfuerzo de pesca particular en dichas zonas; al igual que el Instituto Nacional de la Pesca durante los programas de prospección de pesca de calamar realizados en la década de los 90s.

La profundidad es otro parámetro físico para la caracterizar el hábitat del calamar gigante; Nigmatullin *et al.* (2001) y Yatsu *et al.* (1999a) consideran a *Dosidicus gigas* como una especie nerítico-oceánica que utiliza la columna de agua >1000 m de profundidad, durante sus migraciones verticales diarias. La importancia de la profundidad para el calamar gigante se evidenció con los resultados, ya que el mayor número de estaciones de pesca se ubicaron en la isolinia de 3000 y 3500 m.

Los cruceros realizados en el 2004 no abarcaron toda la costa occidental de la Península de Baja California, por lo que no fue posible evaluar lo que sucede en Bahía Magdalena, que es también una zona altamente productiva

Con la información de TSM, CI Sup y Prof presentada en éste trabajo se podría sugerir que en zonas con características similares (zonas profundas, de alta productividad) es factible encontrar calamar gigante con la intención de proponer zonas alternas de pesca.

Los calamares ommastréfidos (incluido el calamar gigante) muestran fluctuaciones temporales impredecibles, donde las variaciones ambientales y oceanográficas juegan un papel importante en su ciclo de vida, determinando incluso su capacidad de adaptación (Anderson y Rodhouse, 2001; Waluda *et al.*, 1999, 2004). Al respecto Nigmatullin *et al.* (2001) afirman que el calamar gigante se ubica en la periferia de los grandes giros oceanográficos del Pacífico Oriental, específicamente los asociados a la Corriente de California (Hemisferio norte) y Corriente de Humbolt (Hemisferio sur). Por lo que el paralelismo de las poblaciones de calamar en México y Perú debe estar determinado por características oceanográficas similares (presencia de grandes giros, eddies, meandros y zonas de surgencias) en ambas corrientes.

Otro proceso oceanográfico de importancia para las comunidades marinas, incluido el calamar gigante es el ENSO-El Niño, el cual tiene efectos tanto en la Corriente de California como en la Corriente de Humbolt (Lluch-Belda *et al.*, 2005). Boyle y Rodhouse (2005) comentan que el ENSO-El Niño afecta a las poblaciones de calamar gigante del Hemisferio norte y del Hemisferio sur, ocasionando un desplazamiento hacia zonas diferentes a las comúnmente reportadas y cambios en abundancia poblacional. El efecto del ENSO en la población de calamar gigante en el Hemisferio norte ha sido analizado por

distintos autores quienes identifican una drástica disminución en sus abundancias (Hammann *et al.*, 1995; Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Lluch-Cota *et al.*, 1997, 1999; Nevárez-Martínez *et al.*, 2002; Markaida, 2006), desplazamiento del Golfo de California hacia la costa occidental de la Península de Baja California, continuando hacia latitudes altas (Hammann *et al.*, 1995; Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Hatfiel y Hochberg, 1999; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001 a y b; Pearcy 2002), una modificación en la temporalidad de captura (Hammann *et al.*, 1995) e incluso un cambio en la estructura de tallas de la población (Markaida, 2006). En el Hemisferio sur el efecto en abundancia es generalmente a incrementar los volúmenes de pesca (Yamashiro, 1996; Taipe *et al.*, 2001); sin embargo Kuroiwa (1996) no encuentra evidencia del efecto del ENSO-El Niño 1988-1990 en la CPUE de calamar gigante en mar abierto en el Hemisferio sur.

El año 2004 está catalogado como un año con evento El Niño (NOAA, 2006), por lo que los resultados obtenidos en éste trabajo deben tenerse en consideración para futuras comparaciones con lo que sucede en años no Niño. En el crucero realizado en octubre, que fue el mes con las temperaturas más elevadas, se tuvieron más estaciones positivas en comparación con los demás cruceros, lo cual podría ser un indicativo del efecto del evento cálido, sin embargo se requieren una serie de tiempo más amplia para poder concluir al respecto.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se hace necesario el desarrollo del análisis ambiente-recurso, si bien en éste trabajo se hizo un primer intento sobre el tema en la costa occidental de la Península de Baja California, se requiere una serie de tiempo más amplia para poder dar un panorama sólido, por lo que el continuar con el muestreo en la costa occidental se ve reforzado.

Relación longitud-peso (LDM-PT)

El intervalo de tallas encontrado en la costa occidental de la Península de Baja California en el 2004 fue de 200-820 mm LDM en hembras y de 220- 680 mm LDM en machos. Se diferenciaron dos grupos <500 mm LDM y >500 mm LDM para cada sexo, siendo siempre más grandes las hembras. En un principio al analizar la estructura de tallas se pensó en un error metodológico en el muestreo, ya que aparentemente hacían falta los calamares de talla intermedia (de acuerdo al intervalo encontrado), sin embargo el que se empleara el mismo arte de pesca (potera de 30 cm) para capturar animales de ambos grupos de talla descartó la posibilidad. Ehrhardt *et al.* (1982b) evaluó la eficiencia de las poteras y encontró que los calamares de 200-400 mm LDM pueden ser capturados por poteras chicas y grandes, mientras que los calamares <200 mm LDM no atacan a las poteras grandes. Este hecho pudo confirmarse en el muestreo, ya que la potera utilizada no permitió capturar a calamares <200 mm LDM. Para obtener las tallas de 100 a 200 mm LDM se necesita adecuar el método de muestreo, ya que no se han logrado capturar a pesar de haberlos visto en superficie e incluso tratado de capturarlos con poteras japonesas (10-12 cm).

El intervalo de tallas en los diferentes estudios del calamar gigante fluctúan, entre los 80 mm LDM (Kuroiwa, 1998) y 1100 mm LDM (Argüelles *et al.*, 2001). La presencia de más de un grupo de tallas, donde las hembras son ligeramente mayores que los machos ha sido identificado en diversas ocasiones; Sato (1976) reporta tallas entre 190-360 mm LDM y hace alusión a calamares chicos y grandes, pero no proporciona las tallas representativas de cada grupo. Nesis (1970, 1983) reporta tallas 200-650 mm LDM en las costas peruanas e identifica tres grupos de talla chicos (200-330 mm LDM), medianos

(340-450 mm LDM) y grandes (460 mm LDM). Ehrhardt *et al.* (1982 a y b, 1986) muestran tallas de 200-800 mm LDM en el Golfo de California durante 1980 y sugiere la existencia de cinco cohortes. Klett-Traulsen (1996) cita tallas promedio de 200-700 mm LDM; con predominio de calamares de 300-450 mm LDM en 1980 y de 250-350 mm LDM en 1981. Kuroiwa (1998) reporta un intervalo de 80-980 mm LDM durante el periodo 1984-1989 y separa calamares chicos <350 mm LDM y medianos >350 mm LDM en aguas de mar abierto (>200 mn); calamares grandes 600 mm LDM en aguas más costeras en la ZE de Perú (<200 mn) y 800 mm LDM en la zona ZE de Ecuador. Clake y Paliza (2000), reportan que la estructura de tallas de la pesca comercial peruana en el periodo 1989-1992 estuvo representada por tallas de 110 a 1007 mm LDM, con dos grupos para cada sexo de 330 y 900 mm LDM en hembras y 310 y 830 mm LDM en machos. Durante la pesca exploratoria en la costa occidental de la Península de Baja California el INP (1990 y 1992) encuentran tallas de 230-730 mm LDM, con una talla promedio de 535 mm LDM, sin hacer separación alguna entre sexo o estado de madurez. Argüelles *et al.* (2001) reporta un intervalo de 100 a 1100 mm LDM para calamares de Perú en 1992, diferenciando calamares chicos de 100-490 mm LDM y calamares grandes de 520-1100 mm LDM. Tafur *et al.* (2001) cita un intervalo de 200-910 mm LDM en machos y 200-1000 mm LDM en hembras durante el periodo 1991-1995 e identifica dos grupos de talla para cada sexo hembras chicas (282 mm LDM), hembras medianas (482 mm LDM), machos chicos (299.6 mm LDM) y machos medianos (474.7 mm LDM). Masuda *et al.* (1998) encuentran tallas de 20 a 980 mm LDM durante 1987-1995 y diferencian dos grupos de talla 300-400 mm LDM y >650-750 mm LDM en machos y dos grupos 200-300 mm LDM y >506 mm LDM en hembras. Guerrero-Escobedo *et al.* (2002) analiza la temporada de pesca 1996 (mayo-

septiembre) en el Golfo de California y encuentra tallas promedio mensuales de 400, 470, 640, 580 y 680 mm LDM, sin hacer distinción entre sexos. La información utilizada provino de los volúmenes entregados a plantas calamareras, por lo que se encuentra sesgada hacia las tallas comerciales. Markaida y Sosa-Nishizaki (2001) y Markaida *et al.* (2004) encontraron calamares de 108-875 mm LDM durante la temporada de pesca 1995-1997 en el Golfo de California e identificaron un grupo de machos medianos (330 mm LDM), dos grupos de machos grandes (530 y 670 mm LDM), un grupo de hembras grandes (750 mm LDM) y uno de hembras medianas (400 mm LDM). Nigmatullin *et al.* (1999, 2001) muestran un intervalo de 130-875 mm LDM, diferenciando a calamares chicos (130-260 mm LDM y 140-340 mm LDM), medianos (240-420 mm y 280-600 mm LDM) y grandes (>400-500 mm LMD y >550-650 a 800-1000 mm LDM) en machos y hembras respectivamente. Cubillos *et al.* (2004) en costas chilenas, identifica un grupo mediano (547 mm LDM) en mar abierto y un grupo de calamares grandes (725 mm LDM) en zonas costeras.

La propuesta de Nigmatullin *et al.* (1999 y 2001) es la más aceptada hasta el momento, sin embargo en el Hemisferio norte no se ha logrado diferenciar el grupo de talla pequeño (130-260 mm LDM y 140-340 mm LDM) y probablemente se agrupe junto con los de talla mediana (240-420 mm, 280-600 mm LDM), los cuales son comunes en la zona (Sato, 1976; Ehrhardt *et al.*, 1982a, 1986; Klett-Traulsen, 1996; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001; Guerrero-Escobedo *et al.*, 2002). El grupo de talla mediana también se identificó en el presente trabajo de la costa occidental de la Península de Baja California, mientras que el grupo de talla grande (>400-500 mm LMD, >550-650 a 800-1000 mm LDM) se ha

identificado en el Golfo de California (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001) y en el presente trabajo en la costa occidental de la Península de Baja California.

Hernández-Herrera *et al.* (1996, 1998) y Morales-Bojorquez *et al.* (2001b) no apoyan la idea de más de un grupo de tallas y hembras más grandes que los machos en el calamar gigante del Golfo de California, incluso Hernández-Herrera *et al.* (1996) reporta que las hembras son menores (407 mm LDM) que los machos (463 mm LDM). Sin embargo dicho resultado debe ser consecuencia de utilizar el valor promedio, ya que en el intervalo de tallas de su estudio cita hembras (205-820 mm LDM) más grandes que machos (215-710 mm LDM). Filauri (2005) analiza organismos proveniente del Golfo de California y muestra un intervalo de tallas de 300-950 mm LDM sin identificar grupos de talla, pero concuerda con que las hembras son más grandes que los machos.

La diferencia de tallas también se ha analizado en función de la variable latitudinal, donde Nesis (1970 y 1983) sugiere que las tallas chicas habitan zonas ecuatoriales y la Corriente de California, las tallas intermedias la porción oceánica de la Corriente de Perú y tallas grandes en zonas costeras frente a Perú y Chile. Sato (1976) comenta un gradiente de tallas en función a la variable latitudinal, donde los calamares chicos están al norte y los grandes al sur del área analizada. Nigmatullin *et al.* (2001) propone que los calamares chicos están en la zona ecuatorial, los calamares medianos en toda el área de distribución (excepto en latitudes más altas) y calamares grandes en los extremos de distribución norte y sur, tal hipótesis podría explicar el porque en el Hemisferio norte no se ha encontrado el grupo de talla pequeño.

La relación peso longitud expresada por la ecuación $PT=aLDM^b$ es comúnmente usada en estudios de biología pesquera, donde el factor de alometría (b) indica el tipo de

crecimiento que presenta el animal, isométrico ($b=3$), alométrico positivo ($b>3$) y alométrico negativo ($b<3$) (Pauly y Gayanilo, 1996; O'Dor y Hoar, 2000). En el calamar gigante la relación peso-longitud ha sido evaluada por Ehrharth *et al.* (1983) quienes encuentran que durante 1980 el calamar gigante creció con una proporcionalidad isométrica ($b=2.9$). Hernández-Herrera *et al.* (1998) también sugieren una relación isométrica entre LDM y PM (peso del manto) con $b=3.42$. Lo cual coincide con los resultados del presente trabajo con un valor de $b=3.1$ en hembras y machos, considerándolo un reflejo de crecimiento isométrico.

El crecimiento isométrico implica que la densidad y forma de un organismo se mantienen con una proporcionalidad 1:1 la cual se asocia a la relación superficie:volumen (S:V) del organismo. Aguilar (1984) considera que el crecimiento isométrico permite un diseño corporal constante y una disminución en la relación S:V conforme incrementa la talla, lo cual implica una eficiencia metabólica. Teniendo en cuenta ello probablemente el crecimiento isométrico en calamar gigante sea reflejo de la adaptación a su medio.

Por otro lado Zeiberg (2004) analiza la proporcionalidad en el crecimiento de distintas partes corporales de los calamares y argumenta puede tener implicaciones adaptativas. Al respecto O'Dor y Hoar (2000) evaluaron la relación talla-peso en seis loliginidos y todos presentaron un comportamiento alométrico positivo que les permite incrementar la eficiencia locomotriz. Tal como lo sugieren Thompson y Kier (2002) que analizan el efecto de la relación peso-longitud y forma corporal en el desplazamiento (propulsión de escape) de los cefalópodos, donde en calamares grandes la velocidad de propulsión de escape esta dominada por fuerzas inerciales, la cual se incrementa con LDM. Por lo que la talla que alcanza el calamar gigante puede tener implicaciones adaptativas

para el éxito como depredador y presa, al cazar de manera más rápida y escapar velozmente de sus depredadores. En el presente trabajo no se analizó este tópico, pero es interesante para ser abordado en futuras investigaciones.

Madurez

La relación de número de hembras por macho es uno de los factores determinantes para la estabilidad de las poblaciones de reproducción sexual, al ser un indicativo de la potencialidad de la descendencia en cada generación (fecundidad) y se relaciona de manera directa con la(s) estrategia(s) reproductiva(s) de cada género (hembra y macho) (Brusca y Brusca, 1990).

Wells y Clarke (1996) describen la inversión de energía de los cefalópodos en el proceso reproductivo, donde las hembras invierten 32% de energía en el ovario y 45% en el pre-desove y desove, mientras que los machos invierten la mayor cantidad de su energía (no cuantificada) en la actividad de apareamiento.

La estrategia reproductiva de machos de calamar gigante de madurez temprana en tallas pequeñas, puede tener implicaciones en la estructura poblacional, ya que al hacer el gasto energético para la reproducción antes que las hembras ocasiona que conforme incrementan de tamaño, los sobrevivientes serán en proporción mayor cantidad de hembras. Distintos autores apoyan la idea de que la proporción de sexos en el calamar gigante está inclinada a favor de las hembras, entre ellos Sato (1976) quien reporta una proporción de sexos inclinada hacia las hembras, pero no da valores puntuales. Nesis (1970, 1983) da una proporción hembra:macho general de 2.1:1, y al separarlo por los grupos de talla 1.47:1 para calamares chicos, 3.1:1 para calamares medianos y 5:1 en calamares grandes. Ramírez

y Klet (1985) comentan que la proporción sexual oscila entre 1.5:1 a 3:1. Guerrero-Escobedo *et al.* (1992) 2.6:1. Hernández-Herrera *et al.* (1996) 5:1. Clarke y Paliza (2000) entre 1.36:1 y 9.13:1 y sugieren que se debe a un evento de canibalismo intenso de las hembras sobre los machos después de la copula. Tafur *et al.* (2001) 2.85:1 corroborándolo con los datos mensuales donde todos los valores fueron significativamente diferentes de 1:1. Guerrero-Escobedo *et al.* (2002) 1.92:1. Kuroiwa (1998) 6:1 en mar abierto, 5.1:1 en la ZE de Perú y 3.6:1 en la ZE de Ecuador. Markaida y Sosa-Nishizaki (2001) muestran una proporción 2.3:1, donde el análisis mensual fluctúa de 1:1 (febrero) a 4.9:1 (junio). En el presente trabajo se apoya la hipótesis de hembras más numerosas, encontrándose una proporción de 3 hembras por cada macho. Sin embargo Nigmatullin (Comunicación personal, Diciembre 2005) argumenta que durante el periodo de desove la proporción de sexos se mantiene 1:1, y que la proporción sexual a favor de las hembras, generalizado en los estudios previos es un efecto del muestreo más que una proporción real. Kuroiwa (1998) abarca una zona muy amplia de muestreo a lo largo de una década, contando con tamaños de muestra sumamente altos (miles de ejemplares analizados), por lo que en caso de que la proporción de sexos fuera un artificio de muestreo, este se podría apreciar en el desglose mensual. Markaida y Sosa-Nishizaki (2001) reportan una proporción sexual 1:1 solo en febrero de 1996, lo cual debería reflejar una temporada reproductiva de acuerdo a lo propuesto por Nigmatullin, sin embargo no identifican picos de desove en el Golfo de California.

El proceso reproductivo del calamar gigante se caracteriza por que los machos maduran a tallas y edades menores que las hembras, permitiendo así que estén disponibles más rápido y durante más tiempo, para copular con el mayor número de hembras posibles;

mientras que las hembras requieren almacenar y optimizar energía, para la producción y puesta de huevos (Nesis, 1970, 1983; Nigmatullin *et al.*, 2001; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001).

Sato (1976) sugiere que la zona de CC es un área de desove (organismos maduros) en relación a la proporción de hembras copuladas, lo cual no es del todo adecuado, ya que es común estas copulen estando aún inmaduras (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001). El comportamiento de madurez identificado por Nesis (1970, 1983) muestra que los machos maduran antes que las hembras, con un 80% de machos maduros en el grupo chico y 93% en machos medianos, mientras que en las hembras el comportamiento es opuesto con 70% de hembras inmaduras en el grupo chico y 32% inmaduras en las hembras medianas. Kuroiwa (1998) encuentra que los machos maduros predominan (>50%) a lo largo del año, a excepción de febrero y marzo; mientras que >50% de las hembras estuvieron inmaduras, siendo octubre el de mayor proporción de hembras maduras (49%). Hernández-Herrera *et al.* (1996) reporta el 57% de machos y el 30% de hembras, como activos a la reproducción (estadios III, IV y V) lo cual apoya la hipótesis de que los machos están preparados para la reproducción en todo momento. Clarke y Paliza (2000) hacen un análisis estacional de la madurez de calamar gigante, donde la mayor proporción de calamares inmaduros se presentaron en marzo-septiembre y los calamares maduros predominaron en octubre-febrero. Masuda *et al.* (1998) reportan el 100% de hembras <200 mm LDM y 500-600 mm LDM inmaduras y 50% de hembras de 300-400 mm LDM maduras y el 100% de hembras de 650-750 mm LDM también maduras; en machos el 100% de 160-200 mm LDM inmaduros y 100% de machos de 200-300 mm LDM y >450 mm LDM son maduros. Tafur *et al.* (2001) apoya la hipótesis de que los machos maduran antes que las hembras,

encontrando machos maduros durante todo el periodo analizado (1991-1995). Guerrero-Escobedo (2002) interpreta una progresión de tallas y estado de madurez en el calamar gigante del Golfo de California, donde de mayo a junio los calamares están inmaduros (400-480 mm LDM), julio-agosto en proceso de maduración (650-550 mm LDM) y en septiembre maduros (680 mm LDM) sugiriendo la existencia de una sola cohorte. Markaida y Sosa-Nishizaki (2001) citan el 55% de hembras inmaduras, 23.2% en proceso de maduración y 21.3% maduras; mientras que en machos, el comportamiento opuesto 8.6% inmaduros, 13.5% en proceso de maduración y 77% maduros, sin identificar picos reproductivos dentro del Golfo de California.

En el presente trabajo se tienen indicios de la existencia de dos grupos intraespecíficos en la costa occidental de la Península de Baja California, los cuales de acuerdo a la propuesta de Nigmatullin *et al.* (2001) corresponderían a los grupos mediano y grande: hembras medianas (200-500 mm LDM); hembras grandes (540-820 mm LDM) y machos medianos (200-420 mm LDM); machos grandes (540-700 mm LDM). Sin embargo el limitado tamaño de muestra no permiten confirmar su presencia como grupos independientes, por lo cual se hace cada vez más necesario el continuar con el muestro biológico en la costa occidental de la Península de Baja California.

La hipótesis de grupos intraespecíficos en el calamar gigante ha sido sustentada en distintas ocasiones (Nesis, 1970, 1983; Arkhipkin y Mursov, 1986; Masuda *et al.*, 1998; Argüelles *et al.*, 2001; Taibe *et al.*, 2001; Nigmatullin *et al.*, 2001; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001), lo cual subraya la importancia de tomarlos en consideración para la regulación pesquera del recurso.

De manera general se sugieren tres grupos para cada sexo, calamares chicos, calamares medianos y calamares grandes, aunque no todos los autores los han logrado diferenciar e incluso el intervalo de talla varía entre los distintos trabajos.

El grupo de calamares chicos y madurez temprana ha sido identificado por Nesis (1970, 1983) con tallas de 200-330 mm LDM; Masuda *et al.* (1998) y Argüelles *et al.* (2001) con tallas de 200-500 mm LM en hembras y 200-400 mm LDM en machos; Taípe *et al.* (2001) identifica a calamares chicos 400 mm LDM pero no hace distinción entre sexos; Nigmatullin *et al.* (2001) encuentra calamares chicos 130-260 mm LDM, 140-340 mm LDM para machos y hembras respectivamente.

Los calamares medianos de madurez tardía se han reportado por Nesis (1970, 1983) con tallas de 340-450 mm LDM; Nigmatullin *et al.* (2001) con tallas de 240-420 mm LDM, 280-600 mm LDM para machos y hembras; Markaida *et al.* (2004) los reporta en el Golfo de California con tallas de 320-466 mm LDM en hembras.

Mientras que los calamares grandes de madurez tardía ha sido reportados por Nesis (1970, 1983) con tallas >460 mm LDM; Masuda *et al.* (1998) y Argüelles *et al.* (2001) con tallas de 400-750 mm LDM para hembras y machos; Taípe *et al.* (2001) 800 mm LDM; Nigmatullin >400-500 mm LDM, >550-650 a 1000 o más mm LDM para machos y hembras respectivamente; Markaida *et al.* (2004) con tallas de 653-875 mm LDM en hembras y 410-640 mm y 560-790 mm LDM para los machos, además identifica un grupo de hembras de talla intermedia entre el grupo mediano y grande de 500-620 mm LDM.

Si bien existe una postura que afirma que no hay evidencia de grupos intraespecíficos dentro del Golfo de California (Nevárez-Martínez y Morales- Bojórquez, 1997; Hernández-Herrera *et al.*, 1998, 2001; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000; Morales-

Bojórquez *et al.*, 2001 a y b) esto podría ser resultado del efecto de muestreo ya que está enfocado a la captura comercial de la región central del Golfo de California.

La talla de madurez ($L_{50\%}$) se conoce como aquella a la cual el 50% de organismos se encuentran maduros y es comúnmente evaluada para fines pesqueros (Roa *et al.*, 1999). En el calamar gigante la $L_{50\%}$ ha sido evaluada en distintas ocasiones y en todas ellas se confirma que los machos maduran antes que las hembras, sin embargo no se ha utilizado de manera directa en la regulación pesquera (talla mínima de pesca), ya que el sugerir una talla mínima de pesca en función de $L_{50\%}$, implicaría un error grave teniendo en cuenta los grupos intraespecíficos. Tal como sucedió en 1999 en el Golfo de California cuando se implemento la talla de captura de 50 cm LDM, basada en el grupo de talla grande que predomino en años anteriores. Esto ocasiono un desplome en las capturas ya que en esos momento el grupo de talla mediano ($L_{50\%} < 50\text{cm LDM}$) predominaba en la zona (Markaida, 2006). La utilidad de $L_{50\%}$ en calamares, incluido el calamar gigante, se debe principalmente a ser considerada como un factor de condición de madurez en la población y para tener una base sólida para separar entre grupos intraespecíficos (Coelho y O'Dor, 1993).

Siguiendo la propuesta de Nigmatullin *et al.* (2001) de calamares chicos, medianos y grandes y relacionándolos con los datos de la talla de madurez ($L_{50\%}$); se puede decir que el grupo de talla chica no ha sido diferenciado claramente con datos de $L_{50\%}$, pero un ejemplo de su existencia serían las tallas de madurez de 150-180 mm LDM en machos y 200-270 mm LDM en hembras para calamares de la zona ecuatorial (Nesis, 1970,1983). Mientras que el grupo de calamares medianos se ha confirmado con valores de $L_{50\%}$ para machos y hembras respectivamente: 200-250 mm LDM y 400 mm LDM (Nesis,

1970,1983); 200 mm LDM y 250 mm LDM (Ramírez y Klett ,1985); 180-250 mm LDM y 350- 400 mm LDM (Ehrhardt *et al.*, 1986); 280 mm LDM y 320 mm LDM (Tafur y Rabí, 1997; Clarke y Paliza, 2000); 213-248 mm LDM y 282-327 mm LDM (Tafur *et al.*, 2001); 200-300 mm LDM y 300-400 mm LDM (Masuda *et al.*,1998) y finalmente 400 mm LDM en hembras (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001). De igual forma el grupo de calamares grandes se ha logrado diferenciar mediante $L_{50\%}$ para machos y hembras: 477.7 mm LDM y 482.4 mm LDM (Tafur *et al.*, 2001); >450 mm LDM y 650-750 mm LDM (Masuda *et al.*, 1998); 530 mm LDM y 670 mm LDM en machos y 590 mm LDM y 750 mm LDM en hembras (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2001). Filauri (2005) no identifica grupos intraespecíficos y sugiere una $L_{50\%}$ 613 mm LDM en machos y 786 mm LDM en hembras.

En el presente trabajo se apoya la idea de que los machos maduran antes que las hembras y la existencia de grupos intraespecíficos; sin embargo la talla de madurez sólo se pudo calcular para hembras grandes ($L_{50\%}$ 700 mm LDM) debido al limitado tamaño de muestra.

Solo el trabajo de Hernández-Herrera *et al.* (1996) sugiere un patrón diferente, donde los machos maduran después que las hembras, calculando $L_{50\%}$ 424 mm LDM en hembras y $L_{50\%}$ 516 mm LDM en machos.

Resumiendo, el hecho de que la mayoría de los trabajos sobre calamar gigante sugieran dos o más grupos intraespecíficos, tanto en el Hemisferio sur como en el Hemisferio norte, hace difícil pensar que dichas agrupaciones se deban a algún artificio del muestreo. Lo relevante ahora es, con base en los grupos intraespecíficos ya identificados, proponer una estrategia y plan de manejo específicos para el calamar gigante.

Además del uso práctico e inmediato (manejo del recurso) de los grupos intraespecíficos, el sentido netamente biológico y adaptativo hace cada vez más interesante a la especie como tal. Nigmatullin *et al.* (2001) sugieren que los grupos intraespecíficos pueden encontrarse en un proceso de radiación adaptativa, considerándolos incluso como probables subespecies *in status nascendi*, lo cual se puede confirmar sólo con herramientas genéticas. Por otro lado la diferenciación entre tallas, madurez y probablemente nichos permitirían disminuir la competencia intraespecífica al existir segregación de grupos; en cuanto a las relaciones interespecíficas y teniendo en cuenta el papel del calamar gigante en la red trófica marina (Rosas-Luis, 2005) los grupos intraespecíficos podrían maximizar su función dentro del ecosistema.

Relación longitud total del estatolito-longitud dorsal del manto (LE-LDM)

La utilidad de los estatolitos para estudios de edad y crecimiento en calamares está basada en la relación estrecha entre la longitud del estatolito (LE), número de incrementos en los estatolitos (I) y la talla del organismo (LDM) (Hurley y Beck, 1979; Lipiński, 1980, 1986; Kristensen, 1980; Rodhouse y Hatfield, 1990 a y b; Jackson, 1994; Ikeda *et al.*, 1999).

Si bien se han utilizado distintos modelos para representar la interacción LDM-LE y LE-I, todos coinciden en ajustes elevados ($R^2 > 0.87$). Hurley y Beck (1979) y Lipiński (1980) utilizan el modelo exponencial para LE-LDM ($R^2 = 0.96$) y LDM-I ($R^2 = 0.87$) en *Illex illecebrosus*. Lipiński (1986) reporta un modelo logarítmico para LE-LDM en machos ($R^2 = 0.94$) y hembras ($R^2 = 0.89$) de *Alloteuthis subulata*. Morris y Aldrich (1985) utiliza un

modelo lineal para LDM-LE ($R^2=0.97$) y LDM-I ($R^2=0.98$) en calamares >50 mm LDM de *Ilex illecebrosus*.

Para el calamar gigante, Arkhipkin y Murzov (1986) utilizan el modelo Potencial para LDM-LE y LE-I con ajustes de $R^2=0.92$ para ambos casos. Markaida *et al.* (2004) también ajusta los datos de LDM-LE al modelo Potencial ($R^2=0.80$) y el modelo Logístico a los datos de LDM-I ($R^2=0.76$). Mientras que Filauri (2005) ajusta los datos de LDM y LE a dos modelos, Potencial $R^2=0.73$ (machos) y $R^2=0.78$ (hembras) y Lineal $R^2=0.73$ y $R^2=0.77$ respectivamente. En el presente trabajo el modelo utilizado fue el Lineal con $R^2=0.89$ en hembras y $R^2=0.81$ en machos.

Edad

El cálculo de la edad, mediante el conteo de incrementos de crecimiento en los estatolitos de calamar, es el método de mayor aceptación en la actualidad (Arkhipkin y Murzov, 1986; Natsukari *et al.*, 1990; Arkhipkin, 1991; Arkhipkin y Bizikov, 1991); sin embargo es importante tener en cuenta que la resolución en la lectura de los incrementos de crecimiento en los estatolitos tiene que ver con el tamaño del estatolito y diferencias propias de la especie (Jackson, 1994) e incluso la habilidad para lijar y pulir los estatolitos. De los estatolitos procesados de calamar gigante de la costa occidental de la Península de B.C.S., se consiguió leer satisfactoriamente el 92% y 87% de estatolitos de hembras y machos respectivamente, lo cual es un porcentaje elevado.

La premisa de un anillo por día, es considerada actualmente como verdadera para la mayoría de las especies de calamares, incluida la Familia Ommastrephidae, a la cual pertenece el calamar gigante (Hurley y Beck, 1979; Kristensen, 1980; Hurley *et al.*, 1983,

1985; Dawe *et al.*, 1985; Lipiński, 1986; Balch *et al.*, 1988; Caddy, 1991), no obstante se debe estar abierto a la posibilidad de que ésta hipótesis no sea estrictamente cierta para *Dosidicus gigas*, debido a que la hipótesis no ha sido validada para la especie.

Para este trabajo se consideró como verdadera hasta que se realicen los estudios pertinentes para su comprobación o descarte. La edad máxima calculada para el calamar gigante de la costa occidental fue de 391 días en machos y 433 días en hembras, lo cual coincide con la mayoría de los trabajos realizados mediante la técnica de lectura de estatolitos de Arkhipkin y Murzov (1986), Masuda *et al.* (1998), Yatsu (2000), Argüelles *et al.* (2001), Markaida *et al.* (2004) y Filauri (2005) que consideran que el calamar gigante puede alcanzar edades de 1 a 1.5 años.

Si bien, algunos trabajos por medio del análisis de tallas han llegado a la misma conclusión de que el calamar gigante en el Golfo de California vive aproximadamente 1 año (Ehrhardt *et al.*, 1983; Klett-Traulsen, 1996; Nigmatullin *et al.*, 2001), también se ha dado el caso de sobreestimación, con cálculos de edades de 2 años para calamares del Golfo de California (Ehrhardt *et al.*, 1982; Morales-Bojorquez *et al.* (2001) y de hasta 4 años en calamares > 50 cm LDM del Hemisferio sur (Nesis, 1970, 1983). Por otro lado Ehrhardt *et al.* (1983) subestimaron la edad para calamares de 300 mm LDM, asignándoles 3 meses de edad, mientras Arkhipkin y Murzov (1986) por medio la lectura de sus estatolitos calcula 6 meses para calamares de la misma talla (300 mm LDM).

Enfatizando en los trabajos realizados en el Golfo de California por medio de lectura de estatolitos, Markaida *et al.*, (2004) encuentran edades máximas de 442 días para hembras y 372 en machos, similar a Filauri (2005) con edades de 450 días en hembras y 385 días en machos. Los datos de edad máxima no difieren considerablemente entre los

calamares del Hemisferio norte y los del Hemisferio sur, siendo siempre las hembras más grandes y más longevas que los machos.

Microestructura del estatolito

Para aplicar exitosamente la técnica de lectura de estatolitos se deben tener en cuenta varias consideraciones, en primer lugar la calidad de la muestra, ya que de ello depende el procesamiento adecuado de los estatolitos; la meticulosidad del proceso de montaje, lijado y pulido de los estatolitos es básica para lograr el mejor plano de lectura (del núcleo al extremo del domo dorsal) y evitar sobrelijar los estatolitos, lo que significa pérdida de anillos y finalmente una discriminación de los incrementos de crecimiento reales a la luz del microscopio, para evitar lecturas dobles de anillos o en caso contrario no contar todas los incrementos. Al respecto Yatsu (2000) menciona que microscopía óptica tiene la deficiencia de duplicar o enmascarar los anillos de crecimiento, dependiendo de la magnificación que se use, profundidad de enfoque y grosor del estatolito.

Microestructuralmente cada estatolito está dividido en cuatro zonas principales (postnuclear, oscura, transición oscura-periférica y periférica) las cuales se diferencian por su diámetro, la distancia entre cada marca de crecimiento y coloración al ser vista en el microscopio (Kristensen, 1980; Arkhipkin y Murzov, 1986). En los estatolitos procesados se distinguieron claramente las zonas del estatolito; sin embargo la zona de transición y la zona periférica consideradas por Arkhipkin y Murzov (1986) se tomaron como una sola (zona periférica), quedando zona postnuclear (ZP) zona oscura (ZO) y zona periférica (ZPrf), como lo presenta Arkhipkin (1996). En los estatolitos de calamar gigante usados en el presente trabajo no se midió la distancia entre incrementos, sin embargo se logró

diferenciar claramente cada una de las zonas del estatolito por la coloración y el patrón de distribución en los incrementos de crecimiento.

El número promedio de incrementos en ZP (22.4) concuerda con lo propuesto por Arkhipkin y Murzov (1986) quienes sugieren de 25-27 anillos. El número de incrementos en la zona oscura (60.4) y periférica (197 en hembras y 130 en machos) fue mayor a los reportados por los mismos autores con 35-55 en la zona oscura y 190-200 en la zona periférica; tal diferencia en el número de incrementos en ZO y ZPrf debe tener implicaciones del intervalo de tallas utilizado. Arkhipkin (1996) identifica un comportamiento similar en las ZO y ZPrf del estatolito, presentando ambas mayor variabilidad en comparación con la zona postnuclear y sugiere que en dichas zonas es donde se pueden apreciar las diferencias por sexo y área geográfica.

Arkhipkin y Murzov (1986) y Arkhipkin (1999) relacionan las zonas del estatolito de calamares ommastreídeos con las fases ontogénicas del animal (paralarva, juvenil, transición y adulto). Arkhipkin (1999) propone que en el calamar gigante la ZP corresponde a fase de paralarva (0.1 a 1 cm LDM) con la tasa de crecimiento más alto ($>7-8\% \text{ LDM d}^{-1}$) en todo su ciclo de vida; la ZO con la fase de juvenil (1-10 cm LDM) y presenta la tasa de crecimiento más alta entre los ommastreídeos ($7-8\% \text{ LDM d}^{-1}$); la parte interna de ZPrf a la fase de transición de juvenil a adulto (10-15 cm LDM) donde hay una disminución considerable en la tasa de crecimiento, debido a la transición alimenticia de crustáceos a peces y calamares y finalmente la parte externa de ZPrf corresponde a la fase adulta con una tasa de crecimiento lenta ($0.8-1.5\% \text{ LDM d}^{-1}$) en calamares inmaduros y en proceso de maduración y aún más lenta ($0.2-0.4\% \text{ LDM d}^{-1}$) en calamares maduros.

En los estatolitos leídos no se cálculo la proporción del crecimiento total para cada una de las zonas, sin embargo se puede deducir de manera general por el número y el patrón de distribución de los incrementos en cada zona, donde en ZP se observó una separación estrecha y uniforme entre sus incrementos, de lo cual se intuye un crecimiento acelerado en un lapso de tiempo corto (22.4 días). En la ZO se distinguió un engrosamiento, coloración diferente y discriminación de paquetes de incrementos, lo cual podría ser el reflejo de la disminución de la tasa de crecimiento, cambio de alimentación y condiciones ambientales. En la ZPrf la coloración es translúcida y los incrementos están menos separados que en la ZO y al final de ZPrf los incrementos están casi igual de separados que los de la ZP.

La presencia de núcleos secundarios (Fig. 19) es común en la especie y de mayor frecuencia en tallas grandes (Arkhipkin y Murzov, 1986; Markaida, 2001). Una posible explicación de la formación de los núcleos accesorios fue dada por Arkhipkin y Perez (1998) quienes sugieren que se forman debido a un daño en la periferia del estatolito y la precipitación subsecuente de anillos forman un nuevo núcleo, ésta “interrupción” en la depositación de anillos, puede ser el reflejo de una respuesta del organismo a eventos de estrés o condiciones físico-químicas del fluido en los estatocistos, sin embargo resulta difícil conocer que ocasiona exactamente tal proceso (Dawe *et al.*, 1985; Lipiński, 1993; Arkhipkin y Perez, 1998).

Arkhipkin y Murzov (1986) identifican en la ZPrf marcas de mayor intensidad, las cuales reflejan periodos de crecimiento lento, ocasionado el alargamiento de uno o varios incrementos de crecimiento y las denomina “marcas de desove”, relacionándolas con eventos reproductivos como desoves múltiples en el caso de las hembras. En los estatolitos

observados se diferenciaron marcas de mayor intensidad que podrían corresponder a las marcas de desove propuestas por Arkhipkin y Murzov (1986); sin embargo, se observaron en hembras y machos tanto inmaduros como maduros, por lo que no es posible adjudicarlo a eventos reproductivos, por lo menos para los calamares capturados en la costa occidental de la Península de Baja California.

Fecha de nacimiento

La identificación de picos reproductivos es uno de los temas de mayor importancia en la explotación de recursos pesqueros, ya que junto con la fecundidad se puede estimar la biomasa potencial a explotar. Con el uso de los estatolitos se puede conocer la fecha exacta de nacimientos por medio de retrocálculo esto asociado a la proporción de organismos maduros nos indica la temporada de desoves importantes en la población que se este analizando (Bigelow y Landgraf, 1993; Jackson, 1994; Arkhipkin *et al.*, 1996).

En la región central del Golfo de California se han identificado distintos picos reproductivos para el calamar gigante mediante el análisis de estructura de tallas, entre los que se encuentran mayo a junio (Ehrhardth *et al.*, 1983, 1986); diciembre-enero, mayo-junio, agosto-septiembre, septiembre-octubre (Klet-Traulsen, 1996); febrero a mayo-junio (Hernández-Herrera *et al.*, 1996, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001) y julio y septiembre (Guerrero-Escobedo *et al.*, 2002). En el Hemisferio sur la temporada reproductiva está reportada principalmente durante la parte cálida del año (Nesis, 1983; Kuroiwa, 1998; Nigmatullin *et al.* (2001), sin embargo Yamashiro (1996) identifica eventos reproductivos tanto en invierno como en primavera.

Con la lectura de los estatolitos Markaida *et al.* (2004) encuentran que en el calamar gigante existen varias cohortes simultáneas a lo largo del año, por lo que no define un pico reproductivo como tal, sugiriendo que en el Golfo de California el calamar gigante se reproduce a lo largo del año. De igual forma Filauri (2005) si bien identifica un pico reproductivo de septiembre a diciembre, argumenta que no existe ningún tipo de estacionalidad en las fechas de nacimiento por lo que apoya la propuesta de Markaida *et al.* (2004). De manera similar, Masuda *et al.* (1998) encontraron nacimientos y organismos maduros en todo el año en el Hemisferio sur. Argüelles *et al.* (2001) hacen alusión a dos temporadas reproductivas, primavera-verano y otoño- invierno, es decir durante todo el año.

Con el análisis de los estatolitos procesados de la costa occidental de la Península de Baja California, se identificó una temporada de nacimientos de enero-febrero de 2003 y 2004, que concuerda con los meses de mayor proporción de hembras maduras (77.2 %) lo cual podría indicar un pico reproductivo, como lo comenta Ehrhardth *et al.* (1983). Sin embargo el contar con sólo un año de muestreo no permite hacer una conclusión al respecto.

Crecimiento

Una de las características de los cefalópodos es el crecimiento acelerado y ciclo de vida corto (0.5-2 años) con un comportamiento diferencial entre sexos, años, zonas geográficas y fases ontogénicas (Rodhouse y Hatfield, 1990; Arkhipkin y Laptikhovsky, 1994; Arkhipkin, 1999; Yatsu, 2000). El crecimiento acelerado de los cefalópodos depende principalmente de las altas tasa de ingesta alimenticia y de la capacidad de convertir tal

energía en crecimiento somático (Boyle y Rodhouse, 2005). Otros factores que participan en el proceso son la temperatura, donde de manera general a temperaturas elevadas tasas de crecimiento altas (Forsythe, 2004) y actividad migratoria, ya que el costo metabólico necesario para la migración proviene de la energía que potencialmente debería dirigirse al crecimiento (Forsythe y Van Heukelem, 1987). Forsythe (2004), destaca que la tasa de crecimiento y duración de las fases paralarva y juvenil asociadas con la edad a la que alcanzan la madurez determinan la talla máxima representativa de cada especie, por lo cual se deben tener en consideración al momento de estar realizando un trabajo de crecimiento.

En calamares ommastreídeos, Arkhipkin (1999) distingue cuatro fases ontogénicas, cada una con una tasa de crecimiento particular: fase paralarva (5-6% a 7-8 % LDM d⁻¹); juvenil (3-4% LDM d⁻¹); fase de transición donde la tasa de crecimiento disminuye abruptamente en especies oceánicas y paulatinamente en especies costeras y en la fase adulta 0.8- 1.5% LDM d⁻¹ en calamares inmaduros y en proceso de maduración y 0.2-0.4% LDM d⁻¹ en calamares maduros, siendo el calamar gigante el que presenta las tasas de crecimiento más altas en las cuatro fases.

Uno de los principales problemas en estudios crecimiento en calamares es la dificultad de ajustar un solo modelo de crecimiento para todo el ciclo de vida (paralarva a adulto), por lo que se ha optado por representar el crecimiento de paralarvas y juveniles con un modelo (exponencial) y el crecimiento de adultos con un modelo diferente (Boyle y Rodhouse, 2005).

En la fase de paralarva (1-10 mm LDM) a juvenil (10-100 mm LDM) el calamar gigante presenta un crecimiento exponencial $LDM=1.025 \exp(0.067*edad)$; $R^2=0.984$, abarcando un periodo de 1-63 días (Taro-Ichii, 1999; Yatsu, 2000). Por otro lado Yatsu *et*

al (1999b) analizan los estatolitos de paralarvas de calamar gigante obtenidas mediante fertilización artificial, si bien ajustan un modelo lineal a sus datos ($LDM=0.34*edad+1.1429$) reconocen que por las condiciones del experimento e inanición se pudo subestimar la LDM, y apoyan la hipótesis de crecimiento exponencial en paralarvas; lo cual ha sido identificado para otros ommastrephidos como *Ommastrephes bartramii* ($LDM=0.95 \exp(0.67*edad)$) (Bower, 1996). El crecimiento exponencial en esta fase se puede explicar por la estrategia de que un crecimiento acelerado durante esta fase, disminuye la mortalidad natural por depredación y permite cazar activamente más eficientemente. En el presente trabajo no se obtuvieron muestras de tallas menores a 100 mm LDM por lo que no se pudo evaluar el crecimiento para dichas fases. Para obtener las muestras que completen el intervalo de tallas correspondiente a las fases paralarva y juvenil se recomienda realizar arrastres de plancton con red bongo para paralarvas y arrastres de plancton de media agua Isaac Kid Trawling Net para juveniles (Diekmann y Piatkowski, 2002).

Después de la fase juvenil, el crecimiento ya no es tan acelerado, y los modelos utilizados para describir su crecimiento van desde von Bertalanffy (Nesis, 1970; Ehrhardt *et al.*, 1982, 1986; Klett-Traulsen, 1996; Hernández-Herrera *et al.*, 1998); Lineal (Masuda *et al.*, 1998; Yatsu, 2000), Exponencial (Arkhipkin y Murzov, 1986; Argüelles *et al.*, 2001) y Logístico Integral (Markaida *et al.*, 2004; Filauri, 2005). El modelo Logístico Integral representa de una manera satisfactoria el crecimiento individual del calamar gigante *Dosidicus gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California, ya que además de presentar coeficientes de correlación (R^2) elevados y CV menores; todos los parámetros del modelo fueron altamente significativos. El modelo Logístico Integral ha descrito adecuadamente el crecimiento de distintas especies de calamares, entre ellos *Nototodarus*

sloani (Uozumi y Ohara, 1993), *Martialia hyadesi* (Arkhipkin y Silvanovich, 1997), *Todarodes sagittatus* (Arkhipkin *et al.*, 1999) e *Illex coindetii* (Arkhipkin *et al.*, 2000).

El modelo de von Bertalanffy fue usado para explicar el crecimiento de calamar gigante, en los trabajos basados en la distribución de tallas (Ehrhardt *et al.*, 1982, 1986; Klett-Traulsen, 1996; Hernández-Herrera *et al.*, 1998), sin embargo se ha demostrado que no es la mejor opción para describir el crecimiento de cefalópodos (Jackson, 1994); ya que asume que los parámetros L_{∞} y k son constantes a lo largo de toda la historia de vida (Sainsbury, 1980), lo cual no sucede en cefalópodos. La ineficacia del modelo von Bertalanffy para el crecimiento de calamar gigante fue evidente en el análisis realizado, ya que ninguno de sus parámetros (L_{∞} , k y t_0) tuvo validez estadística.

Comparación de curvas de crecimiento

La razón principal de que el crecimiento entre machos y hembras sea diferente en calamares, es que los machos inician el proceso de maduración antes que las hembras, dirigiendo la mayor cantidad de energía al proceso reproductivo (desarrollo gonadal y estrategias reproductivas) antes que las hembras, por lo que alcanzan tallas menores (Forsythe y Van Heukelem, 1987; Rodhouse y Hatfield, 1990 a y b ,1992). En todos los ommastreídeos se ha detectado dicho patrón, hembras más grandes que machos (Arkhipkin, 2004).

El crecimiento diferencial entre sexos es reconocido para el calamar gigante (Arkhipkin y Murzov, 1986; Markaida *et al.*, 2004). En este trabajo se encontró el mismo patrón general donde las hembras fueron más grandes (768 mm LDM) que los machos (720 mm LDM) a una edad de 1.4 años. Yatsu (2000) identifica el crecimiento diferencial

entre sexos, pero argumenta que tal diferencia es mínima, basándose en los datos de Masuda *et al.* (1998) quienes solo diferencian estadísticamente el crecimiento de machos y hembras para una de las tres temporadas de identificadas. Markaida *et al.* (2004) identifica una diferencia estadística significativa en el crecimiento de hembras y machos de calamar gigante en la región central del Golfo de California, siendo las hembras más grandes y longevas (15 meses; $L_{\infty}=999.1$; $R^2=0.9$) que los machos (12 meses; $L_{\infty}=945.0$; $R^2=0.88$). Filauri (2005) concuerda con que las hembras crecen más que los machos a pesar de que las diferencias no fueron significativas.

También se pudo diferenciar el crecimiento entre los calamares del Golfo de California analizados por Markaida *et al.*, (2004) y los de la costa occidental de la Península de Baja California ($F_{3,385}=51.5$; $p<0.001$ y $F_{3,385}=12.2$; $p<0.001$), donde hembras y machos del Golfo de California alcanzan tallas más grandes. Arkhipkin (1996) comprueba que *Illex coindetii* crece de manera diferente en zonas geográficas diferentes.

Teniendo en cuenta que calamares que nacen en temporadas distintas (fechas de nacimiento) y zonas diferentes están sujetos a condiciones ambientales distintas (disponibilidad de alimento y temperatura), es de esperarse que el crecimiento sea también diferente (Arkhipkin *et al.*, 2000; Arkhipkin, 2004), lo cual fue corroborado por Jackson y Choat (1992) para *Loligo chinensis* nacidos en primavera e invierno.

La diferencia entre el crecimiento de calamares nacidos en distintas temporadas, ha sido abordado por Masuda *et al.* (1998) quienes encuentran que los machos y hembras de calamar gigante nacidos en junio-septiembre crecieron más que los que nacieron en febrero-mayo. Argüelles *et al.* (2001) reporta un crecimiento relativo de 6.7% LDM en calamares chicos y de 2% LDM en los grandes revelando además diferencias estacionales,

Markaida *et al.* (2004) encuentra diferencia estadística significativa en el crecimiento estacional de hembras de calamar gigante del Golfo de California.

En este caso, se notó una diferencia estadística en el crecimiento de los calamares que nacieron en 2003 y los que nacieron en 2004, sin embargo debido al tamaño de muestra se recomienda tomar los datos puntuales con precaución, específicamente en el caso de los machos.

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se refiere a la proporción de incremento en peso o talla en un intervalo de tiempo, para lo cual es necesario conocer las dimensiones corporales (talla o peso) y la edad (Boyle y Rodhouse, 2005), dicha tasa de crecimiento varía con el sexo, estación, cohortes, áreas geográficas y años (Lipiński, 1991; Arkhipkin y Perez, 1998).

Para el calamar gigante se han calculado distintas tasas de crecimiento, entre las que se encuentran las calculadas mediante el análisis de tallas como las de Nesis (1970, 1983) de 2-2.5 cm/mes en calamares chicos de 1 año y 1-1.2 cm/mes en calamares medianos de dos años de vida, mientras que para los calamares grandes (3 a 4 años de vida) no comenta valores específicos; Ehrhardt *et al.*, (1982a) hace lo propio para el calamar gigante del Golfo de California con tasas de crecimiento de 1-2 a 10 cm/mes; Klett-Traulsen (1996) reporta tasas de crecimiento mensuales (k) para cada una de las 5 cohortes identificadas 0.19, 0.15, 0.25 y 0.42; Hernández-Herrera *et al.* (1998) reporta un $k=0.8$ anual; Clarke y Paliza (2000) calcula 9 cm/ mes para calamares de 4 meses de edad y 1-2 cm/mes para calamares de 7-10 meses de edad.

Entre las tasas de crecimiento calculadas por la lectura de estatolitos se encuentran las de Argüelles *et al.* (2001) de 6-7% LDM en calamares chicos y 2% LDM en calamares grandes. Markaida *et al.* (2004) 2 mm LDM d⁻¹ en hembras y machos durante los primeros 5 meses y 2.65 mm LDM d⁻¹ y 2.44 mm LDM d⁻¹ a los 8 y 9 meses para hembras y machos respectivamente. Filauri (2005) reporta 1.47 mm LDM d⁻¹ en machos y 1.55 mm LDM d⁻¹ en hembras de 3.5 meses, 2 mm LDM d⁻¹ a 4-6 meses en hembras y 4 meses en machos y 2.26 mm LDM d⁻¹ a los 9.1 meses en hembras y 2.08 mm LDM d⁻¹ en machos de 9.3 meses.

La tasa de crecimiento en la costa occidental de la Península de Baja California calculada para este trabajo fue de 1.49 mm LDM d⁻¹ en hembras y 1.73 mm LDM d⁻¹ en machos de 4 meses de edad, 2.09 mm LDM d⁻¹ en hembras de 7.8 meses y 2.1 mm LDM d⁻¹ en machos de 7.1 meses, disminuyendo considerablemente en organismos longevos 0.97 mm LDM d⁻¹ y 0.49 mm LDM d⁻¹ para hembras y machos respectivamente, coincidiendo con Markaida *et al.*, (2004) y Filauri (2005).

Al comparar la tasa de crecimiento con otros ommastrefidos *Illex ilicebrosus* de 0.3-1 mm LDM d⁻¹ (Arkhipkin y Fetisov, 2000), 0.8-0.9 mm LDM d⁻¹ en *Todarodes japonicus* (Jackson y Choat, 1992) se nota que el calamar gigante presenta tasas de crecimiento superiores, con excepciones como la de las *Sthenoteuthis oualaniensis* con 2.3-3.8 mm LDM d⁻¹ en hembras desovantes, sin embargo teniendo en cuenta la talla que alcanza al año de vida (500 mm LDM), entonces el crecimiento promedio es menor (Arkhipkin y Mikheev, 1992).

La diferencia en el crecimiento entre años ha sido reportada en ommastrefidos como *Todarodes angolensis* (Villanueva, 1992), con lo cual comprueba la gran plasticidad y

capacidad de respuesta fisiológica de los cefalópodos a los factores ambientales, principalmente el alimento (disponibilidad y asimilación) y la temperatura (Arkhipkin, 2004).

Al comparar el crecimiento de hembras de calamar gigante que nacieron en el 2003 con las del 2004, se notó que las del 2003 crecieron en promedio 1.2 mm LDM d⁻¹, mientras que las hembras de 2004 crecieron 1.6 mm LDM d⁻¹ a los 300 días y 0.7 mm LDM d⁻¹ a los 420 días, lo cual comprueba el efecto de las condiciones ambientales durante las primeras fases de vida son determinantes en el crecimiento del calamar gigante.

Conclusiones

- La distribución temporal del calamar gigante *Dosidicus gigas* en la costa occidental de la Península de Baja California es constante a lo largo del año.
- En el 2004 se presentaron dos grupos intraespecíficos de calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja: calamares medianos y calamares grandes.
- Existe un crecimiento diferencial por sexos para el calamar gigante en la costa occidental de la Península de Baja California, donde las hembras alcanzan mayores tallas y edades.
- Existe un crecimiento diferencial por zonas para el calamar gigante en el noroeste mexicano, donde los calamares del Golfo de California crecen más que los de la costa occidental de la Península de Baja California
- Las hembras de la costa occidental de la Península de Baja California nacidas en el 2003 tuvieron un crecimiento menor que las nacidas en 2004

- La tasa de crecimiento diaria máxima de calamar gigante de la costa occidental de la Península de Baja California fue $2.09 \text{ mm LDM d}^{-1}$ a los 7.8 meses en hembras y de 2.1 a los 7.1 meses en machos.

Literatura citada

- Aguilar, V. F. 1984. Modelo de crecimiento para organismos que guardan proporciones alométricas. Universidad Autónoma de Sinaloa. **Ciencias del Mar**. Época 1. Año 2 (6)
- Anderson, M. E. 1978. Notes on cephalopods of Monterey Bay, California, with new record for the area. **Veliger**. 21:255-262
- Anderson, C. I. H. & P. G. Rodhouse. 2001. Life cycles, oceanography and variability: ommastrephid squid in variable oceanographic environments. **Fish Res**. 54:133-143
- Argüelles-Torres, J. 1996. Crecimiento y reclutamiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú (1991 a 1994). **Inf. Prog. Inst. Mar Perú**. 23: 1-14
- Argüelles, J.; Rodhouse, P. G.; Villegas, P. & G. Castillo. 2001. Age, growth and population structure of the Jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. **Fish Res**. 54:51-61
- Arkhipkin, A. I. 1989. Taxonomic description plan, collection and processing technique used for statoliths of squids and cuttlefish. **Kaliningrad**. (En Ruso, Abstract en Ingles). 115-120
- Arkhipkin, A. I. 1991. Methods for cephalopod age and growth studies with emphasis on statolith ageing techniques. **En: Jereb, P.; Ragonese, S. & S. V. Boletzky. (Eds.) Squid age determination using statoliths**, pp. 11-17. Proceedings of the international workshop, 9-14 October 1989. Instituto di Tecnologia de Ila Pesca e del Pescato. N. T. R.-I. T. P. P. Italia. Publication Especial No. 1
- Arkhipkin, A. I. 1996. Geographical variation in growth and maturation of the squid *Illex coindetii* (Oegopsida, Ommastrephidae) off the North-West African coast. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 76:1091-1106
- Arkhipkin, A. I. 1999. Growth at different ontogenetic phases in the ommastrephid squids. **First International Symposium on Pacific Squids**, durante el VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Trujillo Perú. Octubre 1999.
- Arkhipkin, A. I. 2004. Diversity in growth and longevity in short-lived animals: squid of the suborder Oegopsina. **Mar. Freshw. Res**. 55: 341-355
- Arkhipkin, A. I. & S. A. Murzov. 1986. Age and growth of the jumbo squid *Dosidicus gigas*. **En: Ivanov, B. G. (Ed.). Present State of Fishery for squids and prospects of its development**. VNIRO Press. Moscow. 107-123 (En Ruso, Abstract en Ingles)
- Arkhipkin, A. I. & V. A. Bizikov, 1991. Comparative Analysis of age and growth rates estimation using statoliths and gladius in squid. **En: Jereb, P.; Ragonese, S. & S. V. Boletzky. (Eds.). Squid age determination using statoliths**, pp. 11-17. Proceedings of the international workshop, 9-14 October 1989. Instituto di Tecnologia de Ila Pesca e del Pescato. N. T. R.-I. T. P. P. Italia. Publication Especial No. 1
- Arkhipkin, A. I. & A. Mikheev. 1992. Age and growth of the squid *Sthenoteuthis pteropus* (Oegopsida, Ommastrephidae) from the Central East Atlantic. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 163 (2): 261-276
- Arkhipkin A. I. & V. Laptikhovskiy. 1994. Seasonal and interannual variability in growth and maturation of winter-spawning *Illex argentinus* (Cephalopoda, Ommastrephidae) in the southwest Atlantic. **Aquatic Living Resources**. 7:221-232

- Arkhipkin, A. I. y N. V. Silvanovich. 1997. Age, growth and maturation of the squid *Martialia hyadesi* (Cephalopoda, Ommastrephidae) in the south-west Atlantic. **Antarct. Sci.** 9(4): 373-380
- Arkhipkin, A. I. & A. A. Pérez. 1998. Life-history reconstruction. **En:** Rodhouse, P. G.; Dawe, E. G. & R. K. O'Dor (Eds). Squids recruitment dynamics: The genus *Illex* as a model, the comercial *Illex* species and influences on varibility. **FAO Fis Tech Pap.** 376:157-180
- Arkhipkin, A. I. & A. A. Fetisov, 2000. Population structure and grow of the squid *Illex illecebrosus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Nova Scotia, north-west Atlantic. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 80 (967-968)
- Arkhipkin, A. I.; Bizikov, V. A. & K. N. Nesis. 1996. Distribution, stock structure, and growth of the squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) (Cephalopoda, Gonatidae) during summer and fall in the western Bering sea. **Fish. Bull.** 94: 1-30
- Arkhipkin, A. I.; Laptikhovsky, V. & A. Golub. 1999. Population structure and growth of the squid *Todarodes sagittatus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in northwest African waters. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 79: 467-477
- Arkhipkin, A. I.; Jereb, P. & S. Ragonese. 2000. Growth and maturation in two successive groups of the short-finned squid, *Illex coindetii* from the Strait of Sicily (Central Mediterranean). **ICES J Mar Sci.** 57: 31-41
- Arreguín-Sánchez, F. 2000. Modelación de flujos de biomasa en Centros de Actividad Biológica. **En** Lluch-Belda, D.; Elourduy-Garay.; Lluch-Cota, S. E. y G. Ponce-Díaz. (Eds). **BACs Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano**. CIB-CICIMAR-CONACYT. México. 367pp.
- Bakun, A. & J. Csirke. 1998. Enviromental processes and recruitment variability. **En** Rodhouse, P. G.;Dawe, E.G. &R.K. O'Dor (Eds). **Squid recruitment Dynamics.** 376:105-124. Rome. FAO
- Balch, N.; Sirois, A. & G. V. Hurley. 1988. Growth increments in statoliths from paralarvae of the Ommastrephid squid *Illex* (Cephalopoda, Teuthoidea). **Malacologia.** 29:103-112
- Bartsch, P. 1935. An invasion of Monterey Bay by squids. **Nautilus.** 48(3): 107-108
- Blake, D. A. 1982. The successful introduction and promotion of a new product: grande calamari. **Proceedings of the International Squid Symposium.** August 9-12, 1981. Boston, Massachusetts. Pp. 287-294. No publicado. New York
- Bello, G. 1991. Growth by weight versus growth by length in cephalopods. **En:** Jereb, P.; Ragonese, S. & S. V. Boletzky. (Eds.) **Squid age determination using statoliths.** Proceedings of the international workshop, 9-14 October 1989. Instituto di Tecnologia de lla Pesca e del Pescato. N. T. R-I. T. P. P. Italia. Publication Especial No. 1
- Bigelow, K. A & K. C. Landgraf. 1993. Hatch dates growth of *Ommastrephes bartramii* paralarvae from Hawaiian waters as determined from statoliths analysis. **En:** Okutani, T.; O'Dor, R. K. & T. Kubodera. (Eds). **Recents advances in fisheries biology.** Tokai University Press. Tokyo. 15-24
- Boyle, P. & P. Rodhouse. 2005. **Cephalopods Ecology and Fisheries.** Blackwell publishing. 452 pp.

- Bower, J. R. 1996. Estimates paralarve drift and inferred hatching sites for *Ommastrephes bartramii* (Cephalopoda:Ommastrephidae) near the Hawaiiin Archipiélago. **Fish Bull. U.S.** 94: 398-411
- Brito-Castillo, L.; Alcántara-Razo, E.; Morales-Azpeitia, R. & C. A. Salinas-Zavala. 2000. Water temperatures in the Gulf of California in may and june 1996 and their relation to the capture of giant squid (*Dosidicus gigas* D'orbigny, 1835). **Cienc. Mar.** 26(3): 413-440
- Brusca R. C. & G. J. Brusca. 1990. **Invertebrates**. USA. SINAUER . 570 pp.
- Burke, J. & C. Newberg. 2004. Occurrence of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, off the Oregon coast: its capture and life in captivity. **Drum & Croaker: A Highly Irregular Journal for the Public Aquarist**. 35:3-7
- Caddy, J. E. 1991. Daily rings on squid statolith; an opportunity to test standard population model? **En:** Jereb, P.; Ragonese, S. & S. V. Boletzky. (Eds.) **Squid age determination using statoliths**. pp. 11-17. Proceedings of the international workshop, 9-14 October 1989. Instituto di Tecnologia de lla Pesca e del Pescato. N. T. R.-I. T. P. P. Italia. Publication Especial No. 1
- Campana, S. E. & J. D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 44: 1014-1032
- Cassie, R. M. 1954. Some use of probability paper in the analysis of the size frequency distribution. **Aus. J. Mar. Freswat. Res.** 5: 513-522
- Chelton, D. B.; Bernal, P.A. & J. A. MacGowan. 1982. Large scale interannual physical and biological interaction in the California Current. **J. Mar. Res.** 40:1095-1125
- Clark, F. N. & J. B. Phillips. 1936. Commercial use of jumbo squid, *Dosidicus gigas*. **Calif. Fish Game** 22(2): 143-144
- Clarke, M. R. 1965. Growth rings in the beaks of the squid *Moroteuthis ingens* (Oegopsida: Onychoteuthidae). **Malacologia**. 3(2): 287-307
- Clarke, M. R. 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. **Adv. Mar. Biol.** 4:91-300
- Clarke, M. R. 1978. The cephalopod statolith-an introduction to its form. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 58:701-712
- Clarke, M. R y O. Paliza. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). **Rev Biol Mar y Ocean**. 35 (1):1-39
- CNN, en línea: <http://websearch.cnn.com/websearch/search?query=Jumbo+squid+wash+upon&pager.offset=10>. Cable News Network LP, LLLP. Copyright 2006. enero 2005
- Cubillos, S. L.; Ibáñez, C. C.; González, A. C. y O. A. Sepúlveda. 2004. Pesca de Investigación: Pesca de jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X regiones, año 2003. **Informe Final. INP**. Chile. 48 pp.
- Coelho, M. L. & R. K. O'Dor. 1993. Maturation, spawning patterns and mean size at maturity in the Short-Finnes squid *Illex illecebrosus*. **En:** Okutani, T.; O'Dor, R. K. & T. Kubodera. (Eds.). **Recents advances in fisheries biology**. Tokai University Press. Tokyo. 81-91
- Crocker, R. S. 1937. Further notes on the jumbo squid, *Dosidicus gigas*. **Calif. Fish Game**. 23(3): 246-247
- CTV.ca, en línea: <http://www.ctv.ca/servlet/ArticleNews/print/CTVNews/20041015/squid041015/20041015/?hub=SciTech&subhub=PrintStory>. Canadian Televi

- sion Bell Globemedia Inc. Copyright 2002-2006. octubre 2004
- Dawe, E. G.; O'Dor, R. K.; Odense, P. H. & G. V. Hurley. 1985. Validation and application of an ageing technique for short-finned squid (*Illex illecebrosus*). **J NW Atlanc Fish Sci.** 6: 107-116
- Dawe, E. G. & Y. Natsukari. 1991. Light microscopy. **En** P. Jereb, S.; Ragonese & S. V. Boletzky, (Eds). **Squid age determination using statoliths**, pp. 83-95. Proceedings of the international workshop held in the Instituto di Tecnología de Ila Pesca e del Pescato, 9-14 October 1989. N.T.R.-I.T.P.P. Publication Especial No. 1
- De la Rosa, M.; Silva J. T.; García-Tirado V. M. y S. García-Peña. 1992. El calamar: una pesquería en desarrollo. **Pesquerías relevantes de México**. Tomo I. 287-309.
- Diekmann, R. & U. Piatkowski. 2002. Early life stages of cephalopods in the Sargasso Sea: distribution and diversity relative to hydrographic conditions. **Mar. Biol.** 141:123-130
- Dimáte-Velásquez, N. R. 2005. Análisis de las capturas comerciales del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) entre 1996-2003 en el Golfo de California (México) y su relación con la temperatura superficial del mar durante el evento ENSO 1997-1998. **Tesis de Licenciatura**. Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogota, Colombia. 59 pp.
- Durholtz, M. D.; Lipinski, M. R. & J. G. Field. 2002. Laboratory validation of periodicity of incrementation in statoliths of the South African chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii* (D'Orbigny, 1845): a reevaluation. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 279:41-59
- Ehrhardt, N. M.; Jacquemin P. S.; Solís A. N.; García F. B.; González, G. D.; Ortiz, J. G. C y R. P. Ulloa. 1982a. Crecimiento de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México durante 1980. **Cienc Pesq.** 3: 33-39
- Ehrhardt, N. M.; Jacquemin, P. S.; González, G. D.; Ulloa, P. R.; García, F. B.; Ortiz, J. G. C. y A. N. Solís. 1982b. Descripción de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* durante 1980 en el Golfo de California. Flota y poder de pesca. **Cienc Pesq.** 3: 41-60
- Ehrhardt, N. M.; Jacquemin, P. S.; García, F. B.; González, G. D.; López J. M. B.; Ortiz, J. G. C. & A. N. Solís. 1983. On the fishery and biology of the giant squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. **FAO Fis Tech Pap.** 231:306-340
- Ehrhardt, N. M.; Solís N.; Jacquemin, P. S.; Ortiz J. G. C.; Ulloa R. P.; González G. D. y F. B. García. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. **Cienc Pesq.** 5: 63-76
- Filauri, V. N. 2005. Patrón de crecimiento y estructura poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*, Orbigny 1835) en la región central del Golfo de California. **Tesis de Maestría**. UNAM. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Mazatlán, México. 59 pp.
- Forsythe, J. W. 2004. Accounting for the effect of temperature on squid growth in nature: from hypothesis to practice. **Mar. Freshw. Res.** 55:331-339
- Forsythe, J. W. y W. F. Van Heukelem. 1987. Growth. **En**: Boyle P. R. (Ed.). **Cephalopod Life Cycles**. Vol. II, Comparative reviews. Academic Press. London. 441 pp.
- Gerrero-Escobedo, F. J.; Galván-Magaña, F.; León-Carballo, G. y M. A. Reinecke-Reyes. 1992. Abundancia relativa y composición de tallas del calamar gigante *Dosidicus gigas*, D'Orbigny (1935), en la costa oriental de Baja California Sur, México. No

- publicado. **IV Congreso de la asociación de Investigadores del Mar de Cortés**, Ensenada B. C., México. 2-4 de septiembre de 1992, 14 pp.
- Gerrero-Escobedo, F. J.; Guerrero-Torrescano, F. J. y A. Flores-Santillán. 2002. La pesquería de calamar gigante: un análisis de las capturas en 1996 en Santa Rosalía, Baja California Sur, México. **Acta científica**. CRIP-La Paz. 1:24-30
- Hammann, M. G.; Palleiro-Nayar J. S. & O. Sosa-Nishizaki. 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. **CalCOFI Rep.** 36:127-133
- Hatfiel, E. M. C. & F. G. Hochberg. 1999. *Dosidicus gigas* in Californian waters: correlation with El Niño events?. **First International Symposium on the Pacific Squids**. durante el VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Trujillo Perú. Octubre , 1999
- Henry, A. 2002. Squid stranding on southern California beaches. California Department of Fish and Game. **Marine Management News**. September 3(3): 8
- Hernández-Herrera, A.; Morales-Bojórquez, E.; Nevárez-Martínez, M. O.; Balmorí-Ramírez, A. & G. I. Rivera-Parra. 1996. Distribución de tallas y aspectos de la reproducción del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México, en 1996. INP. SEMARNAP. **Cienc Pesq.** 12:85-89
- Hernández-Herrera, A.; Morales-Bojórquez, E.; Cisneros-Mata, M. A.; Nevárez-Martínez, M. O. & G. I. Rivera-Parra. 1998. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. **CalCOFI Rep.** 39:212-218
- Hernández-Herrera, A.; Morales-Bojórquez, E.; Sierra-Rodríguez, P.; Solís-Nava, A.; Nevárez-Martínez, M. O.; Balmorí-Ramírez, A.; García-Badillo, F. J.; Ramos-Montiel, A.; Guerrero-Escobedo F. J y E. Miranda-Mier. 2000. Calamar Gigante. **En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo 1997-1998**. SEMARNAP-INP. 17 pp.
- Hernández-López, J. L; Castro-Hernández, J. J. & V. Hernández-García. 2001. Age determined from the daily deposition of concentric rings on common octopus (*Octopus vulgaris*) beaks. **Fish. Bull.** 99:679-681
- Hixon, R. E. 1980. Growth, reproductive biology, distribution and abundance of three species of Loliginid squid (Myopsida, Cephalopoda) in the northwest Gulf of Mexico. **Ph D. Thesis**. University of Miami. Coral Gables. Florida. 233 pp.
- Hixon, R. E. & M. R. Villoch. 1984. Growth rings in the statoliths of young laboratory cultured squids (*Loligo opalescens*). **Am. Malacol. Bull.** 2:93
- Hurley G. V. & P. Beck. 1979. The observation of growth rings in statoliths from ommastrephid squid, *Illex illecebrosus*. **Bull. Am. Malacol. Union. Inc** 23-29
- Hurley, G. V.; Odense, P. H.; O'Dor, R. K. & E. G. Dawe. 1983. First marking of squid (*Illex illecebrosus*) with tetracycline and strontium in captivity. **NAFO Scientific Document.** 83/VI/31
- Hurley, G. V.; Odense, P. H.; O'Dor, R. K. & E. G. Dawe. 1985. Strontium labelling for verifying daily growth increments in the statolith of the short-finned squid (*Illex illecebrosus*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 42: 380-383
- Huyer, A. 1983. Coastal Upwelling in the California Current System. **Prog. Oceanogr.** 12: 259-284

- Ikeda, Y.; Wada, Y.; Arai, N. & W. Sakamoto. 1999. Note on size variation of body and statoliths in the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* hatchlings. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 79:757-759
- INP, 1990. Informe técnico preliminar sobre los cruceros de pesca de prospección de calamar gigante *Dosidicus gigas*, efectuados durante los meses de octubre de 1989 a febrero de 1990. **INP**. Baja California, México. 13 pp.
- INP, 1992. Programa Nacional de Calamar en el Pacífico Mexicano”. Secretaría de Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. Informe Técnico **INP**. Baja California, México. 24pp.
- Iverson, I. L. K. & L. Pinkas. 1971. A pictorial guide to beaks of certain eastern pacific cephalopods. **Fish. Bull.** 152: 83-105
- Jackson, G. D. 1990. The use of tetracycline staining techniques to determine statolith growth ring periodicity in the tropical loliginid squids *Loliolus noctiluca* and *Loligo chinensis*. **Veliger.** 33: 389–393
- Jackson, G. D. 1994. Applications and future potential on statolith increments analysis in squids and sepioids. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 51: 2612-2625
- Jackson, G. D. & J. H. Choat. 1992. Growth in tropical cephalopods; an analysis based on statolith microstructure. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 49: 218-228
- Jackson, G. D. & J. W. Forsythe. 2002. Statolith age validation and growth of *Loligo plei* (Cephalopoda:Loliginidae) in the north-west Gulf of Mexico during spring/summer. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 82:677-678
- Jackson, G. D.; Arkhipkin, A. I.; Bizikov, V. A. & R. T. Hanlon. 1993. Laboratory and field corroboration of age and growth from statolith and gladii of the loliginid squid *Sepioteuthis lessoniana*. **En** Okutani, T.; O’Dor R. K. & T. Kubodera. (Eds). **Recent advances in cephalopod fisheries biology**. Tokai University Press. Tokyo. 189:199
- Jackson, G. D.; Alford R. A. & J. H. Choat. 2000. Can length frequency analysis be used to determine squid growth? – An assessment of ELEFAN. **ICES J Mar Sci.** 57: 948–954
- Kalish, J. M. 1989. Otolith microchemistry: validation of the effects of physiology, age and environment on otolith composition. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 132:151-178
- Klett, A. 1981. Estado actual de la pesquería del calamar gigante en el estado de Baja California Sur. Departamento de Pesca de México. **Serie Científica.** 21: 1-28
- Klett, A. 1982. Jumbo squid fishery in the Gulf of California, Mexico. **Proceedings of the International Squids Symposium**, August 9-12, 1981, Boston, Massachusetts. New-England Fisheries Development Found., Inc. Boston, MA, USA. 81-100
- Klett-Traulsen. A. 1996. Pesquería del calamar gigante. **En:** Valdez, M. C. y D. G. Ponce (Eds). **Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur.** 127-149
- Kristensen, T. K. 1980. Periodical growth rings in cephalopod statoliths. **Dana.** 1: 39-51
- Kuroiwa, M. 1996. Exploration of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, resources in the Southeastern Pacific Ocean with notes on the history of jigging surveys by the Japan Marine Fishery Resources Research Center. **En:** Okutani T. (Ed) **Contributed Papers to International Symposium on Large Pelagic Squids**. Japan Marine Fishery Resources Research Center. Tokyo.
- Lipiński, M. R. 1978. The age of squids, *Illex illecebrosus* (LeSueur, 1821), from their statoliths. **ICNAF Res Doc.** 4 pp.
- Lipiński, M. R. 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.** 40 pp.
- Lipiński, M. R. 1980. Statoliths as a possible tool for squid age determination. **NAFO. SCR Doc.** 22: 17 pp.
- Lipiński, M. R. 1981. Statoliths as a possible tool for squid age determination. **Bull. Acad. Pol. Sci.** 28(10-11): 569-582
- Lipiński, M. R. 1986. Methods for validation of squid age from statoliths. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 66: 505-526
- Lipiński, M. R. 1993. The deposition of statoliths: a working hypothesis. **En:** Okutani, T.; O'Dor, R. K. & T. Kubodera. (Eds). **Recent advances in fisheries biology.** Tokai University Press. Tokyo. 241-262
- Lipiński, M. R. & L. G. Underhill. 1995. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum?. **S. Afr. J. Mar. Sci.** 15: 207-223
- Lipiński, M. R.; Dawe, E. & Y. Natsukari. 1991. Introduction. **En:** Jereb, P.; Ragonese S. & S. V. Boletzky (Eds.). **Squid age determination using statoliths.** pp. 77-81. Proceedings of the international workshop, 9-14 October 1989, Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato, N.T.R.-I.T.P.P. Publ. Especial No. 1, Mazara del Vallo, Sicilia, Italia. 127 pp.
- Lipinski, M. R.; Durholtz, M. D. & L. G. Underhill. 1998. Field validation of age readings from the statoliths of chokka squid (*Loligo vulgaris reynaudii* d'Orbigny, 1845) and an assessment of associated errors. **ICES J Mar Sci** 55:240–257
- Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. **En:** Lluch-Belda, D.; Elourduy-Garay.; Lluch-Cota, S. E. y G. Ponce-Díaz. (Eds). **BACs Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano.** CIB-CICIMAR-CONACYT. México. 367pp.
- Lluch-Belda, D.; Lluch-Cota, D. B. & S. E. Lluch-Cota. 2002. Is interannual change predictable at the California Current System?. **Oceanography of Eastern Pacific.** 2:74-85
- Lluch-Belda, D.; Lluch-Cota, D. B. & S. E. Lluch-Cota. 2003a. Baja California's biological transition zone refuges for the California sardine. **J. Oceanogr.** 59:503-513
- Lluch-Belda, D.; Lluch-Cota, D. B. & S. E. Lluch-Cota. 2003b. Interannual variability impacts on the California Current. Large Marine Ecosystem. **En:** Hempel, G. & K. Sherman (Eds). **Trends in Exploitation, Protection and Reserch.** Vol 12. First edition. ELSEVIER.
- Lluch-Belda, D.; Lluch-Cota, D. B. & S. E. Lluch-Cota. 2005. Changes in marine faunal distributions and ENSO events in the California Current. **Fish Oceanogr.** 14(6): 458-467
- Lluch-Cota, D. B.; Hernández_Vázquez, S. & S. E. Lluch-Cota. 1997. Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and El Niño-Southern Oscillation (ENSO). **FAO Fisheries Circular.** (34)
- Lluch-Cota, D. B.; Lluch-Belda, D.; Lluch-Cota, S. E.; López-Martínez, J.; Nevárez-Martínez, M. O.; Ponce-Díaz, G.; Salinas-Zavala, C.; Vega-Velásquez, A.; Lara-Lara, J. R.; Hamman, G. & J. Morales. 1999. Las pesquerías y El Niño. **En:** Magaña-Rueda, V. O. (Ed) **Los impactos de El Niño en México.** DGP-SG-UNAM-IAI-SEP-CONACYT. México. 137-178

- Lluch-Cota, D. B.; Wooster, S. W. & S. R. Hare. 2001. Sea surface temperature variability in coastal areas of the Northeastern Pacific related to the El Niño-Southern Oscillations and the Pacific Decadal Oscillation. **Geophys. Res. Lett.** 28(10):2029-2032
- Longhurst, A. R. 1966. The pelagic phase of *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea, Galatheidae) in the California Current. **CalCOFI Invest. Rep.** 11:142-154
- Lovgren S., en línea: http://news.nationalgeographic.com/news/2005/02/0223_050223.html. Nacional Geographic. febrero 2005
- Lynn, R. J. & J. J. Simpson. 1987. The California current system: The seasonal variability of its physical characteristics. **J. Geophys. Res.** 92(12):12,947-12,966
- Masuda, S.; Yokawa, K.; Yatsu, A. & S. Kawahara. 1998. Growth and population structure of *Dosidicus gigas* in the Southeastern Pacific Ocean. **En: Okutani, T. (Ed.). Contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids. Tokyo, July 18-19, 1996.** JAMARC (Japan Marine Fishery Resources Research Center). 269 pp.
- Mariátegui, L.; Soto-Ladrón de Guevara, M. y S. Aguilar. 1999. Changes of the catches, effort and CPUE of giant squid *Dosidicus gigas* and the relationship with sea surface temperature in Peru during 1994. **First International Symposium on Pacific Squid.** Durante el VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Trujillo, Perú. Octubre de 1999.
- Markaida, U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (CEPHALOPODA: OMMASTREPHIDAE) en el Golfo de California, México. **Tesis doctoral.** Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Baja California, México. 387pp.
- Markaida, U. Comentario personal. 2005. Investigador Asociado "C", Candidato SIN. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Campeche. México Laboratorio de Pesquerías Artesanales. umarkaida@camp.ecosur.mx
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. **Fish Res.** 54: 63-82
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda:Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 83:507-522
- Markaida, U.; Quiñónez-Velázquez, C. & O. Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda:Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. **Fish Res.** 66: 31-47
- Markaida, U.; Rosenthal, J. J. C. & W. F. Willy. 2005. Tagging studies on the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. **Fish. Bull.** 103:219-226
- Markaida, U. 2006. Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California, after the 1997-1998 El Niño. **Fish Res.** 79(1-2): 28-37
- Mejía-Rebollo, A. 2003. Pigmentación y Morfometría de picos de calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 en relación a su madurez sexual. **Tesis de Licenciatura.** UABCS. La Paz Baja California Sur. México. 80pp.
- Morales-Bojórquez, E.; Hernández-Herrera, A.; Nevárez-Martínez, M. O.; Rivera-Parra, G.; Balmori-Ramírez, A.; Cervantes-Valle, C. y E. Miranda-Mier. 2001a. Calamar

- gigante. **En:** Cisneros-Mata, M. A.; Belendéz-Moreno, L. F.; Zarate-Becerra, E.; Gaspar-Dillanes, M. T.; López-González, L. C.; Saucedo-Ruiz, C. y J. Tovar-Avila (Eds). **Sustentabilidad y pesca responsable en México**. Evaluación y Manejo 1999-2000. México. 97-117
- Morales-Bojórquez, E.; Cisneros-Mata, M. A.; Nevárez-Martínez, M. O. & A. Hernández-Herrera. 2001b. Review of stock assessment and fishery biology of *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, México. **Fish Res.** 54: 83-94
- Morales-Zarate, M. V.; Lluch-Cota, S. E.; Doménico, V. y E. M. Muñoz-Mejía. 2000. Comparación entre zonas de alta actividad biológica en la costa occidental de Baja California: Punta Eugenia y Punta Baja. **En:** Lluch-Belda, D.; Elourduy-Garay, J.; Lluch-Cota, S. E. y G. Ponce-Díaz. (Eds). **BACs Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano**. CIB-CICIMAR-CONACYT. México. 367pp.
- Morris, C. C. & F. A. Aldrich. 1985. Statolith length and increment number for age determination of *Illex illecebrosus* (Lesueur, 1821) (Cephalopoda, Ommastrephidae). **NAFO Sci. Council Studies.** 9:101-106
- Moser, H. G.; Smith, P. E. & L. E. Eber. 1987. Larval fish assemblages in the California Current region, 1954–1960, a period of dynamic environmental change. **CalCOFI Rep.** 28:97–124
- Nakamura, Y. 1993. Vertical and horizontal movements of mature female of *Ommastrephes bartramii* observed by ultrasonic telemetry. **En:** Okutani, T.; O’Dor, R. K. & T. Kubodera (Eds) **Recent advances in Cephalopod Fisheries Biology**. Tokyo. Tokai University Press
- Nakamura Y. & Y. Sakurai. 1990. On the daily formation of growth increments in the statolith of Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (preliminary study). **Bulletin of the Hokkaido National Fisheries Research Institute.** 54
- Nakamura Y. & Y. Sakurai. 1991. Validation of daily growth increments in statoliths of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*. **Nippon Suisan Gakk.** 57(11):2007-2001
- Natsukari, Y.; Boletzky, V. S. & M. R. Clarke. 1990. Age session. **En: International Workshop on the use of statoliths to age cephalopods**. Istituto di Tecnologia cella Pesca e del Pescato. Mazara del Vallo. Silicy, Italy October, 1989
- Nesis, K. N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. **Oceanology.** 10 (1): 108-118
- Nesis, K. N. 1983. *Dosidicus gigas*. **En:** Boyle P. R. (Ed.). **Cephalopod Life Cycles**. Vol. I, Species Accounts. Academic Press. London. 475 pp.
- Nevárez-Martínez, M. O. & E. Morales-Bojórquez. 1997. El escape proporcional y el uso del punto de referencia biológico $F_{\%BR}$ para la explotación del calamar gigante, *Dosidicus gigas* del Golfo de California, México. **Oceánides.** 12(2): 97-105
- Nevárez-Martínez, M. O.; Hernández-Herrera, A.; Morales-Bojórquez, E.; Balmori-Ramírez, A.; Cisneros-Mata, M. A. & R. Morales-Azpeita. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d’Orbigny, 1835) in the Gulf of California, México. **Fish Res.** 49: 129-140
- Nevárez-Martínez, M. O.; Rivera-Parra G.; Morales-Bojórquez, E.; López-Martínez, J.; Lluch-Belda, D.; Miranda-Mier, E. & C. Cervantes-Valle. 2002. The jumbo squid *Dosidicus gigas* fishery of the Gulf of California and its relation to environmental

- variability. **En:** Salinas, S.; Urbán, J. H. & W. E. Arntz. (Eds) Extended abstract of the El Niño Symposim & Workshop. **Investig Mar.** 30 (1): 193-194
- Nigmatullin Ch. M. Comentario personal, 2005. **III Simposio Internacional sobre Calamares del Pacífico**; II Taller Internacional en Calamares. 28 de noviembre-02 de diciembre. Lima. Perú
- Nigmatullin, Ch. M.; Laptikhovsky, V.; Mokrin, N.; Sabirov, R. & U. Markaida. 1999. On life history traits of the jumbo squid *Dosidicus gigas*. **First International Symposium on Pacific Squids**, durante el VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Trujillo Peru. Octubre 1999.
- Nigmatullin, Ch. M.; Nesis, K. N. & A. I. Arkhipkin. 2001. Biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). **Fish Res.** 54(1): 9-19
- Nixon, M. 1973. Beak and radula growth in *Octopus vulgaris*. **J Zool (Lond)**. 170: 451-462
- NOAA, en línea: <http://www.noaa.gov/> . National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). Copyright 2006. mayo 2006
- Nowara, B. G. & T. I. Walker. 1998. Effects of time of solar day, jigging method and jigging depth on catch rates and size of Gould's squid, *Nototodarus gouldi* (McCoy), in southeastern Australian waters. **Fish Res.** 34: 279-288
- O'Dor, R. K. 1992. Big squid in big currents. **S. Afr. J. Mar. Sci.** 12:225-235
- O'Dor, R. K. & J. A. Hoar. 2000. Does geometry limit squid growth? – **ICES J Mar Sci.** 57: 8-14
- O'Dor, R. K. & M. L. Coelho. 1993. Big squid, big currents and big fisheries. **En:** Okutani T.; O'Dor, R. K. & T. Kubodera (Eds). **Recent advances in fisheries biology**. Tokai University Press. Tokyo. 385-396
- Panella, G. 1980. Growth patterns in fish sagittae. **En:** Rhodes, D. C. & R. A. Lutz (Eds.). **Skeletal Growth of Aquatic Organisms**. Plenum Press, New York. 519-560
- Pauly, D. & F. C. Gayanilo. 1996. Estimating the parameter of length-weight relationship from length-frequency samples and bulk weights. **En:** Pauly, D. & P. Martosubroto (Eds). **Baseline studies of biodiversity: the fish resources of western Indonesia**. ICLARM Stud. Rev. 23: 321 pp.
- Periódico **El sudcaliforniano**. 2005. Diario que forma opinión en Baja California Sur. Comondu. 25 de abril.
- Pearcy, W. G. 2002. Marine nekton off Oregon and the 1997-98 El Niño. **Prog. Oceanogr.** 54: 399-403
- Phillips, J. B. 1933. Description of a giant squid taken at Monterey, with notes on other squid taken off the California coast. **Calif. Fish Game.** 19(2): 128-136
- Phillips, J. B. 1937. Squid. **Calif. Fish Game.** 49: 113-117
- Phillips, J. B. 1961. Two unusual cephalopods taken near Monterey. **Calif. Fish Game.** 47(4): 416-417
- Ramírez, R. M. y A. Klett T. 1985. Composición de la captura del calamar gigante en el Golfo de California durante 1981. **Trans. CIBCASIO.** X: 124-137
- Raya, C. P. & C. L. Hernández-González. 1998. Growth lines within the beak microstructure of the *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797. **En:** Payne, A. I. L.; Lipinski, M. R.; Clarke, M. R. & M. A. C. Roeleveld. (Eds.). **Cephalopod diversity, Ecology and Evolution.** **S. Afr. J. Mar. Sci.** 20:135-142

- Reyes, D., en línea: <http://www.calcoast.org/news/coast0050120a.html>. Los Angeles Times California Coastal Coalition, Copyright 1996-2006. enero 2005
- Roa, R.; Ernst, B. & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: evaluation of analytical and resampling procedures. **Fish. Bull.** 97(4): 570–580
- Rodhouse, P. G. & E. M. C. Hatfield. 1990a. Age determination in squid using statolith growth increments. **Fish Res.** 8: 323-334
- Rodhouse, P. G. & E. M. C. Hatfield. 1990b. Dynamics of growth and maturation in the cephalopod *Illex argentinus* de Castellanos, 1960 (Teuthoidea:Ommastrephidae). **Philos Trans R Soc London B Biol Sci.** 329 (1254): 229-241
- Rodhouse, P. G. & E. M. C. Hatfield. 1992. Production of soma and gonad in maturing male of *Illex argentinus* (Mollusca:Cephalopoda). **J. Mar. Biol. Assoc. U.K.** 72: 293-300
- Roper, C. F. E.; Sweeney, M. J. & C. E. Nauen. 1984. Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of especies of interest to fisheries. **FAO Fish. Biol Synop.** 125(3): 277 pp.
- Rosas-Luis, R. 2005. Importancia del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835, en la estructura trófica del ecosistema pelágico de la porción central del Golfo de California. **Tesis de Licenciatura.** U. A. B. C. S. La Paz B. C. S. México. 60 pp.
- Rubio, J. & C. Salazar. 1992. Prospección del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) a bordo del buque japonés "Shinko Maru 2". **Inst. Mar Perú.** Informe N° 103. 31 pp.
- Salinas-Zavala, C. A. Comentario personal, 2005. Investigador Titular A. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz B. C. S. México. csalina@cibnor.mx
- Sainsbury, K. J. 1980. Effect of individual variability on the von Bertalanffy growth equation. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 37:241-247
- Sousa, R. C. & R. Fernández. 2002. Growth observations on *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 from Portuguese waters: growth lines in the vestigial shell as possible tools for age determination. **Bull. Mar. Sci.** 1099-1104
- Sato, T. 1976. Results of exploratory fishing for *Dosidicus gigas* (D'Orbigny) of California and Mexico. **FAO Fish Rep.** 170 (1): 61-67
- Tafur, R. & M. Rabi. 1997. Reproduction of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda:Ommastrephidae) off Peruvian coasts. **Sci. Mar.** 61(2):35-39
- Tafur, R.; Villegas, P.; Rabi, M. & C. Yamashiro. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squids *Dosidicus gigas* (Cephalopoda:Ommastrephidae) in Peruvian waters. **Fish Res.** 54:33-50
- Taibe, A.; Yamashiro, C.; Maritegui, L.; Rojas, P. & C. Roque. 2001. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. **Fish Res.** 54:21-3
- Taro-Ichii. 1999. Early growth of the Jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, in the eastern pacific ocean. **En: First International Symposium on Pacific Squids.** Durante el VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Trujillo, Perú. Octubre 1999.
- Thompson, T. J. & W. M. Kier. 2002. Ontogeny of squid mantle function: Changes in the mechanics of escape-jet locomotion in the oval squid, *Sepioteuthis lessoniana* Lesson, 1830. **Biol. Bull.** 203: 14–26

- Uozumi, Y. & H. Ohara. 1993. Age and growth of *Nototodarus sloanii* (Cephalopoda: Oegopsida) based on daily increment counts in statoliths. **Nippon Suisan Gakk.** 59(9): 1469-1477
- Villanueva, R. 1992. Interannual growth differences in the oceanic squid *Todarodes angolensis* Adam in the northern Benguela upwelling system, based on statolith growth increment analysis. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 159: 157-177
- Villanueva, R.; Arkhipkin, A.; Jereb, P.; Lefkaditou, E.; Lipinski, M. R.; Perales-Raya, C.; Riba, J. & F. Rocha. 2003. Embryonic life of the loliginid squid *Loligo vulgaris*: comparison between statoliths of Atlantic and Mediterranean populations. **Mar. Ecol.-Prog. Ser.** 253: 197-208
- Waluda, C. M.; Trathan, P. N. & P. G. Rodhouse. 1999. Influence of oceanographic variability on recruitment in the *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) fishery in the South Atlantic. **Mar. Ecol.-Prog. Ser.** 183:159-167
- Waluda, C. M.; Trathan, P. N. & P. G. Rodhouse. 2004. Synchronicity in Southern Hemisphere squid stocks and the influence of the Southern Oscillation and Trans Polar Index. **Fish Oceanogr.** 13(4): 255-266
- Wells, J. M. & A. Clarke. 1996. Energetics: The Costs of Living and Reproducing for an Individual Cephalopod. **En: Clarke, M. R. (Ed). The role of cephalopods in the world's Biological Sciences.** 351:1083-1104
- Wirz, K. M. 1963. Biologie des cephalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane. **Vie et Milieu Suppl.** 13 :1-285
- Xinjun, Ch. & Z. Xiaohu. 2005. Catch distribution of jumbo flying squid and its relationship with SST in the offshore waters of Chile. **Marine fisheries/Haiyang Yuye.** 27 (2):173-176
- Yamashiro, G. 1996. Jumbo flying squid fishery in Peru (*Dosidicus gigas*). **Inst. Mar Perú.** 1-31
- Yang, W. T.; Hixon, R. F.; Turk, P. E.; Krejci, M. E.; Hanlon, R. T. & W. H. Hulet. 1983. Culture of California market squid from hatching-completion of the rearing cycle to second generation hatchlings. **Aquaculture.** 5:328-339
- Yatsu, A. 2000. Age estimation of four oceanic squids, *Ommastrephes bartramii*, *Dosidicus gigas*, *Stenoteuthis oualaniensis*, and *Illex argentinus* (Cephalopoda, Ommastrephidae) based on statolith microstructure. Japan International Research Center for Agricultural Sciences. **Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.** 34:75-80
- Yatsu, A.; Midorikawa, S.; Shimada, T. & Y. Uozumi. 1997. Age and growth of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, in the North Pacific Ocean. **Fish Res.** 29:257-270
- Yatsu A.; Mochioka, N.; Morishita, K. & H. Toh. 1998. Strontium/Calcium ratios in statoliths of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami* (Cephalopoda), in the North Pacific Ocean. **Mar. Biol.** 131: 275-282
- Yatsu, A.; Yamanaka, K. & C. Yamashiro. 1999a. Tracking experiments of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, with an ultrasonic telemetry system in the Eastern Pacific Ocean. **Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish.** 36: 55-60

- Yatsu, A.; R. Tafur & C. Maravi. 1999. Embryos and rhynchoteuthion paralarvae of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, (Cephalopoda) obtained through artificial fertilization from Peruvian waters. **Fish. Sci.** 65(6): 904-908
- Young, J. Z. 1960. The statocysts of *Octopus vulgaris*. **Proc. Roy. Soc.** 152:3-29
- Young, R. E. 1978. Vertical distribution and photosensitive vesicles of pelagic cephalopods from Hawaiian waters. **Fish. Bull.** 76
- Zapato, L., en línea: <http://zapatopi.net/cephnews/cephnews/>. Zapato Productions intradimensional. Copyright 2006. diciembre 2004
- Zeidberg, L. D. 2004 Allometry measurements from *in situ* video recordings can determine the size and swimming speeds of juvenile and adult squid *Loligo opalescens* (Cephalopoda: Myopsida). **The Journal of Experimental Biology** 207:4195-4203

Anexo A**Posición taxonómica y descripción de *Dosidicus gigas* d'Orbygni, 1835**

Posición taxonómica de *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835. Tomado de Roper *et al.*, 1984.

Phylum: Mollusca

Clase: Cephalopoda

Orden: Teuthoidea

Suborden: Oegeopsida

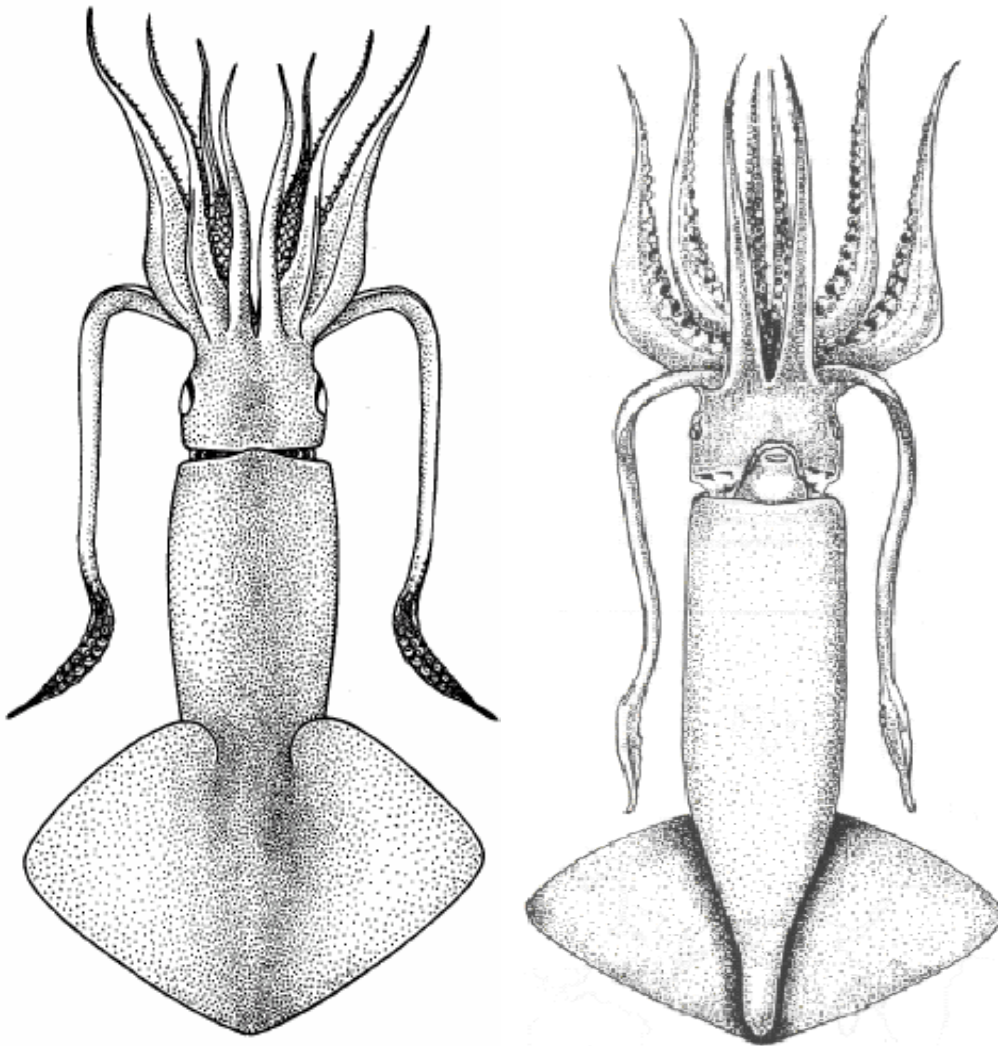
Familia: Ommastrephidae

Subfamilia: Ommastrephinae

Género: *Dosidicus*

Especie: *Dosidicus gigas*

d'Orbigny, 1835



Calamar gigante *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835; ejemplar adulto. **A** vista dorsal **B** vista ventral

Sinonimia

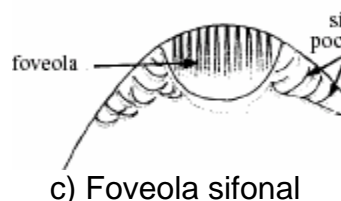
Ommastrephes gigas Orbigny, 1835
Ommastrephes giganteus Gray, 1849
Dosidicus eschrichti Steenstrup, 1857
Dosidicus steenstrupi Pfeffer, 1884

Nombres en la FAO

En - Jumbo flying squid
 Fr - Encornet géant
 SP - Jibia gigante

Características diagnósticas

El calamar gigante *Dosidicus gigas* (endémico del Pacífico oriental) es un organismo de gran tamaño (4 metros LT máxima y 1.5 LDM), muy robusto y con la pared corporal gruesa. Sus aletas son romboidales con una anchura de 56% de LDM y 41-49% de LDM de largo con un ángulo de la aleta 50-65°. La impresión del sifon tiene una foveola con 5-9 pliegues cutáneos y de 2 a 8 bolsas laterales, su cartílago sifonal tiene forma de “T” invertida. Se distingue de sus congéneres por la prolongación de los extremos distales de sus brazos en filamentos largos y delgados con 100 a 200 pares de ventosas pequeñas estrechamente agrupadas, membrana dorsal protectora y trabéculas sumamente desarrolladas y papilas expuestas. En los machos maduros el IV brazo derecho o izquierdo se modifica en un hectocotilo es decir sin ventosas y con pedúnculos en la punta con membranas protectoras perforadas y engrosadas (Roper *et al.*, 1984).



Anexo B

Procesamiento de estatolitos: Modificación al método de Arkhipkin en Dawe y Natsukari (1991)

Sustancias

- Termoplástico CrystalBond
- Resina sintética Spectrum
- Solución de polvo de alumina (óxido de aluminio) de 0.3 μ m
- Tolueno
- Bálsamo de Canadá

Materiales

- Portaobjetos biselados
- Cubreobjetos
- Pinzas y aguja de disección
- Cajas petri de cristal
- Asa de borla gruesa para siembra de cepas bacterianas
- Papel lija comercial para agua de tamaño de grano 1000, 1500 y 2000
- Polish Cloth Alfa
- Caja para laminillas histológicas

Equipo

- Plancha de calor Thermolyne
- Estereoscopio
- Microscopio
- Incubadora

Uso de CrystalBond: La presentación comercial del CrystalBond es sólida, por ser un polímero termoplástico es necesario exponerlo al calor para pasarlo a su fase líquida y poder así manipularlo. El proceso de transición de sólido a líquido genera una gran cantidad de burbujas (lo cual no es recomendable para la técnica de lectura de estatolitos), por lo cual es necesario controlar la temperatura, cuidando que sea la suficiente para mantener en estado líquido la resina, pero sin que llegue a la ebullición, para así evitar en lo posible la formación de burbujas. La resina en su fase líquida se dejó reposar (sobre la plancha caliente) durante aproximadamente 20 minutos para que las burbujas formadas se liberaran paulatinamente.

Uso de resina sintética Spectrum: La presentación de ésta resina es líquida y su consistencia se puede adecuar, agregando Tolueno si se requiere menos espesa o dejando evaporar el solvente para aumentar la viscosidad. Funciona de manera similar al Protexx

recomendado por Arkhipkin, con la diferencia de que presenta mayor rigidez al momento de secarse, por lo cual se debe tener sumo cuidado al desmontar el estatolito, ya sea para voltearlo o para corregir la orientación.

Montaje de estatolitos (Primera fase)

En una caja de petri de cristal se derritió una pequeña cantidad de CrystalBond, la cual se mantuvo sobre una plancha caliente Thermolyne, para conservar el estado líquido de la resina. En una caja petri se colocó cada par de estatolitos (derecho e izquierdo) para evaporar el exceso del alcohol. Se retiraron las impurezas o restos de tejido con ayuda de pinzas y aguja de disección bajo la luz de un microscopio estereoscópico. Cada portaobjeto se etiquetó (código, sexo, talla) y colocó sobre la plancha caliente; con el asa e borla gruesa se tomó una gota de resina y se colocó sobre el portaobjeto, el estatolito limpio se colocó también sobre el portaobjetos fuera de la gota de resina, por unos instantes, antes de colocarlo sobre la gota de resina; lo anterior con la intención de que la diferencia de temperatura entre el estatolito-resina-portaobjeto sea mínima, ya que los cambios bruscos de temperatura pueden fracturar o romper al estatolito. Con sumo cuidado se tomó y colocó el estatolito SOBRE la gota de resina en la posición sugerida por Arkhipkin en Dawe y Natsukari (1991) y se dejaron secar los estatolitos ya montados por aproximadamente 30 minutos antes de proceder al lijado.

Lijado de estatolitos (primera fase)

Con movimientos circulares suaves y uniformes se lija la cara anterior del estatolito con ayuda de papel lija comercial para agua de tamaño de grano 1000, 1500 y 2000; hasta observar claramente el núcleo (N) del estatolito en el estereoscopio; en ésta fase es necesario verificar continuamente, tanto al estereoscopio como al microscopio (10X y 40X)

para no dañar o sobrepulir al estatolito. Una vez que el núcleo del estatolito se distingue claramente se procedió a pulirlo con una solución de polvo de alumina de 0.3 μm sobre el PolishCloth, tal como lo propone Yatsu *et al.*, (1997). Posteriormente se colocaron los portaobjetos en la plancha caliente para retirarlos de la resina, procurando que la cara ya pulida no entre en contacto con el termoplástico.

Montaje de estatolitos (segunda fase)

Con una aguja de disección se tomo una gota de resina “Spectrum” y se colocó en el portaobjeto y sobre ésta se puso el estatolito con la cara posterior hacia arriba y se verificó a la luz del estereoscopio la posición del estatolito y formación de burbujas (sobre o debajo el estatolito) ya que éstas dificultan la observación de los anillos. Es recomendable montar una serie de 15-20 estatolitos por sesión y estar revisando constantemente la inclinación adecuada del estatolito, ya que tienden a moverse debido a su forma y peso. Los estatolitos ya montados se metieron a una incubadora a 72 °C durante 12 horas aproximadamente, o bien hasta que la resina estuvo totalmente seca.

Lijado de estatolitos (segunda fase)

Se repitió el proceso de lijado y pulido mencionado anteriormente, tratando que los anillos se distingan desde el núcleo (N) hasta el extremo del domo dorsal (DD) del estatolito. Finalmente con el objeto de resaltar los anillos se cubrieron con bálsamo de Canadá y cuidadosamente se colocó el cubreobjeto, para evitar la formación de burbujas. Para secar el bálsamo de Canadá se metieron los estatolitos en una estufa a 73 °C por un tiempo de 18 horas aproximadamente o bien hasta que el bálsamo este totalmente seco.