

**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)**

**WATER TEMPERATURES IN THE GULF OF CALIFORNIA IN
MAY AND JUNE 1996 AND THEIR RELATION TO THE CAPTURE
OF GIANT SQUID (*Dosidicus gigas* D'ORBIGNY, 1835)**

L. Brito-Castillo^{1*}
E. Alcántara-Razo¹
R. Morales-Azpeitia¹
C.A. Salinas-Zavala²

¹ CIBNOR, S.C., Unidad Guaymas
Apartado postal 349
Guaymas, C.P. 85454, Sonora, México
* E-mail: lbrito@cibnor.mx

² CIBNOR, S.C.
Mar Bermejo 195
Col. Playa Palo Santa Rita
La Paz, C.P. 23090, Baja California Sur, México

Recibido en diciembre de 1998; aceptado en mayo de 2000

RESUMEN

Se analizó la relación entre la temperatura del agua y las capturas de calamar gigante en el Golfo de California. La información se obtuvo de 60 estaciones durante mayo y junio de 1996. En cada estación se pescó durante 30 minutos y se capturaron en promedio 100 organismos por cuadrante de 0.5° de lado. La hipótesis que se planteó fue que si la temperatura del agua es un factor que incide en el desplazamiento del calamar, entonces podemos inferir que su captura tiene éxito en un intervalo de temperatura óptimo. Mediante un análisis exploratorio y de correlación se concluyó que la hipótesis planteada fue verdadera.

Palabras clave: *Dosidicus gigas*, isotermas, Golfo de California, intervalo de temperatura óptimo, abundancia relativa.

ABSTRACT

The relation between water temperature and the capture of giant squid in the Gulf of California was analyzed. Data were collected in May and June 1996 at 60 stations. Each fishing session lasted 30 minutes, and an average of 100 organisms per 0.5° × 0.5° square were caught. The hypothesis was that if

water temperature is a factor affecting squid movement, we can infer that the catch of squid is successful in an optimum temperature range. With both exploratory and correlation analyses, the conclusion was that the hypothesis was true.

Key words: *Dosidicus gigas*, isotherms, Gulf of California, optimum temperature range, relative abundance.

INTRODUCCIÓN

Dependiendo de la profundidad, el calamar gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) se distribuye generalmente en un intervalo de temperatura de 16°C a 30°C (Ehrhardt *et al.*, 1982a), mientras que su captura se realiza cuando las temperaturas superficiales oscilan entre 17.0°C y 29.9°C (Leal-Ocampo, 1994). Las menores temperaturas de estos intervalos posiblemente estén relacionadas con la migración estacional de especies de pelágicos menores (sardinias, macarelas y anchovetas), principalmente hacia las zonas de surgencias, puesto que gracias a la aportación de nutrientes provenientes de aguas más profundas y frías se crean condiciones óptimas para el crecimiento de juveniles y adultos (Mann y Lazier, 1996). El Golfo de California presenta una alta productividad biológica (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Bray, 1988a,b; Lavín y Organista, 1988) y estas especies son parte importante de la dieta alimenticia del calamar gigante (Ehrhardt *et al.*, 1986).

En este estudio, a profundidades (Z) entre 60 y 80 m, se analizan las temperaturas promedio del agua relacionándolas con las capturas de calamar gigante. Gracias a las marcas hechas a las seis líneas para pescar, se sabe que las capturas se realizaron a esas profundidades. Este intervalo se considera como la zona de pesca. Este enfoque es nuevo. La razón es que en la práctica resulta complicado registrar las profundidades de pesca de calamar gigante ya que estos moluscos pueden capturarse en la columna de agua, a profundidades $Z \gg 80$ m y cerca de la superficie, donde $Z < 80$ m.

INTRODUCTION

Depending on depth, the giant squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) is generally distributed in a temperature range of 16°C to 30°C (Ehrhardt *et al.*, 1982a), while its capture is done when surface water temperatures fluctuate between 17.0°C and 29.9°C (Leal-Ocampo, 1994). The minimal temperatures of this range may be correlated with the seasonal migration of small pelagic species (like sardines, mackerels and anchovies), mainly toward upwelling zones that transport nutrients from deeper and colder water for the optimum growth of juveniles and adults (Mann and Lazier, 1996). The Gulf of California has high biological productivity (Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987; Bray, 1988a,b; Lavín and Organista, 1988), and these species are important parts of the diet of giant squid (Ehrhardt *et al.*, 1986).

In this study, the average water temperatures in relation to giant squid captures at depths (Z) between 60 and 80 m are analyzed. By using marks made on the fishing lines, we determined that the catches were made at these depths. This layer is considered the fishing zone. This is a new procedure. The reason is that in practice it is difficult to record the depths at which the giant squid is fished, because this species is caught in the water column at depths of $Z \gg 80$ m and also near the sea surface, where $Z < 80$ m. Generally, the relation between the giant squid captures and sea surface temperature is determined because it is easier to measure these temperatures and to use more sophisticated technologies, like

Generalmente, se busca la relación entre las capturas de calamar gigante y las temperaturas superficiales del agua porque es más sencillo llevar un control de éstas y es posible emplear tecnologías sofisticadas para reconocer el gradiente horizontal de las temperaturas superficiales, generadas por las surgencias, a través de imágenes de satélite en la banda del infrarrojo (Mann y Lazier, 1996). Dado que se prospectó la parte centro y sur del Golfo de California, el análisis de las relaciones abarca sólo esta parte del golfo. De este modo, el objetivo de este estudio es averiguar si las capturas de *D. gigas* están relacionadas con las temperaturas promedio del agua en la zona de pesca. La hipótesis que se plantea es que si la temperatura del agua es un factor que incide en el desplazamiento del calamar, entonces podemos inferir que su captura tiene éxito en un intervalo de temperatura óptimo; aquí, éste es aquel intervalo de temperaturas promedio del agua en el cual las capturas son mayores que 1% (ver materiales y métodos). Se considera que la hipótesis es verdadera si existe una correlación estadísticamente significativa entre ambas variables.

Características generales del calamar gigante

El calamar gigante es un cefalópodo que se distribuye principalmente en el Océano Pacífico oriental, desde 37°N hasta 47°S (Nesis, 1970; Wormuth, 1971) y desde la superficie hasta profundidades > 1500 m. En México, las mayores abundancias de *D. gigas* se reportan en el Golfo de California (Kato, 1976; Ehrhardt *et al.*, 1982a,b), aunque su distribución también abarca la costa occidental y oriental de Baja California Sur. La distribución y la abundancia relativa en el Golfo de California, estacionalmente, fue descrita por Klett (1981). Las mayores abundancias se reportan en primavera frente a las costas de Santa Rosalía

infrared satellite images, that are able to show the horizontal temperature gradient in the surface water generated by upwelling (Mann and Lazier, 1996). This study was done in the central and southern parts of the Gulf of California. The goal of this study is to verify if the giant squid captures are correlated with the average water temperatures in the fishing zone. Our hypothesis is that if the water temperature is a factor influencing the movement of the giant squid, then we can infer that its capture would be successful within an optimum water temperature range; here, this range is the average water temperature where catches are greater than 1% (see materials and methods). We believe that the hypothesis is true if a statistically significant correlation exists between both variables.

General characteristics of giant squid

The giant squid is a cephalopod that is distributed mainly in the eastern Pacific Ocean, from 37°N to 47°S (Nesis, 1970; Wormuth, 1971), and from the sea surface to depths > 1500 m. In Mexico, the greatest abundance of *D. gigas* is reported for the Gulf of California (Kato, 1976; Ehrhardt *et al.*, 1982a, b), but its distribution also covers the eastern and western coasts of Baja California Sur. Klett (1981) described the distribution and relative abundance of the fishery in the Gulf of California by seasons. The greatest abundance occurs in spring off the coasts of Santa Rosalía (Baja California Sur) and Guaymas (Sonora), in summer off the coast of Santa Rosalía, and in winter off the coast of Guaymas. Squid capture off Loreto (Baja California Sur) has also been reported in autumn. In May, it is found mainly in the southern Gulf of California, with its northern limit at parallel 28° and southern limit at parallel 24° (Klett, 1981).

With regard to its reproduction in the Gulf of California, as many as three maxima of

(Baja California Sur) y Guaymas (Sonora), en verano frente a Santa Rosalía y en invierno frente a Guaymas. También se han reportado capturas en otoño, frente a Loreto (Baja California Sur). Durante mayo se le encuentra principalmente en la parte sur del Golfo de California, siendo su límite al norte el paralelo 28° y al sur, el paralelo 24° (Klett, 1981).

En cuanto a su reproducción, en el Golfo de California se han identificado hasta tres picos de desove anual; sin embargo, el número de desoves y el tiempo de ocurrencia pueden variar. Según Ehrhardt *et al.* (1986), esta especie se reproduce de diciembre a enero principalmente; otro desove ocurre de mayo a junio y un tercero, en septiembre. Klett (1996) reporta que en 1981 el desove principal de esta especie ocurrió de agosto a septiembre y un segundo desove de mayo a julio. Aunque las áreas más importantes de desove se encuentran en las cercanías de Guaymas durante invierno y frente a Santa Rosalía durante verano, la mayor parte de la población desova frente a la península de Baja California (Klett, 1981; Michel *et al.*, 1986; Ehrhardt *et al.*, 1986), en aguas del Pacífico. La proporción de sexos es dominante, con 63% en favor de las hembras (Leal-Ocampo, 1994).

Dosidicus gigas es un depredador voraz. Su principal dieta se compone de sardina (*Sardinops caeruleus*), macarela (*Scomber japonicus*) y langostilla (*Pleuroncodes planipes*) (Ehrhardt *et al.*, 1986; Ehrhardt, 1991); mictófidios, engráulidos y carángidos (Kato, 1976); necton, plancton y, en menor grado, bentos (García-Domínguez y González-Ramírez, 1988). El mayor porcentaje de su dieta (hasta un 30%) se compone de restos de peces (García-Domínguez y González-Ramírez, 1988). Otra característica de la especie es su fototropismo positivo, el cual es aprovechado por los pescadores para su captura (Klett, 1981).

annual spawning have been identified, but the number of spawnings and the time of their occurrence can vary. According to Ehrhardt *et al.* (1986), this species spawns mainly from December to January; another spawning occurs from May to June and a third, in September. Klett (1996) reports that in 1981, the main spawning of this species occurred from August to September and a second one from May to July. Although the most important spawning areas occur near Guaymas in winter and off Santa Rosalía in summer, most of the population spawns off the peninsula of Baja California (Klett, 1981; Michel *et al.*, 1986; Ehrhardt *et al.*, 1986), in the Pacific Ocean. The proportion of sexes is 63% female (Leal-Ocampo, 1994).

Dosidicus gigas is a voracious predator. Its diet consists mainly of sardine (*Sardinops caeruleus*), mackerel (*Scomber japonicus*) and red crab (*Pleuroncodes planipes*) (Ehrhardt *et al.*, 1986; Ehrhardt, 1991); myctophids, engraulids and carangids (Kato, 1976); and nekton, plankton and, in lesser amounts, benthos (García-Domínguez and González-Ramírez, 1988). Fish make up the greatest percentage (as much as 30%) of its diet (García-Domínguez and González-Ramírez, 1988). Another characteristic of this species is its positive phototropism, which is taken advantage of by fishermen for its capture (Klett, 1981).

Study area

The giant squid was caught in the central and southern Gulf of California (fig. 1). According to Bray (1988a), Pacific waters prevail in these two zones. At 150-m depth, temperature is $\bar{T} \geq 12^{\circ}\text{C}$ and salinity is $S < 35$ psu, a distinctive characteristic of equatorial surface waters (Lavín *et al.*, 1997).

Zona de estudio

El calamar gigante se capturó en el centro y sur del Golfo de California (fig. 1). Según Bray (1988a), en estas dos zonas predominan las aguas del Pacífico. Por encima de los 150 m de profundidad, la temperatura es $\bar{T} \geq 12^{\circ}\text{C}$ y la salinidad del agua es $S < 35$ ups, característica distintiva del Agua Superficial Ecuatorial (Lavín *et al.*, 1997).

La temperatura superficial de las aguas del Golfo de California fluctúa entre los 14°C y $> 30^{\circ}\text{C}$ (ver Bray, 1988b), provocando que el ciclo estacional de calor y enfriamiento en el golfo sea muy pronunciado. La estratificación térmica es mínima durante el invierno, mientras que a finales del verano, la diferencia de temperatura entre la superficie y los 150 m de profundidad alcanza valores cercanos a los 14°C (ver Organista-Sandoval, 1987).

En mayo, la temperatura para el golfo central (Guaymas/Santa Rosalía) se encuentra en un intervalo de 16°C a 20°C , con salinidades entre 35.0 y 35.4 ups y con el máximo de salinidad incrementándose con la distancia hacia el norte, siendo > 35.6 ups en la parte norte del golfo (Bray, 1988a). En los primeros 100 m de profundidad, las aguas son más frías y más densas del lado de la península que del lado del continente. Durante verano el estrato superficial se calienta por encima de los 5°C , y el estrato de agua entre los 50 y 250 m es más frío, cerca de 1°C . Mayo de 1983 fue una excepción a esta tendencia estacional, ya que para 1983 (año El Niño) mostró una tendencia hacia el enfriamiento en la superficie (Bray, 1988a).

En el golfo central ocurren procesos de mezcla por mareas y surgencias estacionales; vientos del noroeste causan surgencias en la costa este durante invierno y primavera, y vientos del sur causan surgencias en la costa oeste durante el verano (ver Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987). La transición entre uno y

The surface water temperature of the Gulf of California fluctuates between 14°C and $> 30^{\circ}\text{C}$ (see Bray, 1988b), causing the seasonal cycle of heat and cold in the gulf to be strong. Thermal stratification is minimal in winter, whereas at the end of summer the difference in temperature between the surface and 150-m depth reaches 14°C (see Organista-Sandoval, 1987).

In May, the temperature of the central gulf (Guaymas/Santa Rosalía) is between 16°C and 20°C ; salinity is between 35.0 and 35.4 psu, increasing northwards to a maximum of > 35.6 psu (Bray, 1988a). In the first 100 m, waters are colder and denser on the side of the peninsula than on the continental side. In summer, the surface layer is warmed to $> 5^{\circ}\text{C}$, and the layer between 50 and 250 m is 1°C cooler. May 1983 (an El Niño year) was an exception to this seasonal tendency, because it showed a cooling trend at the surface (Bray, 1988a).

In the central gulf, seasonal tides and upwelling cause mixing processes. Northwesterly winds cause upwelling along the eastern coast in winter and spring, and southerly winds cause upwelling on the western coast in summer (see Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987). The transition between the upwelling processes occurs at the end of May and beginning of June; upwelling in summer is weaker than in spring (Badan-Dangon *et al.*, 1985). These processes cause exceptional phytoplankton productivity in the gulf, with rates two to three times greater than that in the open Atlantic and Pacific oceans at similar latitudes (Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987).

The temperature in the southern gulf does not show any special structure. It decreases with depth as in the contiguous Pacific Ocean. Álvarez-Borrego and Schwartzlose (1979) believe that surface eastern Pacific waters and subsurface subtropical waters only penetrate the region of the mouth of the Gulf of

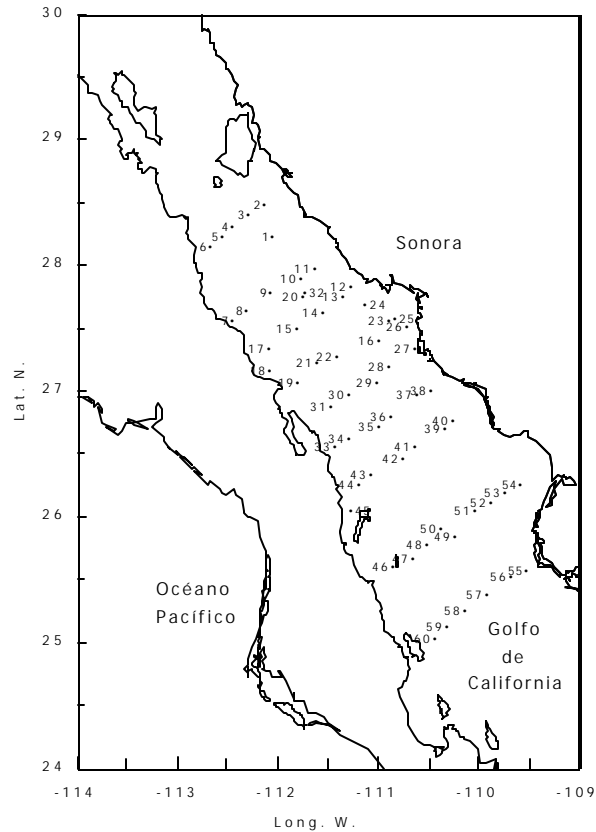


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en el área de estudio.
Figure 1. Study area and location of the sampling stations.

otro proceso de surgencia ocurre a finales de mayo y principios de junio, reportándose que las surgencias de verano son menos intensas que las de primavera (Badan-Dangon *et al.*, 1985). Estos procesos causan una excepcional productividad del fitoplancton, con tasas en el golfo dos a tres veces mayores que en el océano abierto del Atlántico o del Pacífico a latitudes similares (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987).

La temperatura en la parte sur del golfo no muestra ninguna estructura especial. Decece con la profundidad como lo hace en el Océano

California in winter and the beginning of spring, and at the end of spring, in summer and autumn they reach all the way to the south of Ángel de la Guarda and Tiburón islands.

MATERIAL AND METHODS

Data were collected from a cruise made in May and June 1996, aboard the research vessel *BIP/XI* of the Instituto Nacional de la Pesca. The samples were collected at 60 stations distributed from the entrance to the big islands

Pacífico adyacente. Álvarez-Borrego y Schwartzlose (1979) consideran que el agua superficial del Pacífico oriental y el agua subsuperficial subtropical invaden solamente la región de la boca del Golfo de California en invierno y principios de primavera, mientras que a finales de primavera, en verano y otoño invaden prácticamente toda la parte del golfo al sur de las islas Ángel de la Guarda y Tiburón.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información se obtuvo durante un crucero prospectivo de calamar gigante realizado a bordo del buque de investigaciones pesqueras *BIP/XI* del Instituto Nacional de la Pesca, durante mayo y junio de 1996. Se prospectaron un total de 60 estaciones de muestreo distribuidas desde la entrada de las grandes islas (29°N y 113°W), en la parte central del golfo, hasta la Isla de La Lechugilla (24.5°N y 110.8°W), en su parte sur (fig. 1).

Para el procesamiento de la información, el área de estudio se dividió en 34 cuadrantes de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (3090 km²) (fig. 2). Se trazaron cuatro perfiles longitudinales (perfiles I, II, III y IV) a lo largo del golfo (fig. 3a–b) y ocho perfiles transversales (de *a* a *h*) (fig. 4a–c), incluyendo los cuadrantes adyacentes a la costa.

En cada estación se registró la temperatura del agua desde la superficie hasta una profundidad de 120 m, para lo cual se empleó un batitermógrafo marca Kahlsico, con capacidad para medir hasta los 140 m de profundidad. La temperatura se registró gráficamente en laminillas (semejantes a portaobjetos bañados en oro de 0.025×0.045 m y 0.001 m de espesor). La lectura de las temperaturas se obtuvo posteriormente en tierra con ayuda de un visor graduado con precisión de 0.5°C, tomando como referencia la temperatura superficial del agua, que se midió con un termómetro de mercurio marca Brannam (intervalo de +50.0°C a –30.0°C y precisión de 0.5°C). En cada cuadrante se

(29°N and 113°W), in the central gulf, to La Lechugilla Island (24.5°N and 110.8°W), in the southern gulf (fig. 1).

In order to process the data, the study areawas divided into 34 squares of $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (3090 km²) (fig. 2). Four longitudinal profiles were traced along the gulf (profiles I, II, III and IV) (fig. 3a–b), as well as eight transverse profiles (from *a* to *h*) (fig. 4a–c), including the coastal squares.

At each station, water temperature was recorded from the sea surface to 120 m depth with a bathythermograph (Kahlsico) able to measure to 140 m depth. Temperature was recorded graphically on gold-plated slides (0.025×0.045 m and 0.001 m thick) and read at the surface with the help of a viewer, using as reference the sea surface temperature measured with a mercury thermometer (Brannam, range +50.0°C to –30.0°C and 0.5°C accuracy). The average water column temperature in each $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ square was calculated every 10 m, using the records from the corresponding stations. If in any square there was only one station, then the temperature profile (every 10m) of that station was considered representative of the entire square. The average temperatures of the water column in each square were used to draw the isotherms for each profile.

The giant squid were caught using six lines with “potera” fishing gear, at night (from 1800 to 0500), during 30 minutes at each station. The fishing lines were marked to assure that the capture was between 60 and 80 m. This layer was the fishing zone (FZ).

In order to determine the spatial distribution of the organisms captured in the FZ, the quantity of squid per square was added and the relative abundance (AR) was estimated. AR was the quotient obtained from the number *n* of organisms per square divided by the maximum quantity *N* of squid in one square, and multiplying the result by 100:

calculó la temperatura promedio de la columna de agua cada 10 m empleando los registros de las estaciones en cada cuadrante correspondiente. Si en algún cuadrante sólo se localizó una estación entonces se consideraron las mediciones de temperatura (cada 10 m) de ésta como representativas del cuadrante. Con las temperaturas promedio en la columna de agua de cada cuadrante se trazaron las isotermas para cada perfil.

Las capturas de calamar (con seis líneas mediante el arte de pesca llamado "potera") se obtuvieron durante la noche (entre 18:00 y 05:00 horas), con un tiempo de 30 minutos en cada estación. Las marcas hechas a las líneas para pescar sirvieron para determinar que las capturas se realizaron entre 60 y 80 m. Estos niveles de profundidad se consideraron como la zona de pesca (ZP).

Para hacer referencia a la distribución espacial de los organismos capturados en la ZP, se sumó la cantidad de calamares por cuadrante; enseguida, se estimó la abundancia relativa (AR). Aquí se denominó AR al cociente obtenido del número n de organismos por cuadrante y la máxima cantidad N de calamares en uno de estos cuadrantes, y multiplicando el resultado por 100, es decir:

$$AR = \frac{n}{N} 100\% \quad (1)$$

La máxima cantidad N de calamares se obtuvo en el cuadrante 7 (la localización de este cuadrante se puede consultar en la fig. 2). Para este cuadrante la AR resulta igual a 100%.

En un análisis posterior interesó saber si las capturas fueron exitosas ($\neq 0$) sin precisar la ubicación de la pesca; los valores relativos a las capturas se referenciaron respecto del total de organismos capturados en toda la zona de estudio. Por este motivo, de manera similar a la AR, se definió como abundancia relativa

$$AR = \frac{n}{N} 100\% \quad (1)$$

The maximum quantity N of squid was obtained in square 7 (the location of this square can be seen in fig. 2). For square 7, AR equals 100%.

In a subsequent analysis it was necessary to determine if the captures were or were not successful ($\neq 0$) without knowing the fishing location. The catches, in relative values, were referenced to the total number of organisms captured in the entire study area. Similar to AR, the relative abundance regarding the total squid captured (ART) was defined as the quotient obtained when the number n of organisms per square was divided by the maximum quantity N of squid captured in the entire study area (in relation to the FZ), and multiplying the result by 100:

$$ART = \frac{n}{N'} 100\% \quad (2)$$

Using the drawings of the isotherms of each of the profiles described previously and AR in relation to the FZ in each square, an exploratory qualitative analysis was done that permitted the identification of the first relation between the variation of water temperature (among the isotherms) and the behavior of AR of squid. We wanted to determine if there was any average water temperature range for which the captures were $\neq 0$, or if the captures were random and not a function of water temperature. Therefore, the behavior of the isotherms in each profile is described. The correlation coefficient between the average water temperature and ART in the FZ was calculated and the significance of the correlation was analyzed ($P = 0.05$). This result reinforced the previous suggestions derived from the first analysis.

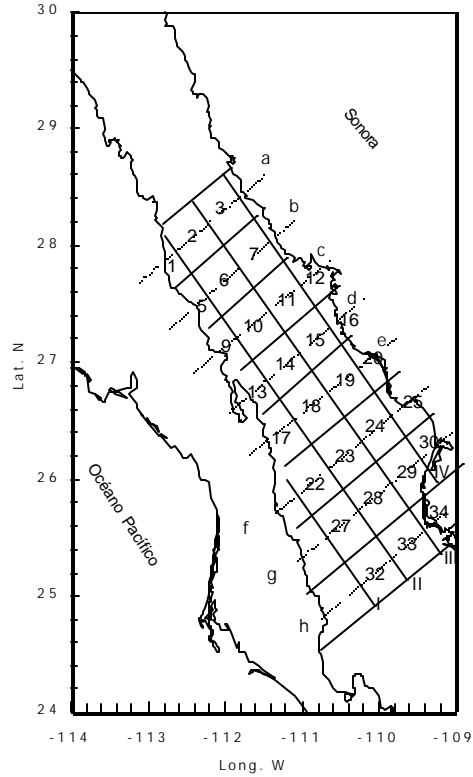


Figura 2. Perfiles longitudinales (I, II, III y IV) y transversales (a–h) del área de estudio. Las cifras identifican al cuadrante en cada perfil.

Figure 2. Longitudinal (I, II, III and IV) and transverse (a–h) profiles of the study area. The numbers identify the square in each profile.

respecto del total capturado (ART) al cociente obtenido del número n de organismos por cuadrante y la máxima cantidad N' de calamares capturados en toda la zona de estudio (en relación con la ZP), y multiplicando el resultado por 100, es decir:

$$\text{ART} = \frac{n}{N'} 100\% \quad (2)$$

Con el trazado de las isotermas en cada uno de los perfiles mencionados anteriormente y la AR en relación con la ZP en cada cuadrante, se

RESULTS

Longitudinal profile I

Longitudinal profile I (squares 5, 9, 13, 17, 22, 27 and 32) (fig. 3a) revealed that water temperatures off the western coast of the gulf (in May and June 1996) decreased with depth, from 22–26°C at the sea surface to 13–15°C in the FZ. In the north (squares 5 and 9), the surface waters were 2–4°C colder than waters in the south (squares 27 and 32). For 15°C < isotherm < 20°C, the thermal gradient (TG)

hizo un análisis exploratorio, cualitativo, que permitió identificar las primeras relaciones entre la variación de la temperatura del agua (entre las isotermas) y el comportamiento de la AR de calamares. Se buscó si hubo algún intervalo de temperaturas promedio para el cual las capturas fueron $\neq 0$ ó si éstas fueron aleatorias para cualquier intervalo de temperaturas. Se describe, por tanto, el comportamiento de las isotermas en cada perfil. Posteriormente, se calculó el coeficiente de correlación entre la temperatura promedio del agua y la ART en la ZP y se analizó si la relación fue estadísticamente significativa ($P = 0.05$). Este resultado reforzó los planteamientos que se derivaron del primer análisis.

RESULTADOS

Perfil longitudinal I

El perfil longitudinal I (cuadrantes 5, 9, 13, 17, 22, 27 y 32) (fig. 3a) mostró que las temperaturas de las aguas cercanas a la costa occidental del golfo (durante mayo y junio de 1996) descendieron con la profundidad, desde 22–26°C en la superficie hasta 13–15°C en la ZP; en el norte (cuadrantes 5 y 9), las aguas superficiales fueron de 2°C a 4°C más frías que en el sur (cuadrantes 27 y 32). Para 15°C < isoterma < 20°C el gradiente térmico (GT) (de 0.11°C/m) en el norte (cuadrantes 13, 9 y 5) fue menor que el GT (de 0.50°C/m) observado en el sur (cuadrantes 17, 22 y 27), lo que indicó que las aguas del norte estuvieron mejor mezcladas que las aguas del sur.

En la ZP, la temperatura promedio del agua fue de 15°C al norte (cuadrantes 13, 9 y 5) y entre 13°C y 14°C al sur (cuadrantes 17, 22 y 27). La AR de calamar fue >30% en la parte norte (cuadrantes 5 y 9) e inferior a este valor en la parte sur (cuadrantes 22 a 37). Esto sugirió una relación directa entre la temperatura del agua y la AR en la ZP,

(0.11°C/m) in the north (squares 13, 9 and 5) was less than the TG (0.50°C/m) in the south (squares 17, 22 and 27), which indicated that northern waters were better mixed than southern waters.

In the FZ, the average water temperature was 15°C to the north (squares 13, 9 and 5), and between 13°C and 14°C to the south (squares 17, 22 and 27). The AR of squid was >30% in the north (squares 5 and 9) and lower in the south (squares 22 to 37). This suggested a direct relation between water temperature and AR in the FZ, because the higher the temperature, the greater the AR.

Longitudinal profile II

In longitudinal profile II (squares 2, 6, 10, 14, 18, 23, 28 and 33) (fig. 3a), the water temperature decreased with depth from 23–25°C at the sea surface to 13–16°C in the FZ. The waters of square 6 were as much as 2°C warmer than the northern (square 2) and southern (square 10) waters. In the center (square 14), the reverse occurred; the water was as much as 1°C colder than the northern (square 10) and southern (square 18) waters. This indicated that the waters of square 10 had an intermediate temperature (14–15°C in the FZ) between squares 6 and 14. The difference in temperature (as much as 2°C) between squares 6 and 14 indicated thermal instability, possibly produced by upwelling of deep, colder waters. Since the waters were warmer to the north (square 6) and to the south (square 28), the origin of the cold waters should be the central gulf (squares 14 and 18).

Values of AR >25% were estimated for squares 10, 14 and 18. Although a direct relationship between AR and water temperature in the FZ was not observed, as in the previous case, note that for square 10 (between 14°C < isotherms < 15°C), AR = 49.3% was a maximum. In the FZ of square 2, the average

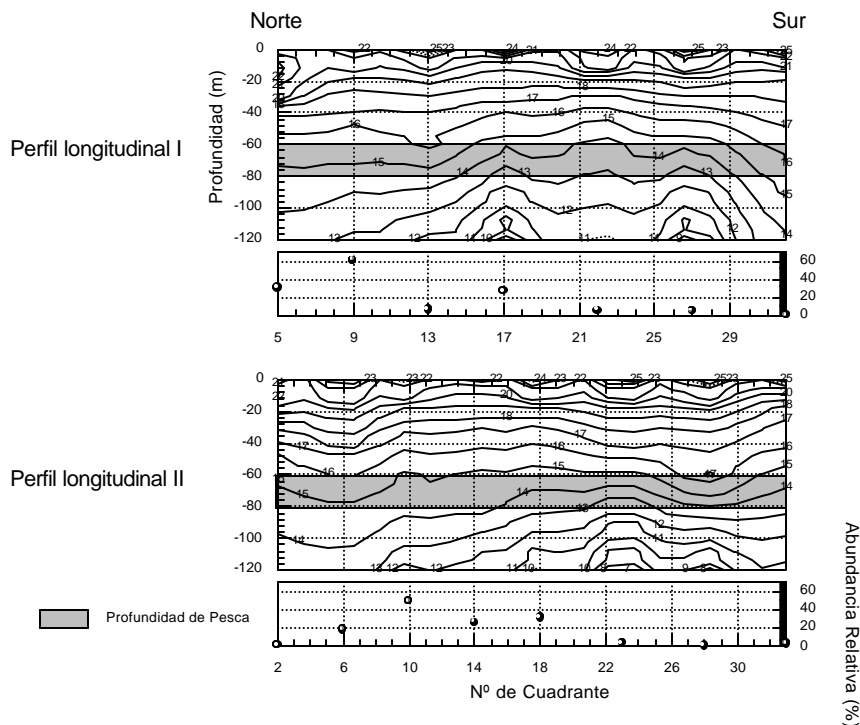


Figura 3a. Comportamiento de las isotermas: perfiles longitudinales I y II. El área sombreada muestra la profundidad en donde se capturaron los calamares. Abajo de cada perfil aparecen señalados en círculos pequeños las abundancias relativas de calamar, en porcentajes, y el número de cuadrante en la parte inferior del recuadro.

Figure 3a. Behavior of the isotherms: longitudinal profiles I and II. The shaded area shows the depth at which the squid were caught. Below each profile are the relative abundances of squid, in percentages, and the numbers of the squares.

yaque a mayor temperatura se observó mayor AR.

temperature was similar to square 10, but AR for square 2 is only 1.0%.

Perfil longitudinal II

En el perfil longitudinal II (cuadrantes 2, 6, 10, 14, 18, 23, 28 y 33) (fig. 3a), la temperatura del agua descendió con la profundidad desde 23–25°C en la superficie hasta 13–16°C en la ZP. Las aguas del cuadrante 6 fueron hasta 2°C más cálidas que las aguas del norte

Longitudinal profile III

In profile III (squares 3, 7, 11, 15, 19, 24, 29 and 34) (fig. 3b), the temperature decreased with depth from 23–25°C at the sea surface to 14–15°C in the FZ. The stratification of the isotherms, from the sea surface to the FZ, was regular throughout the profile, but the

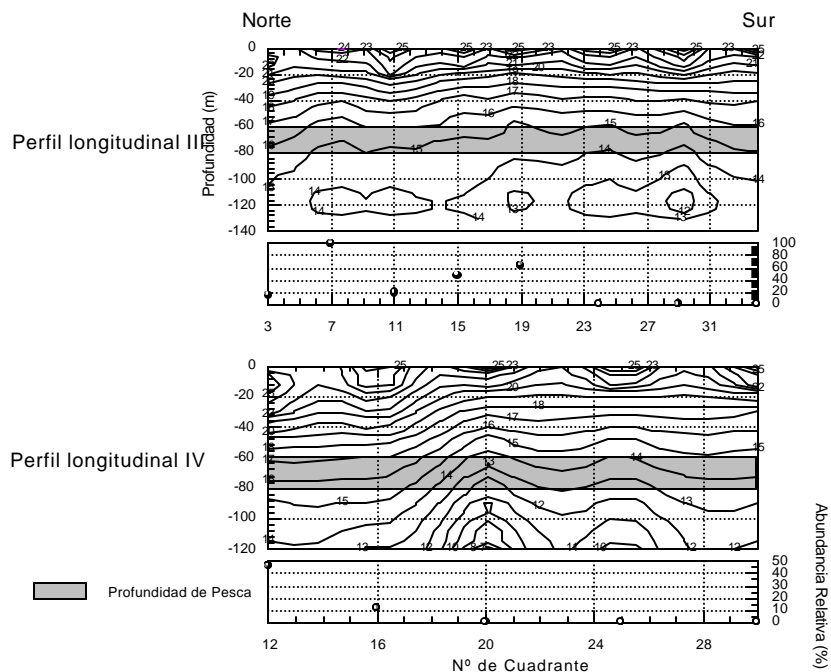


Figura 3b. Comportamiento de las isothermas: perfiles longitudinales III y IV. El área sombreada muestra la profundidad en donde se capturaron los calamares. Abajo de cada perfil aparecen señalados en círculos pequeños las abundancias relativas de calamar, en porcentajes, y el número de cuadrante en la parte inferior del recuadro.

Figure 3b. Behavior of the isotherms: longitudinal profiles III and IV. The shaded area shows the depth at which the squid were caught. Below each profile are the relative abundances of squid, in percentages, and the numbers of the squares.

(cuadrante 2) y sur (cuadrante 10). En el centro (cuadrante 14) ocurrió lo contrario, aguas hasta 1°C más frías que las aguas del norte (cuadrante 10) y sur (cuadrante 18). Esto indicó que las aguas del cuadrante 10 tuvieron una temperatura intermedia (entre 14°C y 15°C en la ZP) entre la temperatura de las aguas de los cuadrantes 6 y 14. La diferencia de temperatura (hasta en 2°C) entre los cuadrantes 6 y 14 indicó inestabilidad térmica producida, posiblemente, por surgencias de aguas profundas mucho más frías. Debido a que al

isotherms were more closely spaced out in the first 20 m (TG = 0.33°C/m) (compared to the 20°C isotherm). From 20 m depth to the FZ (compared to the 15°C isotherm), the TG (0.14°C/m) was smaller, indicating better mixing.

There was a cooling of the water (0.5–3°C depending on depth) to the north of Guaymas Bay (square 7), compared to the temperature in the north (square 3) and in the south (square 11). The cooling was more evident below 20-m depth. The upwelling of deeper and colder

norte (cuadrante 6) y sur (cuadrante 28) las aguas fueron más cálidas, la fuente de estas aguas frías debió ser el centro (cuadrantes 14 y 18).

Los valores de AR > 25% se estimaron en los cuadrantes 10, 14 y 18. Aunque en esta ocasión no se observó una relación directa de AR con la temperatura en la ZP, como en el caso anterior, obsérvese que para el cuadrante 10 (entre 14°C < isoterma < 15°C) la AR = 49.3% fue máxima. En la ZP, cuadrante 2, la temperatura promedio fue similar que en el cuadrante 10, pero la AR para el cuadrante 2 es apenas 1.0%.

Perfil longitudinal III

En el perfil longitudinal III (cuadrantes 3, 7, 11, 15, 19, 24, 29 y 34) (fig. 3b), la temperatura descendió con la profundidad desde 23–25°C en la superficie hasta 14–15°C en la ZP. La estratificación de las isothermas, de la superficie a la ZP, fue muy regular en todo el perfil aunque las isothermas estuvieron menos espaciadas en los primeros 20 m de profundidad (GT = 0.33°C/m) (en referencia a la isoterma de 20°C). Desde los 20 m de profundidad hasta la ZP (en referencia a la isoterma de 15°C), el GT (0.14°C/m) fue menor, lo que indicó una mejor mezcla de las aguas.

Se observó un enfriamiento de las aguas (de 0.5°C a 3°C dependiendo de la profundidad) al norte de la Bahía de Guaymas (cuadrante 7), en relación con la temperatura registrada en el norte (cuadrante 3) y en el sur (cuadrante 11). Lo anterior fue más evidente a niveles inferiores a los 20 m de profundidad. La surgencia de aguas frías más profundas posiblemente fue la causa que provocó el enfriamiento en el cuadrante 7, lo que dio origen a la diferencia de temperaturas entre sus cuadrantes adyacentes al norte y al sur.

La AR de calamar para el perfil longitudinal III mostró que los valores >40% se

waters possibly caused the cooling in square 7, which caused the difference in temperatures between the contiguous squares to the north and south.

The AR of squid for profile III showed that values >40% were estimated for squares 7, 15 and 19. The average water temperature in the FZ for these squares was 14.5°C, again indicative of a preference of the species to temperatures of 14–15°C. Although the average temperature in the FZ of square 29 is 14.4°C, AR was only about 0.2%, which is equivalent to only one squid captured.

When the water column cooled, which caused lower temperatures compared to the contiguous columns (sometimes as much as 3°C), AR achieved the maximum values. AR was >50% in squares 9 (longitudinal profile I), 7 and 19 (longitudinal profile III), and >40% in square 10 (longitudinal profile II).

Longitudinal profile IV

In longitudinal profile IV (squares 12, 16, 20, 25 and 30) along the eastern coast of the gulf (fig. 3b), the water column in square 20 showed cooling compared to its contiguous square to the north (square 16). The difference in temperature between both water columns is 1°C at the surface and as high as 4°C in the FZ. The wavy character of the stratification of the isotherms showed a cooling in squares 20, 25 and 30 (waters 1–3°C lower than in the contiguous squares to the north and south). The location of squares 25 and 30 to the south of longitudinal profile IV and the cooling of the waters, less than 13°C in the FZ (square 20), may explain why no squid were caught in these squares.

Off Guaymas Bay, AR was 46.5% in square 12 (average temperature of 15.7°C in the FZ). Because the temperature range (13°C < \bar{T} < 16°C) in which the squid were captured fluctuates just 3°C, it was necessary to analyze

obtuvieron en los cuadrantes 7, 15 y 19. La temperatura promedio en la ZP para estos cuadrantes fue de 14.5°C, lo que indicó (una vez más) preferencia del cardumen hacia los 14–15°C. Aunque la temperatura promedio en la ZP del cuadrante 29 es de 14.4°C, la AR relativa fue apenas 0.2%, equivalente a un solo calamar capturado.

Cuando la columna de agua se enfrió, causando temperaturas más bajas respecto de sus columnas adyacentes (en ocasiones de hasta 3°C), la AR presentó los valores máximos: > 50% en los cuadrantes 9 (perfil longitudinal I), 7 y 19 (perfil longitudinal III), y > 40% en el cuadrante 10 (perfil longitudinal II).

Perfil longitudinal IV

En el perfil longitudinal IV (cuadrantes 12, 16, 20, 25 y 30) en la costa oriental del golfo (fig. 3b), las aguas en el cuadrante 20 mostraron un enfriamiento respecto a las aguas del cuadrante 16, localizado al norte. La diferencia de temperatura entre ambas columnas de agua fue de 1°C en la superficie hasta 4°C en la ZP. El carácter ondulante en la estratificación de las isothermas mostró que en los cuadrantes 20, 25 y 30 hubo enfriamiento (aguas 1–3°C más frías que en los cuadrantes aledaños al norte y sur). La localización de los cuadrantes 25 y 30 al sur del perfil longitudinal IV y el enfriamiento de las aguas, inferior a los 13°C en la ZP (cuadrante 20), posiblemente fueron las causas de que en estos cuadrantes no se capturara ni un solo calamar.

El valor de AR fue 46.5% frente a la Bahía de Guaymas, en el cuadrante 12 (temperatura promedio de 15.7°C en la ZP). Considerando que en las relaciones obtenidas el intervalo de temperatura ($13^{\circ}\text{C} < \bar{T} < 16^{\circ}\text{C}$) en el cual se capturaron calamares fluctúa en apenas 3°C, fue preciso analizar el comportamiento de las isothermas en los perfiles transversales antes de ser concluyentes.

the behavior of the isotherms in the transverse profiles before making a conclusive statement.

Transverse profiles

Between May and June 1996, the western coastal waters were, on average, 1°C colder than the eastern coastal waters (fig. 4a–c). This difference was 0.3°C in the north (transverse profile *a*), and >4°C between Guaymas Bay and north of Concepción Bay (transverse profile *c*).

At the latitude of the big islands (transverse profile *a*), from the sea surface to the 20°C isotherm, the TG (0.14°C/m) remains almost constant. The cooling along the western coast, identified from the temperature differences between the water columns of squares 2 and 3, is more evident below the 20°C isotherm. In the FZ, the temperature is 1.5°C colder on the western side ($\bar{T} = 14.4^{\circ}\text{C}$). The values of AR were <16%.

To the south, in squares 5, 6 and 7 (transverse profile *b*), the surface temperature in the center of the gulf (square 6) was 2.3°C and 0.5°C warmer than the sea surface temperature of the western (square 5) and eastern (square 7) coasts, respectively. In the FZ, the greatest AR (100%) was estimated for square 7, whereas in squares 5 and 6, AR was <40%.

In transverse profile *c* (squares 9, 10, 11 and 12), for $15^{\circ}\text{C} < \text{isotherms} < 20^{\circ}\text{C}$, the TG was 0.12°C/m, whereas for $20^{\circ}\text{C} < \text{isotherms} < 25^{\circ}\text{C}$, on the eastern coast, the TG was 0.24°C/m. This indicated that waters were better mixed at $15^{\circ}\text{C} < \text{isotherms} < 20^{\circ}\text{C}$. The AR of squid >40% was estimated for squares 9, 11 and 12 for $13^{\circ}\text{C} < \bar{T} < 16^{\circ}\text{C}$ in the FZ. Even though in square 11 $\bar{T} = 15.3^{\circ}\text{C}$, AR was <20%. Between Concepción and Guaymas bays (transverse profile *d*, squares 13, 14, 15 and 16), the water temperature on the western coast of the gulf was colder by 1°C at the

Perfiles transversales

Entre mayo y junio de 1996, las aguas de la costa occidental fueron en promedio 1°C más frías que las de la costa oriental (fig. 4a–c). Esta diferencia fue de tan solo 0.3°C al norte (perfil transversal *a*) y > 4°C entre las costas de la Bahía de Guaymas y norte de Bahía Concepción (perfil transversal *c*).

A la altura de las grandes islas (perfil transversal *a*), desde la superficie hasta la isoterma de 20°C, el GT (0.14°C/m) se mantuvo aproximadamente constante. El enfriamiento en la costa occidental, que se identifica debido a las diferencias de temperatura entre las columnas de agua de los cuadrantes 2 y 3, fue más evidente por debajo de la isoterma de 20°C. En la ZP la diferencia de temperatura es de 1.5°C más fría del lado occidental ($\bar{T} = 14.4^\circ\text{C}$). Los valores de AR fueron <16%.

Más al sur, en los cuadrantes 5, 6 y 7 (perfil transversal *b*), la temperatura superficial en el centro del golfo (cuadrante 6) fue 2.3°C y 0.5°C superior que la temperatura superficial en la costas occidental (cuadrante 5) y la oriental (cuadrante 7), respectivamente. En la ZP ($\bar{T} = 14.6^\circ\text{C}$) la AR de mayor valor (100%) se estimó en el cuadrante 7, mientras que en los cuadrantes 5 y 6 la AR fue < 40%.

En el perfil transversal *c* (cuadrantes 9, 10, 11 y 12), para 15°C < isotermas < 20°C, el GT fue 0.12°C/m, mientras que para 20°C < isotermas < 25°C, en la costa oriental, el GT fue 0.24°C/m. Esto indica que las aguas en 15°C < isotermas < 20°C estuvieron mejor mezcladas. Cabe resaltar que la AR de calamar > 40% se estimó en los cuadrantes 9, 10 y 12 para 13°C < \bar{T} < 16°C en la ZP. Aunque en el cuadrante 11 $\bar{T} = 15.3^\circ\text{C}$, la AR fue < 20%. En el transecto entre las bahías de Guaymas y Concepción (perfil transversal *d*, cuadrantes 13, 14, 15 y 16), la temperatura de las aguas del lado occidental del golfo fue más fría en 1°C en la superficie y 0.5°C a 60 m de profundidad

surface and 0.5°C at 60 m depth than on the eastern coast. In square 14, the water temperature was 2.5°C colder at the surface and more than 1.5°C colder at 60 m than the contiguous squares to the west (square 13) and to the east (square 15). The cooling in square 14 caused an upward movement of the isotherm toward the surface that is believed to be a product of the incursion of cold, deeper waters (below 60 m) in this portion of the gulf. The AR of squid had a maximum value (48.3%) in square 15, where $\bar{T} = 14.8^\circ\text{C}$ in the FZ. In the other squares of this profile, for which $\bar{T} \neq 14.8^\circ\text{C}$ in the FZ, the AR of squid was <30%.

To the south of Concepción and Guaymas bays, squares 17 to 23 (profiles *e* and *f*), TG=0.6°C/m for 20°C < isotherms < 25°C and TG = 0.1°C/m for 15°C < isotherms < 20°C were the same in the two profiles, indicating that at 15°C < isotherms < 20°C the waters were better mixed. The AR of squid had a maximum value (64%) in square 19, where $\bar{T} = 14.2^\circ\text{C}$ in the FZ. In the other squares where $\bar{T} < 14^\circ\text{C}$, the value of AR was < 40%.

In the last transects, to the south of the study area (transverse profiles *g* and *h*), although $\bar{T} = 15.5^\circ\text{C}$ at 60 m depth was inside 13°C < T < 16°C, AR was <6% in all squares (from 27 to 34); this did not agree with the relations found among squid captures and water temperatures up to now. Squid capture depends on many factors (among them the availability of food and nutrients) and the relation found between water temperatures and AR could be simply a coincidence. However, these relations were strong in waters where there was cooling (attributed to upwelling zones). This suggests that water temperature is in some way involved with the availability of food for squid (mainly in the upwelling zones). The results show that a statistically significant relation does exist ($P = 0.05$) between the average water temperature and the capture of squid in the FZ.

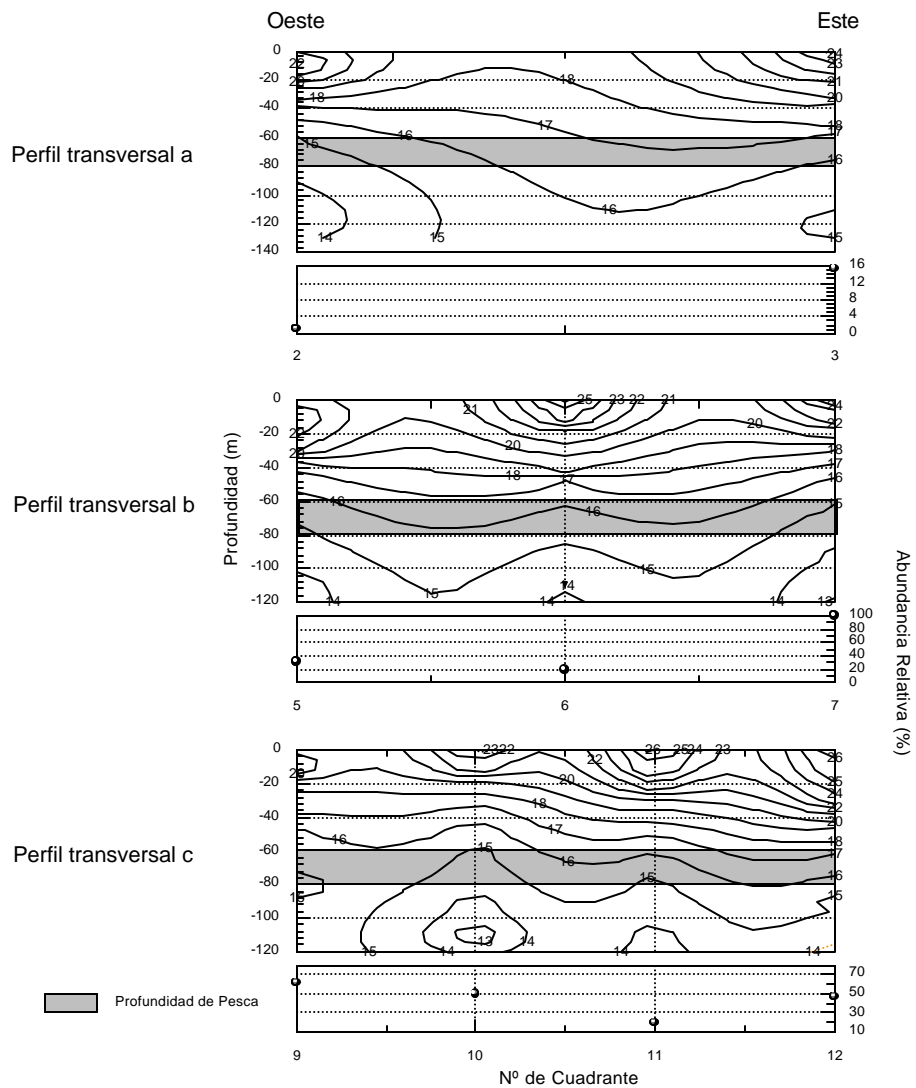


Figura 4a. Igual que la figura 3, sólo que aquí: perfiles transversales *a*, *b* y *c*.
Figure 4a. Same as figure 3, but here: transverse profiles *a*, *b* and *c*.

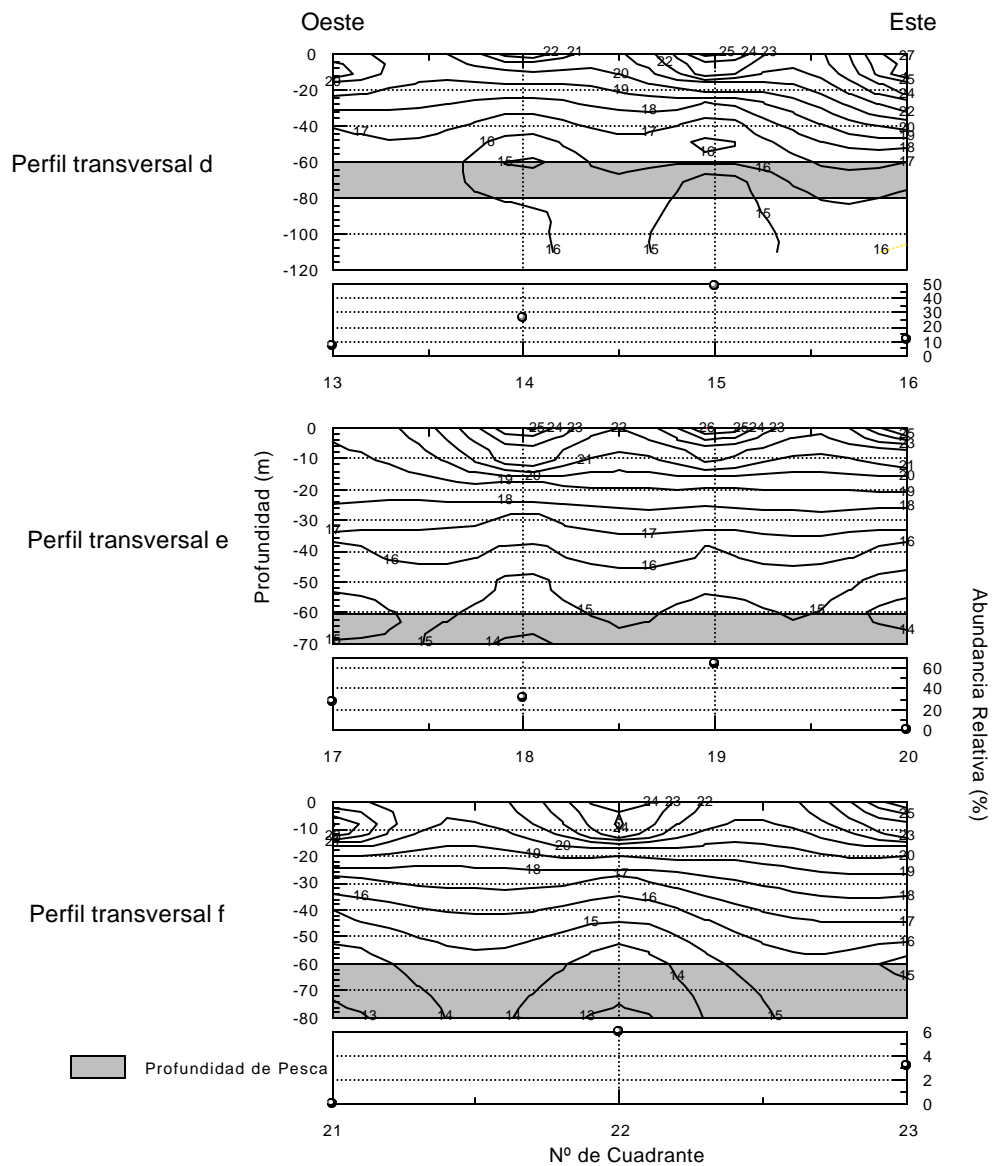


Figura 4b. Igual que la figura 3, sólo que aquí: perfiles transversales *d*, *e* y *f*.
Figure 4b. Same as figure 3, but here: transverse profiles *d*, *e* and *f*

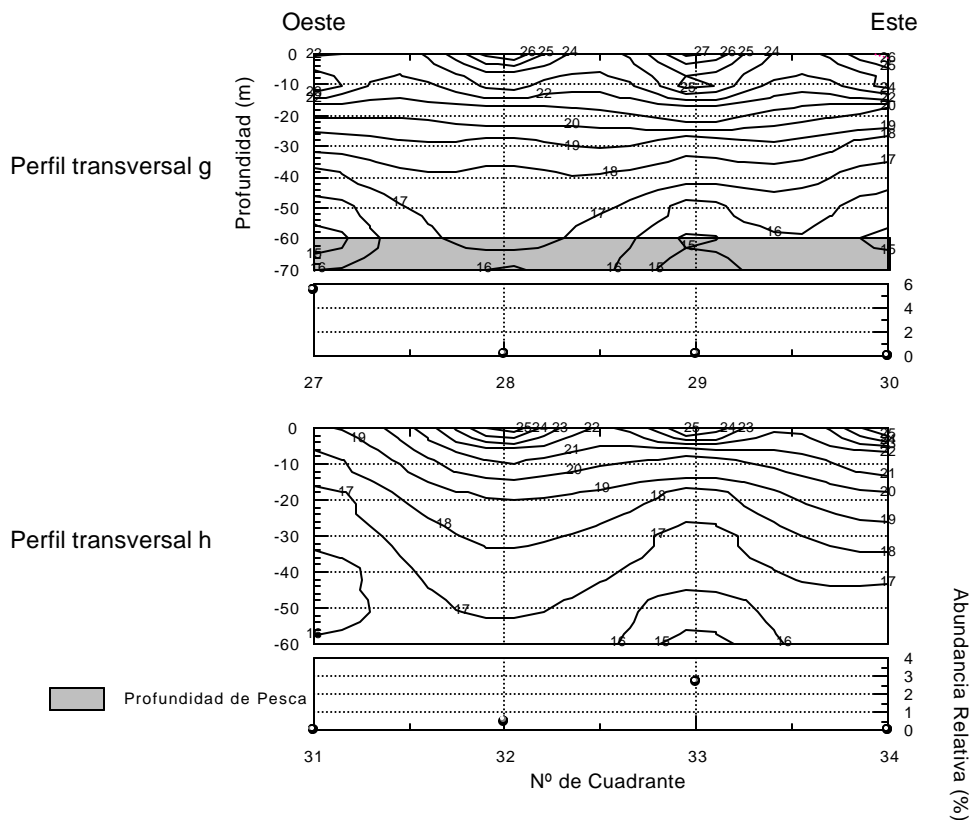


Figura 4c. Igual que la figura 3, sólo que aquí: perfiles transversales *g* y *h*.
Figure 4c. Same as figure 3, but here: transverse profiles *g* and *h*.

que del lado oriental. En el cuadrante 14, la temperatura del agua respecto de sus cuadrantes adyacentes al occidente (cuadrante 13) y al oriente (cuadrante 15) fue 2.5°C más fría en la superficie y 1.5°C más fría a los 60 m de profundidad. El enfriamiento en el cuadrante 14 causó la elevación de las isotermas hacia la superficie y se consideró que fue causado por la incursión de aguas frías más profundas (por debajo de los 60 m) en esta porción del golfo. El valor máximo de AR = 48.3% de calamar tuvo lugar en el cuadrante 15, en

DISCUSSION

Greater capture of giant squid (AR > 50%) was estimated for squares 7, 9 and 19. Intermediate values (20% < AR < 50%) were found in squares 5, 10, 12, 14, 15, 17 and 18, and minimum values (AR < 20%) in squares 6, 3, 11, and 16 (fig. 5). These results could be influenced by the difference in the number of stations per square: four stations in squares 7 and 19, three in squares 9 and 3, and two in the rest; however, the analysis of each station

donde $\bar{T} = 14.8^{\circ}\text{C}$ en la ZP. En los demás cuadrantes de este perfil, en los cuales $\bar{T} \neq 14.8^{\circ}\text{C}$ en la ZP, la AR de calamar fue $< 30\%$.

Al sur de las bahías de Guaymas y Concepción, cuadrantes 17 a 23 (perfiles *e* y *f*), el $\text{GT} = 0.6^{\circ}\text{C}/\text{m}$ para $20^{\circ}\text{C} < \text{isotermas} < 25^{\circ}\text{C}$ y $\text{GT} = 0.1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ para $15^{\circ}\text{C} < \text{isotermas} < 20^{\circ}\text{C}$ fueron iguales en los dos perfiles, lo que indica que para $15^{\circ}\text{C} < \text{isotermas} < 20^{\circ}\text{C}$ las aguas estuvieron mejor mezcladas. El valor máximo de AR $\bar{=}$ 64% tuvo lugar en el cuadrante 19, en donde $\bar{T} = 14.2^{\circ}\text{C}$ en la ZP. En los demás cuadrantes en los que $\bar{T} < 14^{\circ}\text{C}$ el valor de AR fue $< 40\%$.

En los últimos transectos, al sur de la zona de estudio (perfiles transversales *g* y *h*), en los cuales $\bar{T} = 15.5^{\circ}\text{C}$ para los 60 m de profundidad, los valores de AR fueron $< 6\%$ en todos los cuadrantes (del 27 al 34), lo que no coincidió con las relaciones hasta el momento encontradas entre capturas de calamar y temperaturas. Las capturas de calamar dependen de muchos factores (entre los que se puede citar la disponibilidad de alimento y nutrientes) y las relaciones encontradas entre las temperaturas del agua y la AR pudieron ser sólo coincidencias. Sin embargo, estas relaciones fueron notorias en aguas donde hubo enfriamiento (atribuido a zonas de surgencias). Esto sugirió que la temperatura del agua de alguna forma incide en la disponibilidad de alimento del calamar (particularmente en la zona de surgencias). Los resultados mostraron que existe una relación estadísticamente significativa ($P = 0.05$) entre la temperatura y las capturas de calamar en la ZP.

DISCUSIÓN

Las mayores capturas de calamar gigante (AR $> 50\%$) se estimaron en los cuadrantes 7, 9 y 19; los valores intermedios ($20\% < \text{AR} < 50\%$) en los cuadrantes 5, 10, 12, 14, 15, 17 y 18; y los valores mínimos (AR $< 20\%$) en los

showed that the capture was concentrated mainly in the north and center of the area studied (transverse profiles *a* to *e*). The results also indicate that AR was not proportional to the number of stations per square. It was necessary to look for a different cause. According to our working hypothesis, if water temperature is a factor affecting movement of squid, then we can infer that their capture was successful within an optimum water temperature range (OWTR). Here, OWTR was defined as the average water temperature range in which squid capture was $> 1\%$. For this study, OWTR was identified and the correlation analysis was done. When OWTR was identified, the interest was only in knowing if the captures were successful ($\neq 0$) and the location of the captures was not necessarily known. Therefore, the relative values should be of the total organisms captured in the entire study area. The relative abundance of the total squid captured (ART) was calculated (see equation 2).

The water temperature range for which ART was $\neq 0$ was $12.6\text{--}17.0^{\circ}\text{C}$. A frequency histogram was obtained for this range (fig. 6). According to the histogram, 82% of ART in the FZ was obtained between 13.6°C and 15.5°C , with the maximum value ($> 40\%$) between 14.6°C and 15.0°C . A second maximum was observed between 15.6°C and 17.0°C . In this range, ART was 17.2%, with maximum $\text{ART}_{\text{max}} = 13.9\%$ between 16.1°C and 16.5°C . Considering this, the goal was to demonstrate if the correlation between water temperature and ART was statistically significant. Here, the term optimum water temperature (OWTC) was introduced as the average water temperature in the FZ for which squid capture had its maximum possible value. For the analysis, it was necessary to consider the following. First, the number of sampling stations: Even though it had been demonstrated that AR of squid is not proportional to the number of stations per square, the ideal case would be to have the

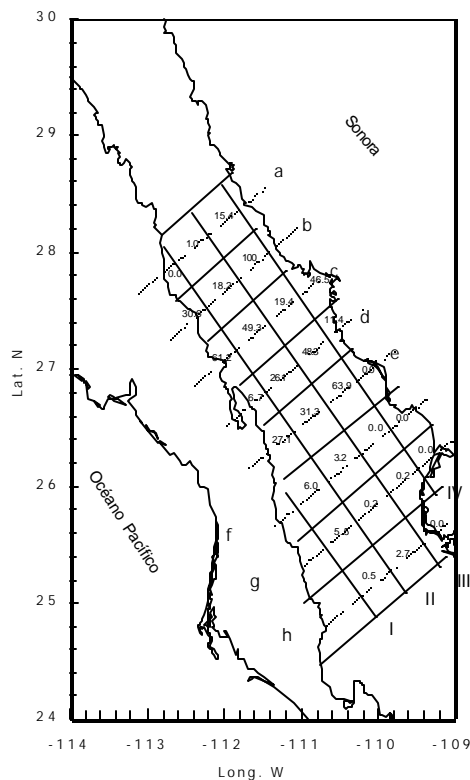


Figura 5. Abundancias relativas de calamar, en porcentajes, por cuadrante en el área de estudio.
Figure 5. Relative abundances of squid, in percentages, per square in the study area.

cuadrantes 6, 3, 11 y 16 (fig. 5). Estos resultados pudieron ser influenciados por la diferencia en la cantidad de estaciones muestreadas en cada cuadrante: cuatro estaciones en los cuadrantes 7 y 19, tres en los cuadrantes 9 y 3, y dos estaciones en el resto; sin embargo, el análisis individual de las estaciones mostró que las capturas se concentraron preferentemente en el norte y centro del área de estudio (perfiles transversales *a a e*) y la AR no fue proporcional al número de estaciones por cuadrante. Hubo necesidad entonces de buscar una causa diferente. De acuerdo con nuestra hipótesis de trabajo, si la temperatura del agua es un factor

same number of sampling stations in each square; this would allow more representative samples. Unfortunately, in practice, this is difficult to achieve. In spite of these deficiencies, we can argue that the capture of squid was random (the same number of fishing lines for 30 minutes at each station) and, therefore, the result of the correlation analysis between ART and water temperatures in the FZ was not influenced by the difference in the number of stations per square. Second, the total number of stations (36) where ART \neq 0 was insufficient to support a correlation analysis. Under these circumstances, it is difficult to statistically

que incide en el desplazamiento del calamar, entonces podemos inferir que su captura tuvo éxito en un intervalo de temperatura óptimo (ITO). Aquí, el ITO se definió como aquel intervalo de temperaturas promedio del agua en el cual las capturas son $> 1\%$. Para este estudio se identificó el ITO y se procedió con el análisis de correlación. Al identificar el ITO no interesa conocer la ubicación de las capturas, únicamente interesa saber si éstas fueron exitosas ($\neq 0$), por lo tanto, los valores relativos se referenciaron respecto del total de organismos capturados en toda la zona de estudio. Para tal efecto, se calculó la abundancia relativa respecto del total capturado (ART) (ver ecuación 2).

El intervalo de temperaturas para el cual la ART resultó $\neq 0$ fue de 12.6°C a 17.0°C . Para este intervalo se obtuvo un histograma de frecuencias (fig. 6), de acuerdo con el cual el 82% del total de las capturas en la ZP se obtuvo entre 13.6°C y 15.5°C , con su máximo valor ($> 40\%$) entre 14.6°C y 15.0°C . Se observó un segundo máximo en el histograma de frecuencias entre 15.6°C y 17.0°C . En este intervalo, la ART fue 17.2% con el máximo $\text{ART}_{\text{máx}} = 13.9\%$, entre 16.1°C y 16.5°C . Considerando estas relaciones, la tarea fue demostrar si la correlación entre las temperaturas y la ART fue estadísticamente significativa. Aquí se introdujo el término temperatura óptima de captura (TOC) para denominar a la temperatura promedio del agua en la ZP para la cual las capturas de calamar tuvieron su máximo valor posible. Para el análisis, fue necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones. Primero, el número de estaciones de muestreo: Aun cuando la AR de calamar no fue proporcional al número de estaciones por cuadrante lo ideal hubiera sido contar con igual cantidad de estaciones de muestreo por cuadrante; esto hubiera permitido contar con muestras más representativas. Desafortunadamente, esto es muy complicado de lograr en la práctica. A pesar de

demonstrate that the correlation $r_{\text{estimated}}$ was nearest to its true (exact) r_{exact} value. As a rule, it is argued that the null hypothesis (H_0 : estimated correlation $r_{\text{estimated}} = 0$) is or is not rejected at a statistically significant level. Because of the sensitivity of the correlation method to extreme values, it was necessary to eliminate those stations (which could be called anomalies) where the capture, for $\text{ART} < 1\%$, could be caused by other factors complementary to water temperature, for example, the displacement of the school toward the interior of the gulf motivated by the availability of food. This agreed with the location of fishing for Monterrey sardine, which is part of the squid's diet to the north of the study area during May and June 1996 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997). As the concentration of squid was to the north, the squares located to the south of the study area, for which $\text{ART} < 1\%$ (for example square 29 for which $\text{ART} = 0.2\%$), were eliminated. The elimination of these "anomalies" reduced the number of sampling stations, creating greater difficulty in obtaining valid conclusions. Using previous considerations, the discussion focused only on the results obtained from a single cruise (see materials and methods).

It was possible to draw a graph that showed the behavior of squid capture (in each square where $\text{ART} > 1\%$) as a function of the average water temperature in the FZ (fig. 7). At first, the values of ART were observed to be dispersed in the range of $12.8\text{--}16.5^{\circ}\text{C}$ (in agreement with the definition, this temperature range was the OWTR), for which the variance explained between squid capture and the average water temperatures in the squares was just 2.0% ($r^2 = 0.02$). However, looking at it in detail, it can be distinguished that for temperature ranges of $12.8\text{--}14.6^{\circ}\text{C}$ and $14.6\text{--}16.5^{\circ}\text{C}$, the behavior of squid capture as a function of water temperatures was different. In the former range, squid capture increased with the

estas deficiencias se puede argumentar que la captura de calamar fue aleatoria en cada estación (mismo número de líneas para pescar durante un tiempo de 30 minutos en cada estación), por lo que el resultado de la correlación entre la ART de calamar y las temperaturas del agua en la ZP no estuvo influenciada por la diferencia en el número de estaciones por cuadrante. Segundo, el número total de estaciones (36) en donde se registró que la $ART \neq 0$ fue insuficiente para ser concluyente con un análisis de correlación. Es complicado, bajo estas circunstancias, demostrar estadísticamente que el valor estimado de la correlación r_{estimado} es el más cercano a su valor verdadero (exacto) r_{exacto} . En la práctica, se comprueba (sin llegar a demostrarse) que la hipótesis nula (H_0 : la correlación $r_{\text{estimado}} = 0$) sea rechazada o en su caso aceptada bajo un nivel de significancia estadística determinado. Por otro lado, debido a la sensibilidad del análisis de correlación a los valores extremos fue necesario eliminar aquellas estaciones (denominadas anomalías) en donde las capturas, para $ART < 1\%$, pudieron verse condicionadas a otros factores complementarios a la temperatura del agua, como por ejemplo, el desplazamiento del cardumen hacia el interior del golfo, motivado por la disponibilidad de alimento. Esto concuerda con la ubicación de las pescas, por ejemplo de sardina monterrey, localizadas al norte de la zona de estudio para mayo y junio de 1996 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997), que le sirven de alimento al calamar. Como se observó que la concentración de calamares fue al norte, se eliminaron los cuadrantes localizados al sur de la zona de estudio (por ejemplo el cuadrante 29 para el cual $ART = 0.2\%$) para los cuales $ART < 1\%$. La eliminación de las "anomalías" para el análisis de correlación redujo aún más el número de estaciones muestreadas. Dadas estas limitaciones, la discusión se centró únicamente en los resultados obtenidos para un solo crucero (ver materiales y métodos).

increase of the water temperature to its maximum relative value ($ART = 17.7\%$) in square 7, whereas for the latter, squid capture decreased (except for square 12 for which $\bar{T} = 16.3^\circ\text{C}$) with the increase of water temperature, reaching its minimum (in square 13) at $\bar{T} = 16.5^\circ\text{C}$. The maximum value of the catches ($ART = 17.7\%$) was centered at $\bar{T} = 14.6^\circ\text{C}$ (in agreement with the definition, this average water temperature value was the OWTC). For $12.8\text{--}14.6^\circ\text{C}$ and $14.6\text{--}16.5^\circ\text{C}$, the variance explained 55% ($r^2 = 0.55$) and 41% ($r^2 = 0.41$), respectively, and was statistically significant at $P = 0.05$. For the first interval, the correlation r was positive and for the second, r was negative. Although it is difficult to demonstrate if the sign of the correlation for the previous inequalities coincided with its true value or if it was the result of the random behavior of the capture, it was shown that: (a) the squid capture was within an OWTR ($12.8^\circ\text{C} < \bar{T} < 16.5^\circ\text{C}$) for which $ART > 1\%$; (b), the correlation r was statistically significant in two water temperature ranges separated by an OWTC ($\bar{T} = 14.6^\circ\text{C}$). Because of the precision of the viewer used to obtain the corresponding water temperature values from their graphic records, it is more correct to say that OWTC was $14.6^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$, such that for $\bar{T} > \text{OWTC}$ or $\bar{T} < \text{OWTC}$, squid captures were $< \overline{ART}_{\text{max}} = 17.7\%$; and (c) for $\bar{T} < 10^\circ\text{C}$ and $\bar{T} > 17^\circ\text{C}$, squid capture was zero.

The result of $ART = 8\%$ for square 12 showed the presence of a second maximum in the frequency histogram (fig. 7) off Guaymas Bay. The cruise was made at the end of May and consequently at the end of spring and the beginning of summer. Although the squid was still found off Guaymas during the cruise, the capture was more abundant to the northwest of Guaymas Bay (square 7). This might suggest a S-NW displacement of the school toward square 7 looking for food, but based on this supposition, it is difficult to establish

Fue posible construir un gráfico en donde se muestra el comportamiento de las capturas de calamar (en cada cuadrante con ART > 1%) en relación con la temperatura promedio del agua en la ZP (fig. 7). A primera vista se observa que los valores de ART estuvieron muy dispersos en el intervalo de 12.8°C a 16.5°C (de acuerdo con su definición, éste fue el ITO), para el cual la explicación de la variancia entre las capturas y las temperaturas promedio del agua en los cuadrantes fue tan solo de 2.0% ($r^2 = 0.02$). Sin embargo, si observamos con detalle, es posible distinguir que para los intervalos de 12.8°C a 14.6°C y de 14.6°C a 16.5°C, el comportamiento de las capturas en relación con las temperaturas fue distinto. En el primero, las capturas se incrementaron al incrementarse las temperaturas, hasta alcanzar su máximo valor relativo (ART = 17.7%) en el cuadrante 7, mientras que en el segundo, por el contrario, los valores de las capturas fueron cada vez menores (a excepción del cuadrante 12 para el cual $\bar{T} = 16.3^\circ\text{C}$) a medida que la temperatura siguió incrementándose hasta alcanzar un mínimo valor (en el cuadrante 13), $\bar{T} = 16.5^\circ\text{C}$. El valor máximo de las capturas (ART = 17.7%) se centró en $\bar{T} = 14.6^\circ\text{C}$ (de acuerdo con su definición, ésta fue la TOC). Para los intervalos de 12.8°C a 14.6°C y de 14.6°C a 16.5°C la explicación de la variancia del 55% ($r^2 = 0.55$) y 41% ($r^2 = 0.41$), respectivamente, fue estadísticamente significativa a $P = 0.05$. En el primer intervalo la correlación r fue positiva, mientras que en el segundo, r fue negativa. Aunque resulta complicado demostrar si el signo de la correlación para las desigualdades anteriores coincidió con su valor verdadero o si fue resultado del comportamiento aleatorio de las capturas, lo que se obtuvo es que: (a) los calamares se capturaron en un ITO ($12.8^\circ\text{C} < \bar{T} < 16.5^\circ\text{C}$) para el cual la ART > 1%; (b) la correlación r fue estadísticamente significativa en dos intervalos de temperatura divididos por una TOC ($\bar{T} = 14.6^\circ\text{C}$).

if the squid capture in square 12 was related to $\bar{T} \approx 16^\circ\text{C}$.

In square 2, ART < 1.0% and water temperature of 14–15°C were observed in the FZ. If in square 6 (see longitudinal profile II, fig. 3a) the waters were warmer (up to 1°C in the FZ) than in square 2, then it can be assumed that the difference in water temperatures of these two squares negatively affected the presence of the squid and consequently the captures in square 2, conditioned possibly by the availability of food.

From the isotherm behavior, in the squares where thermal conditions showed cooling (squares 7, 9 and 10), a thermal instability relative to their contiguous squares was caused. At times, the temperature difference between the contiguous water columns at some depths was as much as 3°C. The incursion of cold waters from deeper layers is thought to be the cause of the cooling. The high values of the squid capture (in squares 7, 9 and 10) can be related to the supply of nutrients from deeper waters indirectly through different species that serve as food for squid. The incursion of cold waters from the southern gulf, as reported in the literature (Castro *et al.*, 1994), is related to the process of heat transport governed mainly by advection along the gulf. Lavín and Organista (1988) found that the annual average heat surface flow is toward the interior of the northern Gulf of California and favors the incursion of less saline, cold, deep waters toward the surface which, combined with tidal mixing and upwelling, can be responsible for the biological enrichment of the central and northern gulf waters (Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987; Bray, 1988b; Lavín and Organista, 1988; Álvarez-Borrego and Lara-Lara, 1991). The mixing caused by tides and upwelling in the central gulf occurs seasonally; winds from the northwest cause upwelling along the eastern coast in winter and spring (agreeing with the maximum squid capture at the end of spring),

Histograma de frecuencias

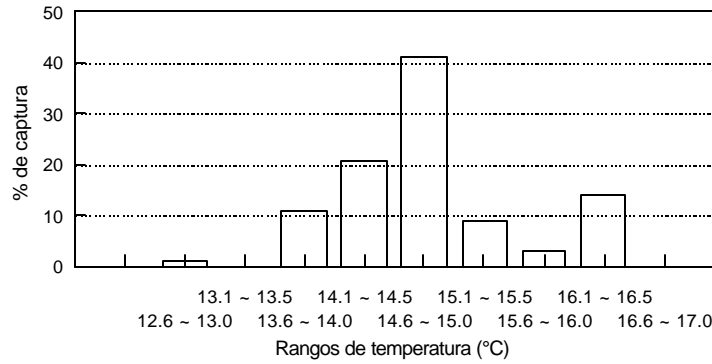


Figura 6. Histograma de frecuencias de capturas de calamar gigante a diferentes intervalos de temperatura.

Figure 6. Histogram of frequencies of giant squid capture for different temperature ranges.

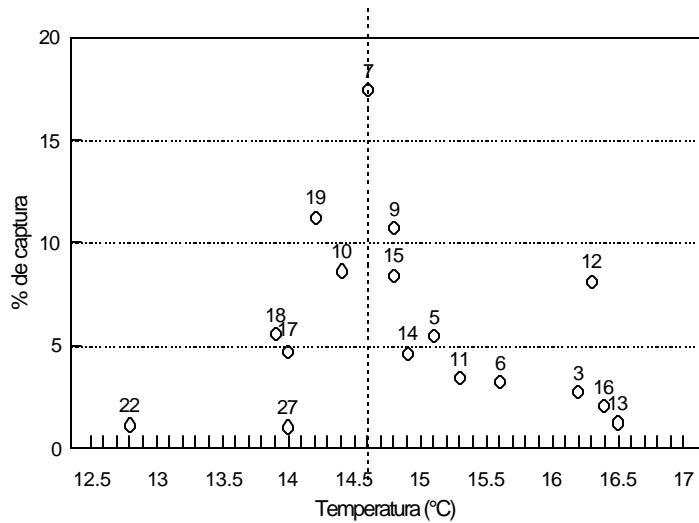


Figura 7. Comportamiento de las capturas de calamar gigante, en porcentajes, respecto del total, en relación con las temperaturas del agua promedio en la zona de pesca. Los números encima de los círculos muestran el cuadrante de referencia. La línea discontinua divide a las capturas tomando como referencia la temperatura óptima de captura.

Figure 7. Behavior of giant squid capture, in percentages, of total and average water temperature in the fishing zone. The numbers above the circles show the square referred to. The broken line divides the captures, using as reference, the optimum temperature for catches.

De acuerdo con la precisión del visor graduado que se utilizó para obtener los valores de temperatura a partir de sus registros gráficos, es más correcto decir que TOC fue $14.6^{\circ}C \pm 0.5^{\circ}C$, de tal modo que para $\bar{T} > TOC$ o $\bar{T} < TOC$ las capturas fueron $< ART_{\text{máx}} = 17.7\%$; y (c) para $\bar{T} < 10^{\circ}C$ y $\bar{T} > 17^{\circ}C$ las capturas fueron nulas.

El resultado de $ART = 8\%$ para el cuadrante 12 mostró la presencia de un segundo máximo en el histograma (fig. 7), frente a la Bahía de Guaymas. El crucero se realizó a finales de mayo y consecuentemente a finales de la primavera y principios del verano. Aunque el calamar todavía se encontró frente a Guaymas durante la realización del crucero, fue más abundante al noroeste de la Bahía de Guaymas (cuadrante 7). Esto puede sugerir un desplazamiento S-NW del cardumen hacia este último cuadrante en busca de su alimento, pero aun con este supuesto resulta complicado establecer si la captura de calamar en el cuadrante 12 tiene relación con $\bar{T} \approx 16^{\circ}C$.

Falta mencionar que en el cuadrante 2, la $ART < 1.0\%$ y la temperatura del agua $14^{\circ}C < \bar{T} < 15^{\circ}C$ se observaron en la ZP. Si consideramos que en el cuadrante 6 (ver perfil longitudinal II, fig. 3a) las aguas fueron más cálidas (hasta $1^{\circ}C$ en la ZP) que en el cuadrante 2, entonces podemos suponer que la diferencia en las temperaturas de estos dos cuadrantes incidió negativamente en la presencia del cardumen y consecuentemente en las capturas del cuadrante 2, condicionado posiblemente a la disponibilidad de alimento.

En cuanto al comportamiento de las isoterms, en los cuadrantes cuyas condiciones térmicas reportaron enfriamiento (cuadrantes 7, 9 y 10), se provocó una inestabilidad térmica respecto de sus cuadrantes adyacentes. En ocasiones, la diferencia de temperatura entre las columnas de agua adyacentes, en algunos niveles de profundidad, llegó a ser de hasta $3^{\circ}C$. Aquí se sugiere que la causa del enfriamiento

and winds from the southwest cause upwelling along the western coast in summer (see Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987). The transition between the upwelling processes occurs at the end of May and at the beginning of June, with summer upwelling reported to be less intense than spring upwelling (Badan-Dangon *et al.*, 1985).

Between May and June 1996, the western coastal waters were, on average, $1^{\circ}C$ colder than the eastern coastal waters (see fig. 4a-c). This difference was $0.3^{\circ}C$ in the north (transverse profile *a*) and $>4^{\circ}C$ between Guaymas Bay and north of Concepción Bay (transverse profile *c*). Although the surface water temperature of the gulf, on average for the annual cycle, maintained a strong seasonal variation, the previous result coincides with that reported by Bray (1988a) who, with the help of historic temperature information from cruises carried out from 1939 to 1985, obtained an annual cycle composite for the section of the gulf between Santa Rosalía, on the peninsula side of Baja California, and Guaymas, on the continental side. Empirical orthogonal function analysis was used on this data. The maximum variance explained (87.1%) was concentrated in the first component. From this information, Bray found that above 100 m the peninsular waters are colder and denser than continental waters. According to the graphs reported by this author, it is possible to see a temperature difference of $< 1^{\circ}C$ on both sides of the gulf for the first 50 m.

CONCLUSIONS

The results of this study constitute a contribution to the knowledge of the relation between environmental variables and the capture of giant squid. These results suggest a statistically significant correlation ($P = 0.05$) between these organisms and the average water temperature in the fishing zone. Because a higher capture of

es producto de la incursión de aguas frías desde niveles más profundos. Lo anterior permite asociar los valores altos de capturas (en los cuadrantes 7, 19 y 10) de calamar gigante con el abastecimiento de nutrientes desde aguas profundas en forma indirecta a través de las diferentes especies que le sirven de alimento al calamar. Esta incursión desde el sur del golfo, como se reporta en la literatura, está relacionada con los procesos de conducción de calor gobernados principalmente por procesos de advección a lo largo del golfo (Castro *et al.*, 1994). Lavín y Organista (1988) encontraron que el promedio anual de flujo de calor superficial ocurre hacia el interior del mar en el Alto Golfo de California, lo que favorece la incursión de aguas frías y profundas menos salinas hacia la superficie, que combinado con la mezcla de mareas y las surgencias puede ser responsable del enriquecimiento biológico de las aguas del golfo central y norte (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Bray, 1988b; Lavín y Organista, 1988; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Los procesos de mezcla por mareas y surgencias en el golfo central ocurren estacionalmente; vientos del noroeste causan surgencias en la costa este durante invierno y primavera (lo que coincidió con las máximas capturas de calamar realizadas a finales de la primavera), y vientos del sureste causan surgencias en la costa oeste durante el verano (ver Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987). La transición entre uno y otro proceso de surgencia ocurre a finales de mayo y principios de junio, reportándose que las surgencias de verano son menos intensas que las de primavera (Badan-Dangon *et al.*, 1985).

Entre mayo y junio de 1996, las aguas de la costa occidental se mantuvieron en promedio 1°C más frías que las de la costa oriental (ver fig. 4a-c). Esta diferencia fue de tan solo 0.3°C al norte (perfil transversal *a*) y >4°C entre las costas de la Bahía de Guaymas y norte de Bahía Concepción (perfil transversal *c*).

squid was obtained in the north of the study area, we suggest that the distribution of the organisms also responds to the average water temperature in the fishing zone and to the availability of food through the changes in the water temperature, particularly in the upwelling zones. Therefore, for capture, an optimum water temperature range where the catches, in relative values, are >1% does exist (in this study it was $12.8^{\circ}\text{C} < \bar{T} < 16.5^{\circ}\text{C}$). Inside this range, an optimum water temperature for capture (OWTC) was identified, such that for $\bar{T} > \text{OWTC}$ and $\bar{T} < \text{OWTC}$ capture decreases toward its minimum value at $\bar{T} = 12.8^{\circ}\text{C}$ and $\bar{T} = 16.5^{\circ}\text{C}$. For $\bar{T} \leq 10^{\circ}\text{C}$ and $\bar{T} \geq 17^{\circ}\text{C}$, captures were zero.

ACKNOWLEDGEMENTS

The cruise was possible thanks to the director and subdirector of CRIP-Guaymas, Iván Rivera-Parra and Manuel Nevárez-Martínez, for providing logistic support; the Cámara Nacional de la Industria Pesquera, Sonora Section, for their economic support; and the technical personnel and crew of *BIP/XI*, for the field work. Special thanks to A. Leyva-Contreras and E.A. Aragón-Noriega for their ideas and revision of the manuscript, and to the anonymous reviewers for their suggestions and comments, which were of invaluable help to obtain the final version. Thanks also to Ellis Glazier, CIBNOR, S.C., for editing the English language text.

English translation by the authors.

Aunque el campo de temperatura en las aguas superficiales del golfo, en promedio para el ciclo anual, mantiene una marcada variación estacional, el resultado anterior fue congruente con lo reportado por Bray (1988a) en donde, con información histórica de temperaturas a

partir de cruceros realizados de 1939 a 1985, obtuvo una composición del ciclo anual para la sección del golfo entre Santa Rosalía, del lado de la península de Baja California, y Guaymas, del lado del continente. A estos datos les aplicó el análisis de funciones empíricas ortogonales y obtuvo que la máxima explicación de la variancia (87.1%) se concentró en el primer componente. A partir de esta información encontró que por encima de los 100 m, las aguas del lado de la península son más frías y densas que del lado continental. De acuerdo con los gráficos reportados por este autor, es posible apreciar una diferencia de temperatura $< 1^{\circ}\text{C}$ en ambos lados del golfo para los primeros 50 m de profundidad.

CONCLUSIONES

Los resultados que aquí se presentan constituyen una aportación al conocimiento para entender la relación entre variables ambientales y las capturas de calamar gigante. Estos resultados sugieren que entre estos organismos y la temperatura promedio del agua en la zona de pesca la correlación es estadísticamente significativa ($P = 0.05$). Dado que las mayores capturas de calamar se obtuvieron al norte de nuestra zona de estudio, se sugiere que la distribución de los organismos responde, además de la temperatura media en la zona de pesca, a la disponibilidad de alimento a través de los cambios en la temperatura del agua, particularmente en las zonas de surgencias. Es por eso que, en relación con las capturas, existe un intervalo de temperatura óptimo en donde las capturas, en valores relativos, son $> 1\%$ (en este trabajo éste fue $12.8^{\circ}\text{C} < \bar{T} < 16.5^{\circ}\text{C}$), en el cual se identificó una temperatura óptima de captura (TOC), de tal modo que para $\bar{T} > \text{TOC}$ y $\bar{T} < \text{TOC}$ las capturas van disminuyendo hasta sus valores mínimos, $\bar{T} = 12.8^{\circ}\text{C}$ y $\bar{T} = 16.5^{\circ}\text{C}$. De hecho, para $\bar{T} \leq 10^{\circ}\text{C}$ y $\bar{T} \geq 17^{\circ}\text{C}$ las capturas fueron nulas.

AGRADECIMIENTOS

Este crucero fue posible gracias al director y subdirector del CRIP-Guaymas, Iván Rivera-Parra y Manuel Nevárez-Martínez, por su apoyo logístico; a la Cámara Nacional de la Industria Pesquera, Sección Sonora, por su apoyo económico; y al personal técnico y a la tripulación del *BIP/XI*, por el trabajo de campo. Un agradecimiento especial a A. Leyva-Contreras y E.A. Aragón-Noriega por sus ideas y revisión de este manuscrito. Un profundo agradecimiento a los revisores anónimos de este manuscrito por sus sugerencias y comentarios que fueron de valiosa ayuda para obtener la versión final. Agradecemos a Ellis Glazier, CIBNOR, S.C., la edición en inglés del manuscrito.

REFERENCIAS

- Álvarez-Borrego, S. y Schwartzlose, R.A. (1979). Masas de agua del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 6(1, 2): 43–63.
- Álvarez-Borrego, S. and Lara-Lara, J.R. (1991). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In: *The Gulf and Peninsular Provinces of the Californias*. Mem. Am. Assoc. Petroleum Geologists, (47): 555–567.
- Badan-Dangon, A., Koblinsky, C.J. and Baumgartner, T. (1985). Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Acta Oceanologica*, 8(1): 13–22.
- Bray, N.A. (1988a). Thermohaline circulation in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 93: 4993–5020.
- Bray, N.A. (1988b). Water mass formation in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 93(C8): 9223–9240.
- Castro, R., Lavín, M.F. and Ripa, P. (1994). Seasonal heat balance in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 99(C2): 3249–3261.
- Cisneros-Mata, M.A., Nevárez-Martínez, O., Martínez-Zavala, M.A., Anguiano-Carrasco, M.L., Santos-Molina, J.P., Godínez-Cota, A.R. y

- Montemayor-López, G. (1997). Diagnósis de la pesquería de pelágicos menores. Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, 59 pp.
- Ehrhardt, N.M. (1991). Potential impact of seasonal migratory jumbo squid (*Dosidicus gigas*) stock of a Gulf of California sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population. Bull. Mar. Sci., 49(1-2): 325-332.
- Ehrhardt, N.M., Pierre, S.J., González, D.G., Ulloa, R.P., García, B.F., Ortiz, C.J. y Solís, N.A. (1982a). Descripción de la pesquería de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) durante 1980 en el Golfo de California, flota y porder de pesca. Instituto Nacional de la Pesca, Ciencia Pesquera, (3): 41-60.
- Ehrhardt, N.M., Pierre, S.J., Solís, N.A., García, B.F., González, D.G., Ortiz, C.J. y Ulloa, R.P. (1982b). Crecimiento del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México, durante 1980. Instituto Nacional de la Pesca, Ciencia Pesquera, (3): 33-39.
- Ehrhardt, N.M., Solís, N.A., Pierre, S.J., Ortiz, C.J., Ulloa, R.P., González, D.G. y García, B.F. (1986). Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante en el Golfo de California, México, durante 1980. Instituto Nacional de la Pesca, Ciencia Pesquera, (5): 63-76.
- García-Domínguez, F. y González-Ramírez, P. (1988). Observaciones sobre la alimentación del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) D'Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California. Memorias del IX Congreso Nacional de Zoología, Tabasco, México, pp.149-150.
- Kato, S. (1976). La pesquería de calamar de California. FAO, Informe Pesca, 170 (Supl. 1): 9-17.
- Klett, T.A. (1981). Estado actual de la pesquería del calamar gigante en el estado de Baja California Sur. Secretaría de Pesca, Serie Científica, No.21, 28 pp.
- Klett, T.A. (1996). Pesquería del calamar gigante (*Dosidicus gigas*). En: M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.), Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. del Edo. de BCS, FAO, INP, UABCS, CIB, CICIMAR y CET MAR, Vol. I, pp. 127-149.
- Lavín, M.F. y Organista, S. (1988). Surface heat flux in the northern Gulf of California. J. Geophys. Res., 93: 14033-14038.
- Lavín, M.F., Beier, E. y Badán, A. (1997). Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escala estacional e interanual. En: M.F. Lavín (ed.), Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, pp. 141-171.
- Leal-Ocampo, R. (1994). Pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny) en la zona del Pacífico mexicano. Tesis, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar (CICIMAR) del IPN, La Paz, BCS, México, 81 pp.
- Mann, K.H. and Lazier, J.R.N. (1996). Dynamics of marine ecosystems. Biological-physical Interactions in the Oceans. 2nd ed. Blackwell Science, 349 pp.
- Michel, G.E., Klett, T.A. y Ochoa, R.I. (1986). Estudio preliminar para la determinación de madurez gonádica del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835). Instituto Nacional de la Pesca, Ciencia Pesquera, (5): 77-89.
- Nesis, K.N. (1970). The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology (Engl. trans.), 10: 108-118.
- Organista-Sandoval, S. (1987). Flujos de calor en el Alto Golfo de California. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, BC, México, 142 pp.
- Valdez-Holguín, J.E. y Lara-Lara, J.R. (1987). Productividad primaria en el Golfo de California. Efectos del evento El Niño 1982-1983. Ciencias Marinas, 13(2): 34-50.
- Wormuth, J.H. (1971). The biogeography, systematics, and interspecific relationships of the Oegopsid squid family Ommastrephidae in the Pacific Ocean. Ph.D. thesis, University of California, San Diego, 189 pp.