

Comentarios acerca de la relación entre la temperatura y la captura de calamar gigante

Comments about the relationship between temperature and giant squid catches

Enrique Morales-Bojórquez

Instituto Nacional de la Pesca
Laboratorio de Dinámica de Poblaciones del Pacífico Norte
CRIP-La Paz. Carretera a Pichilingue s/n, km 1, CP 23020
La Paz, Baja California Sur, México
E-mail: embojorq@ipn.mx

Recibido en marzo de 2001, aceptado en febrero de 2002

Resumen

La pesquería de calamar gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) es un recurso inestable que ha mostrado amplias variaciones en abundancia y disponibilidad en los últimos 20 años, las cuales se intentaron explicar mediante una hipótesis que relacionaba los efectos de El Niño y la temperatura del mar sobre la pesquería. Recientemente, con datos de cruceros de investigación se ha retomado la hipótesis que supone que la temperatura del agua es un factor que incide en el desplazamiento del calamar, de tal forma, que las capturas se pueden relacionar con la temperatura media en las zonas de pesca, estableciendo la validez de la hipótesis con datos de abundancia relativa (*AR*) de un crucero de investigación que se reconocen como altamente desviados. De esta forma, la precisión en la relación captura-ambiente, del calamar gigante, está determinada por dos factores: (a) la correcta estimación del índice de *AR* del recurso, el cual debe ser corregido con un estimador insesgado de varianza mínima, bajo una distribución lognormal, lo que permite trabajar toda la serie de datos sin descartar información; y (b) la relación funcional de *AR* con la temperatura, que debe ser no paramétrica, evitando así la autocorrelación entre las mediciones de temperatura y, por consiguiente, reconocer que la relación entre la temperatura y las capturas de calamar no es directa (lineal), comprendiendo de esta forma que el efecto de la temperatura del mar sobre el índice de *AR* de calamar es totalmente aleatorio, ya que en la *AR* existe un error de observación que debe ser evaluado.

Palabras clave: *Dosidicus gigas*, índice de abundancia, error de observación.

Abstract

The fishery of the giant squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) is an unstable resource that has shown wide variations in its abundance and availability in the last 20 years, which were tried to be explained by a hypothesis that related the effects of El Niño and the sea temperature on the fishery. Recently, with data obtained in research surveys, the hypothesis that water temperature is a factor that affects the displacement of the squid has been considered again, in such a way that catches can be related to the average temperature in the fishing zones, validating the hypothesis with relative abundance data (*AR*), obtained in a research survey, which are known to be highly skewed. In this way, the accuracy in the catch-environment relationship of the giant squid is determined by two factors: (a) the correct estimation of the resource's *AR* index, which must be corrected with an unbiased estimator of minimum variance, under a lognormal distribution, what allows working data series without discarding information; and (b) the functional relationship of *AR* with temperature and therefore, recognizing that the relationship between temperature and squid catches is not direct (linear), thus understanding that the effect of the sea temperature on the squid's *AR* index is random, since in the *AR* there is an observation error that must be evaluated.

Key words: *Dosidicus gigas*, abundance index, observation error.

Introducción

La pesquería de calamar gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) en el Golfo de California, México, es un recurso que desde 1980 hasta 1999 ha presentado dos grandes fluctuaciones en abundancia y disponibilidad, las cuales relacionan las caídas de la pesquería en los periodos de 1982-1983 y 1997-1998, como una consecuencia del efecto de El Niño

Introduction

The fishery of the giant squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico, is a resource that from 1980 to 1999 has shown two considerable fluctuations in abundance and availability, that relate the drops of the fishery in the periods 1982–1983 and 1997–1998 as a consequence of the El Niño (Fiedler, 1984; Hayward, 2000; Lea and Rosenblatt,

(Fiedler, 1984; Hayward, 2000; Lea y Rosenblatt, 2000). Esta idea, aunque se ha aceptado de manera empírica, hasta el momento no ha sido demostrada (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a). Sin embargo, a pesar del efecto que podría tener el ambiente, se reconoce a este recurso como una pesquería inestable, donde las capturas dependen totalmente del reclutamiento inicial del calamar y de la capturabilidad de las flotas del Golfo de California, las cuales son flotas camaroneras que se adaptan a la pesca de calamar cuando el recurso camarón está en veda (Morales-Bojórquez y López-Martínez, 1999; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). De esta manera, la estimación de índices de abundancia relativa del recurso, tanto directos como indirectos de la pesquería, son importantes para la administración del calamar gigante.

Desde 1995, cuando se observó el resurgimiento de la pesquería, se han hecho diversas estimaciones de la biomasa de calamar, a partir de índices de abundancia relativa obtenidos con datos de cruceros de investigación dentro del Golfo de California, México (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). La interpretación y análisis de los índices de abundancia relativa de calamar, permitieron proponer una estrategia de manejo del recurso (Hernández-Herrera *et al.*, 1998) que se sustentó en el punto de referencia de $F_{\%BR}$, definido como la mortalidad por pesca (F) que permite el mantenimiento continuo de un cierto porcentaje de biomasa reproductora ($\%BR$), el cual se utiliza para calcular y establecer la estrategia de manejo del escape proporcional constante (K), definido como \exp^{-F} (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). En este caso, los índices de abundancia relativa se estimaron a partir de diseños de muestreo con estratificación del área de estudio (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). Los resultados mostraron que existe una zona de gran abundancia de calamar en la parte norte del Golfo de California, principalmente dentro de una franja que comprende la zona de Santa Rosalía, BCS, y Guaymas, Sonora (fig. 1). La elevada concentración de calamares en esta área todavía no se ha podido explicar, pero se ha descartado la influencia de la temperatura del agua como un factor fundamental, ya que Nevárez-Martínez *et al.* (2000) demostraron que no hay relación entre la abundancia y la distribución del calamar, con la temperatura del agua desde la superficie hasta los 70 m de profundidad. Esto contrasta con lo mostrado por Brito-Castillo *et al.* (2000), en el análisis de los datos del mismo crucero de investigación.

Discusión

Brito-Castillo *et al.* (2000) infieren que la captura del calamar gigante en el Golfo de California tiene éxito dentro de un intervalo óptimo de temperatura (ITO), partiendo de una hipótesis que supone que la temperatura del agua es un factor que incide en el desplazamiento del calamar, de tal forma que, las capturas se pueden relacionar con la temperatura media en las

2000). This idea, although accepted in an empirical way, has not been demonstrated yet (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a). However, in spite of the effect that the environment might have, this resource is known as an unstable fishery, in which catches totally depend on the initial recruitment of the squid and on the catchability of the Gulf of California fleets, which are shrimp-fishing fleets that adapt to squid-fishing during the shrimp close season (Morales-Bojórquez and López-Martínez, 1999; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). In this way, the estimation of relative abundance indices for this resource, either direct or indirect from the fishery, are important for the giant squid management.

Since 1995, when the come back of the fishery occurred, several squid stock assessments have been done from relative abundance indices obtained using data obtained in research-surveys in the Gulf of California, Mexico (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). The interpretation and analysis of squid relative abundance indices allowed proposing a management strategy for the resource (Hernández-Herrera *et al.*, 1998) that was based on the reference point of $F_{\%BR}$, defined as fishing mortality (F) that allows sustaining a certain reproductive stock percentage ($\%BR$), which is used to calculate and establish the management strategy of the proportional constant escapement (K), that is defined as \exp^{-F} (Nevárez-Martínez and Morales-Bojórquez, 1997; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). In this case, the relative abundance indices were estimated from sampling designs with stratification of the study area (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). Results showed that there is a high abundance zone for squid in the north of the Gulf of California, mainly in the area between the zones of Santa Rosalía, BCS, and Guaymas, Sonora (fig. 1). The high concentration of squids in this area has not been explained yet, but the influence of the sea temperature has been discarded as a key factor since Nevárez-Martínez *et al.* (2000) demonstrated that there is not a relationship of the abundance and squid distribution with the water temperature, from the surface to 70-m deep. This contrasts with the explanation given by Brito-Castillo *et al.* (2000), for the analysis of data from the same research survey.

Discussion

Brito-Castillo *et al.* (2000) infer that the catch of the giant squid is successful within an optimum water temperature range (OWTR), this from a hypothesis that supposes that the water temperature is a factor that affects squid's displacement, in such a way that catches can be related to the average temperature in the fishing zones. However, to understand the success in the catch of giant squid in the Gulf of California, the adequate index for the fishery has to be estimated. In this case, the catcher-unit effort ($CPUE$) has been commonly used as an index in the squid fishery, some examples are shown by Beddington *et al.* (1990), Morales-Bojórquez *et al.* (1997; 2001b), Nevárez-Martínez and Morales-Bojórquez (1997) and Rosenberg *et al.*

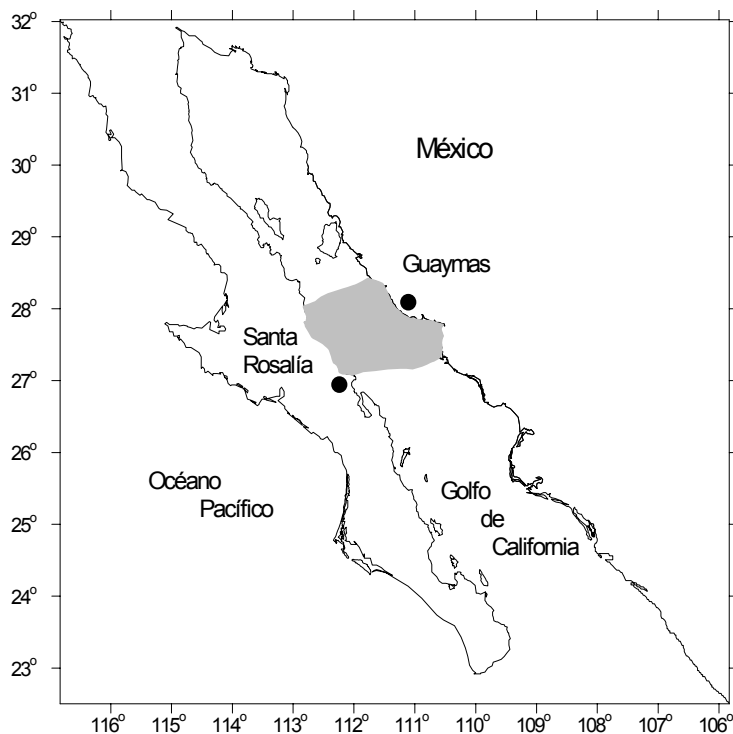


Figura 1. Zona de gran abundancia del calamar gigante (*D. gigas*) en el Golfo de California, México.
Figure 1. Great abundance zone of the giant squid (*D. gigas*) in the Gulf of California, Mexico.

zonas de pesca. Sin embargo, para entender el éxito de la captura del calamar gigante en el Golfo de California, hace falta estimar un índice adecuado de la pesquería. En este caso, la captura por unidad de esfuerzo (*CPUE*) se ha empleado comúnmente como un índice en la pesquería de calamares, algunos de cuyos ejemplos son mostrados por Beddington *et al.* (1990), Morales-Bojórquez *et al.* (1997; 2001b), Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez (1997) y Rosenberg *et al.* (1990). Mientras que índices indirectos de la pesquería, tales como estimaciones de cruceros de investigación, han sido empleados por Brodziak y Hendrickson (1999), Folmer y Pennington (2000), Hernández-Herrera *et al.* (1998), Kappenman (1999), Nevárez-Martínez *et al.* (2000), Pennington (1986; 1996) y Pierce *et al.* (1998).

De esta forma, la precisión en la relación captura-ambiente del calamar gigante está determinada por dos factores: (a) la correcta estimación del índice de abundancia relativa (*AR*) del recurso, y (b) la relación funcional de *AR* con la temperatura, siendo precisamente en la estimación de *AR*, y su aparente relación con el factor climático, que se debilita la demostración de la hipótesis de Brito-Castillo *et al.* (2000), de acuerdo a los dos siguientes planteamientos:

Índice de abundancia relativa del recurso

Brito-Castillo *et al.* (2000) estimaron como *AR* solamente una simple proporción porcentual de organismos capturados

al. (1990). While indirect fishery indices such as research-survey estimates, have been used by Brodziak and Hendrickson (1999), Folmer and Pennington (2000), Hernández-Herrera *et al.* (1998), Kappenman (1999), Nevárez-Martínez *et al.* (2000), Pennington (1986; 1996) and Pierce *et al.* (1998).

In this way, the accuracy in the relationship catch-environment of the giant squid is determined by two factors: a) the correct estimation of the resource's relative abundance index (*AR*), and b) the functional relationship of *AR* with temperature. It is precisely in the estimation of *AR* and its apparent relationship with the climatic factor, that the demonstration of the hypothesis by Brito-Castillo *et al.* (2000) weakens, according to the following settings:

Relative abundance index of the resource

Brito-Castillo *et al.* (2000) estimated as *AR* only a simple percentage proportion of organisms caught during a research survey in the Gulf of California, from this relation:

$$AR = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad (1)$$

where n_i is the number of organisms by station and N is the maximum quantity of squids in one of the station (each station was defined as a $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ area within the Gulf of California).

durante un crucero de investigación en el Golfo de California, partiendo de la siguiente relación:

$$AR = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad (1)$$

donde n_i es el número de organismos por cuadrante y N es la cantidad máxima de calamares en uno de los cuadrantes (cada cuadrante lo definieron como un área de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ dentro del Golfo de California). Los datos obtenidos durante el crucero de investigación de Brito-Castillo *et al.* (2000) son datos altamente desviados. Hernández-Herrera *et al.* (1998) y Nevárez-Martínez *et al.* (2000) demostraron que, durante mayo de 1996, la captura de calamar tuvo una frecuencia muy baja, incluso con valores de cero organismos por operación de pesca, observaciones que cubren el área desde el cuadrante 17 al 34 definidos por Brito-Castillo *et al.* (2000). El efecto de una gran cantidad de ceros como variable n en la ecuación 1, provoca que la forma de la distribución de los datos sea determinada por una función lognormal (Pennington, 1986; 1996; Folmer y Pennington, 2000; Pierce *et al.*, 1998) y, por lo tanto, la estimación del índice AR debe estar sustentada en el cálculo de la media y la varianza de una distribución delta de acuerdo a lo siguiente:

$$c \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(\bar{y}) g_m(s^2/2), m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad (2)$$

y

$$d \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ g_m(2s^2) - \left(\frac{m-2}{n-1} \right) g_m \left(\frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad (3)$$

donde, de acuerdo con las propiedades de la distribución lognormal, la varianza mínima del estimador insesgado, denotado por c y d para la distribución delta, contiene los siguientes elementos: \bar{y} es el promedio de la muestra, s^2 es la varianza de los valores que no son ceros, n es el número de observaciones, m es el número de valores diferentes de cero, x_1 denota un valor no transformado cuando $m = 1$, mientras que g_m es una función de m (para detalles ver Pennington, 1986; 1996). Esto quiere decir que necesariamente, para la estimación de AR , los datos de Brito-Castillo *et al.* (2000) debieron considerar las estaciones con captura = 0 organismos. Otra alternativa fue mostrada

Data obtained during the research survey by Brito-Castillo *et al.* (2000) are highly skewed. Hernández-Herrera *et al.* (1998) and Nevárez-Martínez *et al.* (2000) demonstrated that during May 1996, the catch of the giant squid has a low frequency, even with values of zero organisms per fishing operation, observations that cover the area from stations 17 to 34 defined by Brito-Castillo *et al.* (2000). The effect of a great quantity of zeros as n variable in equation 1, originates that the shape of the data distribution be determined by a lognormal function (Pennington, 1986; 1996; Folmer and Pennington, 2000; Pierce *et al.*, 1998) and, therefore, the estimation of the AR index must be sustained in the calculus of the mean and the variance of a delta distribution according to the following:

$$c \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(\bar{y}) g_m(s^2/2), m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad (2)$$

and

$$d \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ g_m(2s^2) - \left(\frac{m-2}{n-1} \right) g_m \left(\frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad (3)$$

where, according to the lognormal distribution properties, the minimum variance of the unbiased estimator, denoted by c and d for the delta distribution, contains the following elements: \bar{y} is the average of the sample, s^2 is the variance of non-zero values, n is the number of observations, m is the number of values different to zero, x_1 denotes a non-transformed value when $m = 1$, whereas g_m is a function of m (for details see Pennington, 1986; 1996). This means that, necessarily, for the estimation of AR , the data analyzed by Brito-Castillo *et al.* (2000) should have considered stations with 0-organisms catch. Another alternative was shown by Hernández-Herrera *et al.* (2000) and Nevárez-Martínez *et al.* (2000), who accomplished a post-stratification of samples from the May 1996 survey, to be applied to estimators by both, random stratified sampling and swept-area method, diminishing the variance contained in data and strata. The replacement of the AR values must be considered within an observed data distribution because, on the contrary, the bias, the variance and the error in AR increase (Kappenman, 1999). This point of view has been used by Pierce *et al.* (1998) to estimate an AR index for *Loligo forbesi* Steenstrup, 1856, that was related to climatic factors, diminishing the variance of the observations from survey data.

por Hernández-Herrera *et al.* (1998) y Nevárez-Martínez *et al.* (2000), logrando una postestratificación de muestras del crucero de mayo de 1996, para aplicarlas a estimadores por muestreo aleatorio estratificado y de área barrida, disminuyendo la varianza contenida en los datos y en los estratos. El remplazo de los valores del índice *AR* debe ser considerado dentro de una distribución observada de los datos, y posteriormente sustituida por sus valores esperados, ya que, de lo contrario, el sesgo, la varianza y el error en *AR* aumentan (Kappenman, 1999). Este enfoque fue utilizado por Pierce *et al.* (1998) para estimar un índice *AR* de *Loligo forbesi* Steenstrup, 1856, que se relacionó con factores climáticos, disminuyendo la varianza de las observaciones de los datos de cruceros.

La eficiencia entre los estimadores que utilizan distribución normal y lognormal para datos de cruceros fue analizada por Folmer y Pennington (2000), evitando la sobrestimación de los cálculos de media y varianza por estrato, cuando se utilizó el estimador delta. Estos criterios de ajuste del índice *AR* pueden explicar la forma de la distribución espacial de las capturas de calamar, ya que Brito-Castillo *et al.* (2000) mencionan que de forma mixta entre la parte norte y centro, así como en ambas costas del Golfo de California, se encontraron cuadrantes de *AR* altos ($AR > 50\%$), intermedios ($20\% < AR < 50\%$) y mínimos ($AR < 20\%$), lo cual es una consecuencia de la desviación de los datos del crucero que puede obedecer al periodo de reclutamiento de la especie ya que, durante mayo, Hernández-Herrera *et al.* (1996; 1998) encontraron una mezcla de cohortes y tallas (longitud de manto = *LM*) en la parte norte del Golfo de California. Este reclutamiento proviene posiblemente de la zona de Santa Rosalía, BCS, donde hay gran abundancia de organismos pequeños con tallas de $LM < 30$ cm (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a, 2001b), de tal forma que la variación espacial y cuantitativa del estimado de *AR* de Brito-Castillo *et al.* (2000) dependa de la velocidad del proceso de reclutamiento de la costa de Santa Rosalía a la costa de Guaymas, y no necesariamente de la temperatura del agua. Esto también se debe a que durante el periodo de reclutamiento, además de la cohorte dominante (Hernández-Herrera *et al.*, 1998) también se distinguen dos cohortes más (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001c), lo cual contribuye a la variabilidad en el patrón de distribución de organismos de diferentes tallas, con un gradiente de *LM* de norte a sur, con presencia de tallas más grandes al norte de Santa Rosalía y de Guaymas (fig. 1) (Hernández-Herrera *et al.*, 1996).

Relación funcional del índice *AR* con la temperatura

La relación de los índices de *AR* de datos provenientes de cruceros de investigación, con variables del clima, debe considerarse, por una parte, que no exista autocorrelación entre las variables ambientales (Walters y Collie, 1988; Roel y Butterworth, 2000), y por otra, la estructura del error en los datos (varianza de *AR*) (Brodziak y Hendrickson, 1999;

Folmer and Pennington (2000) analyzed the efficiency among estimators that use the normal and lognormal distributions for survey data, avoiding the over-estimation in the mean and variance calculation by stratum when the delta estimator was used. These fitting criteria for the *AR* index can explain the way of the spatial distribution of squid catches since Brito-Castillo *et al.* (2000) mention that between the north and the south area, as well as in both coasts of the Gulf of California, high ($AR > 50\%$), intermediate ($20\% < AR < 50\%$) and minimum ($AR < 20\%$) *AR* quadrants were found, which is a consequence of the survey data deviation that can be due to the recruitment period of the species since, during May, Hernández-Herrera *et al.* (1996; 1998) found a mixture of cohorts and sizes (mantle length = *ML*) in the north portion of the Gulf of California. This recruitment possibly comes from the area of Santa Rosalía, BCS, where there is a high abundance of small organisms with *ML* sizes < 30 cm (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a, 2001b) in such a way that the spatial and quantitative variation of the *AR* estimated by Brito-Castillo *et al.* (2000) depend on the velocity of the recruitment process from the coast of Santa Rosalía to that of Guaymas, and not necessarily on the water temperature. This also is explained by the dominant cohort (Hernández-Herrera *et al.*, 1998) and the evidence of other two cohorts in the population (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001c) which contribute to the variability in the distribution pattern for organisms of different sizes, with a north-south *ML* gradient, and with bigger sizes occurring north of Santa Rosalía and Guaymas (fig. 1) (Hernández-Herrera *et al.*, 1996).

Functional relationship of the *AR* index and temperature

The relationship of the *AR* indices from research survey data with climate variables must consider, in the one hand, that there should not exist autocorrelation between environmental variables (Walters and Collie, 1988; Roel and Butterworth, 2000) and, on the other hand, the error structure within data (*AR* variance) (Brodziak and Hendrickson, 1999; Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Hilborn and Walters, 1992; Dawe *et al.*, 2000; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). The relationship between *AR* and temperature was explained by Brito-Castillo *et al.*, (2000) by means of a simple linear regression with correlation values $r^2 = 55\%$ and $r^2 = 41\%$. The low correlation was interpreted as a consequence of the test sensitivity to extreme *AR* values in some stations. Therefore, supported by the assumption of the school displacement or the food availability, they discarded those stations that were called anomalous, arbitrarily reducing the *AR* variance. This data treatment was a consequence of not using a formal stratification of the study area to explain the squid *AR* variation in relation to temperature. In this way, the referred anomalous stations, the school displacement, the food availability and the temperature have not support in terms of a previous hypothesis.

Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Hilborn y Walters, 1992; Dawe *et al.*, 2000; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). Concretamente, la relación entre *AR* y la temperatura fue explicada por Brito-Castillo *et al.* (2000) mediante una regresión lineal simple con valores de correlación de $r^2 = 55\%$ y $r^2 = 41\%$. La baja correlación la interpretaron como una consecuencia de la sensibilidad de la prueba a valores extremos de *AR* en ciertas estaciones. Por lo tanto, apoyados en el supuesto del desplazamiento del cardumen o la disponibilidad de alimento, eliminaron esas estaciones denominadas anómalas, disminuyendo arbitrariamente la variancia de *AR*, tratamiento de datos que fue consecuencia de no usar una estratificación formal del área de estudio para explicar la variación de *AR* de calamar con relación a la temperatura. De esta manera, las referidas estaciones anómalas, el desplazamiento del cardumen, la disponibilidad de alimento y la temperatura carecen de todo sustento en términos de una hipótesis previa.

Perry y Smith (1994) propusieron una prueba no paramétrica de asociación entre las mediciones de factores ambientales y los datos de captura obtenidos durante cruceros de investigación. La prueba fue utilizada para *Loligo pealei* Lesueur, 1821, por Brodziak y Hendrickson (1999) de acuerdo con lo siguiente:

$$f(t) = \sum_h \sum_i \frac{W_h}{n_h} I(x_{ih}) \quad (4)$$

donde t es el valor del factor ambiental, h es el índice de un determinado estrato, i es el índice *AR* en el estrato h , x_{ih} es el valor observado del factor ambiental del i -ésimo *AR* en el estrato h , W_h es la proporción del estrato h en el área del crucero, n_h es el número de estaciones en el estrato h , e I es una función con $I(x) = 1$, cuando $x \leq t$, y con valor $I(x) = 0$, cuando $x > t$. De esta forma, la distribución acumulada del índice *AR* se expresa como una función del factor ambiental (g) de acuerdo a lo siguiente:

$$g(t) = \sum_h \sum_i \frac{W_h y_{ih}}{n_h \bar{y}_{ih}} I(x_{ih}) \quad (5)$$

y

$$\bar{y}_{st} = \sum_h W_h \bar{y}_h \quad (6)$$

donde y_{ih} es el índice *AR* de la i -ésima estación en el estrato h , \bar{y}_h es la media del índice *AR* en el estrato h , e \bar{y}_{st} es la media estratificada del índice *AR*. De esta forma, para evaluar si la prueba estadística es significativa, los factores ambientales medidos (x_{ih}) se muestrean aleatoriamente con remplazamiento y al índice *AR* se le asigna una probabilidad W_h/n_h , bajo la hipótesis de que la asociación entre el índice *AR* y el factor ambiental es aleatorio (Brodziak y Hendrickson, 1999). Por consiguiente, no existe una relación ni directa, ni lineal entre

Perry and Smith (1994) proposed a non-parametric test of association between environmental measurements and catch data obtained during research survey. The test was used for *Loligo pealei* Lesueur, 1821, by Brodziak and Hendrickson (1999) according to the following:

$$f(t) = \sum_h \sum_i \frac{W_h}{n_h} I(x_{ih}) \quad (4)$$

where t is the environmental factor value, h is the index of a determined stratum, I is the *AR* index in the h stratum, x_{ih} is the observed value of the environmental factor of the i -th *AR* in the stratum h , W_h is the proportion of the h stratum in the cruise area, n_h is the number of stations in the stratum h , and I is a function in which $I(x) = 1$, when $x \leq t$, and $I(x) = 0$, when $x > t$. In this way, the accumulated distribution of the *AR* index is expressed as an environmental factor function (g) according to:

$$g(t) = \sum_h \sum_i \frac{W_h y_{ih}}{n_h \bar{y}_{ih}} I(x_{ih}) \quad (5)$$

and

$$\bar{y}_{st} = \sum_h W_h \bar{y}_h \quad (6)$$

where y_{ih} is the *AR* index of the i -th station in the h stratum, \bar{y}_h is the mean of the *AR* index in the h stratum, and \bar{y}_{st} is the stratified mean of the *AR* index. Thus, to evaluate if the statistical test is significant, the environmental factors measured (x_{ih}) are sampled randomly with replacement and a W_h/n_h probability is assigned to the *AR* index, under the hypothesis that the association between the *AR* index and the environmental factor is at random (Brodziak and Hendrickson, 1999). Therefore, there is neither a direct nor a linear relationship between *AR* and x_{ih} . Nevárez-Martínez *et al.* (2000) showed that the combined effect of temperature at different depths makes it difficult to establish the general trend of its effect on catches, concluding that there is not any relationship between the distribution and abundance of *D. gigas* and the sea temperature. The generalized linear models (GLM) can also be useful to establish relationships between environmental factors and *AR* indices, although in those models their error structure must be considered, allowing to confront a random effect of the environmental variables (Brodziak and Hendrickson, 1999; Dawe *et al.*, 2000; Pierce *et al.*, 1998; Roel and Butterworth, 2000).

The information obtained at research surveys for the giant squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California is useful for management strategies and fishing policies supported by biological reference points that are specific for this fishery (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 1997; 2001a; 2001b; Nevárez-Martínez and Morales-Bojórquez, 1997; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). So, the

AR y x_{it} . Nevárez-Martínez *et al.* (2000) mostraron que el efecto combinado de la temperatura a distintas profundidades hace difícil establecer el patrón general de su efecto sobre las capturas, concluyendo que no existe una relación entre la distribución y abundancia de *D. gigas*, y la temperatura del mar. También los modelos lineales generalizados (MLG) pueden ser útiles para establecer relaciones entre factores ambientales e índices de AR , solo que en éstos modelos se debe considerar su estructura de error, lo cual permite confrontar un efecto aleatorio de las variables ambientales (Brodziak y Hendrickson, 1999; Dawe *et al.*, 2000; Pierce *et al.*, 1998; Roel y Butterworth, 2000).

La información obtenida de cruceros de investigación para calamar gigante *D. gigas* del Golfo de California, es útil para la elaboración de estrategias de manejo y políticas de pesca, sustentadas en puntos de referencia biológicos que son específicos para esta pesquería (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 1997; 2001a, 2001b; Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). Así, la precisión en las estimaciones de AR con este tipo de datos, intenta obtener en una escala de tiempo real, la tendencia de la biomasa y de las capturas, con el objetivo de evitar la sobreexplotación y el posible colapso del recurso (Agnew *et al.*, 1998), ya que, adicionalmente, se conoce el periodo de reclutamiento (Hernández-Herrera *et al.*, 1998), la cantidad de cohortes en la pesquería (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001c), la cantidad de flotas que operan en el Golfo de California y su respectiva capturabilidad (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b), así como su estrategia de explotación (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). De este modo, considerando que la relación con el medio ambiente puede no ser lo suficientemente sólida como para usar esta información en acciones de manejo o para orientar la actividad de la pesquería, se sugiere continuar la práctica de administración de la pesquería bajo la estrategia actual. En tal estrategia, el impacto sobre esta pesquería está determinado por la estrategia y táctica de manejo, concretamente por el escape proporcional constante y la asignación de licencias de pesca, respectivamente (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a).

Lo anterior contrasta notablemente con las hipótesis de efecto ambiental, hasta ahora no demostrado (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a). En este punto se debe considerar lo mencionado por Hutchings y Myers (1994), quienes hacen una observación muy fuerte a los biólogos pesqueros y administradores de pesquerías, haciendo notar que la caída de las pesquerías comerciales debe dar amplia justificación para políticos, industriales y administradores, y no solamente limitarse a la explicación de una vaga o imaginada comprensión de causas ambientales. Las consecuencias ecológicas, sociales y económicas de responder repetidamente así a estos eventos, son también muy grandes, sobre todo cuando se ha reconocido una importante fuente de error (variancia estadística) en los datos de captura por unidad de esfuerzo de la pesquería de *D. gigas* (Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez, 2002), y cuando el conocimiento biológico del recurso es todavía bastante escaso.

accuracy in the AR estimates with this kind of data, tries to obtain in a real time-scale, stock and catch tendencies with the aim of avoiding the over-exploitation and the possible collapse of the resource (Agnew *et al.*, 1998), since additionally to this are known the recruitment period (Hernández-Herrera *et al.*, 1998), the number of cohorts in the fishery (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001c), the number of fleets that operate in the Gulf of California and their respective catchability (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b), as well as their exploitation strategy (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001b). In this way, considering that the relationship with the environment cannot be solid enough to use this information in management actions or to advice the fishery's activity, the continuity of the current management policy and strategies of the fishery is suggested. In such strategy, the impact over the fishery is determined by the management strategy and tactics, particularly by the proportional constant escapement and the fishing licence allocation, respectively (Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a).

The above-mentioned situation notably contrasts with the hypotheses of the environmental effect, which has not been demonstrated yet (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001a). At this point Hutchings and Myers (1994) made a hard comment to fisheries biologists and stakeholders in the sense that the fall in commercial fisheries must give a justified explanation for the politicians, the fishing industry and managers, and not only to limit themselves to a vague explanation or imaginary comprehension of environmental causes. The ecological, social and economical consequences of so responding repeatedly to these events are also too big, especially when an important source of error has been recognized (statistical variance) in the catch-per-unit-effort data of the *D. gigas* fishery (Morales-Bojórquez and Nevárez-Martínez, 2002), and when the biological knowledge of the resource is still scarce.

Acknowledgements

I wish to express my gratitude to the referees who critically reviewed the content of my comment. The scientific content of this document is that adopted by the author but not by the Instituto Nacional de la Pesca neither by the Centro Regional de Investigación Pesquera - La Paz.

English translation by Adrián R. López-González.

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a los árbitros que revisaron de forma crítica el contenido de mi comentario. La postura científica de este documento es la adoptada por el autor, más no por el Instituto Nacional de la Pesca, ni por el Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz.

Referencias

- Agnew, D.J., Baranowsky, R., Beddington, J.R., des Clers, S. and Nolan, C. P. (1998). Approaches to assessing stocks of *Loligo gahi* around the Falkland Islands. *Fish. Res.*, 35: 155–169.
- Beddington, J.R., Rosenberg, A.A., Crombie, J.A. and Kirkwood, G. P. (1990). Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Island waters. *Fish. Res.*, 8: 351–365.
- Brito-Castillo, L., Alcántara-Razo, E., Morales-Azpeitia, R. and Salinas-Zavala, C.A. (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.
- Brodziak, J. and Hendrickson, L. (1999). An analysis of environmental effects on survey catches of squids *Loligo pealei* and *Illex illecebrosus* in the northwest Atlantic. *Fish. Bull.* 97: 9–24.
- Dawe, E.G., Colbourne, E.B. and Drinkwater, K.F. (2000). Environmental effects on recruitment of short-finned squid (*Illex illecebrosus*). *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 1002–1013.
- Fiedler, P.C. (1984). Some effects of the El Niño 1983 on the northern anchovy. *CalCOFI Rep.*, 25: 53–58.
- Folmer, O. and Pennington, M. (2000). A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland. *Fish. Res.*, 49: 165–178.
- Hayward, T.L. (2000). El Niño 1997-98 in the coastal waters of southern California: a timeline of events. *CalCOFI Rep.*, 41: 98–116.
- Hernández-Herrera, A., Morales-Bojórquez, E., Cisneros-Mata, M. A., Nevárez-Martínez, M.O. and Rivera-Parra, G.I. (1998). Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep.*, 39: 212–218.
- Hernández-Herrera A., Morales-Bojórquez, E., Nevárez-Martínez, M. O., Balmori, A., Rivera, G.I. (1996). Distribución de tallas y aspectos reproductivos del calamar gigante (*Dosidicus gigas*, D'Orbigny, 1835) en el Golfo de California, México. *Ciencia Pesquera*, (12): 85–89.
- Hilborn, R. and Walters, C. (1992). Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York. 570 pp.
- Hutchings, J. and Myers, R.A. (1994). What can be learned from the collapse of a renewable resource? Atlantic cod, *Gadus morhua*, of Newfoundland and Labrador. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 2126–2146.
- Kappenman, R.F. (1999). Trawl survey based abundance estimation using data sets with unusually large catches. *ICES J. Mar. Sci.*, 56: 28–35.
- Lea, R.N. and Rosenblatt, R.H. (2000). Observations on fishes associated with the 1997-98 El Niño off California. *CalCOFI Rep.*, 41: 117–129.
- Morales-Bojórquez, E., M.A. Cisneros-Mata, M.O., Nevárez-Martínez and A. Hernández-Herrera. (2001a). Review of stock assessment and fishery research for *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.*, 54: 83–94.
- Morales-Bojórquez, E., Hernández-Herrera, A., Nevárez-Martínez, M.O., Díaz De León, J., Rivera, G.I. y Ramos, A. (1997). Abundancia poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en las costas de Sonora, México. *Oceánides*, 12(2): 90–96.
- Morales-Bojórquez, E., Hernández-Herrera, A., Nevárez-Martínez M. O., Cisneros-Mata, M.A. and Guerrero-Escobedo, F.J. (2001b). Population size and exploitation of giant squid (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Scientia Marina*, 65(1): 75–80.
- Morales-Bojórquez, E. and López-Martínez, J. (1999). The brown shrimp fishery in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep.*, 40: 28.
- Morales-Bojórquez, E., Martínez-Aguilar, S., Arreguín-Sánchez, F., and Nevárez-Martínez, M. (2001c). Estimations of catchability-at-length for the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep.*, 42: 167–171.
- Morales-Bojórquez, E. y Nevárez-Martínez, M.O. (2002). Estimación estocástica de la capturabilidad y el reclutamiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) del Golfo de California, México, *Ciencias Marinas*, 28(2): 193–204 .
- Nevárez-Martínez, M.O. y Morales-Bojórquez, E. (1997). El escape proporcional y el uso del punto de referencia biológico $F_{\%BR}$, para la explotación del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, del Golfo de California. *Oceánides*, 12(2): 97–105.
- Nevárez-Martínez, M.O., Hernández-Herrera, A., Morales-Bojórquez, E., Balmori-Ramírez, A., Cisneros-Mata, M.A., and Morales-Azpeitia, R. (2000). Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.*, 49: 129–140.
- Pennington, M. (1986). Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl survey. *Fish. Bull.*, 84: 519–525.
- Pennington, M. (1996). Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. *Fish. Bull.*, 94: 498–505.
- Perry, R.I. and Smith, S.J. (1994). Identifying habitat association of marine fishes using survey data: and application to the northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 589–602.
- Pierce, G.J., Bailey, N., Stratoudakis, Y. and Newton, A. (1998). Distribution and abundance of the fished population of *Loligo forbesi* in Scottish waters: analysis of research cruise data. *ICES J. Mar. Sci.*, 55: 14–33.
- Roel, B.A. and Butterworth, D.S. (2000). Assessment of the South African chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii*. Is disturbance of aggregations by the recent jigs fishery having a negative impact on recruitment. *Fish. Res.*, 48: 213–228.
- Rosenberg, A.A., Kirkwood, G.P., Crombie, J.A. and Beddington, J. R. (1990). The assessment of stocks of annual squid species. *Fish. Res.*, 8: 335–350.
- Walters, C.J. and Collie, J.S. (1988). Is research on environmental factors useful to fisheries management?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 1848–1854.