



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Abundancia del calamar gigante (*Dosidicus gigas*
D'Orbigny, 1835) y su relación con factores ambientales
en el Golfo de California, México.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A:

VIOLETA ESTEFANÍA GONZÁLEZ MÁYNEZ



DIRECTOR DE TESIS:
DR. MANUEL O. NEVÁREZ MARTÍNEZ

CO-DIRECTOR DE TESIS:
DR. ARTEMIO GALLEGOS GARCÍA

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Dr. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ
Director General
Dirección General de Administración Escolar
Presente

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Abundancia del calamar gigante (*Dosidicus gigas* D' Orbigny, 1835) y su relación con factores ambientales en el Golfo de California, México

realizado por **González Máynez Violeta Estefanía** con número de cuenta **3-0208942-8** quien ha decidido titularse mediante la opción de **tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dra. María Teresa Gaspar Dillanes

Propietario Dra. María Luisa Andrea Raz-Guzmán Macbeth

Propietario Tutor Dr. Manuel Otilio Nevárez Martínez

Suplente Ing. Erik Márquez García

Suplente Dr. Artemio Gallegos García

Atentamente,

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Ciudad Universitaria, D. F., a 20 de enero de 2011

EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

MAG/CZS/cigs

A mi papá.

Por estar siempre que lo necesite y heredarme su visión práctica por la vida...

...por ser la persona que más he querido y que más me ha querido del mundo, solo a

él podría dedicarle este trabajo.

Diciembre 1949 - Diciembre 2009

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de formarme en sus instalaciones.

A todos los profesores y compañeros que han compartido sus conocimientos conmigo a lo largo de mi vida académica.

A los miembros de mi H. Jurado, por sus aportaciones. Especialmente a mis tutores el Dr. Artemio Gallegos García y el Dr. Manuel Nevárez Martínez por dedicarme tiempo y estar conmigo en los detalles de este trabajo.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera, Guaymas, Sonora, por facilitarme el uso de sus instalaciones y los datos que se utilizaron en este trabajo, a todo su personal por su amabilidad durante mis estancias en ese lugar, en especial a Ángeles por abrirme las puertas de su casa y brindarme su apoyo, ayuda y amistad.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, por el uso de sus instalaciones y por proporcionar los datos utilizados en este trabajo, un agradecimiento muy especial a las personas que conocí dentro del laboratorio de oceanografía física; especialmente al M. en C. Ranulfo Rodríguez Sobreira por ser un jefe, maestro y amigo paciente y por aconsejarme a lo largo de la realización de este trabajo. Al Ing. Erik Márquez, por haberme brindado tanta ayuda en muchos aspectos, que sería imposible agradecer por cada cosa; a los estudiantes del laboratorio, Luciano, José Luis, Vicente y Raúl, por ayudarme con mi computadora... y con otras computadoras durante el tiempo que compartimos.

A mis hermanas: Astrid y Samantha, por ser mi familia, haber superado tantas cosas juntas y darme un gran ejemplo, no les cambiaría nada a ninguna de las dos.

A Roberto Vallarta por el apoyo y cariño que me brindó durante mucho tiempo.

A todos mis amigos por hacerme reír tanto, Diana, Paola, Miguel, Miguel, Abraham, Rosa salvaje, Gibran, Norma, Daniel, y muchos otros que por error o negligencia o un terrible olvido no haya puesto aquí, pero que con esto y otras cosas han contribuido: salud!!!

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Factores ambientales.....	4
2. Justificación.....	6
3. Antecedentes.....	6
4. Objetivos	
4.1. Objetivo general.....	7
4.2. Objetivos particulares.....	7
5. Hipótesis	8
6. Área de estudio.....	8
7. Materiales y Métodos	
7.1. Imágenes satelitales de Temperatura Superficial del Mar	10
7.2. Imágenes satelitales de Clorofila a.....	11
7.3. Distribución y abundancia de calamar gigante.....	12
7.4. Estimador de abundancia de <i>Disidicus gigas</i>	12
7.5. Estimación de biomasa por el método de área barrida estratificada.....	15
7.6. Captura de pelágicos menores.....	16
7.7. Estimación de madurez gonádica.....	16
7.8. Análisis de tallas.....	17
7.9. Análisis estadístico.....	18
8. Resultados	
8.1. Temperatura Superficial del Mar (TSM).....	19

8.2. Clorofila-a (Chl-a).....	24
8.3. Relación entre TSM y Chl-a.....	26
8.4. Estimación de biomasa de <i>Dosidicus gigas</i>	27
8.5. Captura de pelágicos menores.....	28
8.6. Estimador de madurez gonádica.....	28
8.7. Análisis de tallas de <i>Dosidicus gigas</i>	30
8.8. Análisis estadístico.....	32
9. Discusión.....	34
10. Conclusiones.....	38
11. Recomendaciones.....	39
12. Apéndice.....	40
13. Literatura citada.....	46

INDICE DE FIGURAS

Fig.		Pag.
1	Distribución geográfica del calamar gigante, <i>Dosidicus gigas</i> (modificado de Wormuth, 1988, tomada de Markaida, 2001).....	1
2	Capturas de calamar gigante en el Golfo de California (Tomada de Nevárez-Martínez <i>et al.</i> , 2008).....	3
3	Área de estudio durante el crucero de calamar gigante realizado en junio de 2005 en el Golfo (Tomado de Nevárez-Martínez <i>et al.</i> , 2000).....	9
4	Diagrama del procesamiento de imágenes satelitales para parámetros estadísticos por área/año.....	11
5	Calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> , vista dorsal en donde se muestra la medida de longitud de manto (LM)	17
6	“Junio típico” (1996-2009) para la temperatura superficial del mar, por área, en el Golfo de California	20
7	Valores promedio de la “composición mensual de junio” por año por área, en el Golfo de California.....	20
8	Anomalías de la TSM por área (a) y por año-junio (b), periodo 1996-2009, en el Golfo de California.....	21
9	Anomalías de la TSM por área, durante el año 2005, en el Golfo California.....	22

10	Valores promedio anual (junios) de la TSM, periodo 1996-2009, en el Golfo de California.....	23
11	Valores promedio anual (junios) de Chl-a (a). Valor típico por área (b) de Chl-a.....	25
12	Anomalías de Chl-a de las composiciones por área por año (junios), en el Golfo de California.....	26
13	Anomalías de Chl-a por área para junio del 2005, en el Golfo de California.....	26
14	Biomasa de calamar gigante, por áreas, estimada por el método de área barrida estratificada, para junio del 2005, en el Golfo de California.....	27
15	Frecuencia relativa (%) de organismos maduros de calamar gigante, por área, para junio del 2005, en el Golfo de California.....	29
16	Frecuencia absoluta por estadio de madurez del calamar gigante, para junio del 2005, en el Golfo de California.....	29
17	Relación entre la TSM (Junio 2005) y la frecuencia relativa de madurez de calamar gigante.....	30
18	Distribución de frecuencias de tallas del calamar gigante, por área, para junio del 2005, en el Golfo de California.....	31
19	Longitud promedio del manto del calamar gigante, por área, para junio del 2005, en el Golfo de California.....	31
20	Abundancia de calamar gigante en el Golfo de California. Eje x: CPUE de sardina Monterrey; Eje y: TSM; Eje z: Toneladas de calamar gigante.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

1	Número de imágenes procesadas del mes de junio por año.	10
2	Temperatura superficial del mar; a) Promedios de las composiciones mensuales por año y área, y junio típico por área; b) Promedio anual. Estado base del área de estudio	22
3	Anomalías de la temperatura superficial del mar por área.....	23
4	a)Promedios de Chl-a de las composiciones mensuales por año y área, así como el valor típico por área, y b) Promedio del área de estudio.....	24
5	Anomalías de Clorofila a, en el Golfo de California.....	25
6	Biomasa de <i>Dosidicus gigas</i> por área, estimada por el método de área barrida estratificada para junio del 2005 en el Golfo de California.....	27
7	Capturas de peces pelágicos menores y sardina Monterrey, para cada una de las seis áreas en que se dividió la zona de estudio.....	28
8	Residuos entre los valores de biomasa estimados y predichos por el modelo parabólico, para el calamar gigante del Golfo de México.....	33

RESUMEN

En el Golfo de California el calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) constituye un recurso pesquero que genera una importante fuente de empleos para los pescadores de la región. Históricamente, las poblaciones de calamar gigante en el Golfo se presentan por pulsos y cambian su densidad año con año, por lo que las fluctuaciones respecto a su abundancia y disponibilidad son impredecibles, tomando en cuenta esto, la hipótesis que se manejó en éste estudio es que el movimiento de los grandes cardúmenes de pelágicos menores del Golfo de California condiciona la distribución de cardúmenes de calamar gigante y por tanto existirá una correlación positiva entre los factores ambientales que promueven una densidad alta de presas con una abundancia alta de calamar gigante.

Para todos los análisis, el área de estudio se dividió en seis áreas más pequeñas. Se utilizaron los datos de abundancia y distribución de calamar gigante estimados por el método de área barrida estratificada a partir de un crucero de investigación realizado durante junio del 2005, asimismo la captura de pelágicos menores, y la CPUE para la sardina Monterrey estimadas a partir de los desembarques de la flota sardinera en el puerto de Guaymas, Sonora. Se utilizaron también los datos de anomalías y promedios de TSM extraídos de 365 imágenes diarias NOAA con resolución 1.1km de los meses de junio del periodo 1996-2009, asimismo se utilizaron los datos de las anomalías y promedios de Chl-a que fueron extraídos de composiciones mensuales de imágenes provenientes del satélite MODIS-Aqua, del mes de junio del periodo 2003- 2009 con resolución de 1Km.

La relación entre éstas variables se exploraron usando regresiones múltiples que nos explicaron el 50% de la variabilidad en la biomasa del calamar gigante, alrededor del 94% de la madurez gonádica y del 91% de la longitud del manto. Se aplicó también un modelo parabólico, el cuál fue significativo igual que los parámetros utilizados para $p < 0.05$ y tuvo una $R^2 = 0.895$, en donde se observó un rango óptimo en donde la abundancia de calamar gigante es máxima cuando se presentan valores medios de CPUE de sardina Monterrey, y valores altos de Chl-a y de TSM registrados en el área de estudio para el mes de Junio de 2005.

En éste trabajo se concluye que existe una relación no lineal entre la distribución del calamar gigante y estas variables ambientales en el Golfo de California, que podría modificarse al aumentar el número de observaciones.

INTRODUCCIÓN

El grupo conocido como cefalópodos está formado por moluscos bilateralmente simétricos, son animales de cuerpo blando, con un sistema nervioso muy desarrollado y coloración variable según el grupo y el hábitat. Los calamares representan el Orden Teuthoidea dentro de la Clase Cephalopoda, éste se divide en dos subórdenes (sobre la base de la estructura de los ojos): Myopsida y Oegopsida. Este último abarca tres familias, una de ellas es la familia Ommastrephidae, en donde actualmente se reconocen tres subfamilias. Una de ellas es la subfamilia Ommastrephinae, que comprende seis géneros entre los cuales se encuentra el género *Dosidicus* considerado como el más primitivo y endémico del Pacífico oriental (Roper, 1995).

El calamar gigante *Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835 es un molusco cefalópodo de crecimiento rápido y un ciclo de vida que no supera los dos años, es una especie subtropical, nerítico-oceánica, su distribución geográfica comprende el Pacífico Oriental, desde Monterey, California (EUA) hasta Chile (Nesis, 1983; Ehrhardt, *et al.*, 1986; Hernández-Herrera *et al.*, 1996; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000) (Fig. 1). Se encuentran en la plataforma continental desde la superficie hasta los 1200 metros de profundidad, alcanzando tallas hasta de 120 cm de longitud de manto y pesos hasta de 65 kg (Nigmatullin *et al.*, 2001; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). En México se ubica mayormente en la parte central del Golfo de California donde llega a alcanzar tallas en la longitud del manto de 120 cm y un peso de hasta 35 kg (Ehrhardt *et al.*, 1986; Hernández *et al.*, 1996; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006).

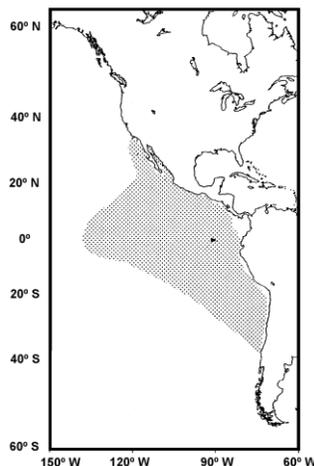


Figura 1. Distribución geográfica del calamar gigante, *Dosidicus gigas* (modificado de Wormuth, 1988, tomada de Markaida, 2001).

Los calamares gigantes son depredadores activos con gran impacto en los ecosistemas locales (Nigmatullin *et al.*, 2001), se alimentan de presas vivas, principalmente de peces mictófidios, sardinas, macarelas, engráulidos, carángidos (Ehrhardt, 1991), crustáceos, calamares gigantes y otros cefalópodos (Markaida *et al.*, 2003), los calamares jóvenes se alimentan de algunos tipos de larvas (Sato, 1976; Markaida *et al.*, 2003). El canibalismo se incrementa con la talla y es más frecuente en hembras que en machos (Markaida *et al.*, 2003), sus depredadores son numerosos y difieren por el estadio en el que se encuentren, los juveniles son depredados por juveniles de peces carnívoros como atunes, otros calamares y gaviotas (Nigmatullin *et al.*, 2001), los subadultos por pez dorado, atún aleta amarilla y otros atunes, y los adultos por el tiburón zorro (Polo-Silva, *et al.*, 2007) además de otros grandes tiburones, pez espada, marlín, cachalotes y ballenas (Nigmatullin *et al.*, 2001).

En cuanto a su reproducción, en el Golfo de California se tiene el pico principal de desove entre octubre y abril, mientras que la talla de primera madurez se encuentra entre 25-45 cm en hembras y 18-51 cm en machos (Ehrhardt *et al.*, 1983; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). El periodo de reclutamiento pesquero es en mayo (Morales-Bojórquez, 2001).

Dosidicus gigas constituye un recurso pesquero importante en la región del domo de Costa Rica (Ichii *et al.*, 2002), frente a las costas de Perú y Chile (Taípe *et al.*, 2001), y en el hemisferio norte en el Golfo de California (Ehrhardt, *et al.*, 1983, Morales-Bojórquez *et al.*, 2001). Las primeras capturas registradas en Perú corresponden al período 1964 -1971, con un promedio de 313 t anuales (Markaida, 2001), llegando a las 190,000 t en 1994 (Taípe *et al.*, 2001; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). En Chile, las capturas de *D. gigas* han presentado tanto períodos de escasez como de abundancia, cuyas capturas se realizan principalmente en las costas de la zona norte y centro del país (Fernández y Vásquez 1995; SERNAP, 2002; González y Chong, 2006).

La pesquería de calamar gigante en México se inició en el Golfo de California en 1974 con una flota artesanal local (Ehrhardt *et al.*, 1983; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001; De la Cruz-González *et al.*, 2007), sin embargo, es un recurso que se presenta por pulsos cambiando su densidad año con año. El primer periodo abundante se registró en 1979-1981 seguido de un descenso de los volúmenes capturados en 1982-1983 (Nevárez-Martínez *et al.*, 2000; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001).

Posteriormente a esta baja, el calamar gigante se pescó en el Golfo de California artesanalmente en pequeñas cantidades para el consumo local (Markaida, 2001; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001). En 1996-1997 las capturas alcanzaron cifras récord, de más de 105,000 t (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001; Markaida, 2001; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000, 2006). En 1998 la pesca de este recurso cayó drásticamente, recuperándose a partir de 1999 cuando se obtuvieron 57,985 t. Durante 2000 y 2001 las capturas fueron muy similares a las de 1999 (Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). Sin embargo, en 2002 y 2003 se presentó un incremento (~40-50%) en las capturas de esta especie (Nevárez-Martínez *et al.*, 2006), asociadas a un mayor nivel de biomasa (Nevárez-Martínez *et al.*, 2008), y posteriormente las capturas han mantenido una tendencia creciente, siendo estas fluctuaciones impredecibles respecto a su abundancia y disponibilidad (Nevárez-Martínez *et al.*, 2006, 2008) (Fig. 2).

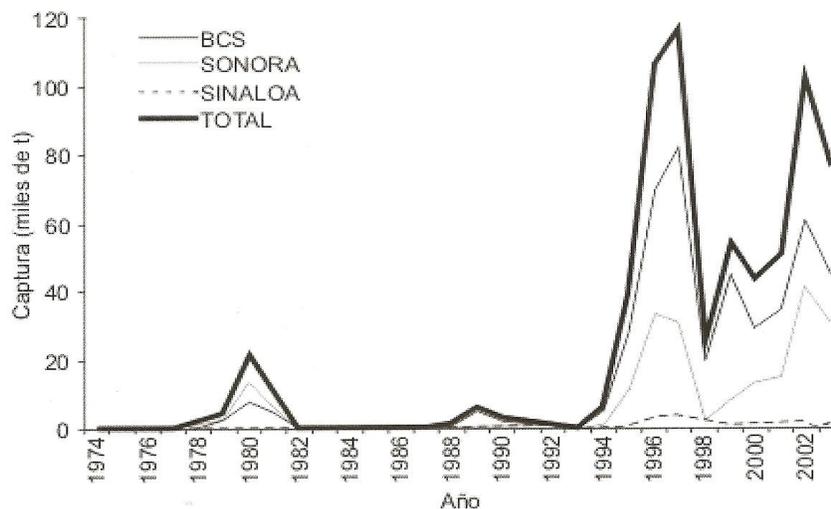


Figura 2. Capturas de calamar gigante en el Golfo de California (Tomada de Nevárez-Martínez *et al.*, 2008.)

Esta pesquería es llevada a cabo por tres flotas, una artesanal en Santa Rosalía, Baja California Sur, donde se pesca de abril a septiembre, y una artesanal y otra de barcos camaroneros en Guaymas, Sonora, donde se pesca de octubre a julio (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001; Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). Esta dinámica tiene su explicación en las migraciones estacionales que realiza *Dosidicus gigas*, de Santa Rosalía, Baja California Sur a Guaymas, Sonora, de octubre-noviembre, realizando el viaje de regreso desde abril-mayo hasta finales de junio (Markaida *et al.*, 2001; Nevárez-Martínez, comunicación personal). El volumen de captura de calamar se obtiene principalmente en la región

central del Golfo de California en los estados de Baja California Sur (66%) y Sonora (28%) pero también de manera frecuente se registran capturas en Sinaloa (3.5%) y Colima (1.3%), siendo la principal área de pesca la que se localiza entre los 22° a 28° N y los 109° y 114° W (Hernández-Herrera *et al.*, 1996).

El arte de pesca utilizado es la potera manual con seis coronas, las jornadas son nocturnas, aprovechando el fototropismo positivo del organismo, se utilizan periodos de iluminación antes de comenzar la jornada, de éste modo el recurso se concentra en la penumbra de la embarcación desde donde ataca las poteras.

Por otra parte, la pesquería de calamar gigante y de camarón en el Golfo de California se desarrollan de manera complementaria, representando actividades económicas importantes para la región en cuestión de ingresos y empleos; Ya que durante la temporada de veda del camarón, algunos barcos camaroneros se incorporan a la pesquería de calamar (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001; De la Cruz-González *et al.*, 2007).

La pesquería de calamar gigante depende casi en su totalidad del mercado externo, especialmente el asiático, en donde los productos de calamar son vendidos en diversas presentaciones como filete congelado, filete precocido, precocido con sal, precocido con azúcar, presentación daruma, entre otros (Martínez-Aguilar *et al.*, 2006).

Factores ambientales

La oceanografía satelital desarrolla métodos para procesar e interpretar mediciones de la radiación emitida o reflejada por la superficie del mar (Aguirre-Gómez, 2002). Esta información es tomada por los sensores transportados en los satélites, y puede ser usada para el estudio de procesos oceanográficos y meteorológicos que dejan su huella en la superficie del mar (Márquez-García, 2003). La eficacia de esta disciplina reside en la sinopticidad, la continuidad y la extensión geográfica de las mediciones (Gallegos, *et al.*, 1996), teniendo además una alta frecuencia de muestreo, en algunos casos de hasta cuatro imágenes por día, lo que permite realizar análisis espacio-temporales de las distribuciones de temperatura y color, entre otros atributos, y crear una cartografía que las describa (Márquez-García, 2003). La temperatura superficial del mar (TSM) ha

sido considerada como una variable importante en diferentes estudios biológico-pesqueros, principalmente en el pronóstico de reclutamiento, supervivencia larval, áreas de desove y de capturas, y en el estudio de los cambios espacio-temporales en la abundancia de especies de interés comercial (Yañez *et al.*, 1996; Nevárez-Martínez *et al.*, 2002; Waluda *et al.*, 2001; Morales-Bojórquez *et al.*, 2003; Zheng *et al.*, 2008; Manzano-Sarabia y Salinas, 2008; Vallarta-Zárate, 2010).

Por su parte, la biomasa fitoplanctónica es comúnmente usada para evaluar el estado de los cuerpos de agua. Es de gran importancia ya que introduce en la cadena trófica marina el carbono inorgánico, transformándolo en materia orgánica mediante la asimilación fotosintética del HCO_3^- (Barocio-León *et al.*, 2007). La clorofila *a* (Chl-*a*) es un indicador clave de la biomasa fitoplanctónica (Barocio-León *et al.*, 2007). De esta manera la estimación de la concentración de ésta es crítica para el monitoreo de la calidad del agua (Moses, 2009), y es una de las variables más importantes para describir la condición biológica promedio en los ecosistemas marinos (Manzano-Sarabia y Salinas-Zavala, 2008). Aunque han mejorado los métodos para realizar estimaciones de clorofila *a* (Chl-*a*) *in situ*, las técnicas clásicas de muestreo desde embarcaciones no son adecuadas para obtener datos de áreas extensas y a largo plazo (Barocio-León *et al.*, 2007). Por su parte, una gran cobertura espacial es captada por un satélite en cuestión de segundos, mientras que para recoger los datos *in situ* se tarda varias horas o días (Moses, 2009). Por lo tanto, el uso de sensores remotos para la detección de pigmentos fitoplanctónicos ha resultado ser la mejor forma de obtener una visión sinóptica de regiones extensas. Los pigmentos fotoactivos tal como la clorofila *a* (Chl-*a*) causan distintos cambios en el color del agua mediante la absorción y dispersión de la luz incidente en ella. La concentración de Chl-*a* puede ser estimada por los datos de la reflectancia espectral de los sensores remotos por la relación de los cambios ópticos observados en la luz reflectada a longitudes de onda específicas para la concentración de la Chl-*a*. Este puede ser un procedimiento fácil dependiendo de las características del cuerpo de agua. En aguas oceánicas, el fitoplancton es usualmente el constituyente predominante de la Chl-*a*, por lo que la luz reflectada puede ser directamente relacionada con la concentración de la misma (Moses *et al.*, 2009). El fitoplancton marino constituye el grupo más significativo de productores primarios del planeta. Ellos son responsables del 95% de la fotosíntesis en los océanos (Rodríguez-Benito, 1999), por lo que juegan un papel esencial en el flujo de energía utilizable para los ecosistemas oceánicos (Barocio-León *et al.*, 2007).

JUSTIFICACIÓN

La pesquería de calamar gigante en el Golfo de California ha tenido sus incrementos y decrementos desde sus inicios en los años 70 hasta la época actual, en donde intervienen factores diversos, entre ellos el reclutamiento, la presencia irregular de sus poblaciones, sus migraciones, la relación con sus presas, y por otra parte la dependencia sobre el mercado externo. No menos importante en los altibajos de esta pesquería son los cambios ambientales, así como las relaciones en el ecosistema del que forman parte (Nevárez-Martínez *et al.*, 2008) como predación, competencia, éxito reproductivo, etc (Bazzino *et al.*, 2007). Por estas razones el estudio de las imágenes de TSM y Chl-a constituye una herramienta para identificar y entender la dinámica de los procesos oceánicos, y de los cambios abióticos y bióticos que afecten directa o indirectamente a la abundancia del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California.

ANTECEDENTES

El efecto de la TSM ha sido ampliamente estudiado sobre muchos de los recursos pesqueros, en los que ha proporcionado una parte significativa de la información requerida para evaluar y mejorar el rendimiento potencial de los campos pesqueros, entre los que se cuentan trabajos con el pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 (Yañez *et al.*, 1996), el ostión *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819 (Galeno *et al.*, 1999), el atún aleta amarilla *Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788 (Ortega-García *et al.*, 2008), la merluza de cola *Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907 (Tascheri *et al.*, 2001), el jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920 (Silva *et al.*, 2000), y varias especies de pelágicos menores como *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Silva *et al.*, 2000), *Sardinops sagax* Jenyns, 1842 (Nevárez-Martínez *et al.*, 2001), *Sardinops caeruleus* Girard, 1854 (Morales-Bojórquez *et al.*, 2003), el género *Opisthonema* (Vallarta-Zárate, 2010), y otras especies de calamares como *Illex argentinus* Castellanos, 1960 (Waluda *et al.*, 2001) y *Ommastrephes bartrami* Le sueur, 1821 (Zheng *et al.*, 2007).

Aún cuando *Dosidicus gigas* se considera una especie euritérmica (Nevárez-Martínez, *et al.*, 2000, 2008; Markaida, 2001), son diversos los trabajos que se refieren al efecto de la temperatura del mar sobre la distribución, abundancia y disponibilidad de *D. gigas* a lo largo de toda su área de

distribución (Sato, 1976; Nesis, 1983; Brito-Castillo, 2000; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000; Markaida, 2001;). Sin embargo, aún no se ha determinado tácitamente una relación directa entre la temperatura del mar y la abundancia de este organismo. Según Nigmatullin *et al.* (2001), el calamar gigante se encuentra en temperaturas que van de los 30 a 32° C en aguas ecuatoriales. Waluda *et al.* (2006) reporta que la pesquería de este organismo frente a las costas de Perú toma lugar principalmente en las aguas entre los 17 y 22°C. Mientras que en el Golfo de California se distribuye entre los 16 y 32°C (Ehrhardt *et al.*, 1982b; Markaida, 2001), teniendo las mejores capturas entre los 21 y 22°C (Leal-Ocampo, 1994; Markaida, 2001). Brito-Castillo *et al.* (2000) reportaron para *D. gigas* un intervalo óptimo de temperatura de 12.8-16.5 °C para 60 – 80 m de profundidad, aunque Nevárez-Martínez *et al.*, (2000) no encontraron correspondencia entre la distribución del calamar y la temperatura, desde la superficie hasta los 70 metros de profundidad en el Golfo de California en mayo-junio de 1996. Algunos autores coinciden en que la biomasa y la distribución parecen estar asociadas con zonas de surgencia (Fernández *et al.*, 1995), y más probablemente con la abundancia de pelágicos menores (Ehrhardt, 1991; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000, 2008; Markaida, 2001).

OBJETIVO GENERAL

- Analizar la distribución y abundancia del calamar gigante *Dosidicus gigas* D´Orbigny, para evaluar su relación con la Temperatura Superficial del Mar, concentración de Clorofila a y captura de pelágicos menores, en el Golfo de California, México.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar un análisis climatológico de la temperatura de la superficie del mar, en los meses de junio del periodo 1996- 2009.
- Analizar la distribución espacial de la concentración de Clorofila a (Chl-a) en la capa superficial del mar, en los meses de junio del periodo 2003-2009.
- Analizar la información obtenida a partir de las capturas de los pelágicos menores llevadas a cabo dentro del área de estudio por la flota comercial en junio de 2005.
- Analizar la distribución y abundancia del calamar gigante *Dosidicus gigas* D´Orbigny.

HIPÓTESIS

El marco ambiental marino dentro del cual se llevan a cabo procesos que afectan el tamaño y la estructura de las poblaciones tales como predación, competencia, éxito reproductivo, etc. (Bazzino *et al.*, 2007), es continuamente redefinido por el dinamismo de los procesos oceánicos y neríticos, tales como surgencias, mezclas, radiación solar, vientos, HCO^- , entre otros. Estos procesos pueden influir en la distribución del calamar gigante, no por afectar directamente su comportamiento, sino modificando el de sus presas potenciales. La hipótesis establece que el movimiento de los grandes cardúmenes de pelágicos menores del Golfo de California condiciona la distribución de cardúmenes de calamar gigante y por tanto existirá una relación positiva entre los factores ambientales que promueven una densidad alta de presas y una abundancia alta de calamar gigante.

ÁREA DE ESTUDIO.

El Golfo de California es la única cuenca de evaporación del Océano Pacífico (Roden, 1958; Soto *et al.*, 1999), mide 1000 por 100-150 km, cuenta con una alta productividad biológica, y diferentes características hidrográficas, climáticas y batimétricas. La región norte se caracteriza por temperaturas que oscilan de 10 ° a 32 °C de invierno a verano (Sverdrup, 1941; Soto *et al.*, 1999). En la región central, la temperatura superficial muestra una marcada diferencia entre el invierno y el verano, alcanzando valores de 16° y 31° C, respectivamente (Robles y Marinone, 1987; Soto *et al.*, 1999). La región sur que está en comunicación abierta con el Océano Pacífico tropical a través de la boca, tiene una estructura hidrográfica complicada debido a la confluencia de distintas masas de agua (Soto *et al.*, 1999).

El área de estudio comprende la parte central del Golfo de California desde el sur de Isla Tiburón en Sonora hasta Isla San José en Baja California Sur, área comprendida entre los 28° 17.84' latitud N y los 113° 12.49' de longitud W y los 25° 43.81' latitud N y los 108° 37.49' longitud W (Fig. 3).

Para realizar los análisis, y considerando las propiedades climatológicas del área de estudio, el área original fue dividida en seis áreas (Fig.3).

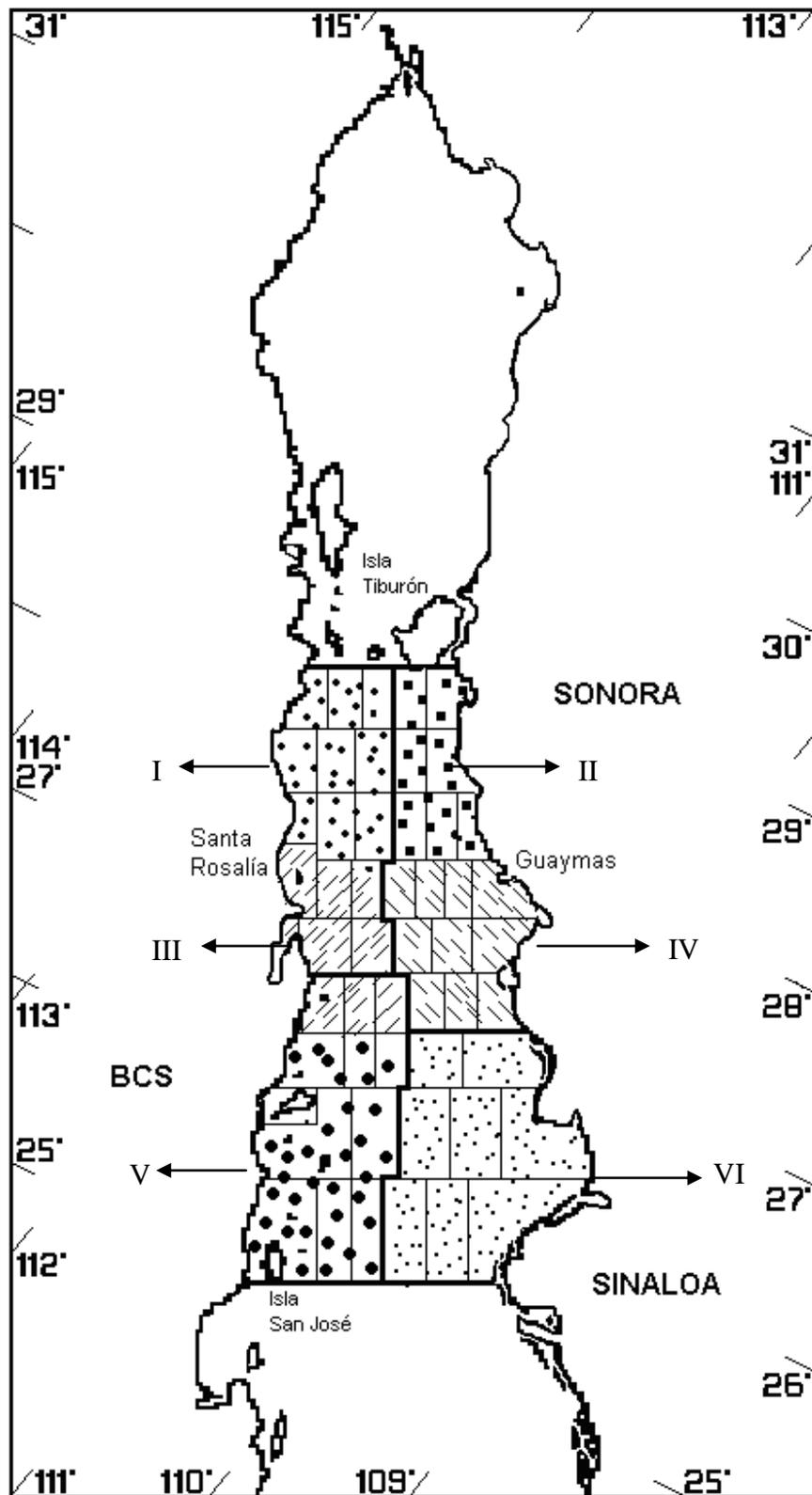


Figura 3. Área de estudio durante el crucero de calamar gigante realizado en junio de 2005 en el Golfo de California (Tomado de Nevárez-Martínez *et al.*, 2000), donde se ubican las áreas propuestas para la climatología.

MATERIALES Y MÉTODOS

Imágenes satelitales de Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Para el análisis climatológico de la TSM, se trabajó con 365 imágenes diarias correspondientes a los meses de junio de 1996 a 2009. Con estas imágenes diarias se llevaron a cabo composiciones semanales, y con estas últimas se llevaron a cabo composiciones mensuales, lo que en adelante será llamado “composición mensual de junio”, generando finalmente una matriz de datos para cada mes de junio del periodo de estudio, excepto el año 2004 (Tabla1). La información satelital fue proporcionada y procesada en el Laboratorio de Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Tabla 1. Número de imágenes procesadas del mes de junio por año.

Mes/año	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Junio	20	19	29	29	32	27	23	22	---	36	29	30	34	35	365

Las imágenes provienen de los pasos nocturnos de los satélites NOAA 12, 14 y 18, para evitar que la radiación solar influyera en los valores de temperatura, captadas por el sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) con una resolución espacial de 1.1km. El cálculo para la obtención de la TSM se realizó utilizando el algoritmo propuesto por Mc Cklein, que consiste en la combinación de tres de las cinco bandas espectrales proporcionadas por el sensor AVHRR, que está inmerso en el programa TeraScan (Márquez-García, 2003).

Basado en el método utilizado por Gallegos *et al.*, (2006), cada “composición mensual de junio” tiene una matriz de datos numéricos que corresponden a cada dato de TSM expresada en grados centígrados en donde se calculó el promedio, los valores extremos y la desviación estándar como parámetros estadísticos para cada uno de los trece años del periodo de estudio. A partir del promedio de las “composiciones mensuales de junio” se obtuvo el “junio típico” para cada área. Para el área de estudio se obtuvo “el estado base”, siendo este el promedio de los seis “junios típicos” correspondientes. Así mismo, con la finalidad de observar la variación entre años y áreas, se

identificaron las anomalías por año de cada una de las seis áreas, siendo esta la diferencia entre la “composición mensual de junio” y el “junio típico” de su respectivo año y área (Fig. 4).

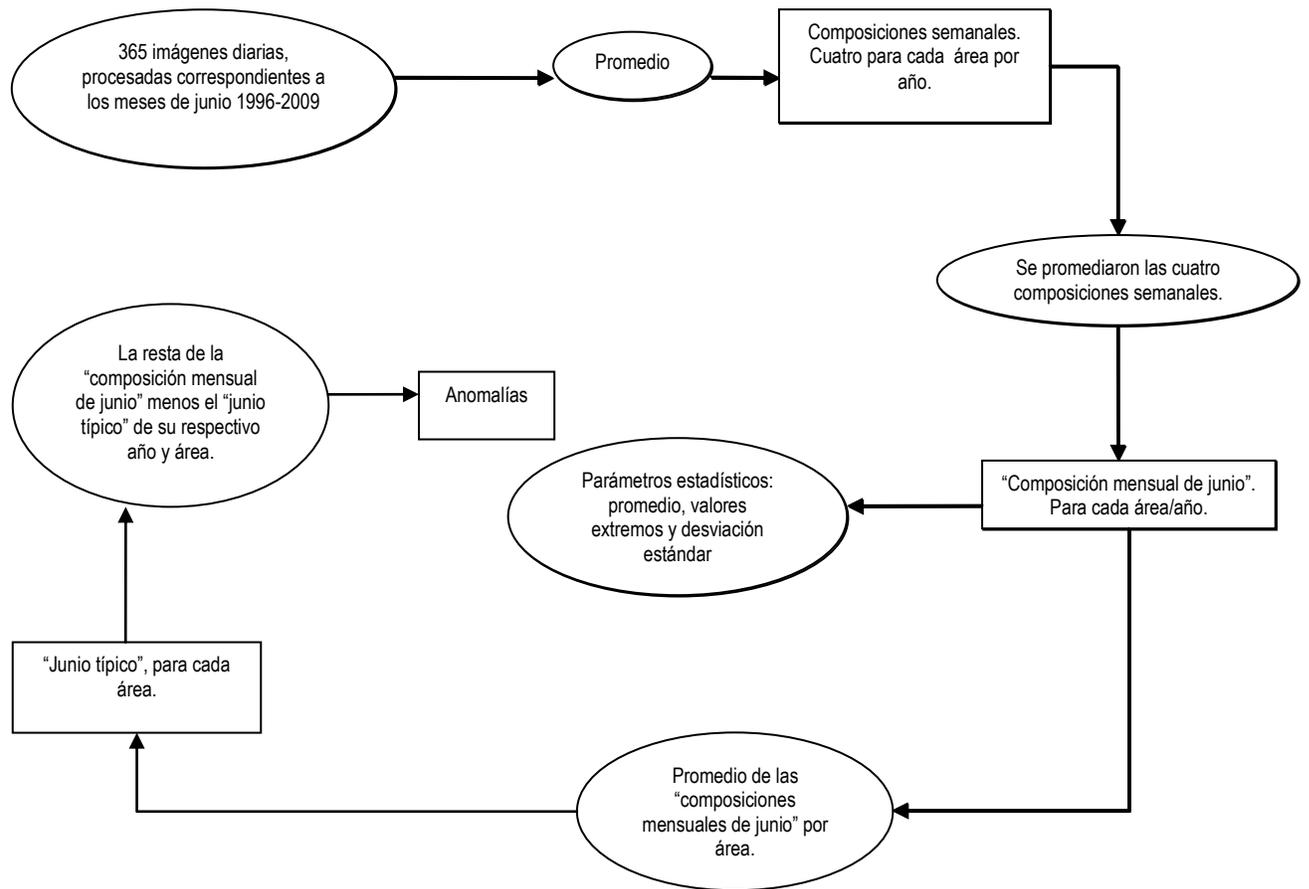


Figura 4. Diagrama del procesamiento de imágenes satelitales para parámetros estadísticos por área/año.

Imágenes satelitales de Clorofila a (Chl-a)

Para el análisis de las imágenes de Chl-a se trabajó con imágenes diarias proporcionadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) captadas por el satélite MODIS-Aqua, cada una de ellas con resolución de 1 km y unidades expresadas en mg/m³.

Con estas imágenes diarias se elaboraron siete matrices de composiciones mensuales de los meses de junio del período 2003-2009. Para realizar el análisis se utilizó el programa ENVI 4.5 (2008), y se consideró dividir el área original en las seis áreas propuestas para la climatología (Fig.3).

Para cada año y cada una de las seis áreas se calculó el promedio de las composiciones mensuales, los valores extremos y la desviación estándar como parámetros estadísticos. Posteriormente se calculó “el valor típico” para cada una de las seis áreas, siendo éste un promedio calculado a partir de los promedios resultantes de los junios de cada año por área. Así mismo se determinaron las anomalías por área para cada uno de los años estudiados con respecto al “valor típico” de cada una de las áreas, con la finalidad de observar la variación entre años y áreas.

Distribución y abundancia de calamar gigante.

Para el análisis de la distribución y abundancia de *D. gigas* se utilizó la información obtenida durante un crucero de investigación, realizado a bordo del Buque de Investigación Pesquera BIP XI, en el Golfo de California durante junio del 2005. Se cubrió una red de 50 estaciones en 9 líneas perpendiculares a la costa dentro del área de estudio (Fig. 3). En cada operación de pesca (estación) se emplearon seis poteras manuales utilizando atracción con luz. Cada estación consistió de 15 minutos de iluminación previa al inicio de la actividad de muestreo, la cual tuvo una duración de 30 minutos. En cada estación se registró la posición exacta al inicio y al término de la misma, el tiempo de iluminación previa, tiempo efectivo de pesca, número de calamares capturados y peso total (K) de la captura por estación.

De cada muestra obtenida por estación se realizó un muestreo masivo (donde se determinó las longitudes de manto de hasta 100 organismos cuando la captura de la estación lo permitió). De esta muestra se tomaron 15 organismos a los cuales se les determinó además el sexo y la fase de madurez gonádica.

Estimador de abundancia de *Dosidicus gigas*

Para la estimación de la biomasa de *D. gigas*, se estratificaron las estaciones de acuerdo a la distribución de frecuencias de las biomásas registradas por cada estación (Nevárez-Martínez, *et al.*, 2000). En el método de estratificación se estimó el número de intervalos (Nl) de acuerdo con la regla de Sturges con la siguiente expresión:

$$NI = 1 + 6.3 * \log n \dots(1)$$

El tamaño del intervalo (TI) se estimó como sigue:

$$TI = \frac{n_{max} - n_{min}}{NI} \dots(2)$$

Donde:

n = número de estaciones

n_{max} = captura máxima por estación

n_{min} = captura mínima por estación.

La estimación de la biomasa total de la población en kilogramos, se obtuvo de acuerdo con los estimadores del muestreo aleatorio estratificado (Schaeffer, *et al.*, 1987; Nevárez-Martínez, *et al.*, 2000):

Estimador de la media poblacional:

$$\bar{y}_{st} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i \bar{y}_i \dots(3)$$

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo en la población

L = Número de estratos

N_i = Número de unidades de muestreo en el estrato y

\bar{y}_i = Promedio por estrato para las i -ésimas observaciones de n_i

Varianza estimada de \bar{y}_{st} :

$$V(\bar{y}_{st}) = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^L N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) \left(\frac{s_i^2}{n_i} \right) \dots(4)$$

Límite para el error de la estimación de \bar{y}_{st} :

$$\sqrt{V(\bar{y}_{st})} = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^L N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) \left(\frac{s_i^2}{n_i} \right)} \dots (5)$$

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo en la población

L = Número de estratos

N_i = Número de unidades de muestreo en el estrato y

n_i = Número de unidades de muestreo, realizadas en cada estrato

s_i^2 = Varianza por estrato para las i -ésimas observaciones de n_i

Estimador del total de la abundancia poblacional:

$$N \bar{y}_{st} = \sum_{i=1}^L N_i \bar{y}_i \dots (6)$$

Donde:

N_i = Número de unidades de muestreo en el estrato y

\bar{y}_i = Promedio por estrato para las i -ésimas observaciones de n_i

Varianza estimada de $N \bar{y}_{st}$:

$$V(N \bar{y}_{st}) = \sum_{i=1}^L N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) \left(\frac{s_i^2}{n_i} \right) \dots (7)$$

Límites del error de la estimación de la abundancia:

$$\sqrt{V(N \bar{y}_{st})} = \sqrt{\sum_{i=1}^L N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) \left(\frac{s_i^2}{n_i} \right)} \dots (8)$$

Donde:

N_i = Número de unidades de muestreo en el estrato y

n_i = Número de unidades de muestreo, realizadas en cada estrato

s_i^2 = Varianza por estrato para las i -ésimas observaciones de n_i

L = Número de estratos

Estimación de biomasa por el método de área barrida estratificada

Para este método se tomaron en cuenta las seis áreas más pequeñas en que fue dividida el área de estudio original, y se utilizaron los estimadores propuestos por Pierce y Guerra (1994) y Nevárez-Martínez, *et al.*, (2000). El área barrida se considera como el radio de influencia de la luz multiplicado por el área cubierta por la deriva del barco durante el periodo de pesca (Nevárez-Martínez, *et al.*, 2000).

La biomasa estimada se calculó como sigue:

$$B_T = \sum_{i=1}^n \left(Y_i * \frac{A_i}{a_i} \right) \dots \Theta$$

Donde:

B_T = Biomasa Total.

Y_i = Captura total en el i -ésimo estrato.

A_i = Area total en el i -ésimo estrato.

a_i = Area barrida en el i -ésimo estrato.

La variancia se estimó de acuerdo a lo siguiente:

$$\hat{V}(B_T) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i^2 * n_i * s_i^2}{a_i^2} \right) \dots (10)$$

Donde:

$\hat{V}(B_T)$ = Variancia de la biomasa total.

A_i = Área total en el i -ésimo estrato.

n_i = Número de actividades de pesca en el i -ésimo estrato.

s_i^2 = Variancia de la captura en el i -ésimo estrato.

a_i = Área barrida en el i -ésimo estrato.

Capturas de pelágicos menores

Se utilizaron los datos de capturas de pelágicos menores desembarcadas en el puerto de Guaymas, Sonora y la Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE), específicamente de la sardina Monterrey, como un indicador de biomasa (Cubillos, *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2008). Las capturas fueron llevadas a cabo en junio de 2005 y proporcionadas por el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP), Guaymas. Se discriminaron las capturas realizadas fuera del área original utilizada para este estudio, seleccionando las capturas que fueron llevadas a cabo dentro de cada una de las seis áreas propuestas.

Para cada una de las áreas se estimó la captura total de pelágicos menores expresada en toneladas (t). De la misma forma se estimó la captura de sardina Monterrey, así como CPUE para pelágicos menores (CPUETnP) y sardina Monterrey (CPUEmty), esto último tomando en cuenta el número de viajes realizados por la flota.

Estimación de madurez gonádica

El estadio de madurez gonádica de los calamares gigantes se determinó de acuerdo con la escala establecida por Lipinski (1979). En este trabajo se consideraron inactivas las fases I (Inmaduros), II (En transición) y III (Madurando), y como activas las fases IV (Maduro), V (En desove) y VI (Final de desove). A diferencia de Hernández *et al.* (1996), quien no considera la fase VI como activa, en este

trabajo se considera activa debido a la transición entre la fase V y VI que se presenta en esta última fase. Bajo este criterio, se determinó la frecuencia de la fase de madurez de machos y hembras, separándolos en dos grupos: maduros y no maduros y posteriormente se sumaron las frecuencias de los organismos maduros y no maduros sin importar si fueran hembras o machos, para cada una de las seis áreas. La frecuencia de los organismos maduros y no maduros se dividió entre la frecuencia total y se multiplicó por cien, para obtener la frecuencia relativa de cada grupo.

Análisis de tallas

Con la finalidad de lograr una síntesis de la información obtenida a partir del muestreo masivo de longitud de manto (LM en centímetros) (Fig.5), se formaron 44 intervalos de 2cm cada uno, que van de los 10 a los 98 cm, en donde se agruparon los organismos capturados por área.

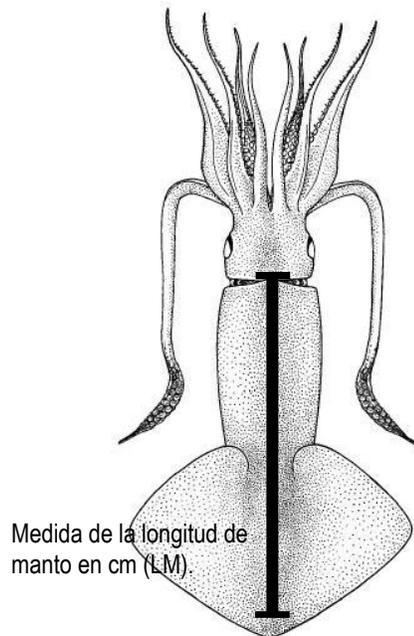


Figura 5. Calamar gigante *Dosidicus gigas*, vista dorsal en donde se muestra la medida de longitud de manto (LM)
(Tomado de Markaida, U. 2001)

Para cada una de las seis áreas se calculó lo siguiente: la frecuencia por intervalo (el número de los organismos que formaban parte de cada intervalo), la frecuencia relativa, (el resultado de la división de la frecuencia por intervalo entre el total de organismos capturados en el área multiplicado por cien), la longitud de manto ponderada por “la marca de clase” o el punto medio de cada intervalo (siendo el resultado de la división entre 100 del producto de la frecuencia relativa y la marca de clase). La sumatoria de la longitud de manto ponderada por la marca de clase fue la talla de LM en cm que se consideró para cada área.

Frecuencias por intervalo:

$$\sum_{i=1}^{i=n} f_i = N$$

Donde:

N = El número total de organismos capturados en el área.

f_i = El número de organismos dentro de cada intervalo.

Frecuencia relativa:

$$n_i = (f_i/N) 100$$

Donde:

f_i = Frecuencia de organismos dentro de cada intervalo

N = Número total de organismos en el área.

Talla ponderada:

$$\frac{T = (n_i)(m.c)}{100}$$

Donde:

n_i = Frecuencia relativa

$m.c.$ = Marca de clase.

Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa *Statistics V6*. Se realizaron diferentes análisis de regresión múltiple (lineal y no lineal) relacionando algunos parámetros ambientales entre sí, como por ejemplo TSM vs Chl-a, madurez gonádica, biomasa de calamar gigante, CPUE de sardina Monterrey vs Chl-a, TSM, aTSM, aChl-a, entre otros, estos no se incluyeron ya que no mostraron una R^2 significativa y se realizaron para tener un panorama general de las relaciones que guardan los parámetros entre sí. Las gráficas de algunas de las relaciones entre estos parámetros se presentan en el apéndice.

RESULTADOS

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

En el área de estudio, para junio, mes que se contempló en este trabajo, la temperatura no osciló en más de 2 °C (Tabla 2, Fig.6). Se pueden observar dos rasgos principales, el primero es que las áreas cercanas a la península (I, III, V) tienen promedios más bajos de TSM que aquellas contiguas a la parte occidental del continente (II, IV, VI); el segundo es que existe un gradiente positivo de la parte norte y centro del área de estudio, donde se ubican las áreas I, II, III y IV, respectivamente, hacia la parte sur del Golfo donde se ubican las áreas V y VI (Fig. 6).

El área con el menor valor promedio de TSM fue la I (Tabla 2, Fig. 6), seguida por la V y III, presentando valores promedio de TSM en orden ascendente, mientras que el área con el mayor valor promedio de TSM es el área VI, seguida del área IV y II con valores promedio de TSM en forma decreciente de sur a norte, aunque las áreas VI y IV presentan valores muy similares.

Para el norte y centro del área de estudio, que es representado por las áreas I, II, III y IV, respectivamente, el año 1999 es el que presentó el valor promedio menor, así como 1996 es el año que representa el valor más cálido registrado para las mismas áreas en el periodo de estudio (Tabla 2, Fig. 7). En la parte sur del área de estudio, las áreas V y VI, el año que presenta el menor valor promedio es el 2005, mientras el más cálido fue 1997. El año promedio más frío es 1999, le sigue 2008 y 2005, siendo estos últimos muy similares entre sí (Fig. 7), y los más cálidos fueron 1996 y 1997.

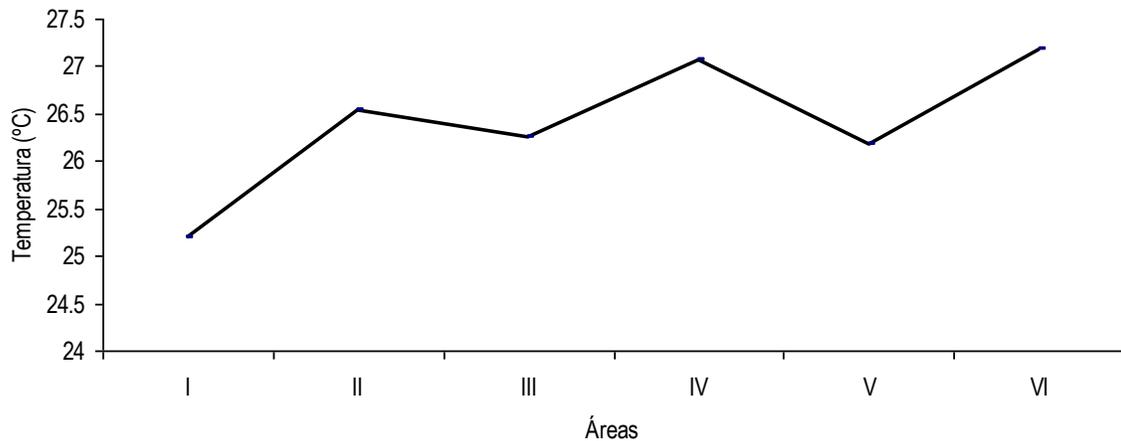


Figura 6. "Junio típico" (1996-2009) para la temperatura superficial del mar, por área, en el Golfo de California.

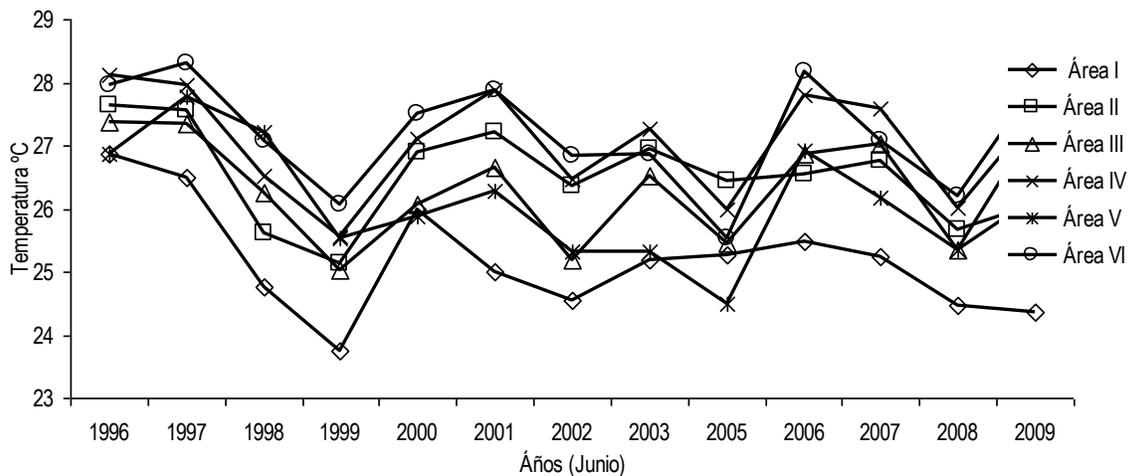


Figura 7. Valores promedio de la "composición mensual de junio" por año por área, en el Golfo de California.

En cuanto a las anomalías de TSM (Tabla 3; Fig. 8a), la anomalía positiva máxima se presentó en 1996 en la región norte hacia la península (área I) y fue de 1.67°C y la anomalía negativa mínima se presentó en el 2005, en la parte sur también del lado de la península (área V) y fue de -1.69°C. En los años 1999, 2002, 2005 y 2008 se presentaron anomalías negativas en todas las áreas, los años que presentan en su mayoría anomalías negativas respecto al "junio típico" son considerados como fríos. Las anomalías positivas que se registraron, son más claras en 1996 y 1997, por lo que para estos años se considera que tuvieron un mes de junio cálido respecto al "junio típico" para el área

total (Tabla 3, Fig. 8a). Aunque no es el año más frío del periodo, el 2005 tiene en casi todas las áreas anomalías negativas respecto a “el junio típico” (por lo que se le puede considerar un mes más frío que el promedio) (Fig. 9).

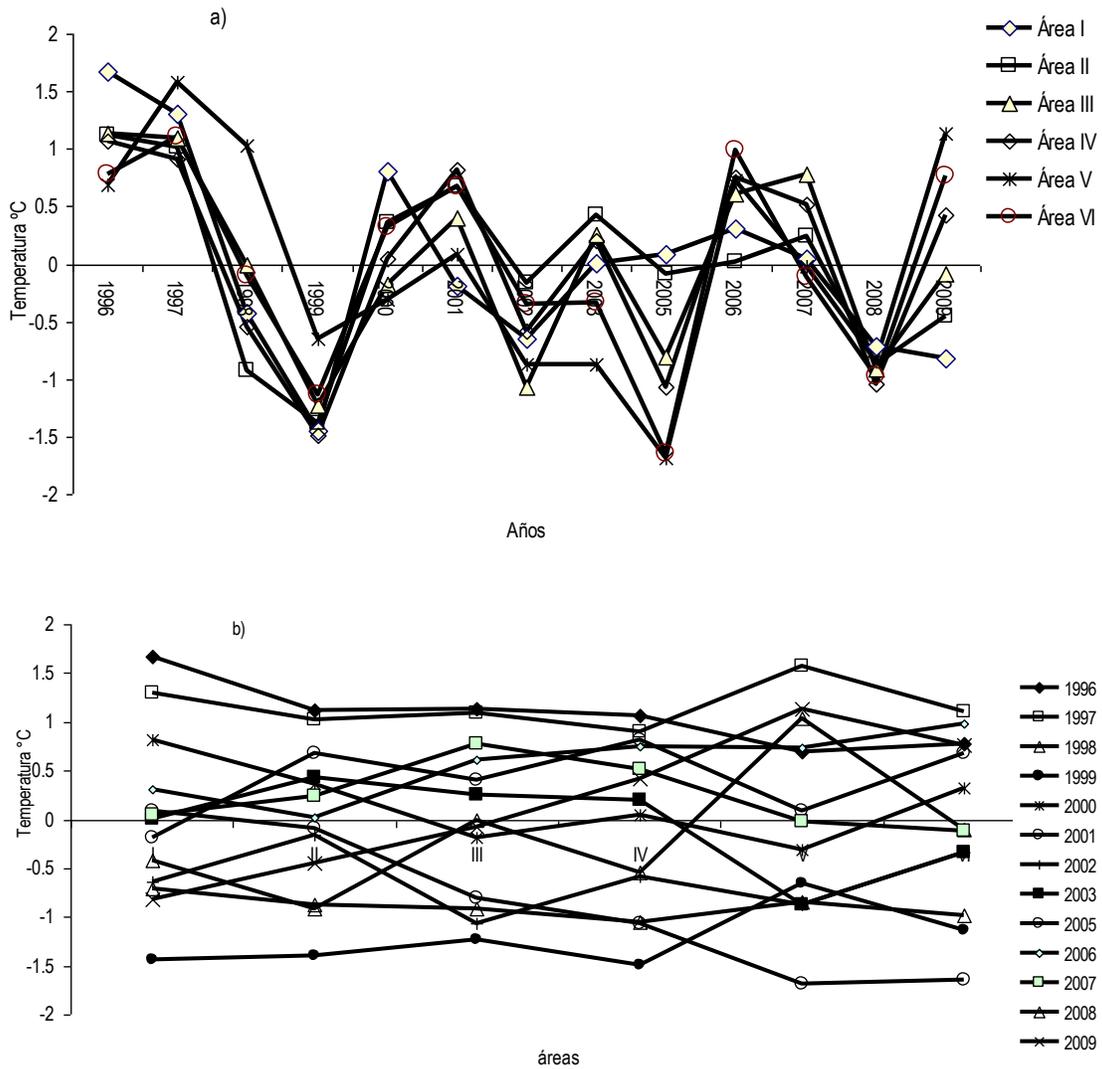


Figura 8. Anomalías de la TSM por área (a) y por año-junio (b), periodo 1996-2009, en el Golfo de California.

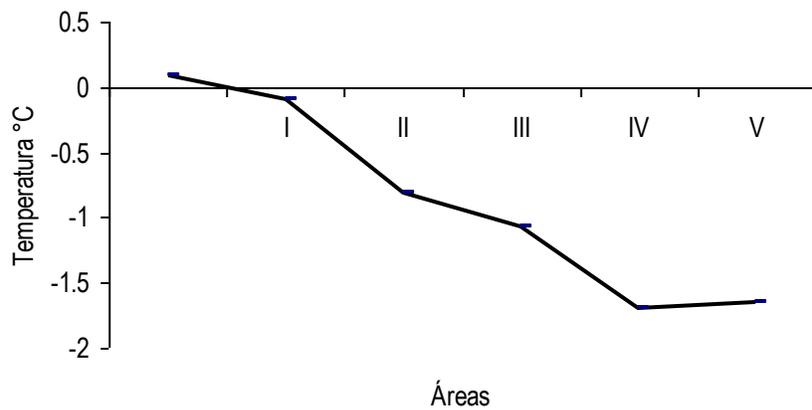


Figura 9. Anomalías de la TSM por área, durante el año 2005, en el Golfo de California.

Tabla 2. Temperatura superficial del mar; a) Promedios de las composiciones mensuales por año y área, y junio típico por área; b) Promedio anual. Estado base del área de estudio original.

a) Temperatura Superficial del Mar							b)
Áreas							Área de estudio
Junio	I	II	III	IV	V	VI	
1996	26.85	27.64	27.38	28.13	26.87	27.97	27.47
1997	26.48	27.55	27.35	27.96	27.76	28.30	27.57
1998	24.76	25.61	26.24	26.51	27.22	27.09	26.24
1999	23.74	25.14	25.02	25.57	25.53	26.06	25.18
2000	26.00	26.89	26.07	27.11	25.88	27.51	26.57
2001	25.00	27.21	26.65	27.87	26.27	27.87	26.81
2002	24.54	26.37	25.19	26.47	25.31	26.85	25.79
2003	25.19	26.96	26.51	27.26	25.31	26.86	26.35
2005	25.27	26.44	25.44	26.00	24.50	25.54	25.53
2006	25.49	26.55	26.85	27.81	26.92	28.17	26.97
2007	25.23	26.77	27.03	27.58	26.17	27.07	26.64
2008	24.47	25.66	25.34	26.01	25.34	26.21	25.51
2009	24.36	26.08	26.17	27.49	27.32	27.95	26.56
"Junio típico" por							Estado base
área	25.18	26.53	26.25	27.06	26.18	27.19	26.39

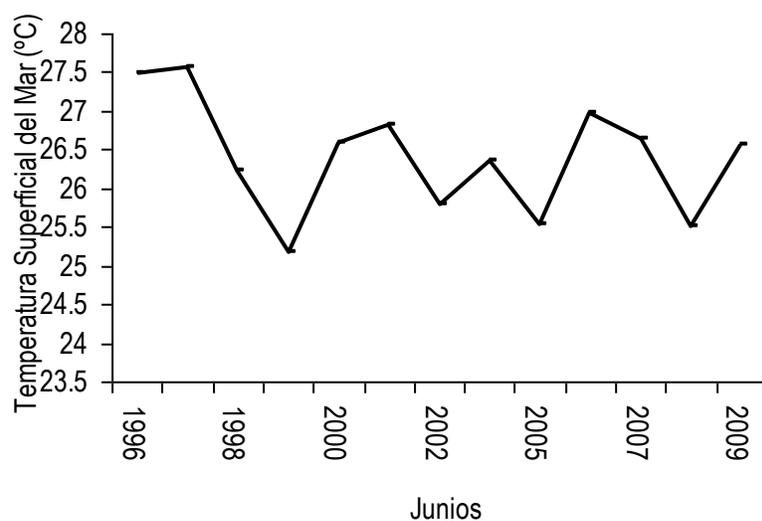


Figura 10. Valores promedio anual (junios) de la TSM, periodo 1996-2009, en el Golfo de California.

Tabla 3. Anomalías de la temperatura superficial del mar por área.

	Áreas					
	I	II	III	IV	V	VI
1996	1.67	1.11	1.13	1.06	0.68	0.78
1997	1.30	1.02	1.09	0.90	1.58	1.11
1998	-0.42	-0.92	-0.006	-0.54	1.03	-0.09
1999	-1.44	-1.38	-1.22	-1.48	-0.65	-1.12
2000	0.81	0.36	-0.18	0.05	-0.30	0.32
2001	-0.18	0.67	0.40	0.81	0.08	0.68
2002	-0.64	-0.16	-1.06	-0.58	-0.87	-0.34
2003	0.008	0.42	0.26	0.19	-0.87	-0.33
2005	0.08	-0.08	-0.80	-1.06	-1.68	-1.64
2006	0.30	0.02	0.60	0.75	0.73	0.98
2007	0.04	0.24	0.77	0.52	-0.01	-0.11
2008	-0.71	-0.86	-0.90	-1.04	-0.84	-0.97
2009	-0.82	-0.44	-0.07	0.42	1.13	0.76

Clorofila a (Chl-a)

En el área de estudio, la cantidad de Chl-a fluctuó entre 0.3072 mg/m³ y 2.2745mg/m³ (Tabla 4). Un rasgo sobresaliente es que los valores de Chl-a presentaron un gradiente negativo de la parte norte (áreas I y II) hacia la parte sur (áreas V y VI), que incluso doblaron los valores respecto a las áreas del sur (Tabla 4, Fig. 11b), lo que coincide con los resultados de Millán-Núñez *et al.* (1993). Para la parte norte y centro de las áreas cercanas a la península (áreas I y III), el año con el mayor valor de Chl-a fue el 2007. Para la parte norte y centro de las áreas contiguas al continente (áreas II y IV), los valores mayores fueron en junio de 2004. Para las áreas que componen el sur del área de estudio (áreas V y VI) fueron en junio de 2003 (área V) y 2006 (área VI) (Tabla 4).

Para todas las áreas de estudio, el año con valores promedio más bajos de Chl-a fue el 2009, excepto para el área I, la cual presentó valores mínimos durante el año 2006 (Tabla 4). Por otra parte, de manera conjunta, el año en que se registra el valor máximo de Chl-a es el 2007, mientras que el valor mínimo se presentó en el 2009 (Tabla 4, Fig. 11a).

Tabla 4. Promedios (mg/m³) de Chl-a de las composiciones mensuales por año y área, así como el valor típico por área, y Promedio del área de estudio.

Junio	I	II	III	IV	V	VI	Promedio área de estudio.
2003	1.454	1.328	1.064	0.694	0.879	0.729	1.025
2004	1.097	1.550	0.899	0.799	0.467	0.648	0.910
2005	1.124	1.114	0.841	0.668	0.728	0.742	0.869
2006	1.092	0.991	0.729	0.615	0.477	0.940	0.807
2007	2.274	1.249	1.164	0.697	0.742	0.690	1.136
2008	1.303	1.332	1.164	0.794	0.779	0.875	1.041
2009	1.119	0.960	0.691	0.485	0.307	0.326	0.648
Valor típico por área	1.352	1.218	0.936	0.679	0.626	0.707	1.032

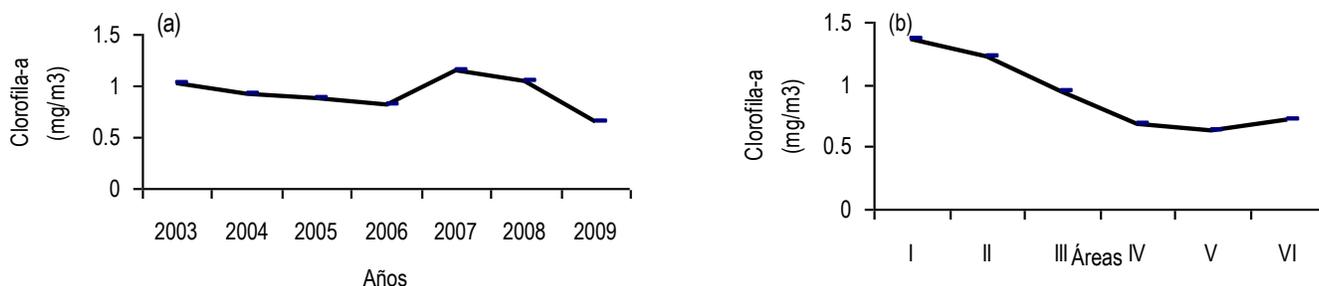


Figura 11. Valores promedio anual (junios) de Chl-a (a). Valor típico por área (b) de Chl-a

En la Tabla 5 se presentan las anomalías de Chl-a por año por área. Las anomalías negativas más notables se presentaron en el 2009, particularmente en las áreas V y VI (Tabla 5; Fig. 12), mientras que el año en el que en todas las áreas se presentaron anomalías positivas fue el 2003. Sin embargo, la anomalía positiva más alta se presentó en 2007 en el área I, año que también mostró anomalías positivas en el resto de las áreas, excepto en el área VI. Las anomalías de clorofila para junio de 2005 (Fig. 13) muestran un comportamiento inverso al observado para las anomalías de temperatura, es decir, muestran una tendencia ascendente.

Tabla 5. Anomalías de clorofila a, en el Golfo de California.

	Áreas					
	I	II	III	IV	V	VI
2003	0.102	0.110	0.127	0.0149	0.253	0.021
2004	-0.254	0.332	-0.036	0.1201	-0.158	-0.058
2005	-0.228	-0.103	-0.095	-0.010	0.102	0.034
2006	-0.259	-0.227	-0.207	-0.063	-0.148	0.233
2007	0.922	0.031	0.228	0.018	0.116	-0.017
2008	-0.049	0.114	0.227	0.115	0.153	0.167
2009	-0.233	-0.257	-0.244	-0.194	-0.318	-0.380

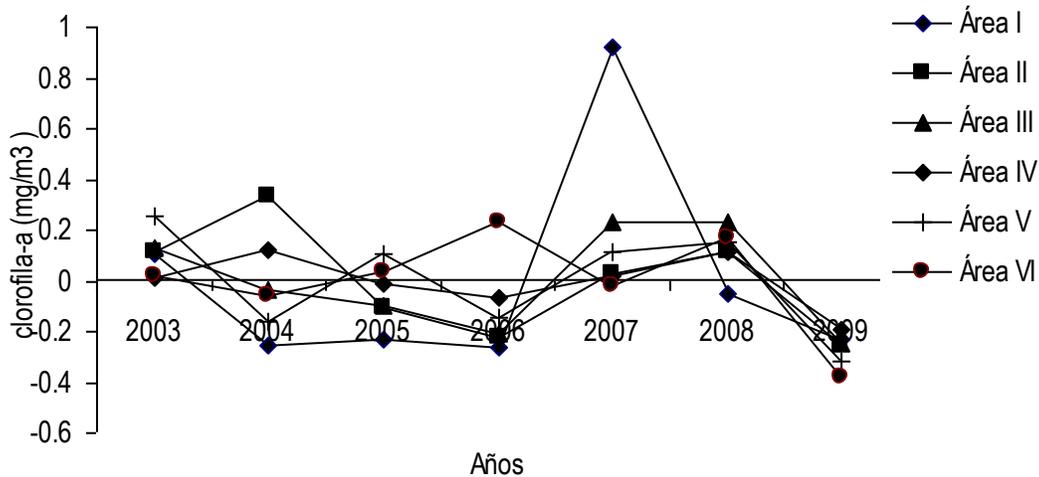


Figura 12. Anomalías de Chl-a de las composiciones por área por año (junios), en el Golfo de California.

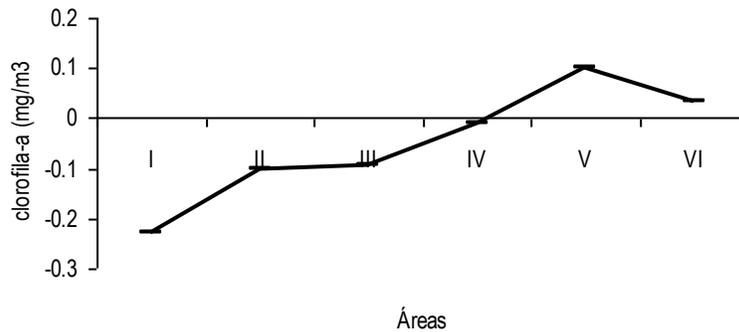


Figura 13. Anomalías de Chl-a por área para junio de 2005, en el Golfo de California.

Relación TSM y Chl-a

Entre la matriz de valores de Chl-a y la de TSM se encontró una correlación negativa de -0.682. La correlación entre los valores de TSM y Chl-a, en comparaciones año con año, a partir del año 2003, año en que comienza la matriz de Chl-a, fue la siguiente: -0.434, 0.315, -0.416, -0.790, -0.566, -0.933, correspondientes a los años 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009, respectivamente. Sin embargo, los valores fueron diferentes cuando se realizó la correlación entre las anomalías de ambas variables ambientales, pues los valores fueron los siguientes: -0.538, -0.935, 0.770, -0.124, -0.627, -0.573, respectivamente. Las correlaciones encontradas entre ambas variables ambientales para cada área fueron: 0.205 (área I), 0.094 (área II), -0.029 (área III), -0.557 (área IV), -0.829 (área V) y -0.255 (área VI).

Estimación de biomasa de *Dosidicus gigas*

Con el método de área barrida estratificada se estimó una biomasa para cada área con sus respectivos límites superior e inferior (Tabla 6). Las mayores biomásas fueron estimadas para las áreas VI y I, con 85,184.96 t y 61,774.68 t, respectivamente. Las menores biomásas estimadas fueron para las áreas III y V, con 3,433.62 t y 6,645.8 t respectivamente (Fig. 14).

Tabla 6. Biomasa (t) de *Dosidicus gigas* por área, estimada por el método de área barrida estratificada para junio del 2005 en el Golfo de California.

Área	Límite inferior	Biomasa (t)	Límite superior
I	46,017.64 t	61,774.68 t	77,531.72 t
II	11,719.39 t	22,919.98 t	34,120.58 t
III	1,572.26 t	3,433.62 t	5,294.97 t
IV	18,507.50 t	25,914.20 t	33,320.91 t
V	4,081.80 t	6,645.82 t	9,209.83 t
VI	51,530.52 t	85,184.96 t	118,839.40 t

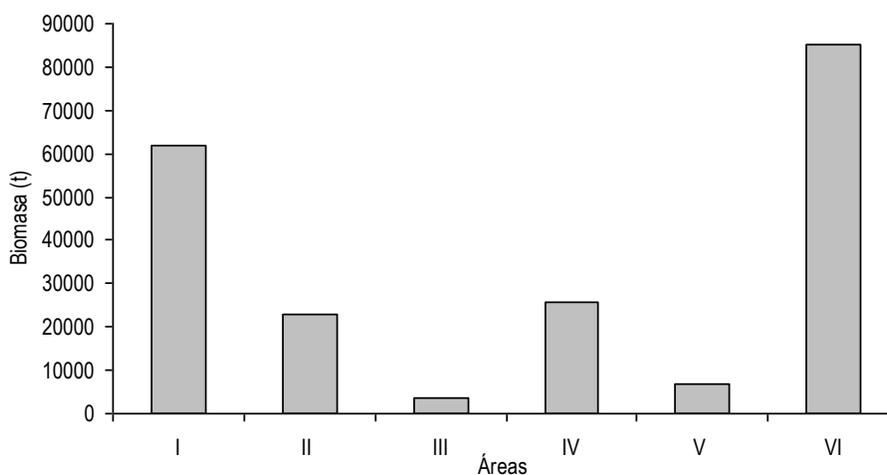


Figura 14. Biomasa de calamar gigante, por áreas, estimada por el método de área barrida estratificada, para junio del 2005, en el Golfo de California.

Captura de pelágicos menores

En cuanto a las capturas de peces pelágicos menores, es importante mencionar que la frecuencia de viajes que realiza la flota de Guaymas tiene una estrecha relación con la especie objetivo (sardina Monterrey). En este trabajo, el área II presentó una CPUE de 141.1 toneladas/viaje, y se pescaron 7,762.9 t (Tabla 7) de sardina Monterrey, por lo que se considera como la de mayor abundancia de este recurso, y la III como la menor, ya que no se realizaron viajes a esta área. En cuanto a los pelágicos menores en donde se agrupan macarelas, anchovetas, y otras sardinias, la mayor CPUE fue registrada en el área V y fue de 198.3 t/v (Tabla 7). Bajo el argumento de que la sardina Monterrey llega a contribuir hasta con 90% de las capturas totales anuales de pelágicos menores en el Golfo de California (Cisneros-Mata *et al*, 1991; Nevárez-Martínez, 2000), se eligió dar mayor importancia en este trabajo a los valores de la sardina Monterrey que a los de los pelágicos menores del área.

Tabla 7. Capturas en toneladas de peces pelágicos menores y sardina Monterrey, para cada una de las seis áreas en el Golfo de California

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

Estimación de madurez gonádica

El área IV presenta el mayor porcentaje de organismos considerados como maduros, mientras que en el área I se presentó el menor porcentaje de organismos en estos estadios (Fig. 15). La gráfica deja ver que los mayores porcentajes de los organismos inmaduros se localizaron en las áreas cercanas a la península de baja California (I, III y V), y que los mayores porcentajes de organismos maduros se presentaron en las áreas que están en las costas de Sonora (II, IV y VI). De los

organismos maduros (fases IV, V y VI), el estadio de madurez más observado fue la fase V (en desove), mientras que de los organismos no maduros (I, II y III) fue la fase I (Inmaduros) (Fig. 15). El resultado que se obtuvo a partir del análisis de correlación entre la TSM y la madurez relativa fue de $r= 0.5209$, lo que indica una fuerte correlación, lo cual se aprecia visualmente al mostrar las variables tendencias similares (Fig. 17).

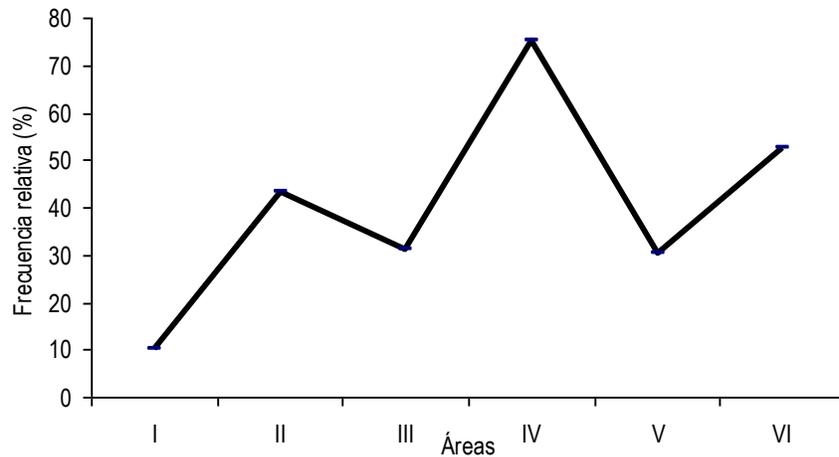


Figura 15. Frecuencia relativa (%) de organismos maduros de calamar gigante, por área, para junio del 2005, en el Golfo de California.

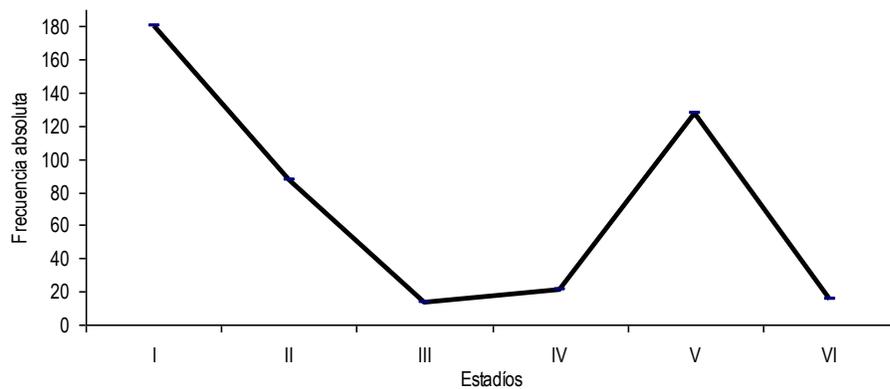


Figura 16. Frecuencia absoluta observada por estadio de madurez del calamar gigante, para junio del 2005, en el Golfo de California.

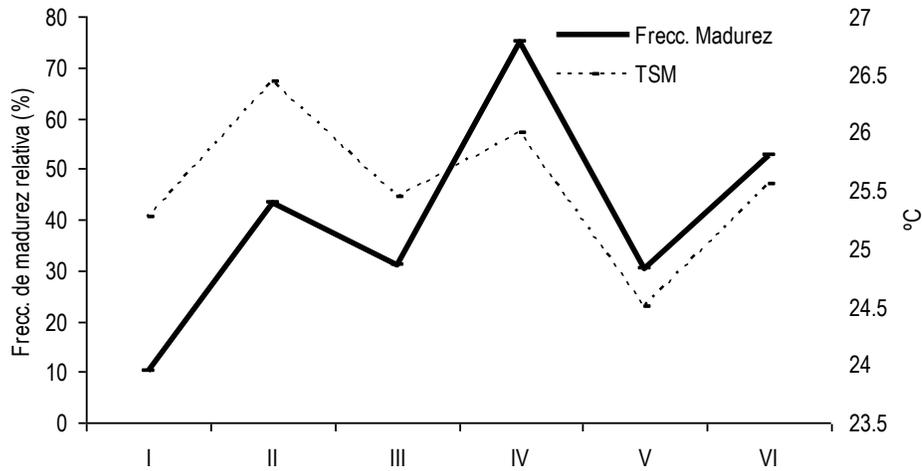


Figura 17. Relación entre la TSM (Junio 2005) y la frecuencia relativa de madurez de calamar gigante.

Análisis de tallas de *Dosidicus gigas*

La distribución de tallas de *Dosidicus gigas* se muestra en la figura 18, donde se observa un intervalo de 1 a 43 cm de longitud de manto. La longitud promedio del manto varió entre los 24 y los 43 cm (Fig. 19). Se encontró a los individuos de mayor a menor talla del área I a la VI. Se puede ver una relación lineal, que indica que los organismos de mayores tallas se encuentran al norte del área de estudio y que por tanto se presentó un gradiente negativo de norte a sur.

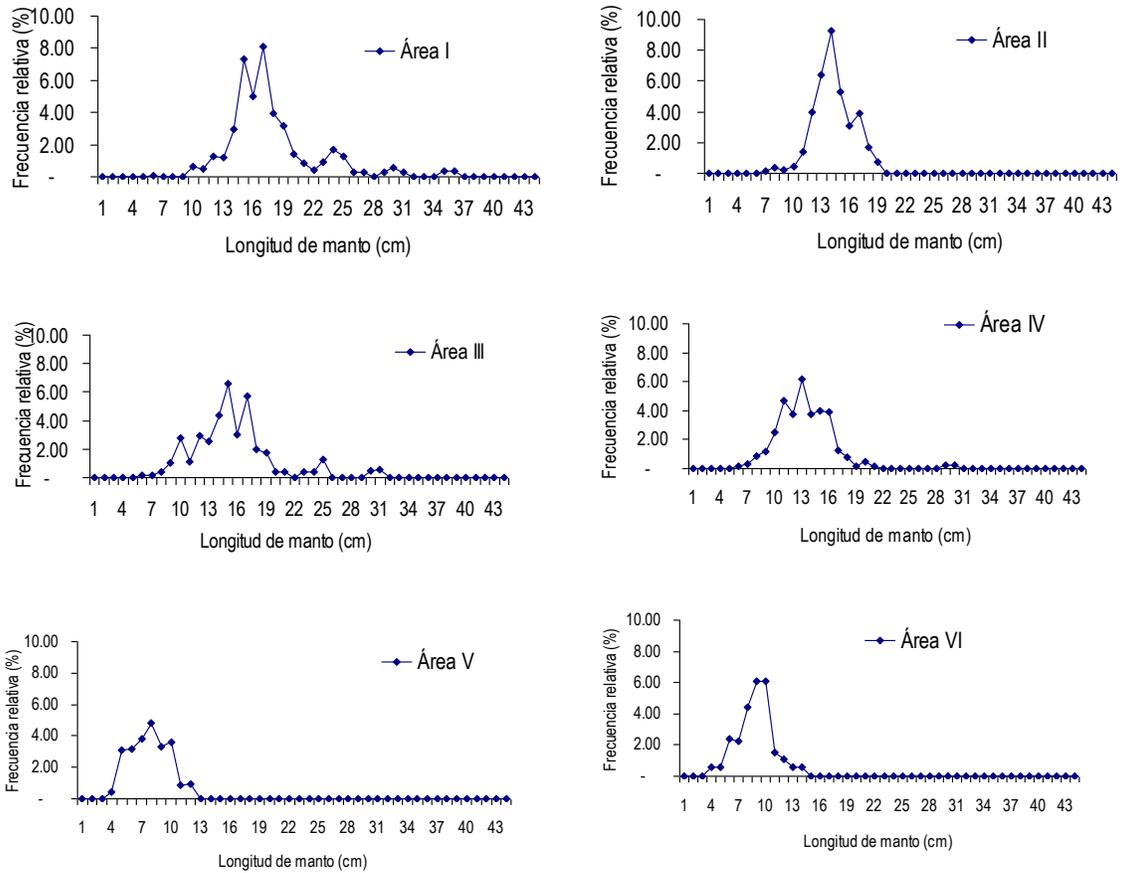


Figura 18. Distribución de frecuencia de tallas del calamar gigante, por área, para junio del 2005, en el Golfo de California.

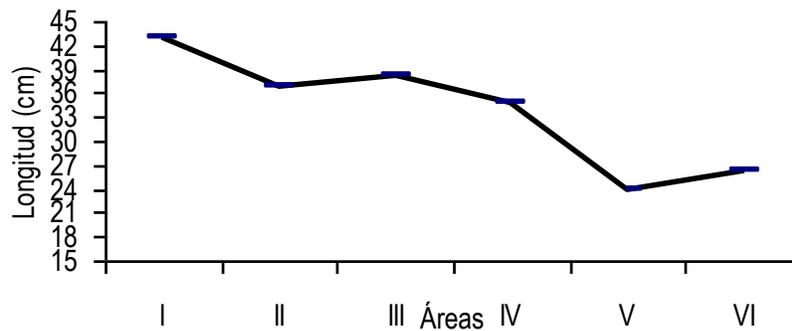


Figura 19. Longitud promedio del manto del calamar gigante, por área, para junio del 2005, en el Golfo de California.

Análisis estadístico

Se realizaron diferentes análisis de regresión múltiple con la intención de conocer hasta qué punto existía una relación entre los parámetros ambientales y los parámetros biológicos que pudiera corroborar o descartar la hipótesis presentada en este trabajo. De este modo, la estimación de la biomasa, como variable dependiente de las anomalías de TSM (aTSM), las anomalías de Clorofila a (aChl-a), y la captura de pelágicos menores (TnP) mostró una $R^2 = 0.505$, resultado que explica alrededor del 50% de la variabilidad de la biomasa calculada.

La relación estimada entre la madurez gonádica como variable dependiente de la Chl-a y la TSM mostró una $R^2 = 0.9491$, lo que sugiere una relación directa entre estos parámetros. La relación estimada entre la longitud del manto como variable dependiente de aChl-a y aTSM mostró una $R^2 = 0.918$, lo que también sugiere una fuerte relación. Otros análisis de regresión múltiple previos no mostraron una R^2 significativa, por lo que no se presentan aquí (ver apéndice).

Así mismo, se exploraron varios modelos de tipo no lineal, obteniendo como mejor resultado el ajuste del siguiente modelo de tipo parabólico, el cual fue significativo, al igual que los parámetros utilizados ($p < 0.05$):

$$\text{Abundancia } D. \text{ gigas} = (b1 * \text{CPUEmy} + c1 * \text{CPUEmy}^2) * (b2 * \text{TSM} + c2 * \text{TSM}^2)$$

En donde los valores estimados fueron: $b1 = 122.3604$; $c1 = -0.8376$; $b2 = -18.9068$; $c2 = 0.7711$. La relación estimada mostró que el valor de la varianza explicada por el modelo fue $R^2 = 0.895$.

Los valores predichos para la biomasa de calamar gigante, respecto a los observados, y los residuos (diferencia entre el valor observado y el valor estimado por el modelo), para cada una de las áreas, se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Residuos entre los valores de biomasa estimados y predichos por el modelo parabólico, para el calamar gigante del Golfo de California.

Área	Valores Observados	Valores Predichos	Residuos
I	61774.68	61413.61	361.06
II	22919.98	22869.29	50.69
III	3433.62	2200.42	1233.19
IV	25914.20	3599.18	22315.02
V	7018.36	-54.95	7073.32
VI	85184.96	86410.82	-1225.86

La figura 20 muestra la gráfica del modelo parabólico, en donde se puede ver que existe un rango óptimo en donde la abundancia de calamar gigante es máxima cuando se presentan valores medios de CPUE de sardina Monterrey, y valores altos de TSM registrados en el área de estudio para el mes de junio de 2005.

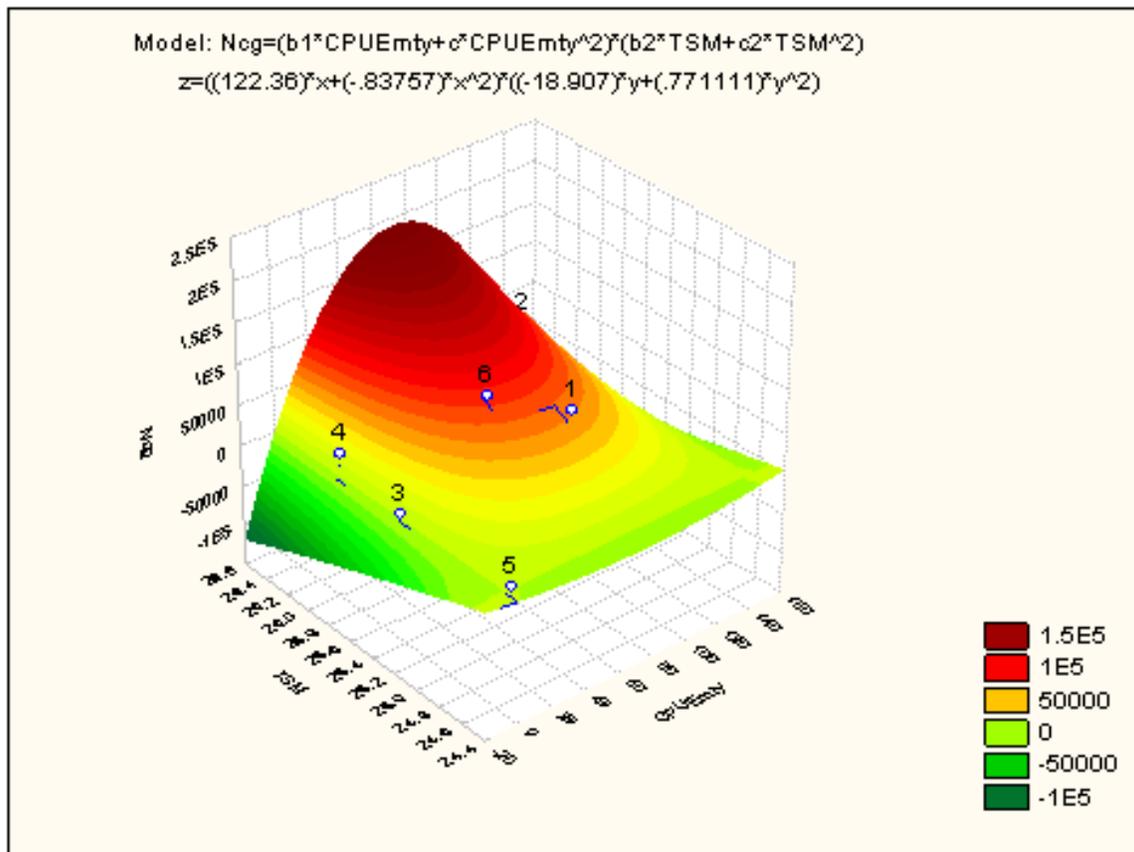


Figura 20. Abundancia de calamar gigante en el Golfo de California. Eje x: CPUE de sardina Monterrey; Eje y: TSM; Eje z: Toneladas de calamar gigante.

DISCUSIÓN.

Los resultados indicaron que la correlación entre los valores de TSM y de Chl-a fue alta y negativa, lo cual era esperable, ya que entre mayor sea el calentamiento de la capa superficial, menor es el intercambio con la capa subyacente rica en nutrientes, ocasionando que disminuya la biomasa fitoplanctónica, que depende, para sostenerse del transporte vertical de nutrientes que se genera a través de la mezcla vertical entre estas dos capas (Behrenfeld *et al*, 2006).

El área I fue la más fría, así como la que presentó la mayor biomasa fitoplanctónica de la zona de estudio (excepto por el 2005 cuando presentó una considerable anomalía negativa de Chl-a). La coincidencia de estos fenómenos habla de un mayor intercambio entre la capa subyacente rica en nutrientes y la capa superficial, influenciado por la temperatura baja. En esta área las capturas de sardina Monterrey no fueron extraordinarias, pero se registra la presencia del recurso. Por otra parte, cabe recordar que no son estos peces la única fuente de alimento para el calamar gigante (Sato, 1976; Ehrhardt, 1991; Markaida *et al.*, 2003).

La alta biomasa fitoplanctónica que presenta esta área fomenta indirectamente la alta abundancia de calamar gigante que se estimó en ella, ya que propicia las condiciones para el establecimiento de otros organismos que también forman parte de su dieta debido a la importancia que tiene como agua rica en comida disponible que incluye las comunidades de plancton que sostiene, así como mictófidos y otros pelágicos menores, los cuales se han asociado con zonas ricas en biomasa fitoplanctónica (Llunch-Belda *et al*, 1986; Nevárez-Martínez, 2000).

La temperatura del área II fue fría, tomando como referencia las áreas contiguas al continente, y presentó valores altos de biomasa fitoplanctónica y las mayores capturas de sardina Monterrey de toda el área de estudio. Las capturas de sardina Monterrey indican que este recurso se encontraba presente en grandes cantidades en este lugar hecho que podría estar influenciado por la alta biomasa fitoplanctónica encontrada ahí ya que las altas capturas de sardina monterrey se han correlacionado con surgencias y aguas frías (Llunch-Belda *et al*, 1986). Aunque la presencia de sardina Monterrey podría explicar la abundancia de calamar gigante en esa área, como ya se había mencionado, se debe recordar que estos organismos no son los únicos que forman parte importante

de la dieta del calamar gigante, de ahí que la abundancia de calamar no haya presentado valores de abundancia tan altos como los observados en el área I.

El área III está situada del lado de la costa de Baja California, y de acuerdo con los resultados de TSM presentó un comportamiento similar al área II, con la diferencia de que fue en promedio menos rica en biomasa fitoplanctónica, lo que se reflejó en nulas capturas de pelágicos menores, y que en conjunto explican los bajos valores estimados para la biomasa de calamar gigante en esa área. El valor estimado de abundancia de calamar gigante estuvo influenciado por la escasez de pelágicos menores, pero también por las condiciones pobres en cuanto a biomasa fitoplanctónica las cuales impedirían el establecimiento de poblaciones grandes de otros organismos que también conforman su dieta.

El área IV, al igual que la II, está situada frente a la costa de Sonora, aunque la TSM presentó un valor ligeramente más alto que el del área II (2%). Las diferencias en cuanto a los niveles de Chl-a fueron más marcadas, siendo 40% más bajos en la IV con respecto a la II. En esta área se reportaron capturas de sardina Monterrey bajas, mientras que la abundancia estimada de calamar gigante fue parecida a la estimada para el área II. El hecho que refiere la baja presencia de sardina Monterrey y de otros pelágicos menores en el área incide en la abundancia de calamar gigante, porque estas comunidades forman su dieta en conjunto con otras, las cuales probablemente tampoco pudieron ser muy favorecidas por las condiciones bajas de la biomasa fitoplanctónica, la cual tiene una importancia como comida disponible.

El área V se localiza en el sur del área de estudio, y de acuerdo con los resultados de TSM, se encuentra entre las áreas frías, particularmente en junio de 2005 fue el área más fría a causa de una importante anomalía negativa (-1.6°C). Esta se asocia con la mayor anomalía positiva de biomasa fitoplanctónica del área y del año (0.102 mg/m³) debido probablemente a la temperatura baja que permitió un mayor crecimiento de organismos fitoplanctónicos en el área debido a que hubo un mayor intercambio de nutrientes. Sin embargo, el valor típico por área de la biomasa fitoplanctónica fue el segundo mas bajo. Esta área tuvo muy bajas capturas de sardina Monterrey, que explican parcialmente la baja abundancia estimada de calamar gigante, ya que como se ha mencionado antes existen otros componentes en la dieta del calamar gigante (Sato, 1976; Ehrhardt, 1991;

Markaida *et al.*, 2003). La baja abundancia de sardina Monterrey y de otros pelágicos menores, así como las condiciones pobres de biomasa fitoplanctónica que coincidieron en tiempo y espacio, propiciaron la pobre abundancia de calamar gigante calculada en el área V, bajo la idea de que una baja abundancia de sus presas, propiciada por aguas pobres en materia fitoplanctónica no podría sostener una gran abundancia de calamar gigante alimentándose en ese lugar.

El área VI se localiza en el sur del área de estudio del lado de la costa de Sonora, respecto a la TSM presenta el valor típico por área más alto y una anomalía negativa en el 2005 que se relaciona, al igual que el área V, a una anomalía positiva de biomasa fitoplanctónica para ese año en esa área. Sin embargo los valores promedio de biomasa fitoplanctónica en esta área fueron los segundos más bajos. En esta área las capturas de sardina Monterrey no fueron abundantes, y las de pelágicos menores fueron medianamente abundantes, sin embargo la abundancia de calamar gigante estimada fue la mayor de toda el área de estudio, posiblemente relacionada con la asociación de otras comunidades que conforman parte de su dieta, a su vez asociadas a las condiciones registradas en esta área en particular.

En cuanto al análisis de tallas se refiere, Hernández, *et al.* (1998) mencionaron la existencia de una sola cohorte reclutada en mayo, cuando los calamares tienen seis meses de edad y una longitud que va de los 24 a 50 cm, lo que concuerda con la distribución de tallas encontradas en este estudio que van de los 24 a los 43 cm, por lo que posiblemente estos organismos corresponden a una sola cohorte. Asimismo, se observó un gradiente entre ellas: los calamares más grandes hacia el norte del Golfo de California y los menores al sur, lo que coincide con los resultados de Hernández, *et al.* (1996). Markaida (2001) sugirió un patrón de segregación espacial del calamar gigante por tallas de madurez, con los calamares más grandes habitando las áreas de pesca caracterizadas por surgencias periódicas de aguas altamente productivas, mientras que los calamares de talla de madurez mediana se distribuyen afuera de las áreas de surgencia, en aguas menos productivas.

En cuanto a la madurez gonádica, el mayor porcentaje de organismos maduros tanto hembras como machos, se presentó en el área IV frente a las costas de Guaymas, resultado que coincide con Hernández *et al.* (1996), quien destacó la importancia de esta área como zona de reproducción, lo que difiere con Ehrhardt *et al.* (1986) quienes mencionaron como área importante de desove las cercanías de Santa Rosalía en BCS. En el análisis de regresión lineal realizado entre la TSM y la

madurez relativa del calamar gigante, se obtuvo un coeficiente de correlación lineal de $R= 0.5209$, lo que significa que la distribución de valores de TSM explica alrededor del 52% de la distribución de valores de madurez relativa encontrados en este trabajo.

En lo que respecta a la hipótesis de este trabajo, sobre que los atributos ambientales modifican la distribución de las presas potenciales del calamar gigante, y ésto a su vez su distribución en el Golfo de California, los resultados permiten hacer algunos comentarios. En principio muestran que existe una relación entre las variables estudiadas y la distribución y abundancia del calamar gigante. Sin embargo, debe notarse que no se trabajó con una gran cantidad de datos, por lo que al incrementarse la cantidad de información analizada (aumentando los grados de libertad), no se puede descartar que pudieran cambiar los resultados, aunque no se sabe en qué sentido.

Por separado, los parámetros ambientales y biológicos utilizados en este trabajo no son capaces de explicar las variaciones de abundancia del calamar gigante en la zona de estudio, sin embargo, se muestran evidencias de que existe una relación no lineal entre estos parámetros biológico-ambientales y la distribución del calamar gigante en el Golfo de California. Asimismo, existe un intervalo óptimo en donde la abundancia del calamar es máxima, combinándose entre sí valores altos de TSM y valores medios de CPUE de sardina Monterrey. Sin embargo, esta relación podría modificarse al aumentar el número de observaciones. Cabe mencionar que Nevárez-Martínez *et al.* (2008) encontraron una alta correlación entre la biomasa de calamar gigante y las capturas de sardina Monterrey con una mayor serie de datos de los que en este trabajo se presentan, por lo que se sugiere enriquecer el número de observaciones biológico-ambientales y realizar estudios de largo plazo de este recurso en el futuro.

Cabe mencionar que en cuanto a los parámetros ambientales, las imágenes de TSM solo proporcionan información de la superficie y no proporcionan información directa de las condiciones del mar, ya que las mediciones provienen capa superficial del océano, por lo que aún falta el vínculo que las relacione y valide con lo que sucede en la dimensión vertical. Y por otro lado, la desventaja de las imágenes de Chl-*a* radica en que la distribución vertical de clorofila- *a* en la zona eufótica no es homogénea y en general presenta un punto máximo que a veces se localiza por debajo de la

primera profundidad óptica, y por tanto es invisible para el sensor (Cullen y Eppley, 1981; Barocio-León *et al.*, 2007).

El calamar gigante es un depredador activo (Nigmatullin *et al.*, 2001) que consume presas vivas de tercer y cuarto grado de nivel trófico, ocupando un nicho de depredador neotónico de talla mediana a grande dentro del ecosistema (Nesis, 1970; Shchetinnikov 1986a, b, 1989; Markaida *et al.*, 2003). Es necesaria mayor investigación sobre las comunidades que forman parte de su dieta dentro del Golfo de California, para obtener un índice sobre la proporción que representan dentro de ésta, la abundancia, disponibilidad y desplazamiento de sus poblaciones, las preferencias (si existen) en ambas costas del Golfo de California y la relación que guardan con las variables tomadas en cuenta en este trabajo. Para obtener un mayor alcance en las investigaciones sobre la dinámica del calamar gigante se recomienda hacer un estudio holístico sobre las relaciones que el calamar gigante guarda con las comunidades dentro del Golfo de California, como presa y como depredador. Todo esto enriquecerá el modelo presentado en este trabajo.

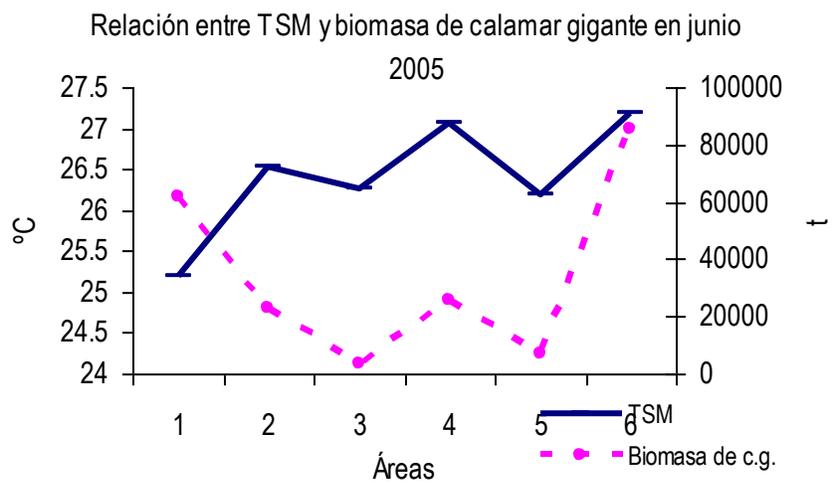
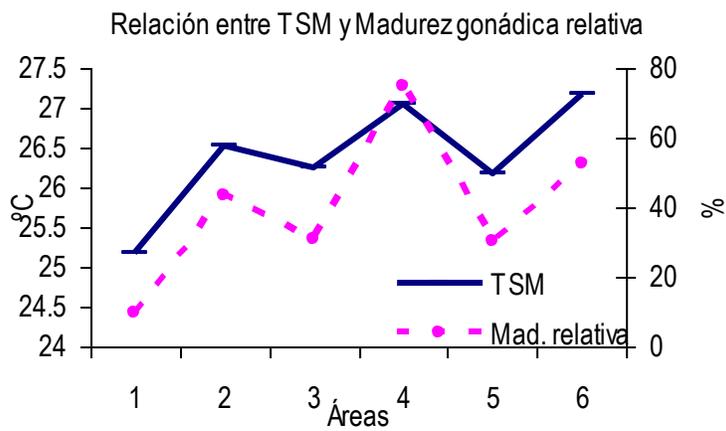
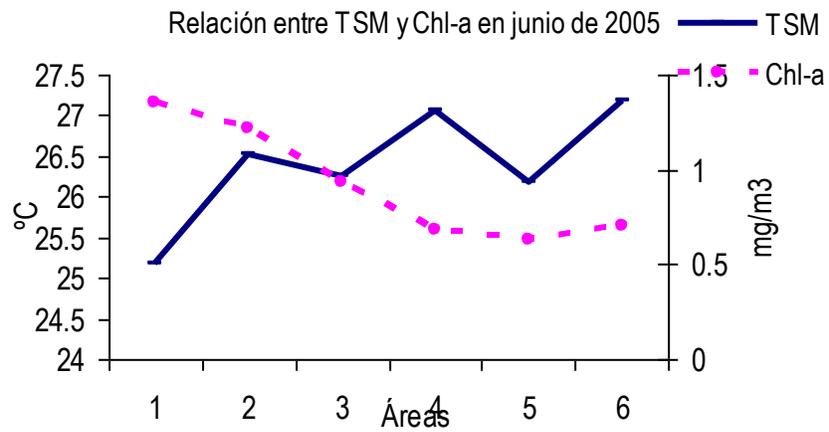
CONCLUSIONES.

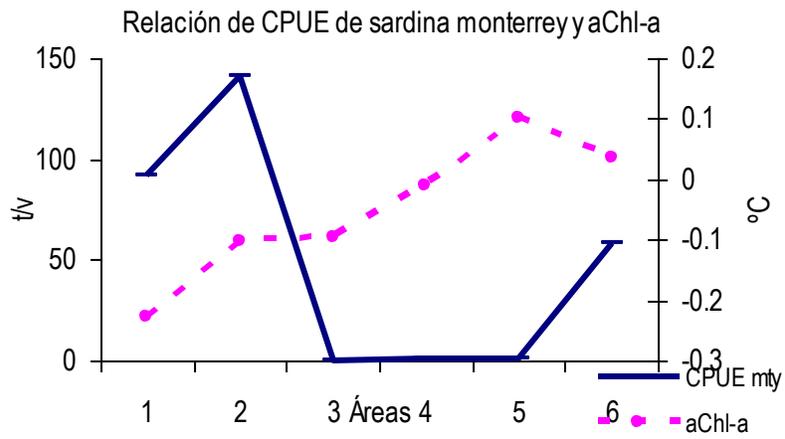
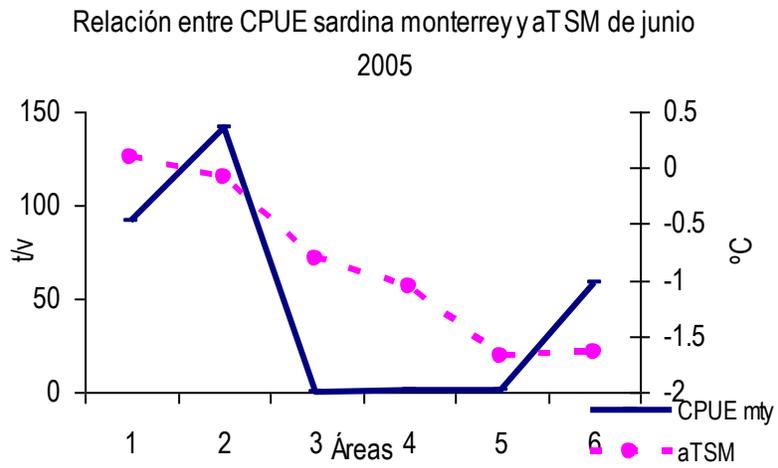
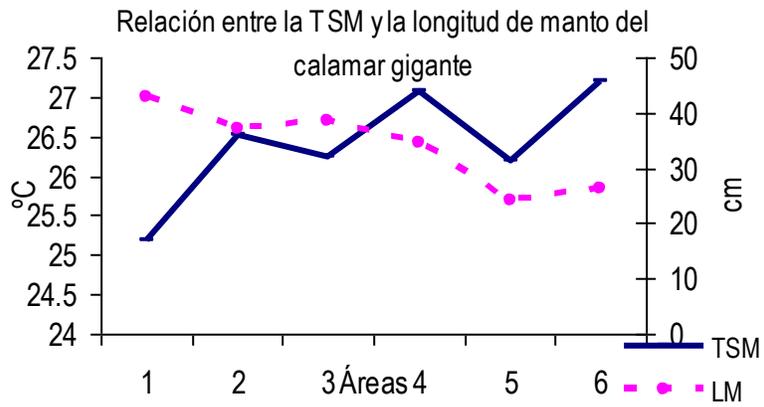
- Existe una relación no lineal entre los parámetros biológicos-ambientales y la distribución del calamar gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) en el Golfo de California.
- Existe un intervalo óptimo en donde la abundancia del calamar es máxima, combinándose entre sí valores altos de TSM y valores medios de CPUE de sardina Monterrey.
- Dicho intervalo podría modificarse al aumentar el número de observaciones.
- Dentro del área de estudio se observó un gradiente de tallas que disminuye de norte a sur.
- La correlación entre los valores de TSM y Chl-*a* fue alta y negativa.
- El mes de junio del 2005 fue más frío que el promedio del periodo de estudio en el Golfo de California.

RECOMENDACIONES

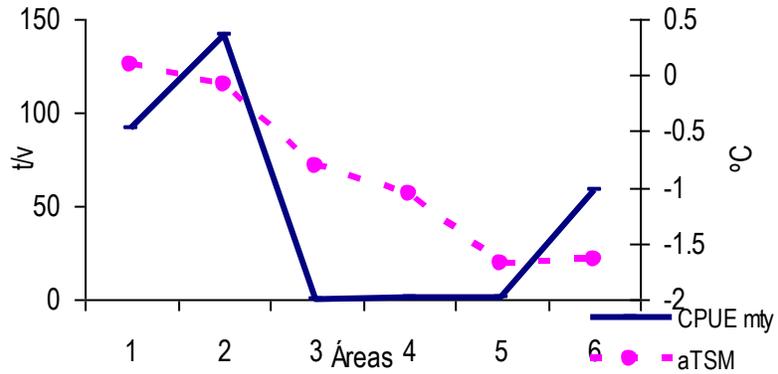
- Se sugiere una mayor investigación sobre las comunidades que son presas del calamar gigante dentro del Golfo de California.
- Se recomienda una actualización continua del acervo de imágenes satelitales de TSM y Chl-a como índices de las condiciones generales del ambiente que también son aplicables a otras pesquerías.

APÉNDICE.

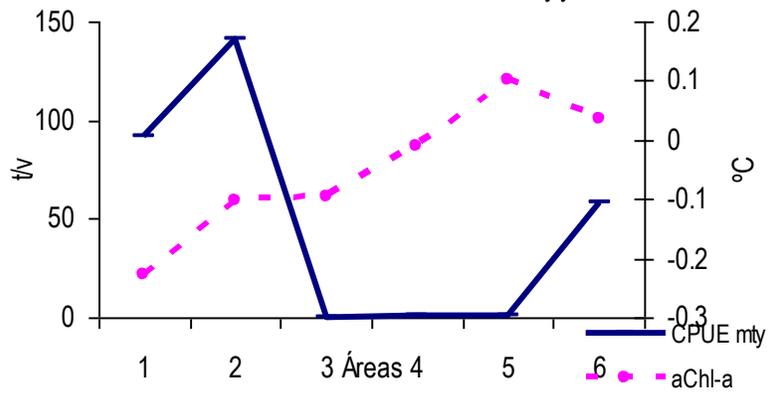




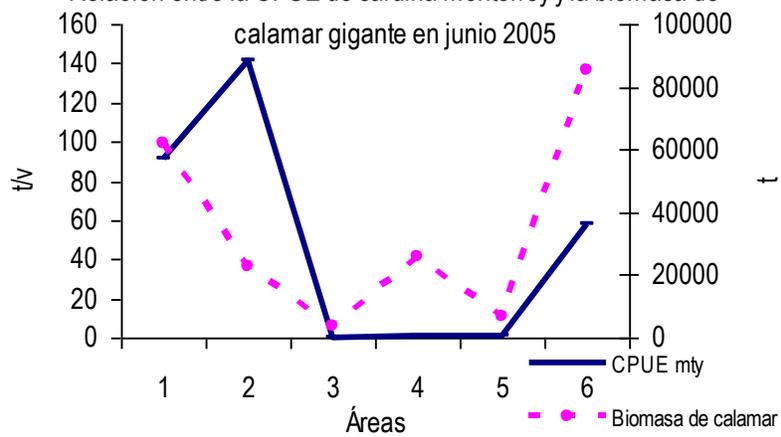
Relación entre CPUE sardina monterrey a TSM de junio 2005

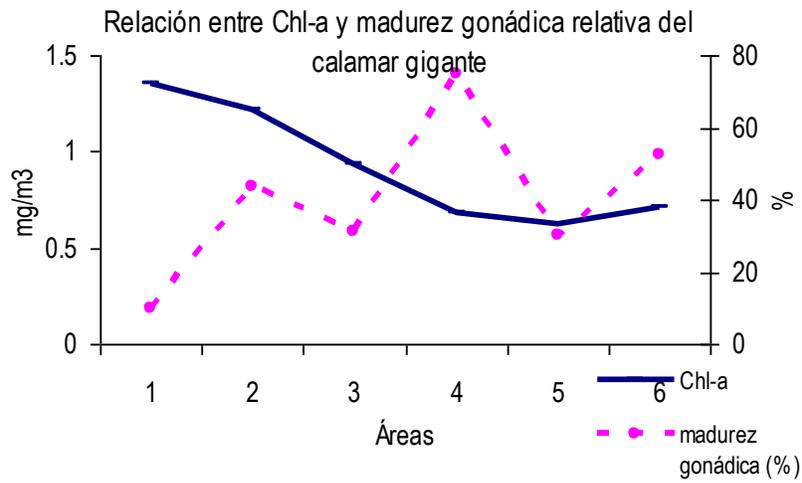
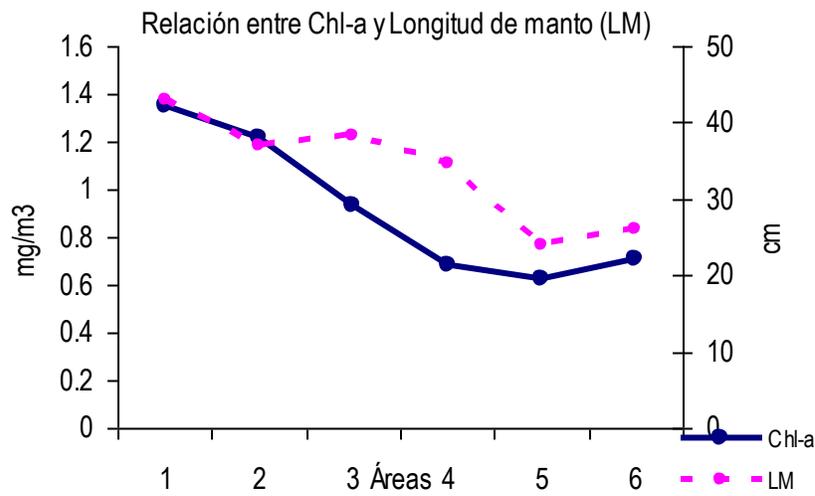
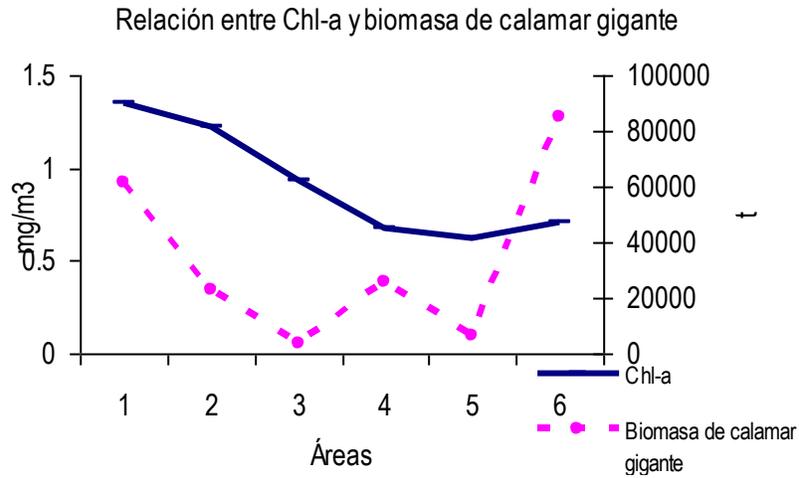


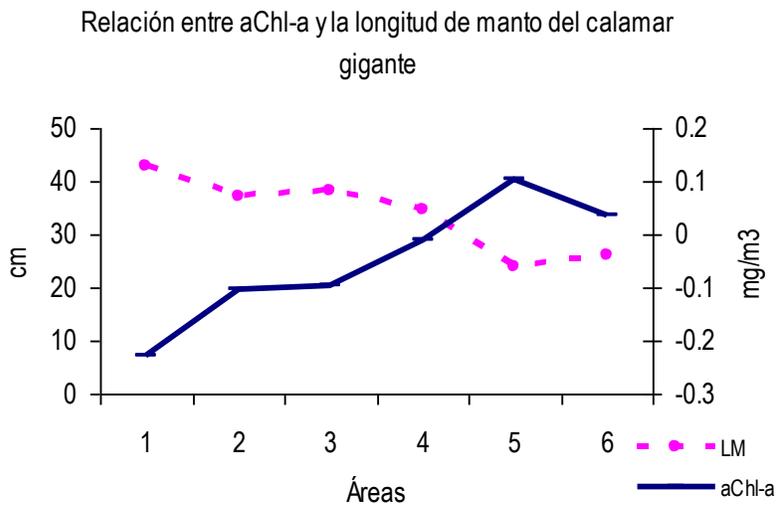
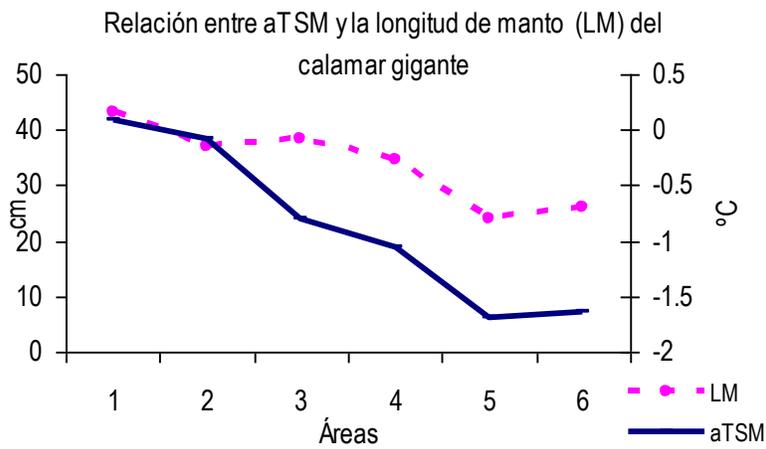
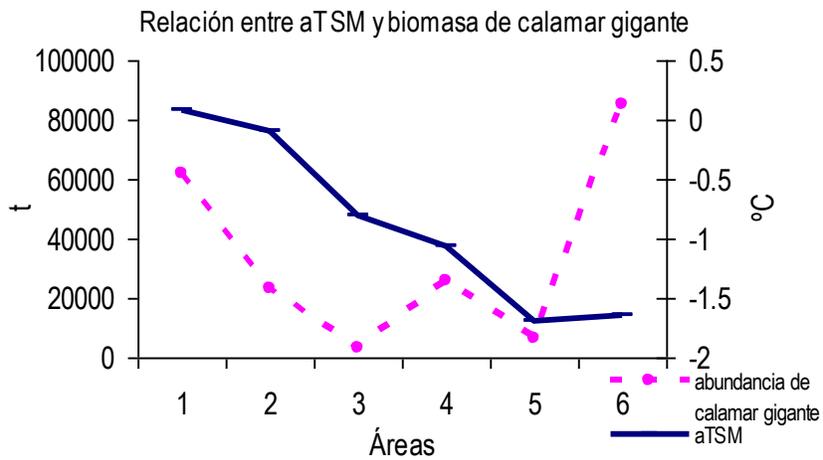
Relación de CPUE de sardina monterrey a Chl-a

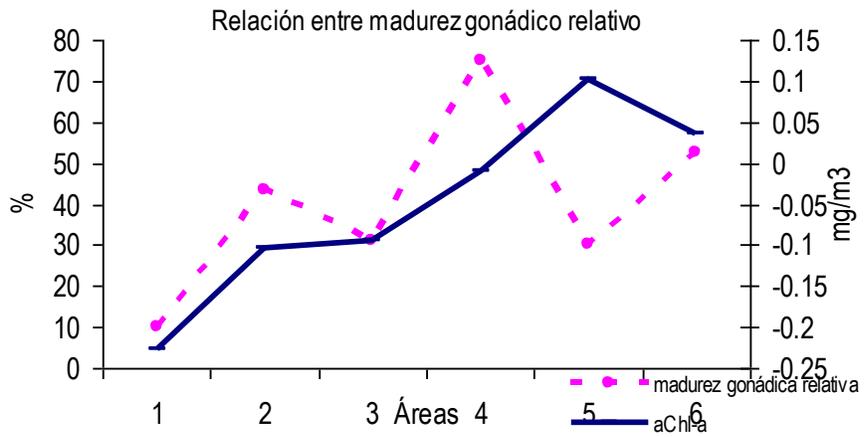
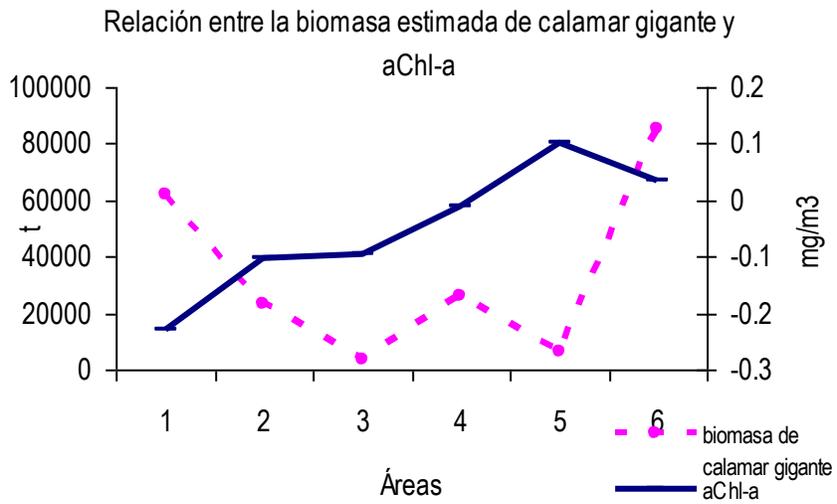


Relación entre la CPUE de sardina monterrey y la biomasa de calamar gigante en junio 2005









LITERATURA CITADA

Aguirre G, R. 2002. Los mares mexicanos a través de la percepción remota III.1. Temas selectos de Geografía de México, Instituto de Geografía, UNAM. Plaza y Valdés, México 95 p.

Barocio- León O. A., R. Millán Núñez Santamaría del Ángel y A. González Silvera. 2007. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del Sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. *Ciencias Marinas*, 33 (1): 59-72.

Behrenfeld, M.J., R. O'Malley., D. Siegel., C. McClain., J. Sarmiento., G. Feldman., A. Milligan., P.G Falkowski., R.M. Leteliers and E. Boss. 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature* 444: 752-755

Brito-Castillo, L., E. Alcántara-Razo y C.A. Salinas-Zavala. 2002. Comentarios y respuesta. *Ciencias Marinas* 28 (2): 219-221.

Brito Castillo, L., E. Alcántara-Razo., R. Morales-Azpeitia y C.A. Salinas-Zavala. 2000. Temperaturas del Golfo de California durante mayo y junio de 1996 y su relación con las capturas de Calamar Gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835). *Ciencias Marinas* 26 (3): 413-440.

Cubillos L., M. Canales., A. Hernandez., D. Bucarey., L. Vilugrón y L. Miranda. 1998. Poder de la pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-97). *Investigaciones Marinas* 26: 3-14.

De la Cruz González F., E. Aragón Noriega., J. Urciaga García., C. Salinas Zavala., M. A. Cisneros Mata y L. Beltrán Morales. 2007. Análisis socioeconómico de las pesquerías de camarón y calamar gigante en el noroeste de México. *Interciencias*, 32 (3): 144-150.

Ehrhardt, N.M., P.S. Jacquemin., B.F. García., D.G. González., B.J.M. López., C.J. Ortiz y N.A. Solís. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. In: Caddy, J.F. (Ed.), Advances in Assessment of World Cephalopod Resources. *FAO Fisheries Technical Paper*, 231: 306–340.

Ehrhardt, N.M., A. Solís., J. Pierre., J. Ortiz., P. Ulloa., G. González y F. García. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante en el Golfo de California, México, durante 1980. *Ciencia Pesquera*, 5: 63–76.

Ehrhardt, N.M., 1991. Potential impact of a seasonal migratory jumbo squid (*Dosidicus gigas*) stock on a Gulf of California sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population. *Bulletin of Marine Science*. 49 (1/2): 325-332.

Fernández F y J. Vázquez. 1995. La jibia gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) en Chile: Análisis de una pesquería efímera. *Estudios Oceanológicos*. 14: 17-21.

Galeno Dinko, B.M. 1999. Temperatura superficial del mar de satélites NOAA y captación de semilla de *Argopecten purpuratus* en Bahía Inglesa, Chile. *Investigaciones Marinas*, 27: 119-123

Gallegos A., J. Barberán., S. Czitrom., A. Fernández., R. Rodríguez. 1996. Oceanografía satelital en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. *GeoUNAM*, 3 (2): 3-8.

Gallegos, A., R. Rodríguez., E. Márquez., R. Lecuanda y J. Zavala. 2006. Una climatología de la temperatura de la superficie del mar de las aguas adyacentes a las costas de Jalisco, Colima y Michoacán. En: M.C. Jiménez Q y E. Espino (ed.). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. CRIP Manzanillo, Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA, pp:17-28

González, P y J. Chong. 2006. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. *Gayana*, 70 (2): 237-244.

Hernández Herrera, A., E. Morales Bojórquez., M. Nevárez Martínez., A. Balmori Ramírez., G. Rivera Parra. 1996. Distribución de tallas y aspectos de la reproducción del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México, en 1996. *Ciencia Pesquera*, 12: 85-89.

Ichii, T., K. Mahapatra., T. Watanabe, A. Yatsu., D. Inagake and Y. Okada. 2002. Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. *Marine Ecology Progress Series*, 231: 151–166.

Lara-Lara, J.R. and J.E. Valdez-Holguín. 1988. Size fraction biomass and primary productivity in the Gulf of California during spring 1984. *Ciencias Marinas*, 5(1): 47-55.

Markaida, U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. CICESE. Tesis doctoral. 426 p.

Markaida U., Sosa Nishizaki O. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83: 1-16.

Manzano Sarabia M. M. y C.A. Salinas Zavala. 2008. Variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila *a* y temperatura superficial del mar en la región occidental del Golfo de México: 1996-2007. *Interciencia*, 33 (9): 628-634.

Martínez Aguilar, S., J.G. Díaz Uribe y M.O. Nevárez Martínez. 2006. La Pesquería de Calamar Gigante del Océano Pacífico. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. INAPESCA-SAGARPA, México pp: 63-85.

Márquez-García, E. 2003. Cartografía y análisis climatológico de la temperatura de la superficie del mar en el Golfo de California. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, 82 p.

Millán Núñez, R., R. Cajal Medrano., E. Santamaría del Ángel. 1993. Productividad primaria y clorofila *a* en la parte central del Golfo de California (otoño 1987). *Ciencias Marinas*, 19 (1): 29-40.

Morales Bojórquez, E., S. Martínez Aguilar., M.O. Nevárez Martínez., F. Arreguín Sánchez. 2001. Estimations of catchability-at-length for the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep.* 42: 167-171.

Morales Bojórquez, E., V.M. Gómez Muñoz., R. Félix Uruga., R.M. Alvarado Castillo. 2003. Relation between recruitment, sea surface temperature, and density-independent mortality of the Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) off the southwest cost of the Baja California Peninsula, Mexico. *Scientia Marina*, 67 (1): 25-32.

Moses W.J., A.A. Gitelson., S. Berdnikov., V. Povazhnyy. 2009. Estimation of chlorophyll-a concentration in case II waters using MODIS and MERIS data-successes and challenges. *Environmental Research Letters*, 4 (045005): 1-8

Nesis, K. N. 1983. *Dosidicus gigas*. In: P. R. Boyle (ed.), *Cephalopod Life Cycles* Vol. I, Species Accounts. Academic Press, London, pp:215-231.

Nevárez-Martínez M.O. 2000. Variabilidad de la población de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California., México. CICIMAR. Tesis doctoral. 165 p.

Nevárez Martínez M., A. Hernández Herrera., E. Morales Bojórquez., A. Balmori Ramírez., M.A. Cisneros Mata., R. Morales Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; D'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 49: 129-140.

Nevárez-Martínez M.O., I. Rivera-Parra., E. Morales-Bojórquez., J. López-Martínez., D.B. Lunch-Cota., E. Miranda-Mier and C. Cervantes-Valle. 2002. The jumbo squid (*Dosidicus gigas*) fishery of the Gulf of California and its relation to environmental variability. *Investigaciones Marinas*, 30 (1): 193-194.

Nevárez-Martínez M. O., C. Cervantes-Valle., F.J. Méndez-Tenorio., M. Anguiano-Carrasco., E. Miranda-Mier y P. Santos-Molina. 2005. Biomasa y distribución de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México. Junio del 2005. Informe Técnico (Documento Interno) CRIP-Guaymas. Instituto Nacional de la Pesca. 30p

Nevárez Martínez. M., F. Méndez Tenorio., C. Cervantes Valle., J. López Martínez and M. Anguiano Carrasco. 2006. Growth, mortality, recruitment, and yield of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off Guaymas, Mexico. *Fisheries Research*, 79: 38-47.

Nevárez Martínez. M., E. Morales Bojórquez., I. Rivera Parra. 2008. La pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d Orbigny, 1835) del Golfo de California y su relación con la variabilidad ambiental. p. 129-139. En: J. López-Martínez (ed). Variabilidad ambiental y pesquerías de México. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca pp:182-200.

Nevárez Martínez. M., M. Cisneros Mata y D. Lluch Belda. 2008. Las capturas de sardina Monterrey *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) y su relación con el medio ambiente y el esfuerzo pesquero. p. 182-200. En: Variabilidad ambiental y pesquerías de México. López-Martínez, J. (ed.), Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca

Nigmatullin Ch. M., K.N. Nesis and A.I. Arkhipkin. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research*, 54: 9-19.

Ortega-García. S y R. Rodríguez-Sánchez. 2008. El efecto del ENOS 1997-1998 en la distribución del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (Bonaterre,1788). p. 91-113. En: J. López-Martínez (ed.). Variabilidad ambiental y pesquerías de México. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

Polo Silva, C., A. Baigorri Santacruz., F. Galván Magaña., B. Grijalba y A. Sanjuan Muñoz. 2007. Hábitos alimentarios del tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839), en el Pacífico ecuatoriano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(1): 59 – 69.

Roden, G.I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pacific Science* 12: 21–45.

Robles, J.M y S.G Marione. 1987. Seasonal and interannual thermohaline variability in the Guaymas Basin in the Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 7: 715–733.

Rodríguez Benito C., J. Pérez Marrero., L. Maroto y O. Llinás. 1999. Cálculo de la producción primaria en aguas oceánicas de Canarias. Comparación del procesamiento de imágenes CZCS y SEAWIFS. *TELEDETECCION. Avances y Aplicaciones. VIII Congreso Nacional de Teledetección*, pp: 314-318.

Roper, C.F.E., Sweeney, M.J., Hochberg, F.C. 1995. Guía FAO para la identificación de las especies: Cefalópodos pp. 302- 340

Sato, T., 1976. Results of exploratory fishing for *Dosidicus gigas* (D' Orbigny) off California and Mexico. *FAO Fisheries Report*, 170 (Supplement 1), 61-67.

Scheaffer R.L y W. Mendenhall. 1987. *Elementos de muestreo*. Ed. Iberoamericana, 3^{er} edición, E.U., 321 p.

SERNAP. 2002. Anuario Estadístico de Pesca. Ministerio de economía, fomento y reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca de Perú. 190 pp.

Silva C, E. Yañez, M.A. Barbieri y K. Nieto. 2000. Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la Clorofila a y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile. Proyecto FONDEFF D98-1022.

Soto Mardones, L., S.G. Marinote y A. Parés Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 25 (1): 1-30.

Sverdrup, H.U. 1941. The Gulf of California: preliminary discussion on the cruise of the E.W. Scripps in February and March 1939. *Proceedings of the 6th Pacific Scientific Congress*, 3: 161–166

Taipe A., C. Yamashiro., L. Mariategui., P. Rojas y C. Roque. 2001. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fisheries Research*, 54: 21-32.

Tascheri R., B. Elizalde., P. Cordue y R. Roa. 2009. Formulación e implementación de un enfoque metodológico de evaluación de stock en merluza de cola. Universidad de Concepción. Informe final. Proyecto del fondo de investigación pesquera.

Vallarta Zárate, J. R. 2010. Efectos de la temperatura superficial del mar, en la pesquería de sardina crinuda (*Opisthonema* spp.) en el sur del Golfo de California, 1996-2008. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 70 p.

Waluda, C. M., P.G. Rodhouse., G.P. Podestá., P.N. Trathan y G.J. Pierce. 2001. Surface oceanography of the inferred hatching grounds of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) and influences on recruitment variability. *Marine Biology*, 139: 671-679.

Waluda, C.M and P.G. Rodhouse. 2006. Remotely sensed mesoscale oceanography of the Central Eastern Pacific and recruitment variability in *Dosidicus gigas*. *Marine Ecology Progress Series*, 310: 25-32.

Yañez R.E., Silva G.C., Barbieri M.A., Nieto K. 1996. Pesquería artesanal de pez espada y temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en Chile central. *Investigaciones Marinas*, 24: 131-144

Zheng Rui, Ch.G. 2008. Fluctuation in *Ommastrepe bartrami* yield in the North Pacific. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 26: 353-356.