

**ABUNDANCIA RELATIVA DE LA GUITARRA *Rhinobatos productus*
(AYRES, 1856) (PISCES: RHINOBATIDAE) EN BAHÍA ALMEJAS,
BAJA CALIFORNIA SUR, DE 1991 A 1995**

**RELATIVE ABUNDANCE OF THE SHOVELNOSE GUITARFISH
Rhinobatos productus (AYRES, 1856) (PISCES: RHINOBATIDAE) IN BAHÍA
ALMEJAS, BAJA CALIFORNIA SUR, FROM 1991 TO 1995**

Fernando Salazar-Hermoso
Carlos Villavicencio-Garayzar

Laboratorio de Elasmobranchios
Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado postal 19-B
La Paz, CP 23080, Baja California Sur, México

Recibido en octubre de 1998; aceptado en mayo de 1999

RESUMEN

Con base en la captura comercial diaria de dos embarcaciones, se determinó la abundancia relativa de la guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856) en Bahía Almejas, Baja California Sur (México), de agosto de 1991 a diciembre de 1995. Se comprobó que existe una estacionalidad en la captura de la guitarra, con valores máximos de mayo a agosto. Para comprobar si existieron cambios en la abundancia de los organismos, se utilizó el esfuerzo (número de redes tendidas) en los cálculos y se expresaron en unidades de captura por unidad de esfuerzo (CPUE; org/red/semana y org/red/mes). El comportamiento estacional de la abundancia de *R. productus* en Bahía Almejas obedece a los ciclos lunares, las variaciones térmicas del mar y probablemente a la cantidad de alimento disponible, factores limitantes si se considera que la especie utiliza el área para su reproducción. Es por ello que la entrada de los organismos a la bahía ocurre rápidamente en el transcurso de un mes y la salida se da en sólo dos semanas. Interanualmente, se identificó un patrón alternante, siendo 1993 y 1995 los años que presentaron la mayor abundancia durante el tiempo de estudio. En este sentido, la abundancia relativa de *R. productus* ha ido en aumento desde 1991, aunque sus números disminuyeron ligeramente en 1992 y 1994.

Palabras clave: abundancia relativa, *Rhinobatos productus*, CPUE, Bahía Almejas.

ABSTRACT

Daily commercial fishing data were used to determine the relative abundance of the shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856) in Bahía Almejas, Baja California Sur (Mexico), from August 1991 to December 1995. Data suggest that seasonal trends exist in the catch, with maximum values from May to August. In order to determine if the seasonality is a result of variations in the abundance, catch effort data (number of nets laid) were included in the calculations and the results were expressed in terms of catch per unit effort (CPUE; org/net/week and org/net/month). The cyclical behavior of *R. productus* abundance follows lunar cycles, sea temperature and probably food availability,

all critical factors if we consider that the species uses the area for its reproduction. The species enters massively into the bay during one month and leaves in just two weeks. An alternate trend was identified in the relative abundance between years, with the uneven years (1993 and 1995) as the abundant ones. The relative abundance of *R. productus* increased from 1991 to 1995, even with the respective decreases in the even years.

Key words: relative abundance, *Rhinobatos productus*, CPUE, Bahía Almejas.

INTRODUCCIÓN

La guitarra, *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), es un elasmobranquio demersal importante como recurso pesquero en la parte sur de la península de Baja California (Villavicencio-Garayzar, 1996). Su distribución abarca desde San Francisco, California, hasta el Golfo de California, México (Beebe y Tee-Van, 1941). A lo largo de los litorales de esta área, *R. productus* ha sido objeto de variados estudios referentes a su biología reproductiva, edad y crecimiento (Talent, 1985; Beltrán-Félix *et al.*, 1986; Villavicencio-Garayzar, 1993; Downton-Hoffmann, 1996; Timmons y Bray, 1997), distribución temporal (Talent, 1985), ocurrencia (Cruz-Agüero *et al.*, 1994) y abundancia (Herald *et al.*, 1960; Beltrán-Félix *et al.*, 1986; Ebert, 1986). De éstos, solamente en los dos últimos trabajos se utilizaron los criterios adecuados de abundancia relativa al expresar sus resultados en términos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE). La abundancia relativa es un índice que se emplea en las poblaciones donde no es posible estimar con precisión su tamaño total, y su utilización principal sirve para detectar cambios en la densidad poblacional (Schaeffer, 1955). En el caso de peces longevos, la disminución de la abundancia y la contracción de su distribución son dos de las principales respuestas de la población a una sobreexplotación (Clark y Tracey, 1994). El análisis de ambas respuestas a través del examen de la CPUE es uno de los primeros criterios a considerar como antecedente (Clark y Tracey, 1994). Sin embargo, es importante considerar que en muchos casos, la CPUE no siempre es representativa de la abundancia, principalmente cuando el esfuerzo aplicado sobre una población es mínimo en

INTRODUCTION

The shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), is a demersal elasmobranch that constitutes an important fishery resource in the southern part of the peninsula of Baja California (Villavicencio-Garayzar, 1996). It ranges from San Francisco, California, to the Gulf of California, Mexico (Beebe and Tee-Van, 1941). Many studies have been conducted along these shores on *R. productus* with reference to its reproductive biology, age and growth (Talent, 1985; Beltrán-Félix *et al.*, 1986; Villavicencio-Garayzar, 1993; Downton-Hoffmann, 1996; Timmons and Bray, 1997), seasonal distribution (Talent, 1985), occurrence (Cruz-Agüero *et al.*, 1994) and abundance (Herald *et al.*, 1960; Beltrán-Félix *et al.*, 1986; Ebert, 1986). Of these, only that last two works used appropriate criteria of relative abundance to express their results in terms of catch per unit effort (CPUE). Relative abundance is an index used when it is not possible to estimate precisely the total size of a population, and it is mainly used to detect changes in population density (Schaeffer, 1955). For fish with a long life span, a decrease in abundance and reduction in distribution are two of the principal responses of a population to overfishing (Clark and Tracey, 1994). The analysis of both responses using CPUE is one of the first criteria that should be taken into account (Clark and Tracey, 1994). However, it is important to note that in many cases, CPUE is not always representative of abundance, especially when the effort applied to a population is minimum in time or catch volume (Hilborn and Walters, 1992).

In the studies cited for *R. productus*, it is generally accepted that semiencloded bodies are

tiempo o volumen de capturas (Hilborn y Walters, 1992).

En los citados estudios sobre *R. productus*, se coincide en aceptar que los cuerpos semicerrados son importantes en el desarrollo de la especie por ser sitios de alimentación, crianza y/o reproducción. De manera similar, estos cuerpos de agua son importantes para actividades pesqueras y en algunos de ellos se establecen pesquerías de elasmobranchios, como en el caso de las bahías de Monterey y San Francisco, California (Herald *et al.*, 1960; Ebert, 1986), así como en el complejo lagunar de Bahía Magdalena, México (Mathews y Druck-González, 1975; Cruz-Agüero *et al.*, 1994; Villavicencio-Garayzar, 1996).

En este contexto, la determinación de la abundancia relativa de *R. productus* en Bahía Almejas es importante, debido a que se trata de una zona de reproducción de la especie (Villavicencio-Garayzar, 1993; Downton-Hoffman, 1996), y en donde también se realiza la pesca artesanal de rayas. Esta extracción de especímenes adultos sexualmente maduros podría repercutir en un descenso de la abundancia de la población hasta niveles críticos. Debido a esto, en el presente trabajo se planteó la hipótesis de que debió existir una disminución en la abundancia relativa del recurso en el transcurso de los cinco años entre 1991 y 1995.

MATERIAL Y MÉTODOS

Bahía Almejas se localiza en la parte sur del complejo lagunar de Bahía Magdalena, en la costa occidental de la península de Baja California, México (24°17'N, 111°30'W) (fig. 1). Es una laguna costera que se comunica con el mar abierto por una boca somera y con Bahía Magdalena por un canal de 2 a 3 km de ancho, que alcanza profundidades de hasta 30 m; la mayor parte del sedimento del complejo lagunar está constituido por limos y arenas (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). Dicho complejo se encuentra dentro de una región con clima seco y desértico, con bajos niveles de precipitación, una oscilación térmica extrema y salinidades internas más elevadas que las del

importante para el desarrollo de la especie, since they are used for feeding, breeding and/or as nurseries. These bodies of water are also important for fishing activities and, in some areas, elasmobranch fisheries have been established, such as Monterey and San Francisco bays, California (Herald *et al.*, 1960; Ebert, 1986), and the lagoon system of Bahía Magdalena, Mexico (Mathews and Druck-González, 1975; Cruz-Agüero *et al.*, 1994; Villavicencio-Garayzar, 1996).

It is important to determine the relative abundance of *R. productus* in Bahía Almejas, since it is a breeding area for the species (Villavicencio-Garayzar, 1993; Downton-Hoffman, 1996) and where the artisanal fishing of rays is carried out. The extraction of sexually mature adult specimens could reduce the population abundance to critical levels. This work hypothesizes that there should be a decrease in the relative abundance of the resource during a five-year period from 1991 to 1995.

MATERIAL AND METHODS

Bahía Almejas is located in the southern part of the Bahía Magdalena lagoon system on the west coast of the peninsula of Baja California (24°17'N, 111°30'W) (fig. 1). It is a coastal lagoon connected with the open ocean through a shallow mouth and with Bahía Magdalena through a channel that is 2 to 3 km wide, with depths of up to 30 m. Most of the sediment consists of silts and sands (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). The region where this system is located has a dry and arid climate, scant precipitation, extreme thermal oscillations and internal salinities higher than those of the open ocean throughout the year, which makes this system act as an antiestuary (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). The fishing camp at Puerto Viejo was selected for this study because the fishing activities are mainly geared towards rays and because of the facilities provided by the fishermen for the field work. The fishing activities at Puerto Viejo are also more consistent than those at other small camps in the bay. However, an attempt was made to gather

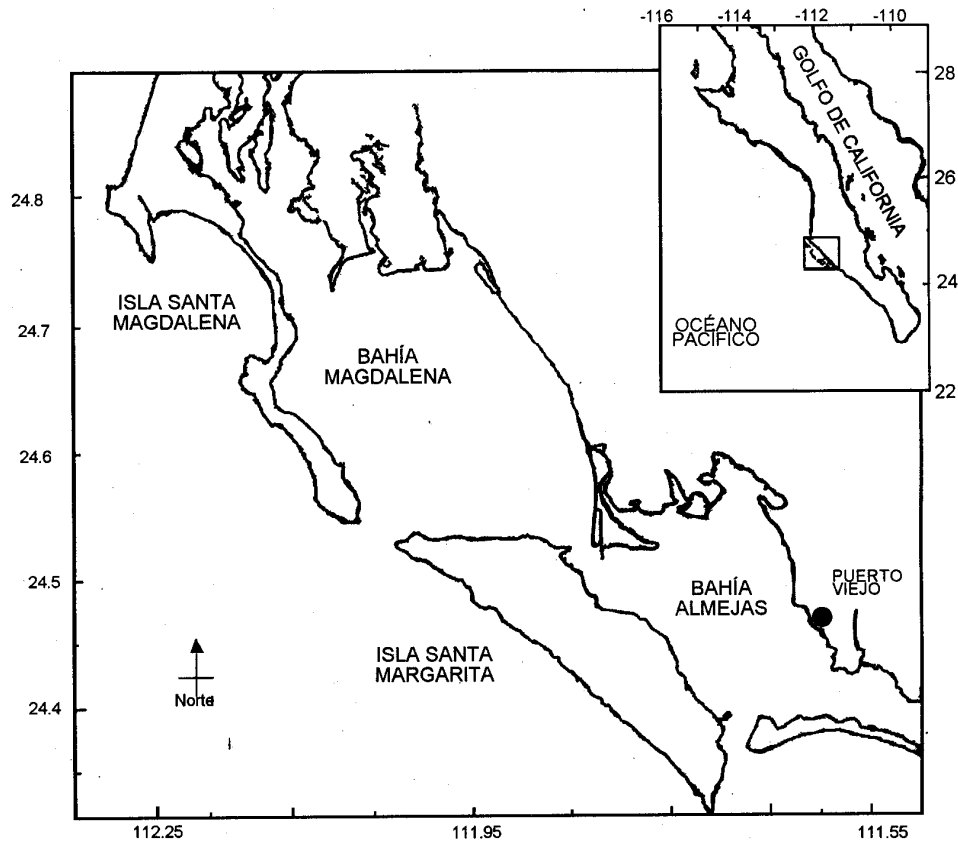


Figura 1. Descripción del área de estudio.

Figure 1. Description of the study area.

océano abierto durante todo el año, situaciones que determinan que el sistema se comporte como un antiestuario (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). El campo pesquero de Puerto Viejo fue elegido para este estudio porque la actividad pesquera está enfocada principalmente a rayas y a las facilidades que proporcionaron los pescadores para el trabajo de campo. Además, los pescadores de Puerto Viejo son los más constantes en sus actividades, mientras que los pescadores de otros pequeños

océano abierto durante todo el año, situaciones que determinan que el sistema se comporte como un antiestuario (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). El campo pesquero de Puerto Viejo fue elegido para este estudio porque la actividad pesquera está enfocada principalmente a rayas y a las facilidades que proporcionaron los pescadores para el trabajo de campo. Además, los pescadores de Puerto Viejo son los más constantes en sus actividades, mientras que los pescadores de otros pequeños

information from the other camps, but the only available source was official data from the Pesca office, which are very inexact due to short sampling periods and the fact that the catch of *R. productus* is grouped under the general heading "rays and sharks".

From 1991 to 1995, catches (number of specimens) and effort (number of nets laid) were recorded daily for two of the four boats from the fishing camp.

campos dentro de la bahía son ocasionales. Aun así, se intentó reunir información procedente del resto de los pescadores; sin embargo, la única fuente disponible eran los datos oficiales de la oficina de Pesca, mismos que son muy inexactos debido a los cortos lapsos de muestreo y a que la captura de *R. productus* la agrupan dentro del rubro general “rayas y tiburones”.

Desde 1991 hasta 1995 se llevó a cabo un registro diario de las capturas (número de individuos) y esfuerzo (número de redes tendidas) de dos de las cuatro embarcaciones que trabajan en el campo pesquero.

Los pescadores tienden las redes al inicio del año y las revisan diariamente por la mañana. Las redes operan durante todo el día y son sacadas del agua esporádicamente para limpiarlas. La localización de las redes no varía año con año, pues el sistema de captura que se emplea es el de colocar las artes en los canales que utilizan las rayas para desplazarse dentro de la bahía (“seguir la corrida”). Los lances son a profundidades similares de alrededor de 18 m.

Las redes son del tipo de enmalle fijas (Karlsen y Bjarnason, 1989). Fueron clasificadas en guitarreras (12 ó 15 cm de luz de malla y una superficie de 137×5 m) y mantarrayeras (luz de malla de 20 a 30 cm y un área de $109 \times 7-9$ m), y son iguales en su material de construcción (multifilamento de seda).

La CPUE se calculó dividiendo los valores correspondientes al número total de organismos capturados entre el número de redes tendidas por unidad de tiempo, obteniendo así series de unidades de CPUE semanales y mensuales. Para determinar cuál de dichas series era más representativa, se partió del supuesto que la correlación ideal entre la CPUE y las capturas totales es igual a uno: entre menos correlación haya, menor será su representatividad (Zar, 1984); para probar esto, se realizaron análisis de correlación (modelo II: $\alpha = 0.05$) para las series de datos semanales y mensuales de CPUE contra sus respectivos de esfuerzo y captura.

Para calcular la abundancia relativa se utilizó el número de organismos capturados y la cantidad

The fishermen lay the nets at the beginning of the year and check them every morning. The nets operate the entire day and are removed occasionally for cleaning. The location of the nets does not vary from year to year, since the catch system consists of placing the fishing gear in the channels used by the rays to move around the bay. The sets are at similar depths of about 18 m.

The nets are set gillnets (Karlsen and Bjarnason, 1989). They were classified as nets for guitarfish (mesh size of 12 or 15 cm and an area of 137×5 m) and nets for rays (mesh size of 20 to 30 cm and an area of $109 \times 7-9$ m), and both are made of silk multifilament.

CPUE was calculated by dividing the total number of organisms caught by the number of nets laid per unit of time, thereby obtaining weekly and monthly series of CPUE. In order to determine which of these series was the most representative, it was assumed that the ideal correlation between CPUE and the total catches is equal to one: the lower the correlation, the lower the representativeness (Zar, 1984). To verify this, correlation analyses (model II; $\alpha = 0.05$) were made that compared the weekly and monthly CPUE data series to the respective efforts and catches.

The number of organisms caught and the number of nets laid by both boats were used to calculate the relative abundance; they were added and grouped into weekly and monthly blocks to facilitate their use. Only four weeks were considered per month in the weekly blocks and the last days of the month were included in the fourth week instead of considering a fifth week.

The normal distribution of the data was proved by applying the Kolmogorov-Smirnov test of normality and Bartlett's test of homoscedasticity, because of the discrete character of the data. Parametric analyses of variance (ANOVA model II, $\alpha = 0.05$, Tukey *a posteriori* test) were also conducted on the catch and effort data to see if there were significant numeric differences among weeks, months and years (Zar, 1984). Regressions and correlations (model II, $\alpha = 0.05$) were also

de redes tendidas de ambos pescadores; se sumaron y agruparon en bloques semanales y mensuales para facilitar su manejo. En los bloques semanales, se consideraron sólo cuatro semanas por mes, de manera que los últimos días del mes se incluyeron dentro de la cuarta semana, en lugar de considerarlos dentro de una quinta.

La distribución normal de los datos se comprobó mediante la aplicación de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y homoscedasticidad de Bartlett por el carácter discreto de los datos. Además, se aplicaron análisis paramétricos de varianza (ANOVA modelo II, $\alpha = 0.05$, prueba *a posteriori* de Tukey) a las capturas y el esfuerzo, para comprobar si existían diferencias numéricas significativas entre semanas, meses y años (Zar, 1984). También se realizaron regresiones y correlaciones (modelo II, $\alpha = 0.05$) a los datos de esfuerzo y captura entre los años de estudio, estaciones del año, meses e interacciones, con la finalidad de encontrar una correspondencia y posibilidad de predicción entre ambos grupos de datos.

Además, los datos de CPUE se sometieron a una evaluación con técnicas de series de tiempo, para confirmar la existencia de patrones estacionales de algún tipo (en caso de que se presentaran) (Bakus, 1990). Para ello, se empleó el programa de computadora STATISTICA, al cual se le ordenó que la comparación de los datos entre sí fuera de 12 y 48 rezagos, acorde a si se trataba de datos mensuales o semanales, respectivamente. La graficación y análisis de la CPUE fue uno de los criterios utilizados para elucidar la abundancia relativa de la población. Cuando el esfuerzo no varía significativamente, los cambios en la CPUE son indicadores fieles de la abundancia relativa, cuando ésta es proporcional a la abundancia total (Seber, 1982). Sin embargo, para darle mayor fuerza a los resultados, se decidió aplicar el modelo general lineal (GLM) (Nelder y Mead, 1975, en Hilborn y Walters, 1992). Este modelo usa procedimientos multivariados para estimar la abundancia y sus tendencias, con base en modelos lineales (Wilkinson, 1990). Las variables analizadas fueron: embarcaciones (A y B), meses del año

made on the catch and effort data among study years, seasons, months and interactions, in order to find correlations and possible predictions between both groups of data.

The CPUE data were evaluated with time-series techniques to confirm the existence of any seasonal patterns (if any) (Bakus, 1990). The STATISTICA program was used, which was programmed to compare the data with 12 and 48 time lags, based on whether it involved monthly or weekly data, respectively. The graphic analysis of CPUE was one of the criteria used to explain the relative abundance of the population. If effort does not vary significantly, the changes in CPUE are true indicators of the relative abundance, when it is proportional to total abundance (Seber, 1982). To further corroborate the results, a general linear model (GLM) was applied (Nelder and Mead, 1975, in Hilborn and Walters, 1992). This model uses multivariate procedures to estimate abundance and its trends, based on linear models (Wilkinson, 1990). The variables analyzed were: boats (A and B), months (January to December), summer months (May to August, those of greatest catch) and study years (1991 to 1995). The GLM focussed on the summer values in order to avoid high variances and standard errors due to the many zero values throughout each year. The standards assigned were boat A-May-1992 and boat A-August-1991, with $\alpha = 0.05$. Boat A-May-1992 was chosen as the standard for the analysis in order to exclude the August 1991 data, which were overestimated because they corresponded to only one week. This eliminated the possibility of the model calculating unreal values when comparing the data.

The monthly average sea surface temperatures recorded outside the study area were correlated (model II, $\alpha = 0.05$) with the relative abundance of *R. productus*, in order to determine if the latter follows the fluctuations of the former. The temperature data series with its respective thermal anomalies corresponded to those recorded from satellites of NOAA (1980–1995) for a quadrant of one degree by one degree, located at 24°30'N, 112°30'W. That is, they refer to the

(enero a diciembre), meses de verano (mayo a agosto, por ser los de mayor captura) y años de estudio (1991 a 1995). El GLM se enfocó a los valores de los meses de verano, para evitar varianzas y errores estándar altos debido al gran número de valores cero a lo largo de cada año. Los estándares asignados fueron embarcación A-mayo-1992 y embarcación A-agosto-1991, con un $\alpha = 0.05$. Se prefirió utilizar el análisis con el estándar embarcación A-mayo-1992 para excluir los datos de agosto de 1991, que estaban sobrestimados por corresponder sólo a una semana. Esto eliminó la posibilidad de que el modelo calculara valores irreales al comparar los datos entre sí.

Se correlacionó (modelo II, $\alpha = 0.05$) el promedio mensual de la temperatura superficial que prevaleció en el mar externo al área de estudio con la abundancia relativa de *R. productus*, con la finalidad de determinar si esta última obedece a las fluctuaciones del factor. Las series de datos de temperatura con sus respectivas anomalías térmicas correspondieron a las registradas por satélites de la NOAA (1980–1995) en un cuadrante de un grado por un grado, centrado en 24°30'N, 112°30'W. Es decir, se refieren a la temperatura mensual promedio prevaleciente fuera de Bahía Almejas, ya que por el pequeño tamaño de la misma, el satélite no registra específicamente su temperatura. Se graficaron los valores de la CPUE contra la temperatura superficial promedio, y se correlacionaron (modelo II; $\alpha = 0.05$) con distintos rezagos en tiempo hasta encontrar la mejor correspondencia entre ambos grupos de datos.

RESULTADOS

Los análisis de correlación indicaron que las unidades org/red/semana y org/red/mes son más sensibles a la cantidad de organismos reclutados ($r = 0.8601$, $n = 211$, $P < 0.05$; $r = 0.8757$, $n = 54$, $P < 0.05$, respectivamente) que al número de redes tendidas por unidad de tiempo ($r = 0.1938$, $n = 211$, $P < 0.05$; $r = 0.2960$, $n = 54$, $P < 0.05$, respectivamente). Esto muestra que las unidades aquí utilizadas pueden ser representativas de la

average monthly temperature outside Bahía Almejas, since because of its small size, the satellite does not specifically record its temperature. The CPUE values were plotted against the average surface temperature and were correlated (model II; $\alpha = 0.05$) with different time lags until finding the best correlation between both groups of data.

RESULTS

The correlation analyses indicated that the units org/net/week and org/net/month are more sensitive to the number of organisms recruited ($r = 0.8601$, $n = 211$, $P < 0.05$; $r = 0.8757$, $n = 54$, $P < 0.05$, respectively) than to the number of nets laid per unit of time ($r = 0.1938$, $n = 211$, $P < 0.05$; $r = 0.2960$, $n = 54$, $P < 0.05$, respectively). This proves that the units used are representative of organism abundance and, therefore, their use is reliable.

Relative abundance estimate

The CPUE analysis (fig. 2) indicates that the maximum relative abundance of all the years occurs in summer; June is the highest, except in 1994, when it was August. The apparent periodicity with summer as the season of maximum abundance is corroborated with the time series, where the highest correlation values ($r \cong 0.49$; $P < 0.05$) occur every 12 or 48 time lags, according to the monthly or weekly series, respectively (fig. 3A, B). Since each time lag corresponds to one month or week, depending on the case, the analysis proves, with a 95% confidence level, that there may be an annual cycle in the abundance of the organisms in the area. It is important to note that the weekly series are more precise and clearly reflect a lunar annual cycle (48 weeks = 336 days; one lunar cycle = 28 days \times 12 cycles = 336 days). This fact is empirically known by the fishermen.

It would seem that this cyclical trend is only affected by the differential increase in the monthly effort, since significant differences are

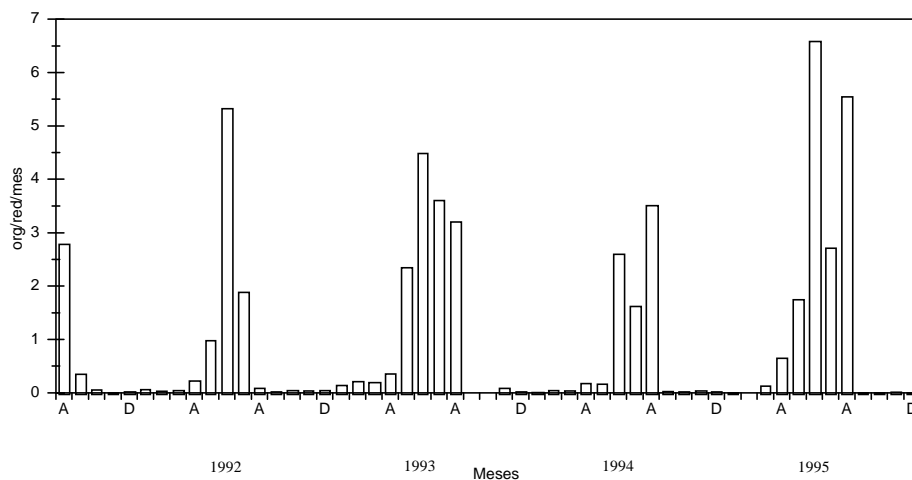


Figura 2. CPUE mensual de *Rhinobatus productus* por dos embarcaciones de Bahía Almejas, BCS, de 1991 a 1995.

Figure 2. Monthly CPUE of *Rhinobatus productus* of two boats from Bahía Almejas, BCS, from 1991 to 1995.

abundancia de los organismos y, por ende, su empleo es confiable.

Determinación de la abundancia relativa

Al analizar las CPUE (fig. 2), se observa que la abundancia relativa para todos los años tiene sus valores máximos en verano, con el mes de junio como tope, excepto en 1994, que fue en agosto. Esta aparente ciclicidad con el verano como estación de abundancia máxima se refuerza con las series de tiempo, donde los valores de correlación más alta ($r \cong 0.49$; $P < 0.05$) se dan cada 12 ó 48 retrasos acorde a la serie mensual o semanal, respectivamente (fig. 3A, B). Debido a que cada retraso corresponde a un mes o semana según sea el caso, entonces el análisis comprueba, con un 95% de confianza, que podría existir una ciclicidad anual en la abundancia de los organismos en el área. Es importante hacer notar que las series semanales son más precisas y reflejan claramente que se trata de una ciclicidad anual lunar (48 semanas = 336 días; un ciclo

observed ($F_{11,36} = 3.36$; $P = 0.003$). The greatest effort is applied from March to August (fig. 4) and the differential effort can be translated into an increase in catches and, therefore, this assumed seasonality. However, this is not what occurs, since no significant differences were observed for effort among the study years ($F_{3,44} = 1.86$; $P = 0.15$) and seasons of the year ($F_{3,44} = 1.48$; $P = 0.23$), nor are there effects of interaction between the factors ($F_{9,32} = 0.285$; $P = 0.97$). Furthermore, the correlation analysis between fishing effort and monthly catches indicated that only around 45% of the catch variance is explained by the number of nets ($r = 44.97$; $F_{1,51} = 41.67$; $P = 0.000$), and that the remaining 55% was due to other factors (periodicity).

On the other hand, the behavior of the monthly and interannual relative abundance is reliably shown in the GLM analyses, due to their high significance, using boat A-May-1992 ($F_{8,23} = 3.96$; $P = 0.004$) and boat A-August-1991 ($F_{9,24} = 3.91$; $P = 0.003$) as standards. Since the former standard was preferred, the results express

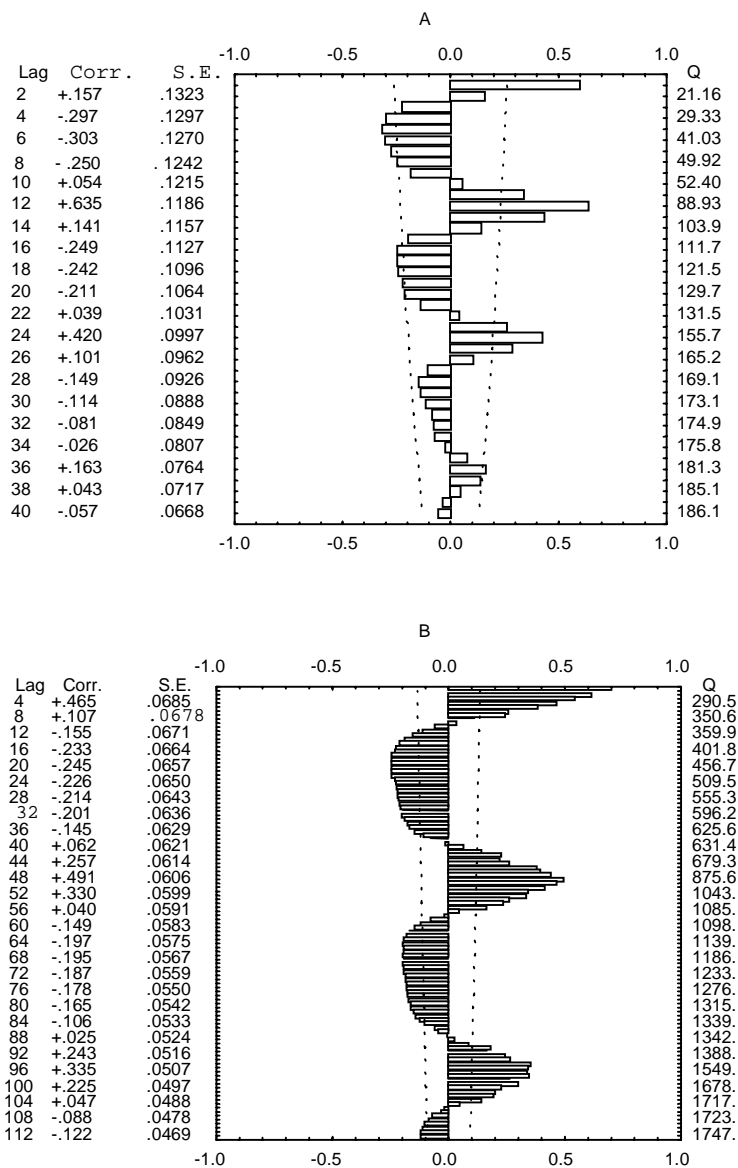


Figura 3. Serie de tiempo de la CPUE mensual (A) y semanal (B) de *Rhinobatos productus* de dos embarcaciones de Bahía Almejas, BCS (Lag = retraso; Corr = coeficiente de correlación; S.E. = error estándar; Q = coeficiente del estadístico; $P = 0.0$ en todos los cálculos).

Figure 3. Time series of the monthly (A) and weekly (B) CPUE of *Rhinobatos productus* from two boats of Bahía Almejas, BCS (Lag; Corr = correlation coefficient; S.E. = standard error; Q = statistical coefficient; $P = 0.0$ in all calculations).

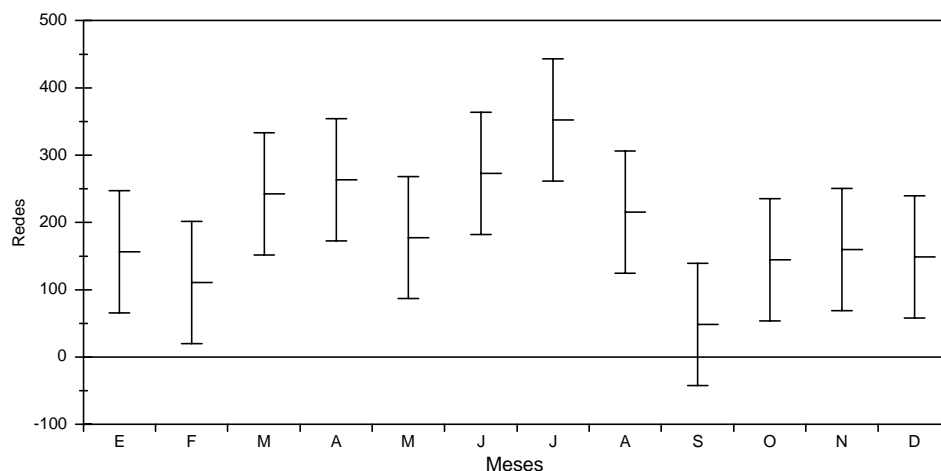


Figura 4. Medias e intervalos de confianza (95%) del esfuerzo mensual aplicado en la pesquería de *Rhinobatus productus* por dos embarcaciones de Bahía Almejas, BCS.

Figure 4. Means and confidence intervals (95%) of the monthly effort applied to the fishery of *Rhinobatus productus* by two boats in Bahía Almejas, BCS.

lunar = 28 días × 12 ciclos = 336 días), aspecto conocido empíricamente por los pescadores.

Podría parecer que dicha tendencia cíclica sólo sea efecto del aumento diferencial en el esfuerzo mensual, ya que se observan altibajos que difieren significativamente ($F_{11,36} = 3.36$; $P = 0.003$), siendo de marzo a agosto cuando se aplica el mayor esfuerzo (fig. 4); la labor diferencial puede traducirse en un aumento de las capturas y, por ende, en esa supuesta estacionalidad. Sin embargo, esto no es así, puesto que no existieron diferencias significativas en el esfuerzo entre los años de estudio ($F_{3,44} = 1.86$; $P = 0.15$) y estaciones del año ($F_{3,44} = 1.48$; $P = 0.23$), ni hay efectos de interacción entre los factores ($F_{9,32} = 0.285$; $P = 0.97$). Además, el análisis de correlación entre el esfuerzo de pesca y las capturas mensuales indicó que sólo alrededor del 45% de la varianza de la captura está explicada por el efecto del número de redes ($r = 44.97$, $F_{1,51} = 41.67$, $P = 0.000$), por lo que el 55% restante estuvo en función de otros factores (la ciclicidad).

(table 1) that this value was 0.52 org/net/month. In this sense, the fishermen of boat B caught 70% with respect to the fishermen of boat A and, with regard to abundance, June again obtained the highest (5 times more than May), followed by July and August (2.6 and 1.3 times more) (fig. 5A). In the interannual variation, greater abundance is observed in 1992; in 1993 it is 3.6 times more, 1.3 in 1994 and 3.5 in 1995 (fig. 5B). By eliminating the overestimate of 1991, there is an interannual alternation, with lower abundance in 1992 and 1994, and higher in 1993 and 1995.

In order to more precisely determine the patterns of abundance during the summer months, the GLM was run with weekly data of all years. This time the standard was the first week of May (May-1) of 1992. From here, abundance increased (fig. 6) until the third week of June, when there was an abrupt decrease on July-1, and a slight recovery until it decreased to the minimum value on August-4.

Tabla 1. Resultados del modelo general lineal (GLM).**Table 1.** Results of the general linear model (GLM).

Parámetro	Coficiente	Valor	Porcentaje	Valor real
Estándar (embarcación A, mayo de 1992)	-0.64675	0.5237		0.5237
Embarcación B	-0.36394	0.6949	69.49	0.3639
Junio	1.62134	5.0598	505.98	2.6500
Julio	0.95073	2.5875	258.75	1.3552
Agosto	0.23691	1.2673	126.73	0.6637
1993	0.29119	3.6371	363.71	1.9049
1994	0.26935	1.3091	130.91	0.6856
1995	1.26523	3.5439	354.39	1.8561

Por otro lado, el comportamiento de la abundancia relativa mensual e interanual se evidencia confiablemente según los análisis de GLM debido a la alta significancia de los mismos, usando de estándar a embarcación A-mayo-1992 ($F_{8,23} = 3.96$, $P = 0.004$) y embarcación A-agosto-1991 ($F_{9,24} = 3.91$, $P = 0.003$). Dado que se prefirió el uso del primer estándar, los resultados expresan (tabla 1) que el valor de éste fue de 0.52 org/red/mes. En este sentido, los pescadores de la embarcación B capturaron el 70% respecto a los pescadores de la embarcación A y, concerniente a la abundancia, se observa nuevamente que en junio es mayor (5 veces más que mayo), seguido de julio y agosto (2.6 y 1.3 veces más) (fig. 5A). En la variación interanual, se observa una mayor abundancia con respecto a 1992, donde en 1993 se incrementa hasta 3.6 veces más, 1.3 en 1994 y 3.5 en 1995 (fig. 5B). Al eliminar la sobrestimación de 1991, se nota una alternancia interanual, con una menor abundancia en 1992 y 1994, y un aumento en 1993 y 1995.

Por último, para delimitar con mayor precisión los patrones de abundancia en los meses de verano, se corrió el GLM con los datos

Surface temperature and relative abundance

The temperature and CPUE graph shows a similar trend in both curves, even though the values shift with time (fig. 7). The temperature and CPUE values decreased from 1992 to 1994 and increased in 1995. The correlation analyses indicated that the best correspondence and, therefore, correlation between CPUE and temperature values occurs by retarding the temperature values three months ($r = 0.72$, $n = 54$, $P < 0.05$). No relationship was found between CPUE and the variations of the thermal anomalies ($r = 0.36$, $n = 54$, $P < 0.05$).

DISCUSSION

The nets used were set gillnets (Karlsen and Bjarnason, 1989) made of the same material, thus eliminating one source of variation. Depth and setting technique were also similar. However, the different mesh sizes could cause an important variation in the catch and, therefore, in the data recorded, particularly in abundance periodicity.

During 1992, the fishermen used two types of nets, depending on the season. Only nets for

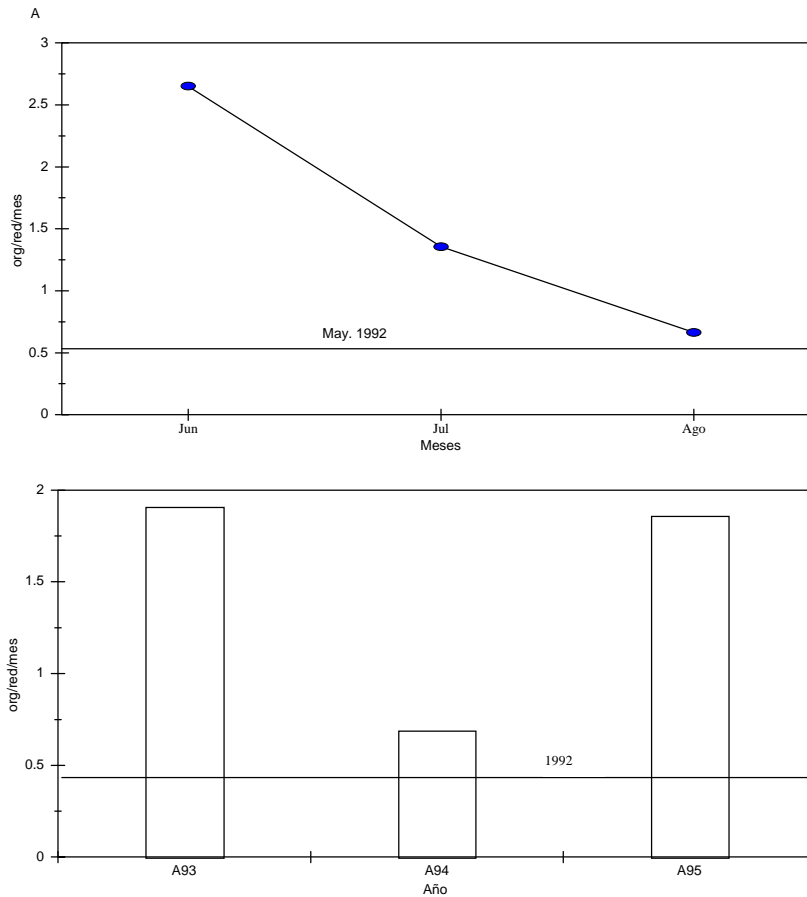


Figura 5. Abundancia relativa mensual (A) y anual (B) de *Rhinobatus productus* de 1992 a 1995 en Bahía Almejas, BCS, con respecto a mayo de 1992.

Figure 5. Monthly (A) and annual (B) relative abundance of *Rhinobatus productus* from 1992 to 1995 in Bahía Almejas, BCS, with respect to May 1992.

semanales, uniendo todos los años. Esta vez el estándar fue la primera semana de mayo (mayo-1) de 1992. A partir de ésta, la abundancia fue en aumento (fig. 6), y permaneció así hasta la tercera semana de junio, donde después se observa una caída abrupta en julio-1 y una ligera recuperación posterior, hasta terminar en un descenso con el mínimo valor en agosto-4.

guitarfish were used in summer. Hence, it may be possible that no catches were recorded for *R. productus* during the rest of 1992, as a result of the change in the fishing gear; these organisms are not as easily caught with ray nets because of the mesh size.

However, it was found that seasonality is not a product of the selectivity of the different nets, because during the other years the fishermen of the area stopped using ray nets and shovelnose

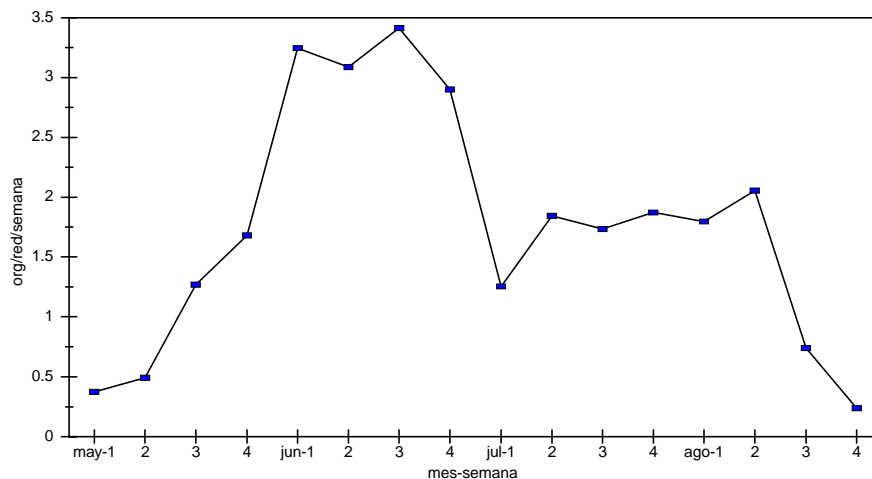


Figura 6. Abundancia relativa semanal (promedio) de *Rhinobatus productus* en Bahía Almejas, BCS, durante los meses de verano de 1992 a 1995.

Figure 6. Weekly relative abundance (average) of *Rhinobatus productus* in Bahía Almejas, BCS, during the summer months from 1992 to 1995.

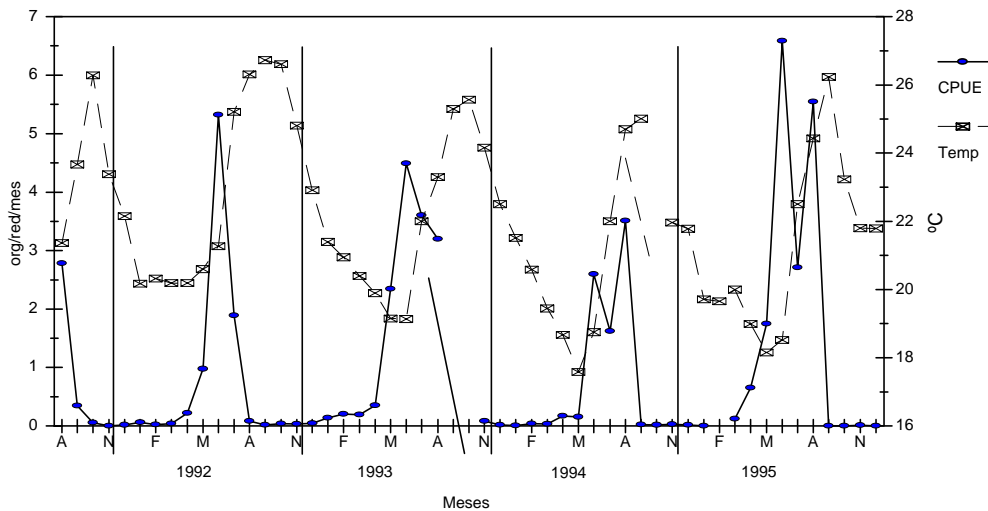


Figura 7. Comportamiento de la CPUE de *Rhinobatus productus* con respecto a la temperatura prevaliente fuera de Bahía Almejas, BCS.

Figure 7. Behavior of the CPUE of *Rhinobatus productus* with respect to the prevailing temperature outside Bahía Almejas, BCS.

Temperatura superficial y abundancia relativa

Al expresar gráficamente las temperaturas y la CPUE, se observó una tendencia similar en ambas curvas, aunque los valores se desfazan con el tiempo (fig. 7). Los valores de temperatura y CPUE disminuyen de 1992 a 1994 y se incrementan en 1995. Los análisis de correlación indicaron que la mejor correspondencia y, por ende, correlación entre los valores de la CPUE y la temperatura ocurre retrasando tres meses los valores de temperatura ($r = 0.72$, $n = 54$, $P < 0.05$). No se encontró relación alguna entre la CPUE y las variaciones de las anomalías térmicas ($r = 0.36$, $n = 54$, $P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Las redes empleadas por los pescadores fueron del tipo de enmalle fijas (Karlsen y Bjarnason, 1989) construidas de material idéntico, por lo que se eliminó una de las fuentes de variación. De igual manera, la profundidad y técnica de tendido fueron similares. En contraparte, las diferencias en el tamaño de las redes pueden ser una variación importante en la captura y, por tanto, en los datos registrados, particularmente de la estacionalidad en la abundancia del recurso.

Durante 1992 los pescadores usaron los dos tipos de redes según la época del año, empleando sólo en verano las redes guitarreras. Por lo tanto, pudiera ser posible que en 1992 no se registraran capturas de *R. productus* en el resto de los meses del año como resultado de un cambio en el tipo de arte de pesca; estos organismos no se capturan tan fácilmente con las redes mantarrayeras por el tamaño de la luz de malla.

Sin embargo, se pudo corroborar que la estacionalidad no es producto de la selectividad de las distintas redes, porque en los años restantes los pescadores del área dejaron de usar las redes mantarrayeras y las guitarras seguían presentándose únicamente en verano. Para que las redes guitarreras funcionen para capturar mantarrayas y guitarras, los pescadores las han modificado con

guitarfish were still only recorded in summer. In order for the guitarfish nets to catch rays and shovelnose guitarfish, the fishermen modified the nets. They tied nylon lines along the width of the net to create a pouch effect. This enables the rays to be caught in the net instead of running into it. The results have been satisfactory and the modified guitarfish nets have taken the place of ray nets. It should be noted that gillnet fishing has been shown to be one of the better techniques for catching elasmobranchs (Karlsen and Bjarnason, 1989).

It is possible that the results obtained from the time series are not influenced by the fishing techniques and, therefore, the monthly variations in the catch are due to a true seasonal periodicity, synchronized with lunar cycles. The graphs (fig. 3) show a decrease in the value of the correlation coefficients as time passes, which is a result of a decrease in the ability of the model to predict precisely the values of future years. This loss in precision is less notable in the CPUE series, because the probability of catching the same number of org/net/time period is relatively constant if there are no large variations in the annual effort and/or abundance. However, the total catch data are entirely different, since each year is different from the other and, therefore, it is more difficult to predict.

The differences in the monthly effort can be explained by the greater fishing activity during summer (fig. 4), the lack of information for September and November 1993, and interruptions in fishing during some months. These interruptions are due to both anthropogenic and climatic factors, such as the absence of fishermen during Christmas, the beginning of the school year, problems with the equipment, abandonment of fishing activities due to low catches, rain, among others. These factors are discussed by Hilborn and Walters (1992), who refer to the ability and disposition of the fisherman as important factors to consider in fisheries studies, since they can represent biases in the data that produce incorrect interpretations.

una técnica que llaman "atirantado". Consiste en atar líneas de nylon a lo ancho de la red para crear un efecto de abolsamiento. Esto ayuda a que las mantarrayas se enreden en la red en lugar de chocar con ella. Los resultados han sido satisfactorios y han suplido el uso de redes mantarrayeras por las guitarreras modificadas. Cabe mencionar que se ha comprobado que el enmalle por enredo es una de las mejores técnicas en la captura de elasmobranchios (Karlsen y Bjarnason, 1989).

De esta manera, es posible que los resultados obtenidos de las series de tiempo no están influenciados por cuestiones técnicas de la actividad pesquera, por lo que las variaciones mensuales en la captura se deben a una verdadera ciclicidad estacional, sincronizada con los ciclos lunares. En las gráficas (fig. 3) se puede apreciar la disminución del valor de los coeficientes de correlación entre más tiempo pasa, ya que es una consecuencia de la reducción en la precisión del modelo para predecir los valores de los años futuros. Dicha pérdida de precisión es menos notoria en las series de CPUE, porque la probabilidad de capturar igual número de org/red/periodo de tiempo se mantiene relativamente constante siempre y cuando no haya grandes variaciones en el esfuerzo anual y/o la abundancia. Algo diferente ocurre con los datos de captura total, en donde cada año es distinto del otro y, por ende, se hace más difícil la predicción.

Las diferencias en el esfuerzo mensual se explican ya que en los meses de verano la actividad pesquera aumenta (fig. 4), aunado a una falta de información de septiembre a noviembre de 1993 y a las interrupciones de la pesca durante algunos meses. Estas interrupciones están dadas tanto por factores antropogénicos como climáticos, por ejemplo: la ausencia de los pescadores durante los festejos navideños, el inicio de periodos escolares, problemas con el equipo de pesca, abandono de la actividad pesquera debido a bajas capturas, lluvias o chubascos, entre otros. En estas actitudes se refleja lo comentado por Hilborn y Walters (1992) referente a la habilidad y disposición del pescador, que es otro factor importante a considerar en los trabajos de índole

In CPUE studies on elasmobranchs, it is common to use units that refer to the biomass of the catch per unit of fishing (Holden, 1973; Ebert, 1986; Campbell *et al.*, 1992), because of the fishery application. Unfortunately, the units seldom involve directly the number of individuals, which may have applications in the population dynamics. With regard to the CPUE units selected (org/net/month and org/net/week), the correlation analyses show that their use is reliable, since they presented greater sensitivity or relationship towards the number of organisms than to the nets. This confirms that the results obtained during the study are good indicators of the relative abundance and, therefore, can complement the traditional biomass indices.

The recruitment of organisms in the area began in May and reached its maximum in June (fig. 2), with the maximum CPUE values in 1995 (fig. 2). This can be explained by the greater incidence of encounters between organisms and nets. Since effort did not fluctuate significantly, it is probable that the greater relative abundance of 1995 is the result of an increase in the number of organisms in the area or a better selection of the fishing sites. However, the fishermen assure us that they fished the same areas every year; therefore, during the study period, 1995 was the year in which there was a greater number of individuals of *R. productus* in Bahía Almejas.

The GLM analyses concur with this behavior and, in order to more clearly explain abundance, it is convenient to analyze it by weeks (fig. 6). Abundance was observed to increase in May and reach the maximum in June. In the third week of June, it starts to decrease and falls abruptly until the first week of July. This abrupt decline probably involves a combination of factors proper to these dates, including the fishing of larger individuals that, because of their size and mobility, are more susceptible to the gear. It may also involve a change in habitat of the organisms as they prepare to breed, which may be combined with movements of the organisms towards Bahía Magdalena and/or other areas where fishing does not occur and, therefore, they are not caught. It is

pesquera ya que pueden representar sesgos en los datos, los que originan interpretaciones equivocadas.

En los estudios de CPUE en elasmobranchios, es común el empleo de unidades referentes a la biomasa de la captura por unidad de pesca (Holden, 1973; Ebert, 1986; Campbell *et al.*, 1992) debido a su aplicación pesquera. Desafortunadamente, las unidades rara vez involucran directamente al número de individuos, lo que podría tener aplicaciones en el campo de la dinámica poblacional. En lo referente a las unidades de CPUE elegidas (org/red/semana y org/red/mes), los análisis de correlación mostraron que su empleo fue confiable, debido a que presentaron una mayor sensibilidad o relación hacia la cantidad de organismos que a las redes. Esto permite afirmar que los resultados obtenidos durante el estudio son buenos indicadores de la abundancia relativa y, por tanto, pueden complementar a los tradicionales índices de biomasa.

El reclutamiento de los organismos al área comenzó en mayo y alcanzó su máximo en junio (fig. 2), con los valores máximos de CPUE para 1995 (fig. 2). Esto se puede explicar con base en una mayor incidencia de encuentros entre los organismos y las redes. Dado que el esfuerzo no tuvo fluctuaciones significativas, es probable que la mayor abundancia relativa de 1995 sea consecuencia de un aumento en la cantidad de organismos en el área o a una mejor elección en los sitios de pesca. Sin embargo, los pescadores aseguran que en todos los años se pescó en los mismos lugares; por lo tanto, 1995 fue el año en el cual se presentó la mayor cantidad de individuos de *R. productus* en Bahía Almejas durante el tiempo de estudio.

Los análisis de GLM concuerdan con estos comportamientos y, para darle mayor claridad a la explicación de la abundancia, conviene analizarla semanalmente (fig. 6). Se observa que ésta va en aumento durante mayo, para alcanzar su máximo en junio. Para la tercera semana de junio, la abundancia comienza a disminuir y cae abruptamente hasta la primera semana de julio. Es probable que la explicación a esta fuerte caída involucre a la

also important to note that there may be increases in the effort of fishermen in June that are not considered in this study, which may result in a general decrease in CPUE of the fishermen of this study (Holden, 1973). After this, abundance starts to increase again (fig. 6), which is attributed to the entrance of males to the bay, since the segregation of sexes of the organisms produces a differential entrance (Downton-Hoffman, 1996). Due to the entrance of the males, the CPUE values are expected to increase to levels similar to those at the beginning of the season, since the proportion of sexes in embryos is 1:1 and in adults, 1.6:1 (females per male) (Villavicencio-Garayzar, 1993). However, the same values of abundance are not reached with respect to the females, probably because the selectivity of the gear excludes a good part of the males, which even though mature, are still smaller (Villavicencio-Garayzar, 1993). The abundance, of both the recently-arrived males and the females already there (fig. 6) remains stable from the second week of July until it falls abruptly between the first and second week of August, which marks the emigration of the organisms from the bay (Villavicencio-Garayzar, 1993).

The interannual relative abundance shows a cycle, in which *R. productus* occurred in greater abundance in 1993 and 1995 than in 1992 and 1994 (fig. 5B). In general terms, abundance was greater during the odd years, so the catch of shovelnose guitarfish in 1996 should be lower than in 1995, which in fact did occur. In talking with the fishermen in 1997, they commented that the catches of 1996 were very low, while those of 1997 were excellent. This cyclical pattern has also been observed for other species of the area, but has not been documented in detail (Mathews and Druck-González, 1975; Villavicencio-Garayzar, 1996).

The GLM analyses are, by far, the most useful and powerful procedures for determining trends in fish abundance, since they incorporate many of the factors involved with fishery activity (Hilborn and Walters, 1992). In this particular case, the GLM treated the two boats as separate classes and

interacción de un conjunto de factores propios de esas fechas, entre ellos, la extracción pesquera de los individuos más grandes, que por su tamaño y movilidad puedan ser más susceptibles al arte; también puede pensarse que hay un cambio de hábito en los organismos como producto de una preparación para la reproducción, que puede combinarse con movimientos de los organismos hacia Bahía Magdalena y/o zonas donde no se efectúa pesca y por ello no son capturados. En adición, es importante mencionar que en junio puede haber incrementos en el esfuerzo de pescadores no considerados en el presente estudio, lo que pudiera conllevar a una disminución general de la CPUE (Holden, 1973) de los pescadores con los que se trabajó en esta investigación. A partir de entonces, vuelve a aumentar la abundancia (fig. 6), fenómeno atribuible a la entrada de los machos a la bahía, pues la segregación de sexos del recurso produce una entrada diferencial (Downton-Hoffman, 1996). Era de esperarse que, dada la entrada de los machos, los valores de CPUE aumentarían a niveles similares a los del inicio de la temporada, ya que la proporción de sexos en embriones es de 1:1 y en adultos es de 1.6:1 (hembras por macho) (Villavicencio-Garayzar, 1993). Sin embargo, no se alcanzan los mismos niveles de abundancia con respecto a las hembras, probablemente dado a que la selectividad del arte excluye a una buena parte de los machos, que aun siendo maduros suelen ser más pequeños (Villavicencio-Garayzar, 1993). La abundancia, tanto de los machos recién llegados como de las hembras ya presentes (fig. 6), permanece estable a partir de la segunda semana de julio hasta presentarse una caída abrupta entre la primera y segunda semana de agosto, evento que marca la emigración de los organismos de la bahía (Villavicencio-Garayzar, 1993).

Por su parte, en la abundancia relativa interanual se evidencia que existe una ciclicidad, en la cual el recurso se presentó en mayores cantidades en 1993 y 1995 que en 1992 y 1994 (fig. 5B). En términos generales, se puede afirmar que los años no fueron de mayor abundancia,

predicted their efficiency. It also revealed the monthly and annual trends in the abundance of the resource, a parameter for which the analysis is particularly effective (effect of time) (Hilborn and Walters, 1992).

However, even though the GLM is a very useful tool, it is necessary to consider some important aspects where the analysis may fail. Firstly, if the catch is not proportional to abundance, then the trends calculated with the GLM are not entirely true, because there would be no true representativeness. Furthermore, an increase in the efficiency of the fishermen is reflected in a greater CPUE, but it is not necessarily due to an increase in the abundance of the resource (Hilborn and Walters, 1992).

However, the factors that negatively affect the GLM do not alter the results of this work, since the fishing method used assures that a representative part of the stock present in Bahía Almejas is always being caught, because the sets are always made in areas where the organisms occur. Furthermore, any changes in the ability of the fishermen would not have been that great during the five years of the study, since they have fished the area for 37 years and they are all of similar age.

Lastly, it is important to note that the population of shovelnose guitarfish does not seem to reflect drastic changes in their relative abundance as a result of fishing. Even though the rate of exploitation that operates on the population is not precisely known (since there is only data from one fishing camp, and the information from official sources is very imprecise), there does not appear to be any negative effects. It was not possible to calculate the different indices to estimate the initial abundance of each year and month, nor the catch coefficient and mortality from fishing. The reason for this is that the nature of the data (inconsistent catches) and seasonality, among others, are factors that create large sources of errors in the estimates and, therefore, in the interpretations even of the most simple indices (Ricker, 1978).

por lo que cabría esperar que durante 1996, la captura de guitarras fuera menor que la de 1995, y en efecto se cumplió esta predicción. En una charla con los pescadores efectuada en agosto de 1997, comentaron que en 1996 las capturas fueron muy bajas, mientras que en lo que iba de 1997 habían tenido excelentes volúmenes de captura. Esta ciclicidad también se ha observado en otras especies de la zona, aunque todavía no se ha documentado en detalle (Mathews y Druck-González, 1975; Villavicencio-Garayzar, 1996).

Cabe mencionar que los análisis GLM son, por mucho, los procedimientos más útiles y fuertes en la determinación de tendencias de abundancia de peces, gracias a que incorporan varios de los factores inmiscuidos en la actividad pesquera (Hilborn y Walters, 1992). En este caso en particular, el GLM trató a los dos pescadores como clases separadas y predijo su eficiencia. Además, indicó las tendencias mensuales y anuales de la abundancia del recurso, parámetro en el que el análisis es particularmente poderoso (efecto del tiempo) (Hilborn y Walters, 1992).

Sin embargo, a pesar de que el GLM es una herramienta muy útil, es necesario considerar algunos puntos importantes donde el análisis puede fallar. En primer lugar, si la captura no es proporcional a la abundancia, entonces las tendencias que puedan calcularse en el GLM no son del todo ciertas, pues no habría una representatividad real. Asimismo, los incrementos en la eficiencia del pescador se reflejan en una mayor CPUE, sin que se deba necesariamente a un aumento en la abundancia del recurso (Hilborn y Walters, 1992).

Aun así, los factores que influyen negativamente sobre el GLM no alteran los resultados del presente trabajo, debido a que el método de pesca que se emplea asegura que siempre se está capturando una parte representativa de la población presente en Bahía Almejas, porque los lances siempre se efectúan en las áreas donde se distribuyen los organismos. Por otro lado, cinco años no debe ser un periodo en el cual la habilidad de los pescadores cambie considerablemente, ya que

Anderson (1990) stated that five years is too little time to show gradual changes in the abundance of elasmobranchs even with CPUE data, but this refers to elasmobranch stocks that have a long life span and *R. productus* has a life span of only 11 years (Timmons and Bray, 1997). Thus, five years of study represent almost 50% of the life span of these animals, and any changes in abundance could be detected in the zone in this time period. Furthermore, the gradual changes in abundance are, by nature, very difficult to detect, and the analyses that use CPUE center on identifying drastic changes in abundance, which is the most rapid response to overfishing (Holden, 1973; Clark and Tracey, 1994). Even still, it should be considered that even the most fertile and abundant elasmobranch stocks (rays and *Squalus*) do not present sufficient resilience to withstand intensive fishing, and difficult situations that are not easily resolved should be avoided.

Temperature data from satellite images were used in this study. Some of the advantages of these data are that they are readily available and that there are series of many years for almost any wide area of the ocean. However, there is the problem with the precision of the data, since the quadrants defined by the satellites can be very large and small locations are not monitored by themselves, but in conjunction with adjacent areas. This may bias the temperature estimates, since the data that the satellite emits are the averages of all the surface temperatures recorded for a quadrant, which has a minimum area of detection of 300×300 m. However, a direct relationship between surface and bottom temperature has been documented, as well as between the temperature inside and outside Bahía Almejas (*in situ* and satellite data) (Lluch, 1995), which can reliably explain the following.

The existing correlation between surface temperature outside the bay and the peaks in monthly abundance of *R. productus* (with a time lag of three months) (fig. 7) suggests that the organisms enter the bay when temperature is just starting to increase. The entrance can be described as massive, since the maximum abundance values

tienen 37 años de pescar en la localidad y tienen edades similares.

Por último, es importante decir que la población de guitarras no parece reflejar cambios drásticos en su abundancia relativa como producto de su explotación. Aunque no se sabe con exactitud qué tasa de explotación opera sobre la población (debido a que sólo se cuenta con los datos de un campo pesquero y la información de las fuentes oficiales es muy imprecisa), al parecer todavía no hay efectos negativos. No se pudieron calcular los diferentes índices para estimar la abundancia inicial en cada año y mes, así como el coeficiente de capturabilidad y el de mortalidad por pesca. Las razones de ello residen en que la naturaleza de los datos (capturabilidad inconsistente) y la estacionalidad, entre otros, son factores que originan grandes fuentes de error en las estimaciones y, por ende, en las interpretaciones aun en los índices más sencillos (Ricker, 1978).

Anderson (1990) mencionó que cinco años es poco para evidenciar cambios graduales en la abundancia de elasmobranchios aun con datos de CPUE, pero esto se refiere más bien a poblaciones de elasmobranchios longevos y *R. productus* tiene una longevidad de sólo 11 años (Timmons y Bray, 1997). Así, cinco años de estudio representan en realidad casi el 50% de la vida de estos animales, por lo que los cambios en la abundancia sí serían detectables en tal intervalo de tiempo. Además, los cambios graduales en la abundancia de por sí son muy difíciles de detectar, y los análisis que involucran la CPUE se centran en identificar cambios drásticos en la abundancia, que es la respuesta más rápida a la sobreexplotación (Holden, 1973; Clark y Tracey, 1994). Aun así, se debe considerar que inclusive las poblaciones de elasmobranchios más fecundas y abundantes (rayas y *Squalus*) no presentan la suficiente resiliencia para soportar una pesca intensiva y debe procurarse no llegar a situaciones difíciles de resolver.

En este estudio se utilizaron datos de temperatura de imágenes de satélite. Entre las ventajas de utilizar datos como éstos se cuenta la fácil disponibilidad de los mismos y el que se tienen series de varios años en casi cualquier área

are reached in one month (fig. 6). According to Villavicencio-Garayzar (1993, 1996), this time lag gives them an adaptive advantage, as the organisms enter the bay to release and copulate before the temperature reaches its maximum, thus assuring that the birth and development of the young occur in warm waters.

The entrance of shovelnose guitarfish to the bay also concurs with the increased abundance of macrobenthos (May to September), mainly crustaceans and mollusks, which is also caused by oceanographic conditions (mainly temperature and the circulation pattern) (Félix-Pico and García-Domínguez, 1993). These organisms make up the largest part of the diet of the genus *Rhinobatos* (Herald *et al.*, 1960; DuPreez *et al.*, 1990), which assures sufficient food items for the reproductive adults, juveniles and developing young.

In semienclosed bodies of water, temperature and food availability are the principal factors that affect abundance and seasonal distribution of elasmobranchs, which include *R. productus* (Talent, 1985) that starts to become more abundant as temperature increases (fig. 7). This behavior is different to that of many teleosts that spawn in spring, since high temperatures may adversely affect larval survival (Lluch, 1995).

The annual cycle in the relative abundance of *R. productus* and its apparent increase in 1995 (fig. 3) are phenomena that are difficult to explain in terms of temperature, since there were no significant differences ($\alpha = 0.05$, $P > 0.05$) in the values among years; this cycle is a product of other factors that may include biogeographic aspects. In this context, it should be mentioned that the population of *R. productus* of Bahía Almejas is subject to the prevailing dynamics that characterize the area as a transition area where tropical, subtropical and warm elements coexist, as a result of the convergence of the Costa Rica Coastal Current and the California Current (Castro-Aguirre and Torres-Orozco, 1993). This makes it possible for the area to have high marine richness in which very abrupt faunistic changes

oceánica amplia del mundo. Sin embargo, también existe el problema de la precisión de los datos, ya que los cuadrantes definidos por los satélites pueden ser muy grandes y, por ende, las localidades pequeñas no son monitoreadas aisladamente, sino que se conjuntan con las áreas adyacentes. Esta situación puede sesgar las estimaciones de las temperaturas, ya que los datos que emite finalmente el satélite son los promedios de todas las temperaturas superficiales registradas en el cuadrante de interés, en el cual el área mínima de detección es de 300×300 m. Aun con estos inconvenientes, se ha documentado que existe una estrecha relación entre la temperatura superficial y de fondo, y entre las temperaturas fuera y dentro de Bahía Almejas (datos *in situ* y de satélite) (Lluch, 1995) que permiten explicar confiablemente lo expuesto a continuación.

La correlación existente entre la temperatura superficial externa a la bahía y los picos de abundancia mensual de *R. productus* (con un desfase de tres meses) (fig. 7), sugiere que los organismos entran a la bahía cuando apenas comienza a incrementarse la temperatura. La entrada puede describirse como masiva, pues en un mes se alcanzan los valores máximos de abundancia (fig. 6). Acorde con Villavicencio-Garayzar (1993, 1996), este desfase les confiere una ventaja adaptativa, porque los organismos entran a expulsar y a copular antes de que la temperatura alcance su máximo, de manera que se asegura que el nacimiento y desarrollo de las crías se efectúe en aguas cálidas.

Además, hay una concordancia entre la entrada de guitarras a la bahía y los incrementos en la abundancia de macrobentos (mayo a septiembre) que también es ocasionada por las condiciones oceanográficas (principalmente la temperatura y el patrón de circulación), predominando los crustáceos y moluscos (Félix-Pico y García-Domínguez, 1993). Éstos constituyen la mayor parte de la dieta de organismos del género *Rhinobatos* (Herald *et al.*, 1960; DuPreez *et al.*, 1990), por lo que también se asegura suficiente alimento tanto para los adultos reproductivos como para los juveniles y crías en desarrollo.

occur (Cruz-Agüero *et al.*, 1994), and could very well explain some aspects of the periodicity of the distribution and abundance of the ichthyofauna present.

CONCLUSIONS

The monthly relative abundance of *R. productus* in Bahía Almejas follows a cyclical pattern of recruitment in which summer presents maximum occurrence and abundance. This periodicity is strongly influenced by lunar cycles, temperature and probably food availability. The entrance and exit of these organisms from the bay is massive, since both occur from one week to the next. Interannual abundance of the species follows an alternating pattern, in which the odd years are identified as rich and the even years as poor. No important variations in the relative abundance of *R. productus* were observed from 1991 to 1995, even though it is fished during its breeding season, and the analyses seem to indicate a slight increase in abundance during 1995. Finally, the CPUE calculated in this work is much more sensitive to the number of organisms than to effort and, therefore, its representativeness to evaluate abundance is reliable.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks to Héctor Reyes-Bonilla for his suggestions and help with the statistical analyses and his comments on the manuscript, and to Eduardo Balart-Páez and two anonymous reviewers. Oscar Sosa-Nishizaki provided invaluable help with the use and interpretation of the GLM. This study was financed by SEP/DGICSA-UABCS C91003-001-03. We also thank the fishermen of Bahía Almejas (the Escobar-Soriano and Sánchez-Angulo families) for their invaluable support during this work.

English translation by Jennifer Davis.

En los cuerpos de agua semicerrados, la temperatura y la cantidad de alimento son los principales factores que afectan la abundancia y distribución estacional de elasmobranquios, entre ellos a *R. productus* (Talent, 1985), que empieza a ser más abundante conforme la temperatura va aumentando (fig. 7). Este comportamiento es inverso al de muchos teleósteos, que requieren desovar en primavera debido a que las temperaturas elevadas pueden tener un efecto adverso en la supervivencia de las larvas (Luch, 1995).

La ciclicidad anual en la abundancia relativa de *R. productus*, y su aparente incremento en 1995 (fig. 3), son fenómenos que resultan complicados de explicar en términos de temperatura, ya que no existió diferencia significativa ($\alpha = 0.05$, $P > 0.05$) en los valores entre años; de tal manera que dicha ciclicidad es producto de otros factores, entre los cuales podrían figurar aspectos biogeográficos. En este contexto, cabe mencionar que la población de *R. productus* de Bahía Almejas está sujeta al imperante dinamismo que caracteriza a la zona, por ser un lugar de transición en el que coexisten elementos tropicales, subtropicales y templados, como producto de la convergencia de la Corriente Costera de Costa Rica y la Corriente de California (Castro-Aguirre y Torres-Orozco, 1993). Esto hace posible que el área sea un lugar con una gran riqueza marina en la cual los cambios faunísticos suelen ser muy abruptos (Cruz-Agüero *et al.*, 1994), razón que bien podría explicar algunos aspectos de la temporalidad en la distribución y abundancia de la ictiofauna presente.

CONCLUSIONES

La abundancia relativa mensual de *R. productus* en Bahía Almejas sigue un patrón cíclico de reclutamiento, en el cual el verano es la estación de máxima presencia y abundancia. Esta ciclicidad está fuertemente influenciada por los ciclos lunares, la temperatura y probablemente la disponibilidad de alimento. La entrada y la salida de los organismos a la bahía es masiva, puesto que ambos fenómenos por su parte ocurren en el transcurso de una semana a otra. La abundancia

interanual de la especie sigue un patrón alternante, en el cual se identifican a los años nones como ricos y a los años pares como pobres. No hubo variaciones importantes en la abundancia relativa de *R. productus* entre 1991 y 1995, aun cuando es un recurso pesquero que se explota durante su época de reproducción. Por el contrario, los análisis parecen indicar un ligero incremento en la abundancia durante 1995. Finalmente, la unidad de CPUE calculada en este trabajo es mucho más sensible a la cantidad de organismos que al esfuerzo, por lo que su representatividad para evaluar abundancia relativa es confiable.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a Héctor Reyes-Bonilla sus sugerencias y ayuda en la aplicación de los análisis estadísticos y comentarios aportados durante la elaboración del manuscrito, al igual que lo hicieron Eduardo Balart-Páez y dos revisores anónimos. De igual manera, el apoyo en el uso e interpretación del GLM que nos proporcionó Oscar Sosa-Nishizaki fue de inmenso valor. Este trabajo recibió apoyo del convenio SEP/DGICSA-UABCS C91003-001-03. Finalmente, un agradecimiento muy especial a los pescadores de Bahía Almejas (familias Escobar-Soriano y Sánchez-Angulo), que fueron el pilar principal para que este estudio se llevara a cabo.

REFERENCIAS

- Álvarez-Borrego, S., Galindo-Bect, L. y Chee-Barragán, A. (1975). Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, BCS. *Ciencias Marinas*, 2(2): 94–110.
- Anderson, D.E. (1990). Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. In: H.L. Pratt Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi (eds.), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: pp. 473–484.
- Bakus, J.G. (1990). *Quantitative Ecology and Marine Biology*. Oxford & IBH Publ., New Delhi, 157 pp.
- Bebee, W. and Tee-Van, J. (1941). Eastern Pacific exploitation of the New York Zoological Society. XXVIII. Fishes from the tropical eastern Pacific

- from Cedros Island, Lower California, south to the Galapagos. Part 3. Rays, mantas and chimaeras. *Zoological*, 26: 245–282.
- Beltrán-Félix, J.L., Hammann, M.G., Chagoya-Guzmán, A. y Álvarez-Borrego, S. (1986). Ictiofauna del Estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, México, antes de una operación de dragado. *Ciencias Marinas*, 12(1): 79–92.
- Campbell, D., Battaglene, T. and Shafron, W. (1992). Economics of resource conservation in a commercial shark fishery. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 43: 251–262.
- Castro-Aguirre, J.L. y Torres-Orozco, R. (1993). Consideraciones acerca del origen de la ictiofauna de Bahía Magdalena-Almejas, un sistema lagunar de la costa occidental de Baja California Sur, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, 38: 67–73.
- Clark, M.R. and Tracey, D.M. (1994). Changes in a population of orange roughy, *Hoplostethus atlanticus*, with commercial exploitation on the Challenger Plateau, New Zealand. *Fish. Bull.*, 92: 236–253.
- Cruz-Agüero de la, J., Galván-Magaña, F., Abitia-Cárdenas, L.A., Rodríguez-Romero, J. y Gutiérrez-Sánchez, F.J. (1994). Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Magdalena, Baja California Sur (México). *Ciencias Marinas*, 20(1): 17–31.
- Downton-Hoffman, C.A. (1996). Estrategia reproductiva de la guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 32 pp.
- DuPreez, H.H., McLachlan, A., Marais, J.F.K. and Cockfrot, A.C. (1990). Bioenergetics of fishes in a high-energy surf-zone. *Mar. Biol.*, 106: 1–12.
- Ebert, D.A. (1986). Observations on the elasmobranch assemblage of San Francisco Bay. *Calif. Dept. Fish Game*, 72: 244–249.
- Félix-Pico, F.E. y García-Domínguez, F.A. (1993). Macrobentos sublitoral de Bahía Magdalena, Baja California Sur. En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, pp. 389–410.
- Herald, E.S., Schneebeli, W., Green, N. and Innes, K. (1960). Catch records for seventeen shark derbies held at Elkhorn Slough, Monterey Bay, California. *Calif. Dept. Fish Game*, 1: 59–67.
- Hilborn, R. and Walters, C.J. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York.
- Holden, M.J. (1973). Are long-term sustainable fisheries for elasmobranchs possible? In: B.B. Parrish (ed.), *Fish Stocks and Recruitment*. Rapp. P.V. Reun. Const. Int. Explor. Mer., 164: 360–367.
- Karlsen, L. y Bjarnason, B.A. (1989). La pesca artesanal con redes de enmalle de deriva. FAO Documento Técnico de Pesca 284, Roma, 60 pp.
- Lluch, C.D.B. (1995). Aspectos reproductivos de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Pisces: Serranidae) en Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. CICIMAR, IPN, México, 116 pp.
- Mathews, C.P. y Druck-González, J. (1975). Potencial pesquero y estudios ecológicos de Bahía Magdalena. III. Las existencias de rayas con especial interés en las ya aprovechadas. *Ciencias Marinas*, 2(1): 67–72.
- NOAA (1980–1995). CD Rom. COADS-05: Sea Surface Temperature (C). National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Ricker, E.W. (1978). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Canada*, 191: 382 pp.
- Schaeffer, M.B. (1955). Algunos aspectos de la dinámica de las poblaciones y su importancia para la administración de pesquerías marinas comerciales. *Bol. Com. Interam. Atún Trop.*, 1: 59–87.
- Seber, G.A.F. (1982). *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. 2nd ed. C. Griffin, London, 506 pp.
- Talent, L.G. (1985). The occurrence, seasonal distribution, and reproductive condition of elasmobranch fishes in Elkhorn Slough, California. *Calif. Dept. Fish Game*, 71: 210–219.
- Timmons, M. and Bray, R.N. (1997). Age, growth, and sexual maturity of shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres). *Fish. Bull.* 95: 349–359.
- Villavicencio-Garayzar, C.J. (1993). Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.*, 41: 441–446.
- Villavicencio-Garayzar, C.J. (1996). Distribución temporal y condición reproductiva de las rayas (Pisces: Batoidei), capturadas comercialmente en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Rev. Inv. Cient., UABCS*, 6: 1–12.
- Wilkinson, L. (1990). *SYSTAT: The System for Statistics*. Ewinston, SYSTAT, 677 pp.
- Zar, J.H. (1984). *Biostatistical Analysis*. 2nd ed. Prentice-Hall, 718 pp.