

La sardina
(*Sardinella aurita*),
su medio
ambiente y
explotación en
el Oriente de
Venezuela:
una síntesis

Pierre Fréon
Ecólogo pesquero

Jeremy Mendoza
Biólogo pesquero

The sardine
(*Sardinella aurita*),
its environment
and exploitation
in Eastern
Venezuela:
a synthesis

Pierre Fréon
Fisheries ecologist

Jeremy Mendoza
Fisheries biologist

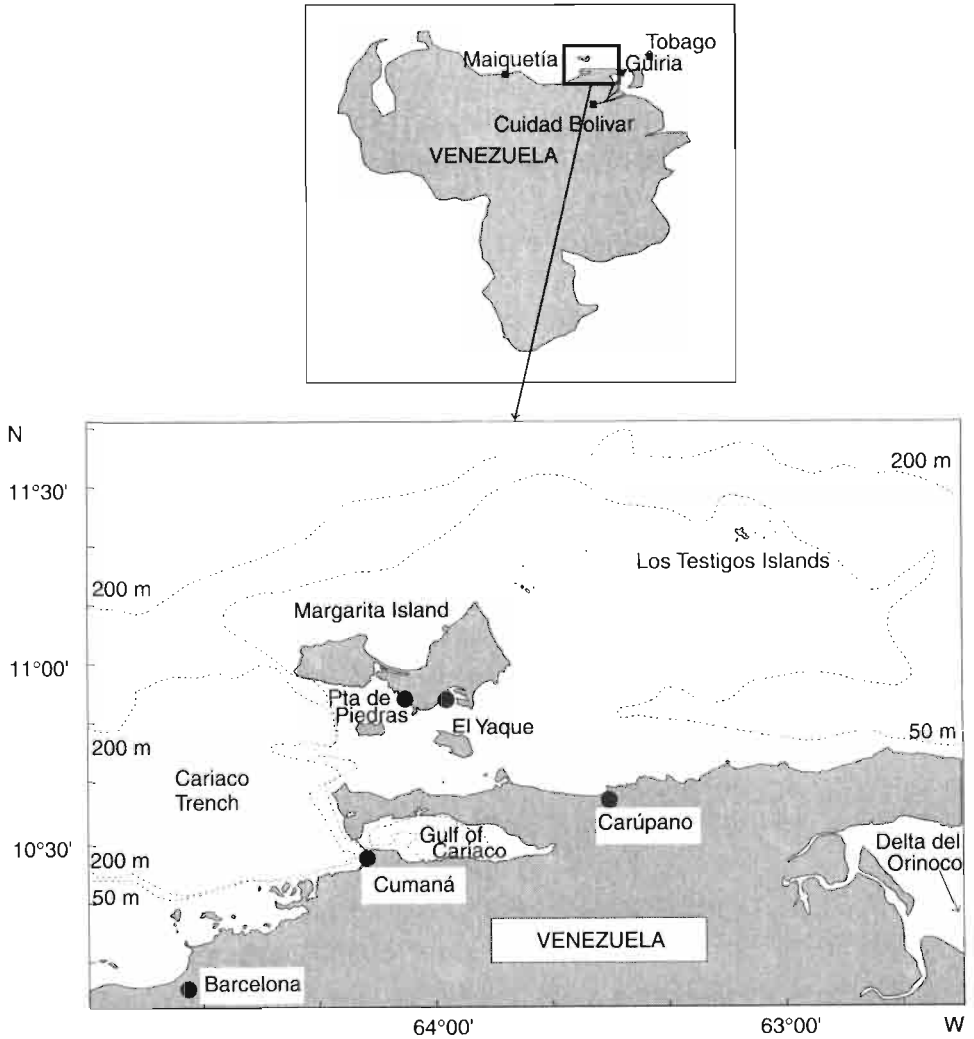


Figura 1

Zona de estudio y localización de ocho estaciones meteorológicas costeras (incluyendo tres estaciones lejanas).

Studied area and location of eight coastal meteorological stations (including three far stations).

Introducción

La plataforma continental del nororiente de Venezuela representa el área de pesca más importante del Mar Caribe. Esta plataforma está orientada en sentido Este-Oeste a lo largo del margen suroriental de este mar (Fig. 1). El área de estudio cubre aproximadamente 240 millas en el eje Este-Oeste y alcanza 60 millas en el eje Norte-Sur en sus partes más anchas. La topografía de la plataforma es bastante compleja con numerosas islas (Margarita, Coche, Cubagua, Los Testigos, La Tortuga, etc.), golfos y bahías (el Golfo de Cariaco y Golfo de Santa Fe, entre otros), cabos (Tres Puntas, Chacopata, Puerto Santo, etc.), valles submarinos (Araya y Carúpano), bancos costa afuera (Cumberland o de Los Testigos) y, especialmente, la Cuenca de Cariaco con importantes áreas anóxicas, ubicada al interior de la plataforma y alcanzando profundidades de aproximadamente 1.400 m. El régimen de vientos alisios, la topografía de la plataforma y la orientación de la línea de costa favorecen la ocurrencia de eventos de afloramiento durante la estación seca (Herrera y Febres, 1975). Otro rasgo fundamental del área de estudio lo representa el importante aporte de aguas de baja salinidad provenientes de la descarga de los ríos, especialmente el Orinoco (Monente, 1990).

Sardinella aurita representa la biomasa íctica más importante en las aguas de la plataforma del nororiente venezolano. La pesquería se inició en la década de 1930 y continua siendo estrictamente artesanal e

Introduction

The northeastern Venezuela shelf is the site of the most important fishing grounds in the Caribbean Sea. This shelf is oriented East-West along the southeastern boundary of the Caribbean Sea (Fig. 1). The study area covers approximately 240 miles in the East-West axis and reaches 60 miles in the North-South axis in the widest areas. Shelf topography is rather complex with numerous islands (Margarita, Coche, Cubagua, Los Testigos, La Tortuga, etc.), bays (the Gulf of Cariaco and Gulf of Santa Fe, among others), capes (Tres Puntas, Chacopata, Puerto Santo, etc.), submarine valleys (Araya and Carupano), offshore banks (Cumberland) and, especially, the largely anoxic Cariaco Basin located within the shelf and reaching depths of around 1,400 m. The trade wind regime, shelf topography and coastline orientation favor the occurrence of upwelling events during the dry season (Herrera and Febres, 1975). Another important feature of the study area is the relatively high input of low salinity water from river discharge, especially the Orinoco (Monente, 1990).

Sardinella aurita represents the most important finfish biomass on the northeastern Venezuela shelf. The fishery started in the 1930's and is still strictly artisanal and labor intensive, using small boats and seines known locally as "peñeros" and "chinchorros sardineros", respectively. The nature of these fishing

intensiva en mano de obra, utilizando pequeñas embarcaciones y redes conocidas localmente como "peñeros" y "chinchorros sardineros", respectivamente. La naturaleza de estas unidades de pesca limita las operaciones pesqueras a una estrecha banda costera que, raras veces, se extiende más allá de las 5 millas náuticas, cubriendo un área relativamente pequeña al compararse con el área de distribución conocida del stock. La mayor parte de la captura es enlatada, sin embargo, pequeñas cantidades son comercializadas en fresco para consumo humano y como carnada para pesquerías pelágicas y demersales. La captura total estimada se ha incrementado significativamente en años recientes a un nivel próximo a las 60.000 toneladas a finales de la década de 1980 (Anon 1990; Guzmán *et al.* este vol.; Huq este vol.).

El nivel de explotación de este stock de sardina ha sido bastante debatido. Investigaciones realizadas en la década de 1970 (Etchevers, 1974) sugerían que el stock estaba plenamente explotado y que no soportaría un incremento del esfuerzo de pesca. Más recientemente, estimaciones hidroacústicas (Gerlotto y Ginés, 1988; Anónimo, 1989) indicaron, al contrario, que la biomasa de sardina era superior a 600.000 toneladas y, por lo tanto, niveles actuales de captura equivalentes al 10% de esta cifra implicaban subexplotación. De la amplia experiencia acumulada sobre otros stocks de pequeños pelágicos costeros (ver simposios importantes editados por: Sharp y Csirke, 1983; Wyatt y Larrañeta, 1988; Kawasaki *et al.*, 1990; Payne *et al.*, 1992; Durand *et al.*, 1998),

units limits fishing operations to a narrow coastal band which rarely exceeds 5 nautical miles, covering a small area relative to known stock distribution. Most of the catch is canned; however, small amounts are sold on ice for direct human consumption and as bait for pelagic and demersal fisheries. Total estimated catch has increased significantly in recent years to a level of around 60,000 tons (Anon 1990; Guzmán *et al.* this vol.; Huq this vol.).

The status of this sardine stock has been much debated. During the seventy's, former workers (Etchevers, 1974) suggested that the stock was fully exploited and could not support an increase in fishing effort. More recently, acoustic survey estimations (Gerlotto and Gines, 1988; Anonymous, 1989) indicated on the contrary that the sardine biomass was over 600,000 t, i.e. present catches would represent around 10% of the biomass implying underexploitation. From experience accumulated on other stocks of coastal pelagic fish (see major symposia edited by: Sharp and Csirke, 1983; Wyatt and Larrañeta, 1988; Kawasaki *et al.*, 1990; Payne *et al.*, 1992; Durand *et al.*, 1998), it is now established that the abundance of these stocks is highly variable due to their sensitivity to environmental change and to exploitation. Therefore due to a large level of uncertainty in the environment their management must be conservative in order to avoid the risks of collapse. From a biological point of view, the only management measure refers to a minimum size limit (15 cm total length)

se ha establecido que la abundancia de estos stocks es altamente variable dada su sensibilidad a cambios ambientales y a la explotación. En consecuencia, su manejo debe ser conservador de manera a incorporar los riesgos de colapso debido al alto nivel de incertidumbre asociado al medio ambiente. Desde un punto de vista biológico, la única medida de manejo vigente en el caso que nos ocupa, se refiere a un límite mínimo de talla de captura (15 cm de longitud total), y por razones socio-económicas los precios están regulados por el gobierno.

El objetivo principal de los trabajos presentados en este volumen es de mejorar el conocimiento sobre el stock de sardina del nororiente de Venezuela, pero también sobre su medio ambiente y explotación, con el objeto de proponer acciones responsables para su sana administración.

En esta síntesis de las contribuciones de los diferentes autores en este volumen, se abordará los principales materiales y métodos utilizados, se resumirán los principales resultados obtenidos y se tratará de relacionarlos unos con otros. El lector interesado deberá acudir a las contribuciones individuales para obtener una discusión detallada sobre los resultados de cada tópico (estas contribuciones se señalan debajo cada título de sección). Nuestra presentación comenzará con el medio ambiente (físico y biológico), seguido de los resultados sobre la biología de la sardina y consideraciones sobre su explotación y dinámica poblacional. Luego serán presentados los aspectos socio-económicos. Finalmente se harán recomendaciones para acciones de manejo e investigaciones futuras.

and for socio-economical reasons prices are controlled by the government.

The main objective of the papers presented in this volume is to improve our knowledge on the sardine stock of northeastern Venezuela, including its environment and exploitation in order to propose management actions for a responsible fishing strategy.

In this synthesis of the authors' contributions we will first recall the most important materials and methods used, try to summarize main findings and try to relate them with one another. The reader should refer to the individual contribution to find a detailed discussion of the results on each topic (these contributions are mentioned below each title of section). Our presentation will start with the environment (physical and biological), followed by findings on the biology of the sardine and considerations on the exploitation and population dynamics of the species. Then some socio-economical aspects will be presented. Finally we will suggest some recommendations in terms of future research and management actions.

■ Materiales y métodos

Datos meteorológicos

(Aparicio; Aparicio y Contreras; Fréon y Ans; Fréon *et al.* a y b; todos en este vol.)

Cinco estaciones meteorológicas costeras se encuentran ubicadas en el área de estudio: Cumaná (serie temporal: 1969–1990), Carúpano (1979–1989) y Barcelona (1980–1984), todas ellas en tierra firme, y El Yaque (1976–1989) y Punta de Piedras (1973–1989 para velocidad del viento y 1975–1989 para dirección del viento) en la isla de Margarita (Fig. 1). Tres estaciones adicionales están localizadas fuera del área de estudio, pero a una distancia razonable (de 50 a 300 km): Güiría, Maiquetía y Tobago. Los datos fueron tomados de Campos y Velásquez (1991), Aparicio (1996) y Aparicio y Contreras (1996).

Adicionalmente, siguiendo las recomendaciones del taller, datos meteorológicos y de temperatura de superficie del mar de buques mercantes agrupados por estratos de $1^\circ \times 1^\circ$ fueron analizados recientemente. Para este análisis se utilizó las bases de datos COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set; Slutz *et al.*, 1985; Woodruff *et al.*, 1987; Mendelssohn y Roy, 1996) y NESDIS; esta última contiene información 'suavizada' por una función spline de ocho estratos vecinos (Da Silva *et al.*, 1994). Para la base de datos COADS se consideró el período

■ Materials and methods

Meteorological data

(Aparicio; Aparicio and Contreras; Fréon and Ans; Fréon *et al.* a and b; all in this vol.)

Five coastal meteorological stations are located within the study area: Cumaná (time series: 1969–1990), Carúpano (1979–1989) and Barcelona (1980–1984) all located on the mainland, and El Yaque (1976–1989) and Punta de Piedras (1973–1989 for wind speed and 1975–1989 for wind direction) on Margarita island (Fig. 1). Three additional stations are located outside the study area but at a reasonable distance (from 50 to 300 km): Güiría, Maiquetía and Tobago. Data were taken from Campos and Velásquez (1991) Aparicio (1996) and Aparicio and Contreras (1996).

Additionally, meteorological and sea surface temperature data from merchant ships regrouped by $1^\circ \times 1^\circ$ strata were analyzed recently, following workshop recommendations. This analysis was based on the COADS data set (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set; Slutz *et al.*, 1985; Woodruff *et al.*, 1987; Mendelssohn and Roy, 1996) and the NESDIS data set, the latter consisting of smoothed data using a spline function from eight neighboring squares (Da Silva *et al.*, 1994). We considered data covering the time period from 1950 to 1990 in

1950–1990 y para la base de datos NESDIS el período 1950–1989.

Cuatro índices de surgencia o afloramiento fueron calculados utilizando los datos arriba mencionados:

1) Tres índices de surgencia costera se basaron en la teoría convencional de Ekman sobre transporte costa afuera. El primero (*CUE1*), estimado por Aparicio y Contreras (este vol.) a partir de los datos meteorológicos costeros de Cumaná y El Yaque, se expresa como transporte Ekman costa afuera en $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ por 100 m de línea de costa, según lo propuesto por Bakun (1973). El segundo (*CUE2*), estimado a partir de los datos COADS, es el pseudo stress del viento del este expresado en $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$. Con el objeto de evitar sesgos debido al incremento, a través del tiempo, en el uso de anemómetros en buques mercantes, solamente se utilizaron datos de la escala Beaufort. El tercero (*CUE3*), disponible en la base de datos NESDIS, es el stress del viento del este expresado en Pascales ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$). En este caso los datos provenientes de anemómetros fueron intercalibrados con datos de la escala Beaufort.

2) Un índice de surgencia (*CUE4*) basado en la integración anual de los datos de velocidad del viento por encima de los valores promedios observados en estaciones meteorológicas costeras ($3,5 \text{ m s}^{-1}$ en Cumaná y $4,8 \text{ m s}^{-1}$ en Punta de Piedras). Debido a la estacionalidad en las series de datos cada “año ambiental” se extendió de noviembre en el año $i-1$ a Octubre del año i . Este índice fue calculado

COADS and from 1950 to 1989 in NESDIS.

Four upwelling indexes were calculated using the above data:

1) Three coastal upwelling indices were based on the conventional Ekman theory on offshore transport. The first one (*CUE1*), applied on the coastal meteorological data of Cumaná and El Yaque by Aparicio and Contreras (this vol.), is expressed as offshore Ekman transport in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ per 100 m of coastline following Bakun (1973). The second one (*CUE2*), applied on COADS data, is the east pseudo wind stress expressed in $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$. In order to avoid any bias due to an increase in the use of anemometers on merchant ships over the years, only Beaufort scale data were used. The third one (*CUE3*), available in the NESDIS data base, is the east wind stress expressed in Pascals, i.e. $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$. Here anemometer data was intercalibrated with Beaufort scale data.

2) The upwelling index (*CUE4*) was based on average yearly integrated wind speed values above the mean (3.5 m s^{-1} at Cumaná and 4.8 m s^{-1} at Punta de Piedras). Due to seasonality in the data series, each «environmental year i » extended from November in the year $i-1$ to October of the year i . This index was calculated in order to account for the complex topography of the area, which may originate upwelling events even when wind direction is not oriented along the east-west axis (see section III.2. and Fréon and Ans (this vol.) for discussion).

con miras a tomar en cuenta la compleja topografía del área, la cual puede generar eventos de surgencia aun cuando la dirección del viento no esté orientada a lo largo del eje Este-Oeste (ver sección III.2. y Fréon y Ans (este vol.) para mayores detalles).

Datos hidrológicos

(Aparicio; Fréon y Ans; ambos en este vol.)

Series temporales largas de temperatura superficial del mar (*TSM*) fueron obtenidas a partir de las bases de datos de buques mercantes COADS y NESDIS para estratos geográficos de $1^\circ \times 1^\circ$, cubriendo los períodos 1950–1990 y 1950–1989, respectivamente (Fig. 2). Adicionalmente, se analizaron datos costeros de *TSM* provenientes de Cumaná (1959–1971) y se consideraron otras series de alcance temporal limitado disponibles en la literatura.

Datos de salinidad superficial del mar de 1977 a 1986 fueron obtenidos de la base de datos subsuperficiales TOGA del Centro Ocenológico de Brest, Francia. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes fueron obtenidos por Okuda *et al.* (1978a y b) en el Golfo de Cariaco para el período 1971–1975.

La estabilidad estática E de la capa superficial fue estudiada utilizando la frecuencia de Brünt-Väisälä (N ciclos hora⁻¹), a partir de la ecuación $N = Vg E$, donde g

Hydrological data

(Aparicio; Fréon and Ans; both in this vol.)

Long series of sea surface temperature (SST) were obtained from merchant ship data bases COADS and NESDIS in $1^\circ \times 1^\circ$ strata covering respectively the periods 1950–1990 and 1950–1989 (Fig. 2). Moreover, coastal SST data from Cumaná (1959–1971) were analyzed and other limited time series available in the literature were also considered.

Sea surface salinity from 1977 to 1986 were obtained from the TOGA Sub-Surface Data Center of Brest, France. Other data of vertical temperature, salinity, dissolved oxygen and nutrient profiles were obtained by Okuda *et al.* (1978a and b) in the Gulf of Cariaco from 1971 to 1975.

The static stability E of the surface layer was studied using the Brünt-Väisälä frequency (N cycle hour⁻¹) from the equation $N = Vg E$ where g is gravitational acceleration (Castañeda, 1989).

Some short time series of current measurements were obtained from mechanical (Anderra) current meter recordings at

es la aceleración gravitacional (Castañeda, 1989).

Algunas series temporales cortas de mediciones de corrientes fueron obtenidas de registros de correntímetros mecánicos (Anderra) a diferentes profundidades (5, 12, 20 y 50 m) en dos localidades: en la costa de Jose cercana a Barcelona y en la costa de Paria a $62^{\circ}15'0$. Además, una revisión de la literatura arrojó información adicional sobre circulación (Gordon, 1967; Febres, 1974; Febres y Herrera, 1975), nivel del mar (Kjerfve, 1981; Verstraete, 1988; Müller-Karger y Aparicio, 1994) upwelling process (Richards, 1960; Fukuoka, 1965 1966; Okuda *et al.*, 1969; Herrera and Febres, 1975) and Orinoco influence (Monente, 1990; Müller-Karger and Varela, 1990).

different depths (5, 12, 20 and 50 m) in two locations: on the Jose coast near Barcelona and on the Paria coast at $62^{\circ}15'W$. Moreover a literature survey gave additional information on circulation (Gordon, 1967; Febres, 1974; Febres y Herrera, 1975), sea level (Kjerfve, 1981; Verstraete, 1988; Müller-Karger and Aparicio, 1994) upwelling process (Richards, 1960; Fukuoka, 1965 1966; Okuda *et al.*, 1969; Herrera and Febres, 1975) and Orinoco influence (Monente, 1990; Müller-Karger and Varela, 1990).

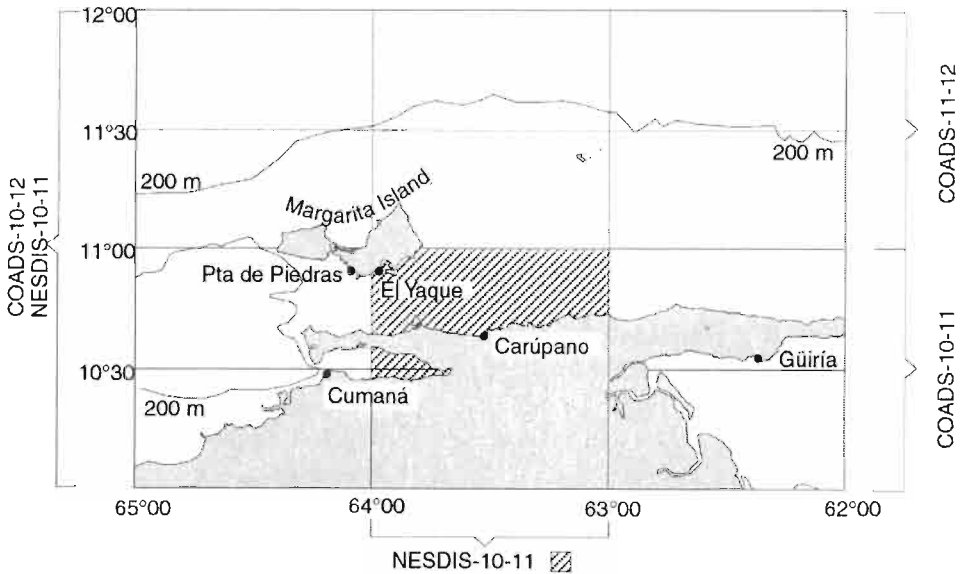


Figura 2

Localización de las zonas correspondientes a los distintos archivos de datos de buques de oportunidad; (Fréon y Ans, este vol.).

Location of the area corresponding to the various merchant ship data files; (Fréon and Ans, this vol.).

1994), procesos de afloramiento (Richards, 1960; Fukuoka, 1965-1966; Okuda *et al.*, 1969; Herrera y Febres, 1975) e influencia del Orinoco (Monente, 1990; Müller-Karger y Varela, 1990).

Fitoplancton

(Varela *et al.*, este vol.)

La sinopsis presentada por Varela *et al.* está basada en la literatura existente y datos sin publicar de diferentes cruceros oceanográficos. Los resultados sobre la composición y abundancia de especies proviene, principalmente, de cruceros realizados entre 1960 y 1965 en el oriente venezolano (Fundación La Salle, 1963, 1964a, 1964b, 1965; Margalef *et al.*, 1960; Margalef, 1965) y, en menor grado, de observaciones realizadas por Hulburt (1963, 1966), Halim (1967), La Barbera-Sánchez (1984, 1993) y Sánchez-Suárez (1990). En el Golfo de Cariaco las fuentes más importantes de datos son Ferraz-Reyes (1976; 1977; 1987; 1989), Ferraz-Reyes *et al.* (1979; 1985; 1987), Mandelli y Ferraz-Reyes (1982) y Ferraz-Reyes y Fernández (1990). La colecta de muestras se hizo por medio de redes de fitoplancton (arrastres verticales, horizontales o diagonales) o por medio de botellas Nansen. El método más utilizado por estos autores para concentrar células fue el de la cámara de sedimentación de plancton, excepto Hulburt (1966) quien utilizó el método de centrifugación. Los análisis cuantitativos fueron realizados por medio de observaciones al microscopio.

Los estudios sobre pigmentos se basaron

Phytoplankton

(Varela *et al.*, this vol.)

The synopsis presented by Varela *et al.* is based on the literature and unpublished data from different oceanographic surveys. The composition and abundance of species results mainly from an extensive survey done from 1960 to 1965 in eastern Venezuela (Fundación La Salle, 1963, 1964a, 1964b, 1965; Margalef *et al.*, 1960; Margalef, 1965) and secondarily from observations by Hulburt (1963, 1966), Halim (1967), La Barbera-Sánchez (1984, 1993) and Sánchez-Suárez (1990). In the Gulf of Cariaco, main data sources are from Ferraz-Reyes (1976; 1977; 1987; 1989), Ferraz-Reyes *et al.* (1979; 1985; 1987), Mandelli and Ferraz-Reyes (1982), and Ferraz-Reyes and Fernández (1990). Data collection was done either by phytoplankton nets (vertical, horizontal or diagonal hauls) or by Nansen bottles. The major method used by these authors for cell concentration was the settling chamber, except for Hulburt (1966) who used centrifugation. Quantitative studies on cells were done from microscopic observations.

Studies on pigments were based on the same data set previously mentioned. Ballester and Margalef (1965) also studied plankton biomass and primary production. Additional data were available from

en las mismas fuentes de datos arriba mencionadas. Ballester y Margalef (1965) estudiaron la biomasa planctónica y producción primaria. También se analizaron datos disponibles en EDIMAR (Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle; Miró, 1969). Además se dispone de la concentración de clorofila y feopigmentos también fueron obtenidos de ocho cruceros realizados entre 1984 y 1988 (Acosta, 1987). Por otra parte, Bidigare *et al.* (1993) presentan perfiles verticales de un crucero realizado en 1988 por el B/O Columbus Iselin. Finalmente, datos recientes fueron colectados en aguas alrededor de la Península de Paria en 1992 (archivos EDIMAR).

Los datos de biomasa provienen, principalmente, de observaciones de la superficie y, en algunas ocasiones, de perfiles verticales. Estimados de producción primaria por el método del ^{14}C (Steeman-Nielsen, 1952, 1959) son escasos en la plataforma continental y, por lo tanto, deben considerarse solamente como indicativos. Estos son más numerosos en el Golfo de Cariaco y en el Golfo de Paria (Hammer, 1967; Mandelli y Ferraz-Reyes, 1982; Moigis, 1986; Moigis y Bonilla, 1985; 1988; Ferraz-Reyes, 1987; Bonilla *et al.*, 1993). Los trabajos pioneros de Richards (1960) y Curl (1960) sobre fijación de Carbono se basaron en estimaciones indirectas de producción primaria, por medio del consumo de fosfato asociado con mediciones de luz y clorofila.

La concentración de clorofila se obtuvo por espectrofotometría (Richards y Thompson, 1952; Lorenzen, 1967; Strickland y

EDIMAR (Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle; Miró, 1969). Chlorophyll and pheopigment concentrations were also obtained from eight surveys from 1984 to 1988 (Acosta, 1987). In addition, Bidigare *et al.* (1993) provided vertical profiles from a survey conducted in 1988 by R/V Columbus Iselin. Finally, recent data were collected off Paria Peninsula in 1992 (EDIMAR archives)

Biomass data are mainly available from surface data and seldom from vertical profiles. Primary production estimates by ^{14}C (Steeman-Nielsen, 1952, 1959) on the continental shelf are scarce and therefore only indicative. These are more numerous in the Cariaco Gulf and in the Paria Gulf (Hammer, 1967; Mandelli and Ferraz-Reyes, 1982; Moigis, 1986; Moigis and Bonilla, 1985; 1988; Ferraz-Reyes, 1987; Bonilla *et al.*, 1993). Pioneer work by Richards (1960) and Curl (1960) on fixed carbon are based on indirect estimation of primary production from phosphate depletion associated with light and chlorophyll measurements.

Chlorophyll concentration is obtained by spectrophotometry (Richards and Thompson, 1952; Lorenzen, 1967; Strickland and Parsons, 1972), except for Yentsch (1965) and Morris *et al.* (1981) who used the fluorometric method (Yentsch and Menzel, 1963). Only Bidigare *et al.* (1993) used chromatography (HPLC).

Finally 39 preprocessed images of the Coastal Zone Color Scanner (CZCS) for the period 1978–1982 were used to study the surface distribution of chlorophyll

Parsons, 1972), exceptuando a Yentsch (1965) y Morris *et al.* (1981) quienes utilizaron el método fluorimétrico (Yentsch y Menzel, 1963). Solamente Bidigare *et al.* (1993) utilizaron cromatografía (HPLC).

Finalmente 39 imágenes previamente procesadas del sensor remoto "Coastal Zone Color Scanner" (CZCS) fueron utilizadas para estudiar la distribución superficial de pigmentos clorofílicos en el oriente venezolano para el período 1978-1982 (Müller-Karger *et al.*, 1989; Müller-Karger y Varela, 1988, 1990).

Interacciones tróficas

(Mendoza, este vol.)

Mendoza (1993) y Mendoza (este volumen) utilizaron el modelo ECOPATH II para estimar un presupuesto de biomasa para la plataforma del nororiente venezolano. Tal como lo describen Pauly *et al.* (1993) y Christensen y Pauly (1992a, 1992b), el modelo ECOPATH II se deriva de los trabajos de Polovina y Ow (1983) y Polovina (1984).

Fundamentalmente el enfoque consiste en modelar un ecosistema por medio de un sistema de ecuaciones lineales simultáneas, una para cada (grupo de) especie *i*:

Producción de (*i*) – toda depredación sobre (*i*) – pérdidas no depredatorias de (*i*) – exportaciones de (*i*) = 0 (1)

en otros términos:

$$B_i P_i/B_i - \sum (B_j Q_j/B_j DC_{ji}) - P_i/B_i (1 - EE_i) - EX_i = 0 \quad (2)$$

pigments in eastern Venezuela (Müller-Karger *et al.*, 1989; Müller-Karger and Varela, 1988, 1990).

Trophic Interactions

(Mendoza, this vol.)

Mendoza (1993) and Mendoza (this volume) used the ECOPATH II model to estimate a biomass budget for the north-eastern Venezuela shelf. As described in Pauly *et al.* (1993) and Christensen and Pauly (1992a, 1992b), the ECOPATH II model is derived from the work of Polovina and Ow (1983) and Polovina (1984).

Basically the approach is to model an ecosystem using a system of simultaneous linear equations, one for each (group of) species *i*:

Production by (*i*) – all predation on (*i*) – nonpredatory losses of (*i*) – export of (*i*) = 0 (1)

in other terms:

$$B_i P_i/B_i - \sum (B_j Q_j/B_j DC_{ji}) - P_i/B_i (1 - EE_i) - EX_i = 0 \quad (2)$$

donde:

B_i = biomasa de (i);

P_i/B_i = cociente producción/biomasa de (i), el cual, bajo condiciones de equilibrio, es igual al coeficiente instantáneo de mortalidad total Z (Allen, 1971);

EE_i = es la parte de la producción que va a depredación, capturas y exportaciones a otros sistemas;

B_j = biomasa del depredador j ;

Q_j/B_j = cociente consumo/biomasa del depredador j ;

DC_{ji} = es la fracción en peso de la presa (i) en la dieta promedio del depredador j ;

EX_i = suma de la capturas por pesca de (i) más emigración a ecosistemas adyacentes.

El ecosistema fue dividido en 16 compartimientos que incluyeron: pequeños tiburones, escómbridos y barracudas, pargos y meros, calamares, roncadores, carangidos, corocoros, bagres, cachorreta, otros peces demersales, pequeños demersales, bentos heterotrófico, zooplancton, fitoplancton, productores bentónicos y detrito. Los datos de entrada al modelo incluyeron estimaciones de biomasa por hidroacústica (ver sección siguiente) y área de barrido, cocientes Producción/Biomasa a partir de estimados de mortalidad total (Z), hábitos alimenticios y cocientes Consumo/Biomasa de los diferentes grupos (ver Mendoza, este volumen; para mayores detalles sobre fuentes de datos y métodos de estimación). Estos datos permitieron estimar el flujo de biomasa en el sistema y estimar la biomasa de los compartimientos de fitoplancton, zooplancton y detrito.

where:

B_i = biomass of (i);

P_i/B_i = production/biomass ratio of (i), which under steady state conditions is equal to the instantaneous coefficient of total mortality Z (Allen, 1971);

EE_i = is the part of production that goes to predation, catches and exports to other systems;

B_j = biomass of predator j ;

Q_j/B_j = consumption/biomass ratio of predator j ;

DC_{ji} = is the fraction of prey (i) by weight in the average diet of predator j ;

EX_i = sum of fisheries catches of (i) plus emigration to adjacent ecosystems.

The continental shelf ecosystem was divided in 16 compartments which included: small sharks, scombrids and barracudas, snappers and groupers, squids, croakers, carangids, grunts, catfish, mackerel, other demersal fishes, small pelagics, heterotrophic benthos, zooplankton, phytoplankton, benthic producers and detritus. Input data to the model consisted of hydroacoustic (see next section) and trawl survey biomass estimates, Production/Biomass ratios from total mortality (Z) estimates, dietary habits, and Consumption/Biomass ratios of component groups (see Mendoza, this volume; for further details on data sources and estimation methods). These data permitted us to estimate biomass flow within the system and to estimate biomasses of the zooplankton, phytoplankton and detritus components.

Cruceros Hidroacústicos

(Cárdenas, este vol.)

Ocho cruceros hidroacústicos fueron realizados en la plataforma del oriente venezolano entre 1985 y 1988 por el B/O La Salle (Cárdenas, este vol.). El equipamiento básico fue una ecosonda Simrad EKS de 120 kHz y un ecoinTEGRADOR numérico Agenor (Protechno). El procesamiento de los datos se hizo de manera convencional (Forbes y Nakken, 1974). La señal del plancton se filtró por un umbral en el ecoinTEGRADOR. La estimación de biomasa se efectuó utilizando un valor de Fuerza del Blanco (Target Strength) de $-34,6$ dB kg^{-1} , el cual corresponde al índice de reflexión promedio para pequeños pelágicos en el área de estudio (Gerlotto, 1987). El diseño de los cruceros consistió en transeptos paralelos separados por 10 m.n. (Simard y Gerlotto, 1990). Los cruceros se realizaron en horas diurnas y nocturnas a una velocidad de 10 nudos. Los datos nocturnos fueron utilizados para estimaciones de biomasa y los datos diurnos para conteo de cardúmenes.

Cuatro cruceros hidroacústicos y de arrastre fueron realizados por el B/O Dr. Fridtjof Nansen en 1988 (Anon., 1989). El equipamiento consistió de dos ecosondas científicas SIMRAD (EK 400/38 kHz y EK 400/120 kHz). El EK 400/38 estaba acoplado a un integrador digital QD y a un integrador analógico QM. La calibración de los instrumentos se hizo por medio de esferas de cobre estándar.

El último crucero se realizó en abril de 1996 por el B/O Hermano Ginés y el B/O

Acoustic surveys

(Cárdenas, this vol.)

Eight acoustic surveys have been conducted on the eastern shelf of Venezuela from 1985 to 1988 with the R/V La Salle (Cárdenas, this vol.). The basic equipment was a Simrad EKS echosounder of 120 kHz and a numerical echo integrator Agenor (Protechno). Data processing was conventional (Forbes and Nakken, 1974). The plankton signal was filtered with a suitable threshold on the echo-integrator. The estimation of the biomass was done using a target strength value of $-34,6$ dB kg^{-1} which corresponds to the mean reflection index of small pelagic fish in the area (Gerlotto, 1987). The survey design consisted of parallel transects, 10 n.m. apart, as defined from previous surveys (Simard and Gerlotto, 1990). The surveys were conducted day and night at a vessel speed of 10 knots. Night data were used for biomass estimates and day data for school counts.

Four acoustic and trawl surveys were conducted by the R/V Dr. Fridtjof Nansen in 1988 (Anon., 1989). Equipment consisted of two SIMRAD scientific echosounders (EK 400/38 kHz and EK 400/120 kHz). The EK 400/38 was coupled to a digital integrator QD, as well as to an analog integrator QM. The performance of the instruments was measured by calibrations on a standard copper sphere.

The last survey was performed in April 1996 by R/V Hermano Ginés and R/V Antea. During most of the above men-

Antea. Durante la mayor parte de los mencionados cruceros la identificación de los ecos se hizo por medio de muestreos con redes de arrastre pelágicas y/o de fondo.

Datos Biológicos

(Fréon *et al.* a; Huq; Mendoza *et al.* a; todos en este vol.)

Base de datos

Los datos del Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), recolectados por el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) desde julio de 1956 hasta septiembre de 1989 fueron utilizados en este estudio. El muestreo fue interrumpido por un número limitado de años (1960, 1970, 1974 and 1980), debido a falta de personal o ausencia de actividades de pesca. Los datos sobre cada individuo incluye: fecha y sector de captura, longitud total, peso, sexo y estadio de madurez sexual. La observación macroscópica de las gónadas permitió la separación de individuos en tres clases (machos, hembras e inmaduros) y definir ocho estadios de madurez sexual, según Simpson y González (1967). De forma resumida, los estadios de madurez de 0 a 3, inclusive, corresponden a juveniles o individuos en fases tempranas de maduración, los estadios 4, 5 y 6 están cerca del principio o del final de la reproducción, y el estadio 7 corresponde a la reabsorción de huevos.

El análisis del Factor de condición (88.514 observaciones) y de la reproduc-

tioned surveys, echo traces were identified by samples caught by a pelagic and/or bottom trawl.

Biological data

(Fréon *et al.* a; Huq; Mendoza *et al.* a; both in this vol.)

Database

The data of the Ministry of Agriculture and Husbandry (MAC), processed by the National Fund for Agriculture and Husbandry Research (FONAIAP) from July 1956 to September 1989 was used in this study. Sampling was interrupted for a limited number of years (1960, 1970, 1974 and 1980), due to lack of personnel or to the absence of fishing activities. The data on each individual include date and sector of catch, total length, weight, sex and maturity stage. The macroscopic observation of gonads allowed the separation of individuals into three classes (males, females and unsexed individuals classed as immature) and the definition of eight sexual maturity stages for males and females (after Simpson and González (1967). In summary, maturity stages 0 to 3, inclusive, correspond to juveniles or early maturing individuals; stages 4, 5 and 6 are close to the beginning or end of reproduction; and stage 7 corresponds to egg resorption.

Condition factor (88,514 observations) and reproduction (96,346 observations) analysis were made on the whole period;

ción (96.346 observaciones) se realizó sobre el total del período considerado, mientras que el Análisis de Población Virtual (APV) basado en longitudes se concentró en el período 1976–1989 cuando el muestreo fue más intensivo. Las observaciones mensuales fueron obtenidas en las operaciones de desembarque en las

while length-based VPA analysis concentrated on the 1976–1989 period, when sampling was more intensive. Monthly observations were obtained during landing operations in canning factories, and basic sampling units consisted of 60 to 100 individuals from the same seine set.

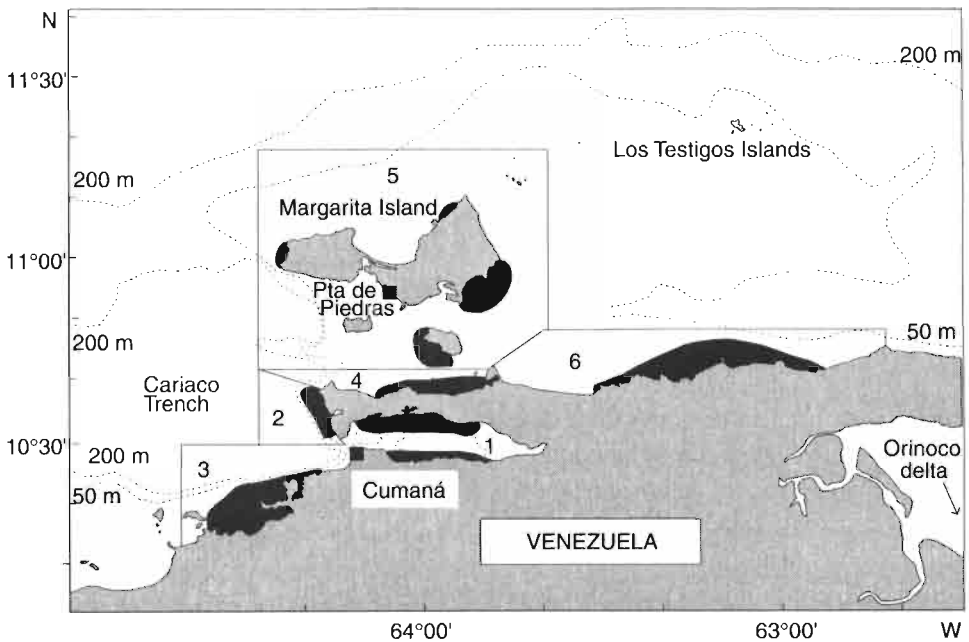


Figura 3

Áreas de pesca (negras) y de muestreo biológico (celdas con números) de la sardina, *Sardinella aurita*, en el Nororiente de Venezuela : 1- Golfo de Cariaco (Zona Sur); 2- Oeste de Araya (Zona Sur); 3- Santa Fe (Zona Sur); 4- Norte de Araya (Zona Norte); 5- Margarita (Zona Norte); 6- Carúpano (Zona Norte) (Fréon *et al.*, este vol.). Nota: por razones históricas, solo se identificaron cinco áreas de pesca, siendo Oeste de Araya y Norte de Araya agrupadas en una sola área nombrada "Araya".

Sardinella aurita fishing sectors (black) and biological sampling sectors (numbered cells) in northeastern Venezuela: 1- Gulf of Cariaco (Southern area); 2- West Araya (Southern area); 3- Santa Fe (Southern area); 4- North Araya (Northern area); 5- Margarita (Northern area); 6- Carúpano (Northern area) (Fréon *et al.*, this vol.). Note: for historical reasons, only five fishing sectors have been identified, that is West Araya and North Araya are regrouped in a single sector named "Araya".

plantas procesadoras. Las unidades básicas de muestreo consistieron en muestras de 60 a 100 individuos provenientes de una misma calada.

La estratificación geográfica se basó en la definición de seis sectores: Golfo de Cariaco, oeste de Araya, Santa Fe, norte de Araya, Margarita y Carúpano (Fig. 3).

Factor de condición

El factor de condición individual (CF_i) propuesto por Le Cren (1951) y recomendado en el caso de crecimiento alométrico (ver Fréon 1986 para una revisión bibliográfica) fue utilizado:

$$CF_i = 100 W_i / W_{st} = 100 W_i / a L_i^b \quad (3)$$

donde W_i es el peso total individual observado, W_{st} es el peso teórico obtenido del modelo como una función de la longitud individual, a y b son constantes de la relación longitud-peso $W = a L^b$ ajustada por regresión funcional, ya que se trata de un estudio biométrico.

Estimados no sesgados de promedios por sector, mes o año pueden ser obtenidos utilizando el modelo lineal general (GLM) (SAS Institute Inc. 1989; McCullagh y Nelder 1989). El promedio corregido (“expected population mean” o “LS MEANS”) estimado por el método de mínimos cuadrados representa un estimador no sesgado del factor de condición para un estrato temporal o espacial dado. La ecuación del modelo es:

$$CF_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{ij} + f_{i,k} + gL_{i,j,k,l} + \epsilon_{i,j,k,l} \quad (4)$$

The geographical stratification is based on the definition of six sectors: Cariaco Gulf, west Araya, Santa Fe, north Araya, Margarita and Carúpano (Fig. 3).

Condition factor

The individual condition factor (CF_i) proposed by Le Cren (1951) and recommended in the case of allometric growth (see Fréon 1986 for a bibliographic review) was used:

$$CF_i = 100 W_i / W_{st} = 100 W_i / a L_i^b \quad (3)$$

where W_i is the observed individual total weight, W_{st} is theoretical weight obtained from the model as a function of individual length L_i , and a and b are constants from the length-weight relationship $W = a L^b$, adjusted by a functional regression since we were dealing with a biometric study.

Non biased estimates of means per sector, month or year may be obtained using the general linear model (GLM) (SAS Institute Inc. 1989; MacCullagh and Nelder 1989). The corrected mean (“expected population mean” or “LS MEANS”) estimated by the least squares method represents a non biased estimator of the condition factor for a given time and space stratum. The equation of the model is:

$$CF_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{ij} + f_{i,k} + gL_{i,j,k,l} + \epsilon_{i,j,k,l} \quad (4)$$

where m is a constant, $a . . . f$ are parameters depending respectively on the “main effects” related to the variables of *Year_i*, *Month_j*, *Sector_k* (class variables) and their interactions, g is the parameter related to

donde m es una constante, $a . . . f$ son parámetros dependientes de los "efectos principales" relacionados con las variables $Año_i$, Mes_j , $Sector_k$ (variables de clase) y sus interacciones, g es el parámetro relacionado a la covariable L observada en el $Año i$, $Mes j$, $Sector k$ con l repeticiones, y ε es el residuo. En un primer análisis los individuos fueron separados por sexo, pero, debido a la similitud de los resultados, los sexos fueron posteriormente agrupados. Se revisó (aquí y en todos los modelos lineales subsiguientes) que la distribución de los residuos fuera cercana a la normalidad y que no hubiera tendencia en el gráfico entre ellos y los valores predictivos.

Estadios de madurez sexual

Debido al bajo número relativo de gónadas en estadios de madurez 5 y 6 (1% y 0,6%, respectivamente), los cuales ocurren solamente durante y justo después del desove, se combinaron los estadios de madurez 4, 5 y 6 para obtener el número de individuos machos y hembras maduros. Adicionalmente, los estadios de madurez 5 y 6 siguen el mismo patrón estacional que el estadio 4, pero éste último es más abundante (7,3%). La proporción de estos tres estadios de madurez por intervalos de clase de 1 cm permitió estimar la longitud a la primera madurez (L_{m00}) y la longitud promedio de madurez sexual (L_{m50}).

Un índice reproductivo (*REPROD*) fue estimado a partir de los individuos de longitud superior a L_{00} . *REPROD* es el cociente de individuos en estadios maduros al número total de individuos de longitud

covariate L observed in *Year i*, *Month j*, *Sector k* with l repetitions, and ε is the residual. In a first analysis, individuals were separated by sex, but considering the similarity of results, sexes were subsequently grouped. We checked (here and for all the subsequent linear models) that the distribution of residuals was close to normality and that the relation between them and predicted values did not present a trend.

Sexual maturity stages

Due to the relatively few observations of gonads at maturity stages 5 and 6 (1% and 0.6%, respectively), which occur only during and just after spawning, we combined maturity stages 4, 5 and 6 to give the numbers of mature male and female specimens. Additionally, maturity stages 5 and 6 follow the same seasonal pattern as stage 4, but the latter is more abundant (7.3%). The proportion of these three maturity stages in the number of individuals per 1 cm class intervals permitted the estimation of the length at first observed maturity (L_{m00}) and the average length at sexual maturity (L_{m50}).

A reproductive index (*REPROD*) was estimated only from individuals of length greater than L_{m00} . *REPROD* is the ratio of individuals in maturity stages to the total number of individuals larger than L_{m00} (we have studied the sensitivity of *REPROD* to a higher threshold value (L_{m25}) and found little difference). The two sexes were regrouped considering the similarity of results. Since *REPROD* is a proportion, we intended to fit a logistic

superior a L_{00} . Hemos estudiado la sensibilidad de *REPROD* a un umbral más alto (L_{m25}) y encontrado pocas diferencias. Se agruparon los dos sexos considerando la similaridad de los resultados obtenidos. Puesto que *REPROD* es una proporción, se procedió a ajustar un modelo logístico, considerando que la distribución teórica es una binomial y utilizando la función de enlace logit (procedimiento GENMOD; SAS Institute Inc. 1993; McCullagh y Nelder 1989). Debido a limitaciones de memoria electrónica sólo fue posible ajustar un modelo sin interacciones relativas al año:

$$E(REPROD_{i,j,k,l}) = f(x) = f(m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e L_{i,j,k,l}) \tag{5}$$

donde $f(x) = \exp(x)/(1 + \exp(x))$, la función logística; m es una constante; $a \dots d$ son parámetros dependientes de las interacciones principales B -Año $_i$ (el cual representa el “año biológico”, es decir el período de 12 meses entre agosto del año en curso y julio del año siguiente), Mes_j , $Sector_k$ y sus interacciones; e es el parametro relacionado a la covariable L observada en el Año i , $Mes j$, $Sector k$ con l repeticiones. También se ajustó un modelo generalizado de la misma forma que el modelo (2) aproximando en este caso la distribución binomial por una distribución normal:

$$REPROD_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + gL_{i,j,k,l} + \epsilon_{i,j,k,l} \tag{6}$$

Hábitos alimenticios y fecundidad

Estos aspectos se reportan por medio de un análisis de la literatura. Los hábitos

model, considering that the theoretical distribution is binomial, and to use the link function logit (GENMOD procedure; SAS Institute Inc. 1993; McCullagh and Nelder 1989). Due to memory limitations, it was only possible to fit a model without interactions relative to the year:

$$E(REPROD_{i,j,k,l}) = f(x) = f(m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e L_{i,j,k,l}) \tag{5}$$

where $f(x) = \exp(x)/(1 + \exp(x))$, the logistic function; m is a constant; $a \dots d$ are parameters depending respectively on main effects B -Year $_i$ (which represents the “biological year”, that is the 12 month period between August of the current year and July of the following year), $Month_j$, $Sector_k$ and their interactions; e is the parameter related to covariate L observed in Year i , Month j , Sector k with l repetitions. We also adjusted a generalized model of the same form as model (2) by approximating here the binomial distribution by a normal distribution:

$$REPROD_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + gL_{i,j,k,l} + \epsilon_{i,j,k,l} \tag{6}$$

Food habits and fecundity

These aspects are reported from a literature survey. Food habits were studied by stomach contents which were compared to available prey in the area of the catches (Bruzual, 1984; Caldera *et al.* 1988, García *et al.*, 1985a, and Oropeza, 1984; Ramirez *et al.*, 1987). Fecundity was studied by microscopic counting of the number of ovocytes (Figuera, 1967; Reyes, 1981;

alimenticios fueron estudiados por medio del contenido estomacal, los cuales fueron comparados con la disponibilidad de presas en el área de las capturas (Bruzual, 1984; Caldera *et al.* 1988, García *et al.*, 1985a, Oropeza, 1984; Ramírez *et al.*, 1987). La fecundidad fue estimada por conteo al microscopio del número de ovocitos (Figuera, 1967; Reyes, 1981; Ramírez y Huq, 1986; Huq y Rodríguez, 1988). Ver referencias en Huq (este vol.) para detalles metodológicos.

Datos pesqueros

(Guzmán *et al.*; Fréon *et al.*, a y b)

Datos de captura y esfuerzo fueron obtenidos de reportes de la industria procesadora y muestreos del FONAIAP para el período 1959–1989. Hasta 1973, solamente se contemplaban dos áreas de pesca: dentro y fuera del Golfo de Cariaco. Posteriormente se definieron cinco sectores de pesca: Golfo de Cariaco, Araya (agrupando los sectores de muestreos biológicos de Araya oeste y Araya norte), Santa Fe, Margarita y Carúpano (Fig. 3). La única unidad de esfuerzo de pesca disponible es el número de caladas exitosas para el período 1973–1989. Por lo tanto, la *CPUE* se expresa en toneladas por calada exitosa. La representatividad de estos datos es cuestionable, ya que Trujillo (1977) estimó una subestimación de las capturas de 31% al comparar datos oficiales y de producción de harina de pescado. Adicionalmente, parte de la producción no es procesada por las plantas

Ramírez and Huq, 1986; Huq and Rodríguez, 1988) See references in Huq (this vol.) for methodological details.

Fishery data

(Guzmán *et al.*; Fréon *et al.*, a and b)

Catch and effort data were obtained from monthly industry reports to FONAIAP from 1959 to 1989. Until 1973, only two fishing areas were defined within and outside the Gulf of Cariaco. Later, five fishing sectors were defined, namely Cariaco Gulf, Araya (regrouping the biological sampling sectors of west Araya and north Araya), Santa Fe, Margarita and Carúpano (Fig. 3). The only available fishing effort unit is the number of successful sets (1973 to 1989). Therefore *CPUE* is expressed as tons per successful set. The degree to which these data represent the actual fishery is questionable since Trujillo (1977) estimated a mean underestimation of 31% from comparison of fish meal data and official statistics. Moreover, part of the production is not processed by the factories (e.g. baits for tuna and artisanal fisheries, fresh sardine consumption). Finally, the precision of

(carnada para pesca atunera y artesanal, consumo en fresco). Finalmente, la precisión del número de caladas es limitada debido a la manera de operar de la pesquería. A pesar de estas fuentes obvias de sesgo y error, en este estudio se asume que: 1) la subestimación de las capturas no cambió significativamente entre 1973 y 1989, el cual es el período cubierto por la mayor parte de las contribuciones en este volumen; 2) que los errores y sesgos no presentan tendencias mayores, tanto a nivel interanual como intranual.

Un modelo lineal generalizado fue aplicado a datos mensuales log-transformados de esfuerzo de pesca y CPUE, expresado como:

$$\text{Log}(CPUE)_{i,j,k,l} \text{ o } \text{Log}(Effort)_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + \varepsilon_{i,j,k} \quad (7)$$

donde m es una constante, $a \dots f$ son parámetros que dependen respectivamente de los efectos principales de $Año_i$, Mes_j , $Sector_k$ y sus interacciones, l representa el número de repeticiones y ε son los residuos.

Tres índices de abundancia anuales fueron estimados de los datos de CPUE mensuales para áreas con más de tres caladas por mes: CPUE anual ponderada por mes y sector, CPUE anual no ponderada por mes y sector y CPUE anual ponderada por mes y no ponderada por sector (ver Guzmán *et al.*, este volumen, para más detalles). El índice de concentración espacio-temporal (Gulland, 1969) fue estimado como el cociente entre la CPUE no ponderada y la CPUE ponderada por mes y por sector.

the number of successful sets is limited due to the mode of operation of the fishery. Despite these obvious sources of bias and error, we assume in this study that: 1) the degree of underestimation in the catch did not change significantly from 1973 to 1989 which is the study period for most of the works in this volume and 2) the errors and bias do not present major trends in both the interannual and intra-annual level.

A generalized linear model was applied to monthly log-transformed fishing effort and CPUE data, expressed as:

$$\text{Log}(CPUE)_{i,j,k,l} \text{ o } \text{Log}(Effort)_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + \varepsilon_{i,j,k} \quad (7)$$

where m is a constant, $a \dots f$ are parameters that depend respectively on main effects of $Year_j$, $Month_j$, $Sector_j$ and their interactions, l represents the number of repeated observations and ε is the residuals.

Three annual abundance indexes were estimated from monthly CPUE data for areas with more than three sets per month, that is annual CPUE weighted by month and sector, annual CPUE non-weighted by month and sector and annual CPUE weighted by month and non-weighted by sector (see Guzmán *et al.* this volume, for details). The spatial-temporal concentration index (Gulland, 1969) was estimated as the ratio between the non-weighted CPUE and the CPUE weighted by month and sector.

Dinámica de poblaciones

Enfoque de producción excedente

Se utilizó el programa CLIMPROD (Fréon *et al.*, 1993) para seleccionar, ajustar y evaluar un modelo de producción excedente, incorporando una variable ambiental como un parametro de entrada adicional al esfuerzo de pesca. La selección del modelo es hecha por un sistema experto basándose en las características del stock y reglas empíricas. El modelo se ajusta por el algoritmo no lineal de Marquardt. El método de validación del modelo utiliza el enfoque del jackknife.

De manera a incorporar la estacionalidad de la pesquería y la serie ambiental, la entrada de datos anuales a CLIMPROD fue como sigue:

- «año de pesca i »: desde abril del año i hasta marzo del año $i + 1$;
- «año ambiental i »: desde noviembre del año $i - 1$ hasta octubre del año i .

Adicionalmente, se utilizó el algoritmo ACE (Alternating Conditional Expectation) de Breiman y Friedman (1985) para detectar eventuales relaciones no lineales entre la variable dependiente (*CPUE*) y las variables independientes (esfuerzo y variables ambientales). La última versión de ACE permite forzar la transformación monotónica de la variable dependiente. La contribución de cada variable independiente al total de la varianza explicada (gruesamente estimado por un valor asimi-

Population dynamics

Surplus production approach

We used the CLIMPROD Software (Fréon *et al.*, 1993) to choose, fit and assess a surplus production model which incorporates an environmental variable as an additional input to fishing effort. The choice of the model is made by an expert-system based on stock behavior and empirical rules. The model is fitted with the non linear Marquardt algorithm. The robustness of the fit is tested by the Jackknife approach.

In order to take into account the seasonality in the fishery and environment series, annual data input in CLIMPROD was as follows:

- “fishing year i ”: from April of year i to March of year $i + 1$;
- “environmental year i ”: from November of year $i - 1$ to October of year i .

In addition the ACE (Alternating Conditional Expectation) algorithm (Breiman and Friedman, 1985) was used to track possible non linear relationships between the dependent variable (*CPUE*) and independent variables (effort and environmental variables). The latest version of ACE allows us to force the monotonic transformation of the dependent variable. The contribution of each independent variable to total explained variance (roughly estimated by a value assimilated to r^2) is estimated according to the range of its transformed values. As far as possible, the limitations of the algorithm for a short data series were taken

lable a r^2) se estima de acuerdo al rango de las variables transformadas. En la medida de lo posible, se consideró las limitaciones del algoritmo para series de datos cortas al aplicar un enfoque tipo jackknife (Fréon *et al.*, 1992).

Parámetros del stock

El “Compleat ELEFAN” (Gayanilo *et al.*, 1989) fue utilizado con la información biológica mencionada anteriormente para estimación de parámetros poblacionales:

- Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy fueron obtenidos a través del análisis de progresiones modales. La descomposición de las distribuciones de frecuencias de tallas se hizo por medio del método de Battacharya (1967). Estimados de L_∞ y K se obtuvieron inicialmente por el método de Gulland y Holt (1959). Finalmente, el método de superficie de respuesta del ELEFAN I fue utilizado para mejorar estos estimados preliminares. De manera a tomar en cuenta la colinealidad entre L_∞ y K se computó el índice de crecimiento ϕ' (Munro and Pauly, 1983).

- La relación empírica de Pauly (1980) permitió obtener un valor aproximado del coeficiente instantáneo de mortalidad natural (M). Siguiendo la sugerencia de este mismo autor sobre los peces pelágicos formadores de cardúmenes, el estimado fue ajustado utilizando un factor de 0,8.

- Los valores de biomasa y mortalidad por pesca (F) fueron obtenidos por medio de un APV (análisis de población virtual) para intervalos de tiempo desiguales,

into account by applying a jackknife-like approach (Fréon *et al.*, 1992).

Stock parameters

The Compleat ELEFAN (Gayanilo *et al.*, 1989) was applied on the previously mentioned data set for parameter estimates:

- Growth parameters from the von Bertalanffy equation were obtained through modal progression analysis. Length frequency distribution decomposition was carried out using Battacharya’s (1967) method. Estimates of L_∞ and K were initially obtained using the Gulland and Holt (1959) plot. Finally, the ELEFAN I method was used in order to improve these preliminary estimates. In order to take into account the colinearity between L_∞ and K , the growth index ϕ' was computed (Munro and Pauly, 1983).

- Pauly’s (1980) empirical relation allowed us to obtain an approximate value of natural mortality (M). Following Pauly’s (op. cit.) suggestion concerning schooling pelagics, the estimates were corrected using a factor of 0.8.

- Biomass and fishing mortality (F) were obtained from a virtual population analysis (VPA) for unequal time intervals as developed by J. G. Pope (Pauly and Tsukayama, 1983).

Monthly length frequency and catch data were used in this application of the model. “Cohorts” are obtained from monthly generated growth curves which “cut” through the length frequency distributions. In this analysis a unique non-seasonal growth

según la técnica propuesta por J.G. Pope (Pauly y Tsukayama, 1983).

Datos mensuales de frecuencias de tallas y capturas fueron utilizados en esta aplicación del modelo. Las "cohortes" se obtienen a partir de curvas de crecimiento mensuales que "cortan" a través de las distribuciones de tallas. En este análisis una curva única no estacional de crecimiento obtenida de los valores promedios del período 1976–1989 fue utilizada. En todos los casos se asumió un nivel moderado del valor de mortalidad por pesca terminal (Tasa de Explotación $Er = F / (F + M) = 0,33$, con $F = 0,7$ y $M = 1,4$), basados parcialmente en información auxiliar (cruceos hidroacústicos). La transformación de los datos de longitud en peso fue efectuada utilizando la relación establecida por González (1985). Los estimados de biomasa parental fueron obtenidos asumiendo selección a filo de cuchillo a 50% de maduración sexual ($Lm_{50} = 19,5$ cm; Fréon *et al.* a, este volumen).

Finalmente relaciones bivariadas y múltiples entre explotación, parámetros poblacionales y series ambientales se exploraron por medio de métodos estadísticos estándar y el algoritmo ACE.

Rendimiento por recluta

Primero se simuló la variación en biomasa y fecundidad (FC) de una cohorte no explotada de 10.000 individuos, según el modelo exponencial convencional de sobrevivencia:

curve obtained from the average values for the period 1976–1989 was used. In all cases a moderate level of terminal fishing mortality (Exploitation rate $Er = F / (F + M) = .33$, with $F = .7$ and $M = 1.4$) was assumed, based on auxiliary information (acoustic and associated trawling surveys). The transformation of length data into weight was based on the relationship established by González (1985). The estimates of parental exploited biomass were obtained assuming knife-edge selection at 50% maturation ($Lm_{50} = 19.5$ cm; Fréon *et al.* a, this volume).

Finally, bivariate and multiple relationships between exploitation, population parameters and environmental series are explored by standard statistical methods and the ACE algorithm.

Yield per recruit

First we have simulated the variation in biomass and total fecundity (FC) of an unexploited cohort of 10,000 individuals according to a conventional exponential model of survival:

$$\begin{aligned} B(t_i+1) &= [Nt_i \exp(-M(t_{i+1} - t_i))] W_{i+1} \\ \text{and } FC(t_i+1) &= [Nt_i \exp(-M(t_{i+1} - t_i))] \\ S_{i+1} P_{i+1} W_{i+1} Fec_{i+1} \end{aligned} \quad (8)$$

where t is time interval (0.25 year here), N is the number of individuals, S the sex ratio, P the proportion of mature females and Fec the individual fecundity.

Then we simulated the effect of exploitation using the conventional Thomson and Bell (1934) model.

$$\begin{aligned}
 B(t_i+1) &= [Nt_i \exp (-M(t_{i+1} - t_i))] W_{i+1} \\
 y \quad FC(t_i+1) &= [Nt_i \exp (-M(t_{i+1} - t_i))] S_{i+1} \\
 P_{i+1} W_{i+1} Fec_{t+1} & \qquad \qquad \qquad (8)
 \end{aligned}$$

donde t es el intervalo de tiempo (0,25 año en este caso), N es el número de individuos, S es la proporción de sexos, P la proporción de hembras maduras y Fec la fecundidad individual.

Luego se simuló el efecto de la explotación por medio del modelo convencional de Thomson y Bell (1934).

Datos Socio-económicos
(Mendoza *et al.* b, este volumen)

El estudio de Mendoza *et al.* b se limitó a un análisis social y económico de las principales comunidades pesqueras de sardina en la Península de Araya en el oriente de Venezuela: Guaca, Guatapanare, La Esmeralda y Punta Colorada. El período estudiado se extendió de junio de 1993 hasta marzo de 1994. Los datos sobre condiciones sociales (vivienda, servicios públicos, educación y salud), variables económicas (estructura por edad y sexos, ingresos, empleo, actividades económicas, comercio e industria) y actividad pesquera (tamaño y características de la flota, captura por arte y especies, ingresos y beneficios brutos) fueron obtenidos por medio de informantes claves, observaciones directas y muestreo intensivo en cada comunidad. La tasa de muestreo para condiciones sociales fue de 25% de las unidades habitacionales y de 50% a 100% de las mismas para las variables

Socio-economical data
(Mendoza *et al.* b, this vol.)

The study was limited to a social and economic analysis of the main sardine fishing communities in the Araya Peninsula in eastern Venezuela: Guaca, Guatapanare, La Esmeralda and Punta Colorada. The study period extended from June 1993 to March 1994. Data on social conditions (housing, public services, education and health), economic variables (structure by age and sex, earnings, employment, economic activities, commerce and industry) and fishing activities (fleet size and characteristics, catch by gear and species, gross income and benefits) were obtained through key informants, direct observations and intensive sampling in each community. The sampling rate of social conditions was 25% of the habitation units; it was between 50% and 100% for economic variables. We also report results from previous works on social and economical aspects of this fishery.

económicas. Se reportaron también resultados de trabajos anteriores sobre aspectos sociales y económicos sobre esta pesquería.

Resultados sobre medio ambiente

Procesos físicos generales

(Aparicio, este vol.)

El clima regional en el Caribe suroriental es determinado por las migraciones estacionales de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT). La estación seca de noviembre a mayo ocurre cuando la ZCIT migra hacia el Ecuador, alcanzando su posición más al sur durante febrero y marzo. La estación de lluvias es determinada por la migración hacia el norte de la ZCIT, la cual alcanza su posición más al norte en los meses de julio a septiembre. Correspondientemente, en un ciclo anual, las variaciones temporales en la velocidad del viento, altura de las olas, temperatura del mar y del aire, evaporación y lluvia, presentan una señal estacional bien definida (Tabla 1). Durante la estación seca los vientos alisios del noreste son predominantes. En esta estación la velocidad media del viento en las estaciones meteorológicas costeras sobrepasa los 4 s^{-1} y alcanza valores promedios máximos de aproximadamente 5 m s^{-1} en marzo. De julio a octubre los valores promedios mensuales están por debajo de

Results on Environment

General physical processes

(Aparicio, this vol.)

The regional climate in the southeastern Caribbean is determined by the seasonal migrations of the Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ). The dry season, from November to May, occurs when the ITCZ migrates towards the Equator reaching its southernmost position during February and March. The rainy season is determined by the northward migration of the ITCZ, which reaches its northernmost position during the months of July through September. Correspondingly, in a yearly cycle, the temporal variations in wind speed, wave height, air and water temperature, evaporation and rain, present a well defined seasonal signal (Table 1). During the dry season the northeast trade winds are dominant. During this season, average wind speed in most of the coastal stations is above 4 m s^{-1} and attains maximum average values of about 5 m s^{-1} in March. From July through December, average monthly values are below 4 m s^{-1} and minima under 3 m s^{-1} are observed in September (Aparicio, this

PHYSICAL PROCESSES	PERIODS OF EXTREME CONDITIONS	
	February-March-April	Sept-Oct-Nov
Conditions of lower atmosphere:		
– wind speed	Maximum	Minimum
– precipitations	Minimum	Maximum
– evaporation	Maximum	Minimum
– temperature	Minimum	Maximum
Sea surface conditions:		
– temperature	Minimum	Maximum
– mean relative sea level	Minimum	Maximum
– wave height	Maximum	Minimum
– influence of the Orinoco on salinity	Minimum	Maximum
– water column stability		
– intrusion of Atlantic waters through the Guiana current	Maximum	Minimum

▮ Tabla 1

Influencia de la migración estacional de la ZCIT sobre las condiciones climatológicas y oceanográficas del nororiente de Venezuela (Aparicio, este volumen)

Influence of seasonal ITCZ migration on climatological and oceanographic conditions of northeastern Venezuela; (Aparicio, this vol.).

4 m s⁻¹ y mínimos inferiores a 3 m s⁻¹ se observan en el mes de septiembre (Aparicio, este vol.; Fréon y Ans, este vol.). Datos de la estación meteorológica de El Yaque en la isla de Margarita y de buques mercantes (COADS y NESDIS) sugieren que estos valores están subestimados (Fig. 4), debido a la influencia terrestre y, en menor grado, al gradiente meridional en la velocidad del viento (Wooster y Reid, 1963).

vol.; Fréon and Ans, this vol.). Data from the meteorological station of El Yaque on Margarita Island and data from merchant ships (COADS and NESDIS) suggest that these values are underestimated (Fig. 4) due to terrestrial influence and secondarily to a meridional gradient in wind speed (Wooster and Reid, 1963). More realistic maximum and minimum monthly averaged wind speeds are probably 7 and 5.5

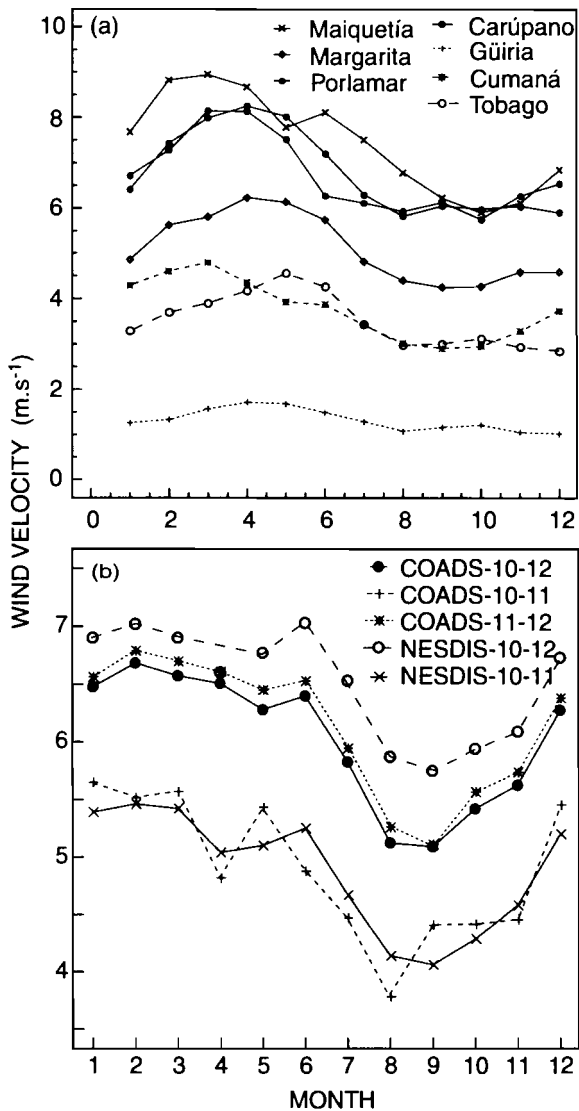


Figura 4

Comparación de la estacionalidad de la velocidad del viento calculada a partir de los archivos de datos de las estaciones meteorológicas costeras (a) y de los buques mercantes (COADS y NESDIS) (b); (Fréon y Ans, este vol.).

Comparison of the seasonal wind speed patterns calculated using (a) coastal meteorological stations and (b) merchant ship data files (COADS and NESDIS) (Fréon and Ans, this vol.).

Valores mensuales máximos y mínimos más realistas son probablemente del orden de 7 y 5,5 m s⁻¹, respectivamente. Adicionalmente, el patrón direccional del campo de vientos es menos variable en los datos insulares (Punta de Piedras y El Yaque) y de buques mercantes que en las estaciones meteorológicas costeras. Para el primer conjunto de datos, durante el primer semestre las direcciones prevalentes son Este y Este-Noreste, mientras que en el segundo semestre son Este-Sureste o Sureste. En el caso de las estaciones meteorológicas costeras continentales, el campo de vientos ocupa completamente el primer y segundo cuadrantes. Esta es una de las justificaciones para el uso de *CUE4* (ver sección II.1) como un índice de afloramiento.

Afloramiento

(Aparicio; Fréon y Ans; ambos en este vol.)

Herrera y Febres (1975), basándose en el modelaje de la divergencia horizontal del campo de vientos superficial utilizando batimetría local y vientos del este con intensidades simuladas entre 4 a 16 m s⁻¹, llamaron la atención sobre la existencia de tres áreas bien definidas de circulación superficial divergente en la región, entre las latitudes 10°30' y 11°40'N y longitudes 61°30' and 64°00'. Estas son:

1) una zona de divergencia intensa localizada a sotavento del Banco de Los Testigos, que tipifica la ocurrencia de surgencia inducidas por islas en la región;

m s⁻¹, respectively. In addition, the direction pattern of the wind field is less variable in the merchant ship and island data (Punta de Piedras and El Yaque) than in the coastal meteorological stations. For the first set of data, during the first semester the prevailing directions are East, East-Northeast, while during the second semester they are East-Southeast or Southeast. In the case of continental coastal meteorological stations, the wind field completely occupies the first and second quadrants. This is one of the justifications for the use of *CUE4* (see section II.1) as an upwelling index.

Upwelling

(Aparicio; Fréon and Ans; both in this vol.)

Herrera and Febres (1975), based on modeling the horizontal divergence of the surface wind field using local bathymetry and westward winds with simulated intensities ranging from 4 to 16 m s⁻¹, called attention to the existence of three well defined areas of divergent surface circulation in the region, between latitudes 10°30' and 11°40'N and longitudes 61°30' and 64°00'. These are:

1) an intense divergence zone located leeward of Los Testigos bank, which typifies the occurrence of island induced upwelling in the region;

2) una zona de divergencia espacialmente más amplia al norte de Los Testigos en el borde de la plataforma, la cual presenta la propiedad de aumentar su extensión espacial al incrementarse la intensidad del viento;

3) un área de divergencia costera que corre paralela a la línea de costa siguiendo el eje del Valle Submarino de Carúpano hacia la Península de Araya, con una extensión zonal de aproximadamente 110 km y una extensión meridional superior a 20 km con un rango de profundidades comprendidas entre 0 y 75 m.

En este tercer sector se puede considerar que estamos en el caso de surgencia convencional de Ekman, puesto que la plataforma está orientada de este a oeste a lo largo del borde suroriental del Mar Caribe y los vientos alisios soplan, fundamentalmente, del este de enero a junio sobre la totalidad de la plataforma. La segunda área arriba mencionada puede corresponder con una segunda célula de surgencia como lo sugieren Jacques y Treguer (1986) en el caso de plataformas continentales amplias. No se dispone de datos de *TSM* a pequeña escala para confirmar los detalles de estas tres zonas de surgencia, pero este punto pudiera ser investigado por medio imágenes satélites detalladas de *TSM*. Sin embargo, el fenómeno general se refleja en la clara estacionalidad de la *TSM* que presenta valores mínimos en el primer trimestre ($\approx 25-26^{\circ}\text{C}$) y valores máximos en septiembre-octubre ($\approx 27-28^{\circ}\text{C}$), con un gradiente positivo de sur a norte (Fig. 5).

2) a spatially larger divergence zone north of Los Testigos at the shelf boundary, which presents the property of increasing spatial extension with increased wind intensity; and

3) a coastal area of divergence which runs parallel to the coastline following the axis of the Carupano submarine valley towards Araya Peninsula, with a zonal extension of approximately 110 km and a meridional extension larger than 20 km, implying depths in the range 0–75 m.

In this third area, we can consider that we are in the case of a conventional Ekman coastal upwelling since the shelf is oriented east-west along the southeastern boundary of the Caribbean Sea and trade winds are blowing mainly from the East from January to June all over the shelf. This is confirmed by the comparison between SST and upwelling indices (wind speed (Fig. 5a) or wind stress) in the NESDIS-10-11 annual data series, despite some discrepancies between the trends of some series. The second area mentioned above could correspond to a second cell of upwelling located near the shelf boundary, as suggested by Jacques and Treguer (1986) in the case of wide continental shelves. We lack small scale SST data to confirm the details of these three upwelling areas, but this point could be investigated from detailed SST satellite images. Nevertheless, the general phenomenon is reflected by the clear seasonality in the sea surface temperature which presents minimum values during the first trimester ($\approx 25-26^{\circ}\text{C}$) and maximum values in September-October ($\approx 27-28^{\circ}\text{C}$)

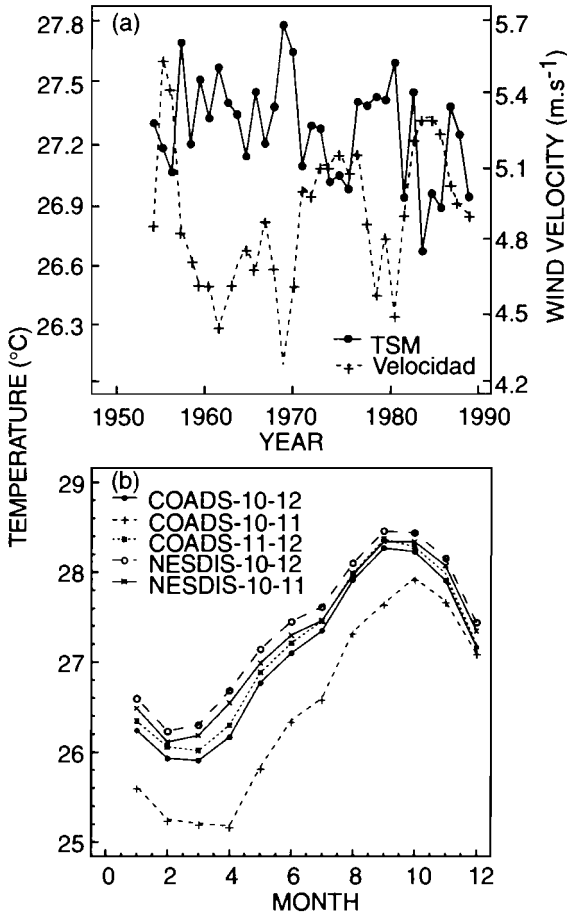


Figura 5
Datos marítimos de buques mercantes: a) comparación entre las series anuales de temperatura de superficie del mar y las series de velocidad del viento en el fichero NESDIS-10-11 (ver Fig. 2 para la localización de las observaciones) ; b) comparación de la estacionalidad de la temperatura de superficie estimada a partir de los archivos de datos marítimos (COADS y NESDIS) (Fréon y Ans, este vol.).

Marine data from merchant ships: a) comparison of annual data series of sea surface temperature and wind speed in the data file NESDIS-10-11 (see Fig. 2 for observation location); b) comparison of the seasonal patterns of sea surface temperature calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS) (Fréon and Ans, this vol.).

Adicionalmente, un evento local de afloramiento ocurre en el Golfo de Cariaco (profundidad promedio 50 m, longitud promedio de 56 km y anchura máxima de 14 km, con una anchura de 3 km en su área de contacto con el Mar Caribe). La profundidad máxima en este golfo es de 90 m y presenta un levantamiento en su entrada con profundidad de 60 m, lo cual limita el intercambio con aguas exteriores al golfo. En el Golfo de Cariaco, el agua

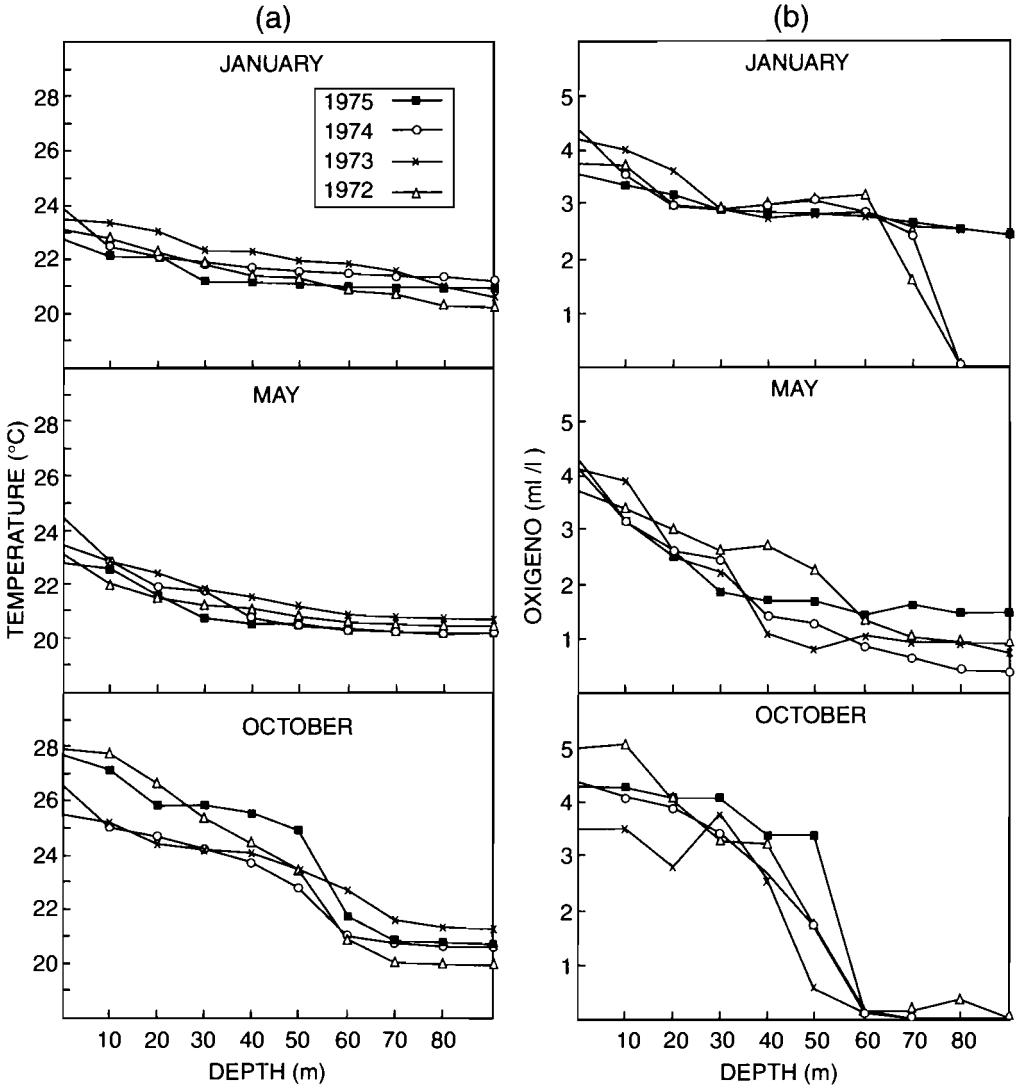
with a positive gradient from South to North (Fig. 5b).

In addition, a local upwelling event occurs in the Gulf of Cariaco (average depth 50 m, average length 56 km and maximum width 14 km, with a 3 km width in its area of contact with the Caribbean Sea). Maximum depth in this gulf is 90 m and it presents a rise at its entrance with a depth of 60 m, which limits its water exchange with outside waters. In

de superficie es transportada hacia afuera por los vientos dominantes y subsiguientemente reemplazadas por aguas frías, ricas en nutrientes, de la vecina Fosa de Cariaco (Richards, 1960; Okuda, *et al.* 1978). Los efectos de este afloramiento pueden apreciarse claramente en la figura 6, donde la estratificación de la capa cálida superficial (0 a 50 m) observada en octubre es reemplazada por aguas frías y ricas en nutrientes durante el primer semestre (W. Senior, com. pers.). Adicionalmente, McCreary *et al.* (1989) y Bakun (1996) sugieren que en bajas latitudes y en el caso de eventos de vientos fuertes de corta duración, el transporte del agua superficial puede ser directamente en la dirección del viento en vez de perpendicular a él como ocurre en el caso del transporte de Ekman plenamente desarrollado. Esto se debe al incremento de la escala temporal para el desarrollo del transporte de Ekman a medida que disminuye la latitud: un día a 30° de latitud, 3 días a 10°, ésto es en el rango latitudinal de la costa venezolana. En el caso de fuertes vientos soplando costa afuera puede ocurrir afloramiento. La duración de eventos de viento en el área no es bien conocida, pero un análisis preliminar de la estación meteorológica de Punta de Piedras (1979–1980) indica la ocurrencia de estos eventos de viento cortos y un ciclo diario en la velocidad del viento entre 5 m s⁻¹ durante la noche a 8 m s⁻¹ durante el día (Fréon y Ans, este vol.). Por otro lado, series diarias de temperatura presentadas por Aparicio (este vol.) sugieren que en agosto este tipo de evento puede ocurrir, aun

the Gulf of Cariaco surface water is transported away by prevailing winds and subsequently replaced by cold, nutrient-rich water from the neighboring Cariaco Trench (Richards, 1960; Okuda, *et al.* 1978). The effects of this upwelling are clearly shown in figure 6 where the stratification of the warm upper layer (0 to 50 m) observed in October is replaced by cold and rich water during the first semester (W. Senior, pers. com.). Moreover, McCreary *et al.* (1989) and Bakun (1996) suggest that in low latitudes and in the case of short wind events, the transport of surface water can be directly downwind rather than perpendicular to the wind direction as in the case of fully developed Ekman transport. This is due to the increase of the time scale for development of an Ekman transport response with diminishing latitude: one day at 30° latitude, 3 days at 10°, that is in the latitudinal range of coastal Venezuela. In the case of bursts of offshore directed winds, coastal upwelling can occur. The duration of wind events in the area is not well known, but preliminary analysis of Punta de Piedras meteorological station data (1979–1980) indicates the occurrence of such short wind events and a daily cycle in the wind speed which ranges from 5 m s⁻¹ during the night to 8 m s⁻¹ during the day (Fréon and Ans, this vol.). Moreover, daily temperature series presented by Aparicio (this vol.) suggest that in August this kind of event could happen, even though the wind speed never reaches the high values observed by McCreary *et al.* (1989).

The time series of wind speed from the



■ Figura 6

Distribución vertical: a) de la temperatura (°C), b) del oxígeno disuelto (ml l⁻¹) en el Golfo de Cariaco, durante los períodos de intensa surgencia (enero), de débil surgencia (mayo) y de ausencia de surgencia (octubre) (W. Senior, com. pers.).

Vertical distribution of a) temperature (°C), b) dissolved oxygen (ml l⁻¹) in the Gulf of Cariaco during the periods of strong upwelling (January), weak upwelling (May) and absence of upwelling (October) (W. Senior, pers. com.).

cuando la velocidad del viento no alcance los altos valores observados por McCreary *et al.* (1989).

Las series temporales de velocidad del viento de las estaciones meteorológicas costeras en el área y de buques mercantes indican una fuerte variabilidad interanual y tendencia (Fig. 7a y b). Los datos de buques mercantes muestran una evidente tendencia positiva para el período 1950–1990, mientras que algunas estaciones meteorológicas muestran una tendencia opuesta, especialmente dos estaciones ubicadas fuera del área de estudio (Maiquetía, La Orchila). En menor grado, también se observa una tendencia negativa en la estación de Cumaná, cuyo registro comenzó en la década de 1970. De la comparación de todas estas series de datos, las cuales muestran ciertas discrepancias, y de su relación con la temperatura superficial del mar (datos COADS y NESDIS), Fréon y Ans (este vol.) sugieren que las estaciones meteorológicas de la isla de Margarita (Punta de Piedras y El Yaque) deberían arrojar los datos más representativos al momento (pero datos actualizados de buques mercantes pudieran cambiar esta conclusión provisional). Los diferentes índices de surgencia (*CUE1*, *CUE2*, *CUE3* y *CUE4*) están altamente correlacionados en una localidad determinada, ya que todos incluyen el componente oriental predominante de la velocidad del viento. Sin embargo, se observan diferencias notables entre estos índices cuando otros componentes direccionales no son despreciables; como en el caso de la estación meteorológica de Cumaná

coastal meteorological stations in the area and from merchant ships indicate a large inter-annual variability and trend (Fig. 7a and b). Merchant ship data display an obvious positive trend for the period 1950–1990, while some coastal meteorological stations display an opposite trend, especially two stations located outside the studied area (Maiquetía, La Orchila). To a lesser extent a negative trend is also observed in Cumaná where the data series started in the seventies. From the comparison of all these data series which show some discrepancies and from their relationship with sea surface temperature (COADS and NESDIS data), Fréon and Ans (this vol.) suggest that the meteorological stations of Margarita Island (Punta de Piedras and El Yaque) should give the most representative data at the moment (but updated merchant ship data series could change this provisional conclusion). The different upwelling indices (*CUE1*, *CUE2*, *CUE3* and *CUE4*) are highly correlated in a given location since all of them include the predominant easterly component of wind speed. Nevertheless, substantial differences between these indexes are observed when other directional components are not negligible, as in the case of Cumaná meteorological station during a 16 month period from April 1971 to July 1972. Several results suggest that in the case of Venezuela these other wind components, except the westerly, also contribute to the upwelling process: 1) satellite images indicate upwelling occurs not only along the East-West oriented coast (Varela *et al.*, this vol.;

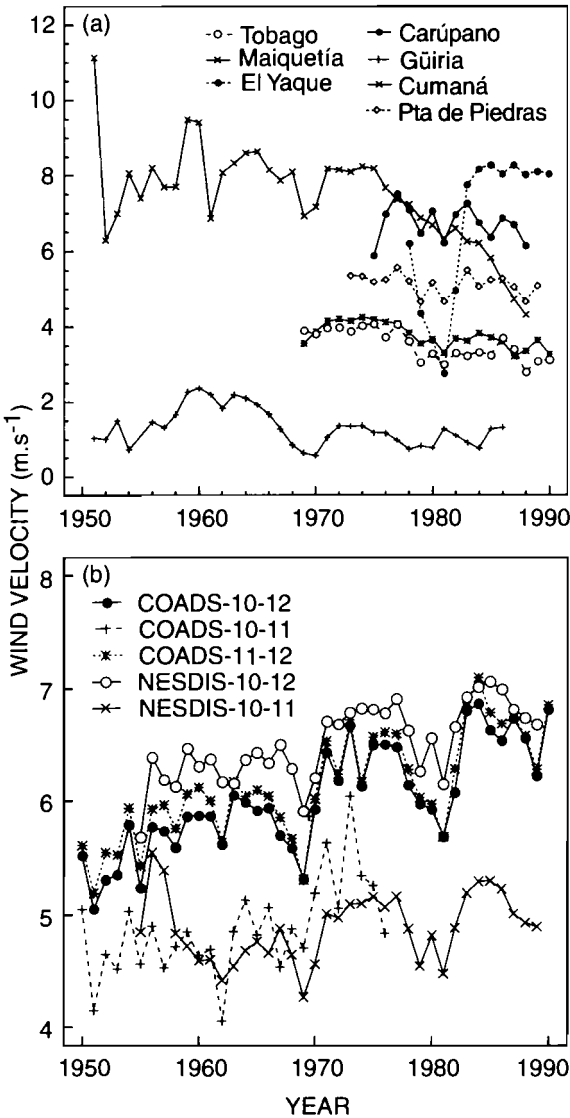


Figura 7
Comparación de las series temporales de velocidad promedio anual del viento estimadas a partir de los datos de siete estaciones meteorológicas costeras de la región (a) y de los ficheros de datos marítimos COADS y NESDIS (b) (Fréon y Ans, este vol.).

Comparison of the yearly wind speed time series calculated using (a) coastal meteorological station data files and (b) merchant ship data files (COADS and NESDIS) (Fréon and Ans, this vol.).

durante un período de 16 meses desde abril 1971 hasta julio 1972. Varios resultados sugieren que en el área de estudio, otros componentes direccionales, a excepción del occidental, también contribuyen al proceso de afloramiento: 1) imágenes

Müller-Karger *et al.* 1989); 2) the higher correlation coefficients between sea surface temperature and upwelling indexes are not obtained with indexes based on conventional Ekman theory on offshore transport (*CUE1*, *CUE2* and *CUE3*), but

de satélite indican que los eventos de surgencia no sólo se presentan a lo largo de la costa orientada en el sentido este-oeste (Varela *et al.*, this vol.; Müller-Karger *et al.* 1989); 2) los mayores coeficientes de correlación entre temperatura superficial del mar e índices de surgencia no se obtienen con los índices basados en la teoría convencional de Ekman de transporte costa afuera (*CUE1*, *CUE2* y *CUE3*), pero con *CUE4* o con velocidad del viento (Fréon y Ans, este vol.); 3) El modelo CLIMPROD y el análisis por medio del algoritmo ACE arrojan mejores resultados con *CUE4* o con velocidad del viento que con los otros índices; 4). Datos diarios de viento sugieren que el mecanismo arriba mencionado de transporte del agua de superficie en la dirección del viento, durante eventos cortos de vientos fuertes en dirección costa afuera, puede ocurrir en el oriente venezolano.

Influencia del Orinoco

(Aparicio, Varela *et al.*, este vol.)

El río Orinoco presenta una descarga promedio anual estimada de $36.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Monente, 1990) con valores máximos durante agosto y septiembre. El análisis de datos satelitales (Müller-Karger *et al.*, 1989) indica que la influencia de las aguas del río Amazonas en el Mar Caribe es menos importante que la del Orinoco durante la estación de lluvias. La salinidad superficial del mar refleja esta estacionalidad, aun cuando esté también relacionada a cambios en la evaporación, especialmente en el Golfo de Cariaco donde el intercambio de agua es limitado.

with *CUE4* or with wind speed (Fréon and Ans, this vol.); 3) the CLIMPROD model and ACE analysis give best results with *CUE4* or wind speed than with other indexes; 4) daily wind data suggest that the above mentioned mechanism of down wind transport by short bursts of offshore directed winds could occur in Venezuela.

Orinoco influence

(Aparicio, Varela *et al.*, this vol.)

The Orinoco river has an estimated average annual discharge of $36.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Monente, 1990) with maximum output during August and September. Recent analysis of satellite data (Müller-Karger *et al.*, 1989) indicates that the influence of Amazon river water in the Caribbean is less important than the Orinoco during the rainy season. The sea surface salinity reflects this seasonality, even though it is also related to changes in evaporation, especially in the Gulf of Cariaco where water exchange is limited. There is a clear

Hay un claro gradiente este-oeste de salinidad en la plataforma continental y la pluma del Orinoco se identifica claramente en la estación de lluvias.

La inyección de aguas del río Orinoco desde el Golfo de Paria, a través de la Boca de Dragón, ha sido extensamente analizada por Müller-Karger y Varela (1990) presentando una clara señal estacional: durante los meses de descarga máxima (agosto-noviembre) las aguas desaladas por el Orinoco prácticamente inundan la plataforma del nororiente venezolano con orientación hacia el noroeste a medida que transitan hacia latitudes mayores en el Mar Caribe; en la estación seca (enero-abril) la influencia del río se restringe a la parte más oriental de la plataforma.

Considerando la estabilidad (E) como una medida de la estratificación de la masa de agua, el análisis espacio-temporal de la variabilidad de este parámetro permite evaluar la importancia de la descarga fluvial del Orinoco en la oceanografía costera regional. La figura 8 indica que los máximos valores de N están confinados a la parte más oriental de la Península de Paria y al área al norte de Trinidad, limitados meridionalmente por 12°N . Por otro lado, en el estrato de profundidad entre 50 y 200 m (Castañeda, 1989; figura presentada por Aparicio, este vol.) los valores altos de N ($N > 8$ ciclos h^{-1}) están distribuidos a lo largo de una lengua que se extiende hacia el noroeste desde el sector nororiental de Trinidad hasta 65°W . A pesar de las limitaciones en la cobertura espacio-temporal, la forma y orientación de esta extensa área

East-West gradient of salinity on the continental shelf and the Orinoco plume is clearly identified during the rainy season.

The injection of Orinoco River waters from the Gulf of Paria through Boca de Dragones has been extensively analyzed by Müller-Karger and Varela (1990) and presents a well defined seasonal signal. During the months of maximum discharge (August–November), Orinoco waters practically flood the northeastern Venezuelan shelf traveling northwestwards towards higher latitudes in the Caribbean Sea. In the dry season (January–April) riverine influence is limited to the northeastern part of the shelf.

Considering stability (E) as a measure of water mass stratification, the analysis of the spatial and temporal variability of this parameter permits us to assess the importance of Orinoco river discharge in the regional coastal oceanography. Figure 8 indicates that maximum N values are confined to the easternmost sector of Paria Peninsula and the area north of Trinidad and meridionally limited by 12°N . On the other hand, in the 50 to 200 m depth strata (Castañeda, 1989; figure available in Aparicio, this vol.) the higher N values ($N > 8$ cycles h^{-1}) are distributed along a tongue that extends in a northwesterly direction from northeastern Trinidad to 65°W . Despite the limitations in the spatial and temporal coverage, the form and orientation of this extensive area of high stability suggests that it may be explained by the discharge of large South American rivers.

Taking into consideration the dynamic effect of the earth's rotation on the sea-

de alta estabilidad sugiere que puede ser explicada por la descarga de los grandes ríos suramericanos.

Tomando en consideración el efecto dinámico de la rotación terrestre en la inyección de grandes volúmenes de aguas de baja salinidad del Orinoco hacia el Caribe suroriental, a través del estrecho

sonal injection of large volumes of low salinity water from the Orinoco river into the southeastern Caribbean through Boca de Dragones strait, it is easy to explain a near surface flow as described above, that is towards the northwest.

From the discussion above emerges one of the fundamental dynamic properties of

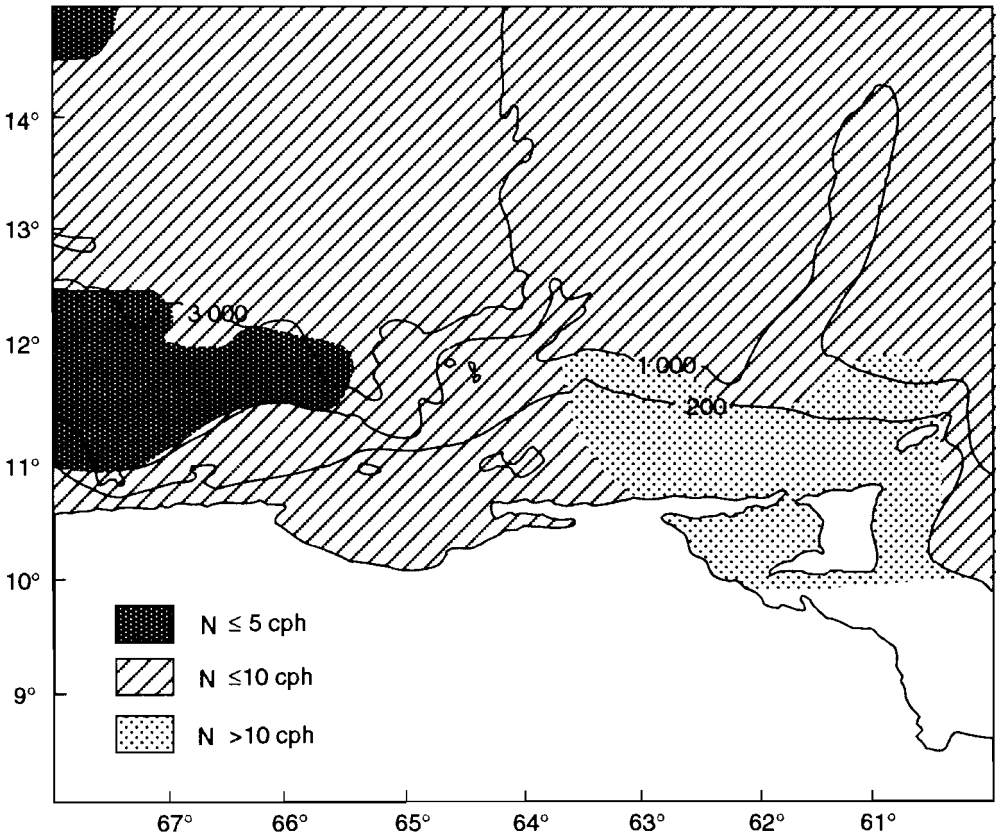


Figura 8

Distribución espacial del valor medio de la estabilidad estática de la columna de agua superficial, integrada desde 0 hasta 50 metros, expresada en términos de la Frecuencia de Brunt-Väisälä (ciclos hora⁻¹) e isobatas de profundidad en metros (tomado de Castañeda, 1989).

Spatial distribution of surface water column static stability mean value, integrated from 0 to 50 m, expressed in terms of Brunt-Vaisala Frequency (cycles hour⁻¹) and depth isolines in meters (taken from Castañeda, 1989).

de Boca de Dragón, es fácil explicar un flujo superficial como se describió anteriormente, es decir, hacia el noroeste.

De lo anterior emerge una de las propiedades fundamentales del área: la ocurrencia estacional de un frente halino controlado por la descarga del Orinoco. El contorno más occidental de este frente estaría ubicado alrededor de 63°W , cercano a la línea de costa y extendiéndose claramente al límite meridional en 12°N siguiendo una orientación hacia el noroeste (Varela *et al.*, este vol.) sobre la plataforma continental.

Este frente ha sido puesto en evidencia por mediciones de salinidad superficial del mar (Fig. 9) realizadas durante cruceros de prospección hidroacústica (Gerlotto, 1993a, 1993b), análisis de imágenes de satélite del color superficial del mar de alta resolución espacial por medio del "Coastal Zone Color Scanner" (Müller-Karger y Varela, 1990; Varela *et al.*, este vol.) y por medio del análisis de la variabilidad relativa promedio del nivel del mar obtenido con sensores estándar (mareógrafos de tambor) instalados en Carúpano (Latitud $10^{\circ}40'\text{N}$, Longitud $63^{\circ}14'\text{O}$) y La Guaira (Latitud $10^{\circ}36'\text{N}$, Longitud $66^{\circ}59'\text{W}$), dos localidades separadas por 432 km a lo largo de la línea de costa. En relación a este último aspecto, Verstraete (1988) detectó una alta coherencia para ciclos estacionales y patrones de anomalías para ambas estaciones utilizando datos del período 1967–1975. Por otra parte, Müller-Karger y Aparicio (1994) reportaron una correlación cruzada significativa (0,82) para datos del nivel del mar registrados en el

the area: the seasonal occurrence of a haline front controlled by Orinoco river discharge. The westernmost contour of this front would be located around 63°W close to the coastline and extending clearly to the meridional limit at 12°N following a northwest orientation (Varela *et al.*, this vol.) on the continental shelf.

This front has been evidenced by sea surface salinity measurements (Fig. 9) performed during echo surveys (Gerlotto, 1993a, 1993b), surface water color analysis obtained with high spatial resolution Coastal Zone Color Scanner (CZCS) images (Müller-Karger and Varela, 1990; Varela *et al.*, this volume) and with the analysis of average relative sea level variability obtained by standard sensors (drum mareographs) installed in Carúpano (Latitude $10^{\circ}40'\text{N}$, Longitude $63^{\circ}14'\text{W}$) and La Guaira (Latitude $10^{\circ}36'\text{N}$, Longitude $66^{\circ}59'\text{W}$), two localities separated by 432 km along the coastline. Regarding this last aspect, Verstraete (1988) detected a high coherence for seasonal cycles and anomaly patterns for both stations using data for the period 1967–1975. On the other hand, Müller-Karger and Aparicio (1994) reported a significant cross correlation (0.82) for sea level data recorded on the same day in both localities using data for the period 1979–1981. Both reports establish the similarity of records obtained at both stations, indicating that the Orinoco river seasonal discharge signal is not registered by the sea level sensor at Carupano and therefore is spatially limited eastwards of this station.

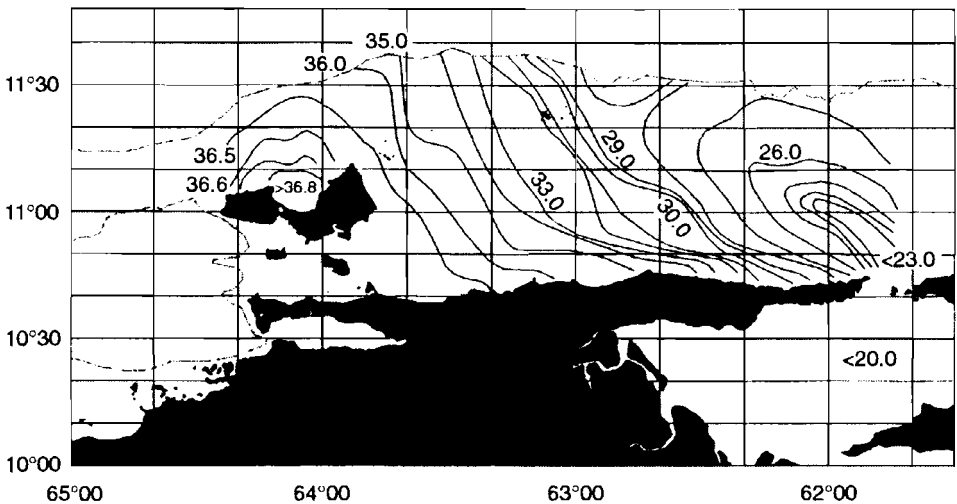


Figura 9

Estructura de la salinidad de superficie durante una campaña hidroacústica (ECHOVEN2) realizada del 12/8/1986 al 11/9/1986; (Gerlotto, 1993a).

Surface salinity structure observed during an acoustic survey (ECHOVEN2) performed from 12/8/1986 to 11/9/1986; (Gerlotto, 1993a).

mismo día para ambas localidades utilizando datos del período 1979–1981. Ambos reportes permiten establecer la similitud de los registros obtenidos en ambas estaciones, lo que indica que la señal estacional de la descarga del Orinoco no es registrada por el sensor de nivel del mar ubicado en Carúpano y, por lo tanto, estaría limitada espacialmente al este de esta estación.

Circulación

(Aparicio, este vol.)

Debido a la ausencia de mediciones de corriente, la circulación en el área se ha inferido a partir de datos hidrológicos. Dos

Circulation

(Aparicio, this vol.)

Due to the lack of current measurements the circulation in the area is inferred from hydrological data. Two mechanisms explain

mecanismos explican los rasgos principales de la circulación: el transporte superficial de Ekman y la corriente geostrófica.

Circulación inducida por el viento

La ya mencionada variación estacional de los vientos alisios controla la circulación superficial. Por lo tanto, el componente eólico de la circulación superficial muestra preferencia a fluir hacia bandas direccionales ubicadas en el tercer cuadrante (180°–270°) en respuesta a vientos dominantes del primer cuadrante (0°–90°). Este efecto es más fuerte durante el período diciembre-abril cuando los vientos soplan de las bandas Este-Noreste y se reduce durante el período agosto-noviembre con el incremento de los vientos de las bandas Este-Sureste. La figura 10 presenta el ciclo anual de frecuencia de ocurrencia

the major traits of the circulation: the Ekman superficial transport and the geostrophic current.

Wind induced circulation

The already mentioned seasonal variation in the trade winds controls surface circulation. Thus, the wind driven surface circulation component shows a preference to flow towards directional bands in the third quadrant (180°–270°) in response to dominant winds from the first quadrant (0°–90°). This effect is stronger during the December-April period when winds blow from the East-Northeast bands and slackens between the months of August and November with increased winds from the East-Southeast bands. Figure 10 presents the annual cycle of frequency of occurrence of winds blowing from the North-Northeast and Southeast directional

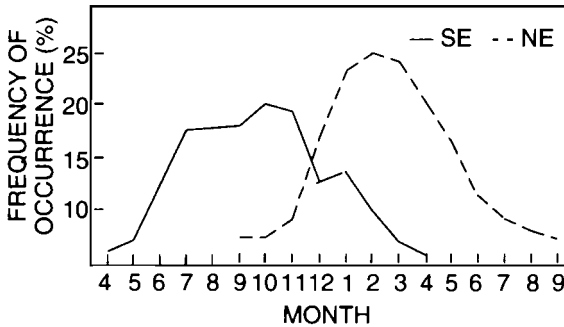


Figura 10
Ciclo anual de la frecuencia de ocurrencia (%) de vientos soplando desde las bandas direccionales Nor-Noreste (NNE) y Sureste (SE), recaudados en el margen sur de la Cuenca de Cariaco por la estación meteorológica en el aeropuerto de Barcelona, durante el periodo 1980-1989; (Aparicio, este vol.).

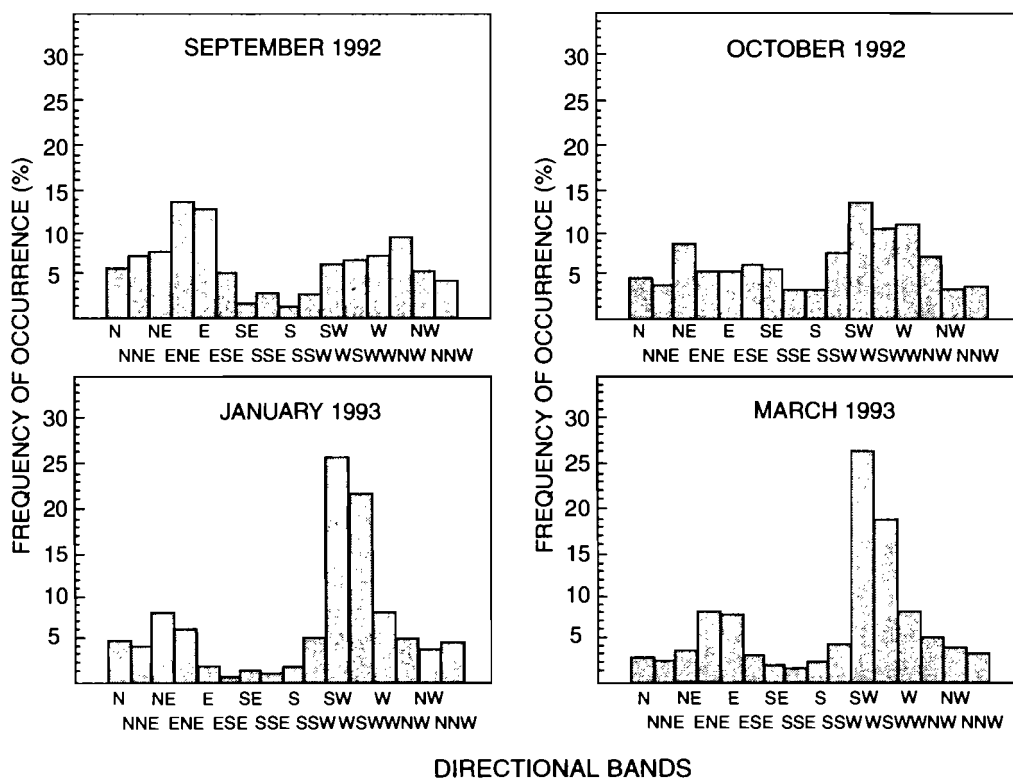
Frequency of occurrence (%) for the annual cycle of winds blowing from north-northeast (NNE) and Southeast (SE), collected at the southern boundary of the Cariaco Basin by the Barcelona airport meteorological station during 1980-1989; (Aparicio, this vol.)

cia de vientos soplando desde las bandas direccionales Norte-Noreste y Sureste durante la década 1980–1989, obtenidas de la estación meteorológica del aeropuerto de Barcelona (Fig. 1) localizada en el margen sur de la Cuenca de Cariaco.

Evidencia experimental de esta característica fue obtenida al examinar datos de corriente superficial del norte de la Península de Paria (recolectados por INTEVEP durante el período 1980–1981)

bands during the 1980–1989 decade, obtained from the Barcelona airport meteorological station (Fig. 1) located on the coastline bordering the southern margin of the Cariaco Basin.

Experimental evidence of this characteristic was obtained examining surface current meter data from north of Paria Peninsula (collected by INTEVEP during 1980–1981) and by Aparicio (1994) during the period 1992–1993 at 5 m depths



■ Figura 11

Histogramas de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente marina recaudadas en las costas de Jose (borde sur de la Cuenca de Cariaco) por Aparicio (1994), a la profundidad de 5 m para distintos meses del año; (Aparicio, este vol.).

Frequency histograms for direction of current flow, on the Jose coast (Cariaco Basin southern boundary), by Aparicio (1994), at 5 m depth during different months of the year; (Aparicio, this vol.).

y por Aparicio (1994) durante el período 1992–1993 a 5 m de profundidad en las costas de Jose (margen sur de la Cuenca de Cariaco). La figura 11 muestra algunos resultados de este último conjunto de datos durante los primeros meses de 1993 y, como era de esperarse, el pico primario centrado en la banda suroccidental y asociado con el componente eólico de la corriente es mayor que la distribución direccional obtenida para los meses de septiembre y octubre de 1992.

Circulación geostrofica

La circulación geostrofica en la Cuenca de Cariaco está basicamente orientada hacia el este como consecuencia de un giro ciclónico que caracteriza la topografía dinámica local (Febres, 1974; Febres y Herrera, 1975). Este rasgo hidrodinámico detectado a todas las profundidades en el margen suroriental de la Cuenca de Cariaco puede ser explicado por los efectos de la topografía local e influye sobre la plataforma adyacente (oeste de la isla de Margarita y Península de Araya). También presenta características estacionales, las cuales son claras en meses representativos de condiciones extremas en la climatología regional, tales como abril y octubre (Fig. 12).

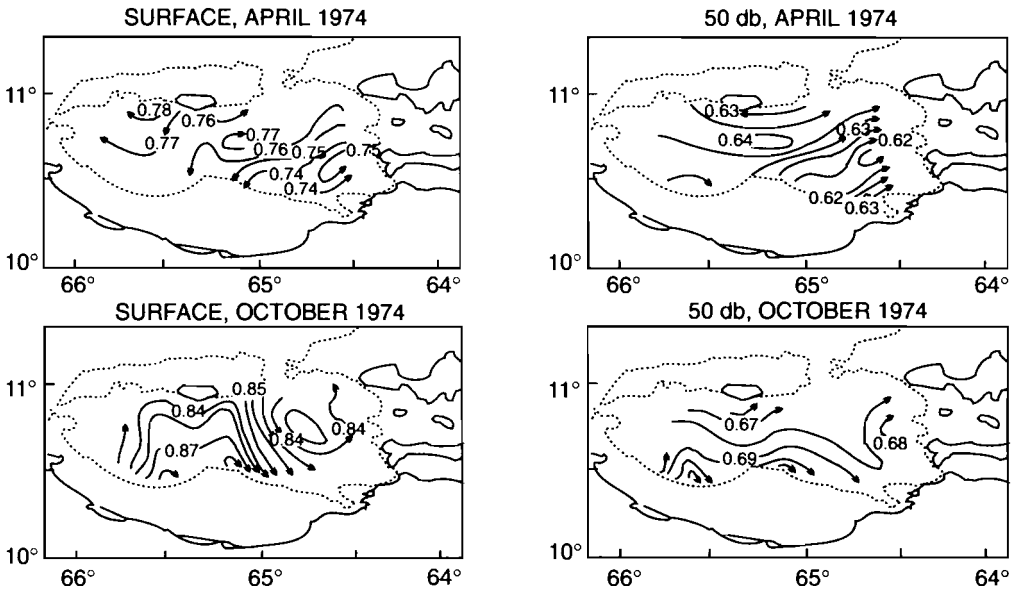
Esto se verifica por medio de registros de correntímetros, los cuales muestran la existencia de un componente geostrofico fluyendo hacia las bandas direccionales Noreste, Este-Noreste, Este y Este-Sureste. Los datos mencionados obtenidos por INTEVEP al norte de la Península de

in the Jose coast (southern margin of the Cariaco Basin). Figure 11 shows some results from this last set of data during the early months of 1993, and, as expected, the primary peak centered on the southwestern band and associated with the wind driven current component is larger than the directional distribution obtained for the months of September and October 1992.

Geostrophic circulation

The geostrophic circulation in the Cariaco Basin is basically oriented eastwards as a consequence of a cyclonic gyre which characterizes local dynamic topography (Febres, 1974; Febres y Herrera, 1975). This hydrodynamic trait detected at all depth levels in the southeastern Cariaco Basin may be explained by the effects of local topography and influences the adjacent shelf (West of Margarita island and Araya peninsula). It also presents seasonal characteristics which are clear in months representative of extreme conditions in the regional climatology, such as April and October (Fig. 12).

This is verified by current meter registers, which show the existence of a geostrophic component flowing towards the Northeast, East-Northeast, East and East-Southeast directional bands. The aforementioned data obtained by INTEVEP north of Paria Peninsula and by Aparicio (1993) from the southern margin of the Cariaco Basin, shows a clear bimodal distribution signal for the frequency of occurrence of flow at different depths.



■ Figura 12

Topografía dinámica de la Cuenca de Cariaco (en metros dinámicos) a nivel de la superficie del mar y a nivel de la superficie de 50 db, referidas a 400 db, durante los meses de abril de 1974 (parte superior, tomado de Febres, 1974) y octubre 1974 (parte inferior, tomado de Herrera y Febres, 1975).

Dynamic topography (in dynamic meters) at sea surface and 50 db surface levels, referred to 400 db, during the months of April 1974 (upper portion, from Febres, 1974) and October 1974 (lower portion, from Herrera and Febres, 1975).

Paria y por Aparicio (1994) del margen sur de la Cuenca de Cariaco, muestran una clara señal de distribución bimodal para la frecuencia de ocurrencia del flujo a diferentes profundidades. La dominancia de estas bandas direccionales conforma el modo primario para profundidades de 12 m y 20 m en la costa de Jose (Fig. 13) y a 50 m al norte de la Península de Paria (Fig. 14) durante diferentes meses del año.

En resumen, la dirección principal de la corriente superficial en el área es hacia el

The dominance of these directional bands reveals the primary mode for 12 m and 20 m depths in the Jose Coast (Fig. 13) and at 50 m north of Paria Peninsula (Fig. 14) during different months of the year.

In summary the major direction of surface current in the area is towards the South-West due to trade wind influence which is dominant from December to May (Table 1). In addition to this wind driven current, a cyclonic geostrophic current is observed from the surface down to 50 m in the Cariaco Basin and its direction is mainly

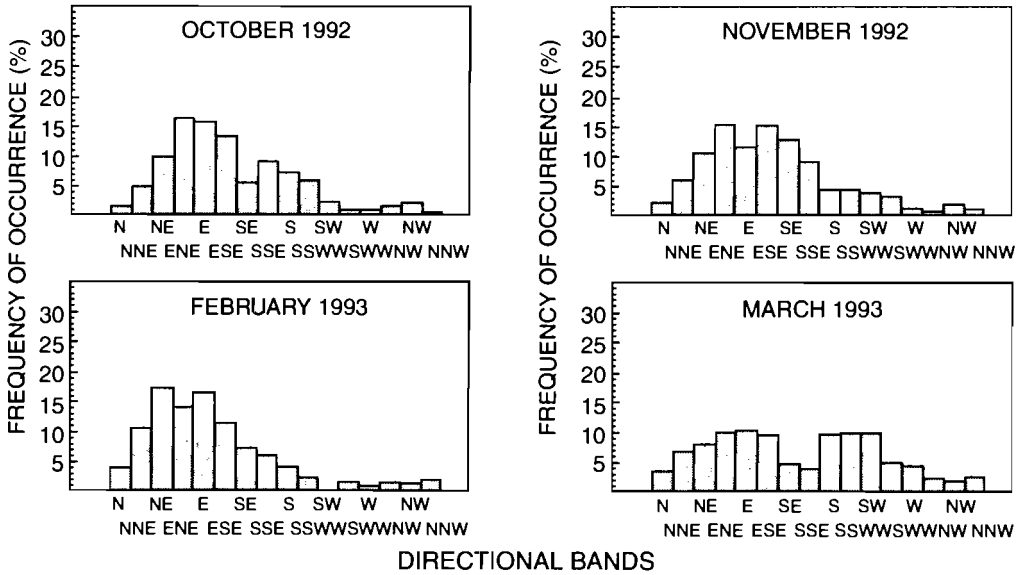


Figura 13
 Histogramas de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente, recaudadas en las costas de Jose (borde sur de la Cuenca de Cariaco) por Aparicio (1994) a los niveles de profundidad de 12 m (parte superior) y 20 m (parte inferior); (Aparicio, este vol.).

Frequency histograms for direction of current flow, collected on the Jose Coasts (Cariaco Basin southern boundary) at the 12 m (upper portion) and 20 m (lower portion) levels; (Aparicio, this vol.).

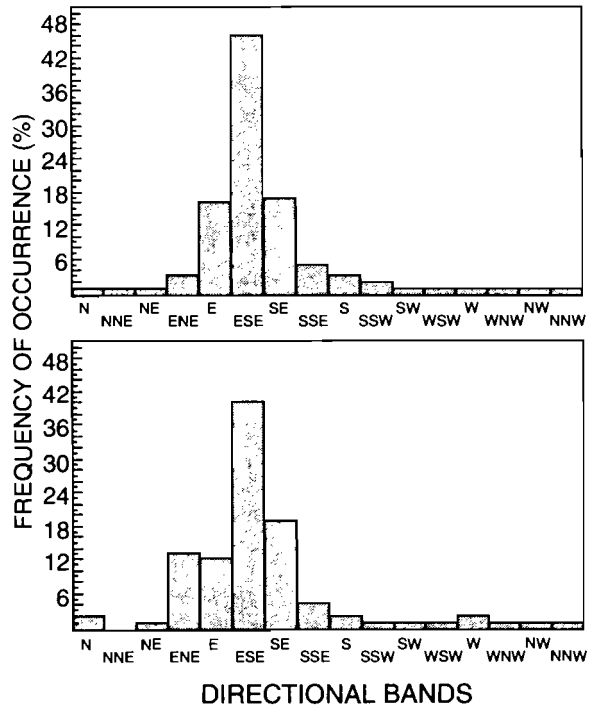
suroeste, debido a la influencia de los vientos alisios, los cuales son dominantes de diciembre a mayo (Tabla 1). Adicionalmente, a esta corriente inducida por el viento, una corriente ciclónica geostrófica se observa desde la superficie hasta 50 m de profundidad en la Cuenca de Cariaco y su dirección es predominantemente hacia el este en las capas más profundas sobre la plataforma continental. Por último, las mareas son de amplitud limitada en el nororiente venezolano.

eastward in deeper layers on the continental shelf. The tides are usually of limited amplitude in northeastern Venezuela.

Figura 14

Histograma de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente, a nivel de 50 m, en la localidad $10^{\circ}47'N$ y $62^{\circ}15'O$, (norte de la Península de Paria). Ambos registros fueron obtenidos por INTEVEP durante el periodo 1979–1981 y son representativos del lapso diciembre-abril (parte superior) y mayo-noviembre (parte inferior); (Aparicio, este vol.).

Frequency histograms for current flow direction at 50 m, north of Paria Peninsula ($10^{\circ}47'N$ and $62^{\circ}15'W$). Both records were obtained by INTEVEP from 1979–1981 and represent the periods December–April (upper portion) and May–November (lower portion); (Aparicio, this vol.).



Fitoplancton y ambiente (Varela *et al.*, este vol.)

Aspectos geográficos

De los estudios del plancton se deriva que el área es heterogénea y variable, debido a numerosos factores que afectan las aguas de la plataforma continental, tales como afloramiento costero, influencia del río Orinoco, régimen de vientos y corrientes marinas. Basado en el análisis de datos históricos sobre fitoplancton, la región ha sido dividida en seis áreas geográficas (Fig. 15).

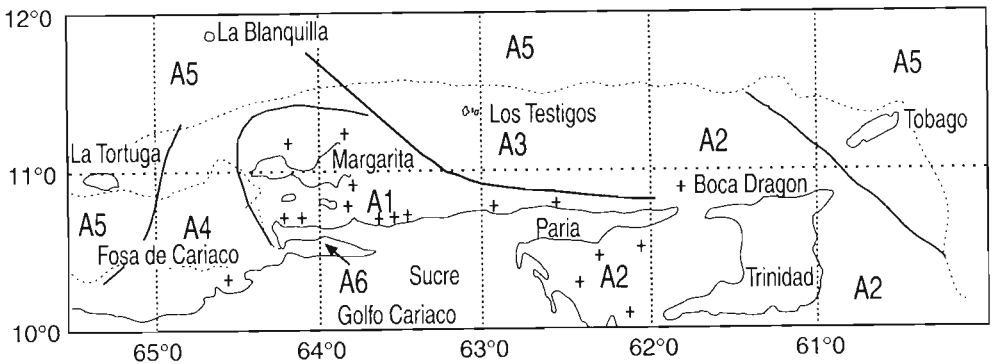
Phytoplankton and environment (Varela *et al.*, this vol.)

Geographical aspects

Results from the plankton studies show that the area is heterogeneous and variable due to numerous factors that affect the continental shelf waters such as coastal upwelling, Orinoco River influence, wind regime and marine currents. Based on an analysis of historical data on phytoplankton, the region has been divided into six geographic areas (Fig. 15).

El área Margarita-Araya-Carupano (A1), influenciada por el proceso de surgencia, y el área (A2) más al este, influenciada por la pluma del Orinoco, contienen los niveles más elevados de biomasa. Imágenes satelitales (Fig. 16) indican que estas dos áreas están separadas por un área de transición (A3), la cual varía estacionalmente de extensión. Ellas presentan ciclos de producción rítmicos, los cuales se alternan durante el año: los primeros seis meses están dominados por la surgencia en A1 y en el segundo semestre por la descarga del Orinoco en A2, la cual

The Margarita-Araya-Carupano area (A1), influenced by the upwelling process, and the area (A2) influenced by the Orinoco river plume further to the east contain the highest biomass levels. Satellite images (Fig. 16) indicate that these two areas are separated by a transition area (A3) which varies seasonally in extension. They present rhythmic production cycles which alternate during the year. The first six months are dominated by upwelling in A1 and the six last months by Orinoco discharge in A2, which presents at this time its maximum extension to the west. Area



■ Figura 15
 División por áreas (A1 . . . A5) de la plataforma nororiental de Venezuela a partir de diversas fuentes sinópticas en relación al fitoplancton : distribución de clorofila, composición por especies e imágenes de satélite (CZCS). La posición de los límites no debe considerarse rígido pues muestran gran movilidad en el ciclo anual. Sin embargo, la frontera entre A1 y A3 (trazo grueso) puede definirse en muchas ocasiones y su posición varía relativamente poco. Los signos positivos señalan la ubicación donde es frecuente encontrar máximos de biomasa; (Varela et al., este vol.).

Subdivision of the northeastern Venezuelan shelf in five areas (A1 . . . A5) from various phytoplankton data analysis: chlorophyll distribution, species assemblage and satellite images (CZCS). The location of the limits may change according to the season. Nevertheless, the limit between A1 and A3 (bold line) is often easy to locate and its location does not change very much. Plus signs indicate that high biomasses are often observed at these places; (Varela et al., this vol.).

presenta en este período del año su máxima extensión hacia el oeste. El área A1 está dominada por diatomeas de aguas templadas o de surgencia (Tabla 2), mientras que en el área A2 dominan especies neríticas (*Skeletonema costatum* y *Thalassionema nitzschioides*), las cuales son más abundantes en el Golfo de Paria (A2a) que sobre la plataforma (A2b). En ambas áreas A1 y A2 las concentraciones de clorofila alcanzan valores de 8 mg m^{-3} (valores promedios integrados sobre la columna de agua: 20 mg m^{-2}). En A1 la produc-

A1 is dominated by diatoms (Tabl. 2); while in A2 neritic species are dominant (*Skeletonema costatum* and *Thalassionema nitzschioides*) and more abundant in the Gulf of Paria area (A2a) than on the shelf (A2b). In both areas A1 and A2, chlorophyll concentrations reach 8 mg m^{-3} (integrated mean values on the water column: 20 mg m^{-2}). In A1 primary production is estimated at around $1.5 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ from carbon assimilation, with peak values at $3.2 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$; while in A2 average production is lower but peak val-

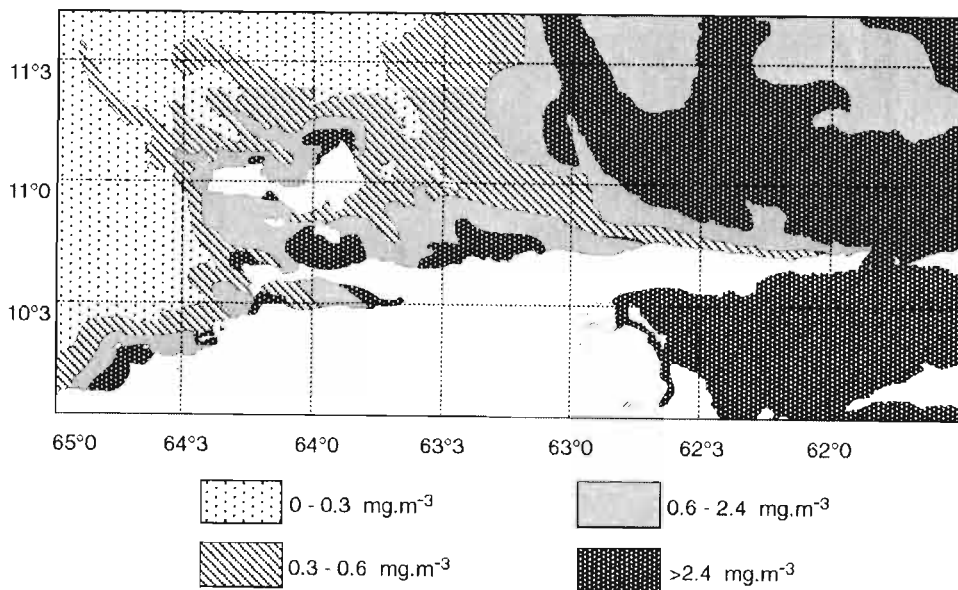


Figura 16

Concentración de pigmentos captados por el CZCS el 28 de septiembre de 1979 a modo de ejemplo de la época de mayor influencia del río Orinoco en el nororiente de Venezuela; (Varela *et al.*, este vol.).

*Concentration of pigments detected by CZCS on 28 September 1979 as an example of the period of main influence of Orinoco river in northeastern Venezuela; (Varela *et al.*, this vol.).*

ción primaria se ha estimado, a partir de la asimilación de carbono, en aproximadamente $1,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, con valores máximos de $3,2 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, mientras que en A2 la producción promedio es menor, pero los valores máximos pueden llegar a ser tan altos como en A1. El área A3 es menos rica (entre 220 y $750 \text{ mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), ya que corresponde a un lugar donde ocurre dispersión del fitoplancton. En A3 el agua cálida de baja salinidad influenciada por el Orinoco solapa con el agua densa, fría y de alta salinidad, del área de surgencia. En la parte occidental de esta área se forma un frente, el cual es a veces visible en imágenes satélite (Fig. 16). El área A4, ubicada al oeste de A1, es fundamentalmente un área de dispersión de esta última. Es menos rica, pero contiene básicamente la misma composición específica que A1 (Tabl. 2).

A5 es un área oceánica caracterizada por concentraciones muy bajas de clorofila en superficie ($0,1 \text{ mg m}^{-3}$), con un máximo profundo a 50 m ($0,5 \text{ mg m}^{-3}$) y una elevada diversidad específica (Tabl. 2).

El área A6 incluye el Golfo de Cariaco y la región del Golfo de Santa Fe. Ya se mencionó la doble circulación en el Golfo de Cariaco, que permite a las aguas subsuperficiales de la Fosa de Cariaco fertilizar al golfo. Durante la estación de los vientos alisios, la biomasa fitoplanctónica alcanza valores de 10 mg m^{-3} en superficie (biomasa promedio integrada: 40 mg m^{-2}). Esta situación se invierte durante la segunda parte del año y la producción es entonces menor. No obstante, esta es significativa durante esta estación

ues may be as high as in A1. Area A3 is less rich (between 220 and $750 \text{ mg C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) since it corresponds to a place where phytoplankton dispersal occurs. In A3 the warm and low salinity water influenced by the Orinoco overlaps the dense, cold and high salinity water from the upwelling area. On the western side of this area a frontal line is expected and is sometimes visible on satellite images (Fig. 16). A4 is mainly a dispersion area of A1 located on its western side. It is less rich but with basically the same species as in A1 (Tabl. 2).

A5 is an oceanic area characterized by very low chlorophyll concentrations at the surface (0.1 mg m^{-3}), a low maximum at 50 m (0.5 mg m^{-3}) and a large species diversity (Tabl. 2).

Area A6 includes the Gulf of Cariaco and the region of the Gulf of Santa Fe. We already mentioned the two layered circulation in the Gulf of Cariaco, which allows subsurface Cariaco Trench waters to fertilize the gulf. During the trade wind season phytoplanktonic biomass reaches 10 mg m^{-3} at the surface (mean integrated production biomass: 40 mg m^{-2}). This situation is inverted during the second part of the year and production is then lower. Nevertheless, there is still a significant production during this season, probably due to demineralization and fertilization by continental input, but also to local upwelling in the southern part of the gulf which probably depends on wind outbursts, even though this mechanism has not been well investigated. The lack of diffusion due to Gulf of Cariaco topogra-

Area	Species	Area	Species
A1	<p>Diatoms: <i>Nitzschia delicatissima</i> <i>N. seriata</i> <i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>Rh. stolterfothii</i> <i>Asterionella japonica</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Leptocylindrus danicus</i> <i>Chaetoceros socialis</i> <i>Ch. curvisetus</i> <i>Ch. decipiens</i> <i>Ch. fragilis</i></p> <p>Coccolithophorids: <i>Coccolithus spp.</i></p> <p>Dinoflagellates: <i>Peridinium spp.</i></p> <p>Silicoflagellates: <i>Ebria tripartita</i></p>	A2b	<p>Diatoms: <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Nitzschia delicatissima</i> <i>N. seriata</i> <i>N. pungeas</i> <i>Chaetoceros socialis</i> <i>Rhizosolenia stolterfothi</i> <i>Rh. setigera.</i></p>
A2a	<p>Diatoms: <i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Ditylum brightwelli</i> <i>Coccinodiscus jonesianus</i></p> <p>Dinoflagellates: <i>Exuviaella baltica</i> <i>Cyclotella caspia</i></p> <p><i>Trichodesmium thiebautii</i></p> <p>Coccolithophorids: <i>Coccolithus pelagicus</i></p>	A3	<p>Similar to A2b but:</p> <p>more diatoms: <i>Skeletonema costatum</i></p> <p>less diatoms: <i>Chaetoceros decipiens</i> <i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>Asterionella japonica</i> <i>Leptocylindrus danicus</i> <i>Thalassiosira sp.</i></p> <p>less dinoflagellates: <i>Peridinium trochoideum</i></p>

■ Tabla 2

Principales especies de fitoplancton en las seis áreas identificadas en la Fig. 15 y para el caso de las mareas rojas (basado en una revisión bibliográfica de Varela *et al.*, este volumen).

Main phytoplankton species in the six areas identified on Fig. 15 and in case of red tides (based on the literature survey of Varela et al., this vol.).

Table 2– Continued

Area	Species	Area	Species
A4	<p>Diatoms: <i>Nitzschia delicatissima</i> <i>N. seriata</i> <i>N. closterium</i> <i>Thalassiosira subtilis</i> <i>Rhizosolenia fragilissima</i> <i>Leptocylindrus danicus</i></p> <p>Coccolithophorids y/o Dinoflagellates: <i>Mesoporos</i> spp.</p> <p><i>Prorocentrum</i> spp.</p> <p><i>Glenodinium</i> spp.</p> <p>Dinoflagellates <i>Exuviaella</i> spp.</p>	A6 (Gulf of Cariaco)	<p>Diatoms: (central and western parts) of <i>Nitzschia seriata</i>¹ <i>Leptocylindrus danicus</i>² <i>Cyclotella</i> sp.</p> <p>Diatoms (parte oriental) <i>Nitzschia seriata</i>¹ <i>Chaetoceros affinis</i> <i>Chaetoceros decipiens</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Leptocylindrus danicus</i> <i>Eucampia zoodiacus</i></p> <p>Diatoms (eastern side; first trimester) <i>Achnantes</i> sp. <i>Nitzschia seriata</i> <i>Chaetoceros affinis</i> <i>Ch. decipiens</i> <i>Rhizosolenia imbricata</i> <i>Rh. stolterfothii</i></p> <p>Diatoms (eastern side; second trimester) <i>Pleurosigma</i> sp.</p> <p>Dinoflagellates (eastern side; first trimester) <i>Gyrodinium fisum</i> <i>Peridinium trochoideum</i> <i>Ceratium furca</i> <i>Gonyaulax</i> spp.</p> <p>Dinoflagellates <i>Exuviaella baltica</i> <i>Peridinium trochoideum</i> <i>Gymnodinium albulum</i> <i>Gonyaulax polygramma</i> <i>Peridinium minusculum</i> <i>Ceratium furca</i> <i>Gonyaulax</i> spp</p>
A5	<p>Diatoms <i>Nitzschia delicatissima</i> <i>N. seriata</i> <i>N. closterium</i> <i>Rhizosolenia</i> spp. <i>Hemiaulus</i> spp. <i>Chaetoceros coartatus</i> <i>Leptocylindrus danicus</i></p> <p>Cyanophytes <i>Trichodesmium thiebautii</i></p> <p>Coccolithophorids <i>Coccolithus huxley</i></p> <p>Dinoflagelates <i>Ceratium</i> spp. <i>Dinophysis</i> spp. <i>Pyrocystis</i> spp. <i>Oxytoxum</i> spp. <i>Pyrophacus</i> spp.</p>		

¹Dominant in May

²Dominant in July in the eastern and central part of the Cariaco Gulf

Table 2 – End

Area	Species	Area	Species
	Dinoflagellates <i>Exuviaella baltica</i> <i>Peridinium trochoideum</i> <i>Gymnodinium album</i> <i>Gonyaulax polygramma</i> <i>Peridinium minusculum</i> <i>Ceratium furca</i> <i>C. buceros</i>	Red tides	Dinoflagellates: <i>Protogonyaulax tamarensis</i> <i>Protogonyaulax catenella</i> <i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pyrodinium bahamense</i> <i>Noctiluca scintillans</i> <i>Cochlodinium sp.</i> <i>Gonyaulax cf. soussa</i> <i>Gonyaulax monilata</i> <i>Alexandrium spp.</i>
Gulf of Santa Fe	Diatoms: <i>Thalassiosira excentrica</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Nitzschia seriata</i> <i>Chaetoceros sp.</i> <i>Rhizosolenia delicalula</i> <i>Rh. stolterfothii</i> <i>Leptocylindrus danicus</i> <i>Skeletonema costatum</i> Dinoflagellates: <i>Dinophysis caudata</i> <i>Gonyaulax polygramma</i> <i>G. catenata</i> <i>Porocentrum micans</i> <i>Ceratium furca</i> <i>Peridinium trochoideum</i>		

probablemente debida a desmineralización, fertilización por escorrentías, pero también por surgencias locales en el sur del golfo, las cuales probablemente dependen de eventos fuertes de viento aun cuando este mecanismo no ha sido investigado. La ausencia de difusión, producto de la topografía del Golfo de Cariaco, explica los altos niveles de producción que alcanza $4,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (promedio: $1,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). La composición específica presenta fuertes contrastes espacio-temporales. Las diatomeas

phy explains the high level of production which reaches $4.6 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (average: $1.6 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$). The species composition is strongly dependent on season and area. It is dominated by diatoms during the first part of the year, but dinoflagellates represent a substantial proportion during the transition between the upwelling period and the period of water stabilization, and are often dominant during the second part of the year (Table 2). Large interannual variations in phytoplankton species assemblages, biomass and pro-

predominan durante el primer semestre, pero los dinoflagelados representan una proporción importante durante la transición del período de afloramiento al período de estabilización de la masa de agua, y son, a menudo, dominantes durante el segundo semestre (Tabl. 2). Se observan grandes variaciones en el conjunto de especies fitoplanctónicas, la biomasa y la producción (Ferraz-Reyes, 1987; Ferraz-Reyes y Fernández, 1990).

En el Golfo de Santa Fe, a pesar que la información es limitada, parece que el ciclo del fitoplancton es similar al observado en el Golfo de Cariaco, pero con niveles de producción más bajos.

Dinámica del plancton

En el oriente de Venezuela, la biomasa planctónica es relativamente alta durante todo el año cerca de la costa y sobre la mayor parte de la plataforma continental en comparación con las aguas oceánicas. A pesar de grandes variaciones interanuales en biomasa, la distribución se mantiene constante.

La sucesión de especies fitoplanctónicas en la región comienza con el enriquecimiento en nutrientes de aguas superficiales, lo cual origina una proliferación de pequeños flagelados y diatomeas. Primero aparecen las diatomeas *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica*, *Thalassiosira subtilis*, *Cyclotella caspia* y *Exuviaella baltica*, y también varias especies de *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*. Posteriormente siguen diatomeas más grandes como *Rhizosolenia setigera*, varias especies de

duction are observed (Ferraz-Reyes, 1987; Ferraz-Reyes y Fernández, 1990).

In the Gulf of Santa Fe, despite limited information, it seems that the phytoplankton cycle is similar to the one observed in the Gulf of Cariaco, but with lower production levels.

Plankton dynamics

In eastern Venezuela, plankton biomass is relatively high all year long near the coast and in most of the continental shelf in comparison to oceanic waters. Despite large interannual variations in biomass, the distribution pattern remains constant.

Phytoplankton species succession in the region starts with nutrient enrichment of surface waters which causes a proliferation of small flagellates and diatoms. First appear the diatoms *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica*, *Thalassiosira subtilis*, *Cyclotella caspia* and *Exuviaella baltica*, and also several species of *Chaetoceros* and *Rhizosolenia*. Later follow larger diatoms such as *Rhizosolenia setigera* and several species of *Nitzschia* and coccolithophorids, with an increase in the proportion of dinoflagellates such as *Ceratium furca*, *Amphidinium accutissimum* and species of *Peridinium*. In the western extreme, which covers area A4 and part of A5, succession starts with an increase in the number of organisms (*Nitzschia*, *Chaetoceros* and *Rhizosolenia*; and the dinoflagellates *Prorocentrum*, *Exuviaella* and *Glenodinium*; as well as several species of coccolithophores). Later cell density diminishes and there is an

Nitzschia y cocolitofóridos, con un incremento en la proporción de dinoflagelados tales como *Ceratium furca*, *Amphidinium accutissimum* y especies de *Peridinium*. En el extremo occidental, que cubre el área A4 y parte de A5, la sucesión comienza con un incremento en el número de organismos (*Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*; y los dinoflagelados *Prorocentrum*, *Exuviaella* y *Glenodinium*; así como también varias especies de cocolitofóridos). Luego la densidad disminuye y hay un incremento en la diversidad, con una variedad de especies de pequeños flagelados y los dinoflagelados *Prorocentrum* y *Ceratium*.

No existen mediciones directas de transferencia de biomasa y energía (ver, sin embargo, Mendoza, este vol., para un enfoque indirecto), pero el análisis de pigmentos puede dar una primera aproximación. El hecho que las proporciones de feopigmentos sean elevadas (30–50% de los pigmentos totales) indica que los niveles de pastoreo son elevados. También es posible inferir que la tasa de consumo es rápida. Por lo tanto, una parte importante de la producción debe ser transferida a los niveles tróficos siguientes en un tiempo corto, lo cual sugiere que la tasa de renovación debe ser elevada.

Mareas rojas

Las mareas rojas ocurren frecuentemente en el Golfo de Cariaco, pero también se producen en aguas al norte de la Península de Araya, hacia el Golfo de Paria y al norte y al este de la isla de Margarita. Las

increase in diversity, with a variety of species of small flagellates and the dinoflagellates *Prorocentrum* and *Ceratium*.

There are no direct measurements of biomass and energy transfer (see however Mendoza, this volume, for an indirect approach), but pigment analysis may give a first approximation. The fact that pheopigment proportions are important (30–50% of total pigments) indicates that grazing levels are high. It is also possible to infer that consumption rate is rapid. Thus, an important part of production must be transferred to the next trophic levels in a small amount of time, strongly suggesting that the turnover must be high.

Red tides

Red tides occur frequently in the Cariaco Gulf, but they also occur in waters north of Araya Peninsula towards the Gulf of Paria and north and east of Margarita island. The conditions that favor these microalgal blooms are a partially understood complex combination of factors. The dry season is indicated as the more favorable for its occurrence in relation to upwelling induced phytoplanktonic growth. But some red tides also occur in the second semester due to rain induced enrichment and/or increased stability (Mazparrote, 1967, 1970; Hammer, 1968; Ferraz-Reyes *et al.*, 1979; 1985; Reyes-Vásquez *et al.*, 1979; 1991; La Barbera-Sánchez, 1991a).

Dinoflagellates have been the group most studied and implicated in this phenome-

causas que favorecen estas proliferaciones microalgales representan un complejo conjunto de factores parcialmente conocidos. La estación seca es señalada como la más favorable para su generación, en relación al crecimiento fitoplanctónico inducido por la surgencia. Pero algunas mareas rojas también se producen en el segundo semestre debido al enriquecimiento producto de las lluvias y/o por el incremento de la estabilidad de la columna de agua (Mazparrote, 1967, 1970; Hammer, 1968; Ferraz-Reyes *et al.*, 1979; 1985; Reyes-Vásquez *et al.*, 1979; 1991; La Barbera-Sánchez, 1991a).

Los dinoflagelados han sido el grupo más estudiado, en cuanto a su implicación en la generación de este fenómeno. Las diatomeas y otros grupos son menos conocidos como agentes productores de mareas rojas en la región (Tabla 2). En varias oportunidades organismos fitoplanctónicos han sido detectados como agentes causales de mortalidades masivas de peces e invertebrados por oclusión de las branquias o por agotamiento de oxígeno. Entre los peces *S. aurita* puede ser una de las especies afectadas (Mazparrote, 1967; 1970). Las densidades de organismos durante las mareas rojas son elevadas con valores entre 6.000 y 10.000 células ml⁻¹, pero sus efectos pueden presentarse a densidades menores especialmente si la especie es tóxica. Las intoxicaciones humanas hasta ahora diagnosticadas en la región corresponden a envenenamiento paralítico inducido por consumo de bivalvos o PSP (“Paralytic Shellfish Poisoning”).

non and diatoms and other groups as red tide producing agents are less well known in the region (Table 2). On several occasions phytoplanktonic organisms have been found as causal agents of mass mortality in fishes and invertebrates by gill occlusion or oxygen depletion. Among fishes *S. aurita* is a species that may be affected (Mazparrote, 1967; 1970). Organism densities during a red tide are very high ranging from 6,000 to 10,000 cells ml⁻¹, but its effects may appear at lower densities, especially if the species is toxic. Human intoxications so far diagnosed in the region correspond to paralytic poisoning induced by shellfish consumption or PSP (“Paralytic Shellfish Poisoning”).

Conclusion on phytoplankton

In conclusion the primary production on the eastern Venezuelan continental shelf (600 mg to 1.0 g C m⁻² day⁻¹) is of the same order of magnitude as that in other upwelling systems around the world (Finenko, 1978) and is two to three times more important than in other coastal areas of the Caribbean Sea (Müller-Karger *et al.*, 1989). Due to the combined influence of conventional coastal upwelling, local events and Orinoco flow, this production is varied and available year-round if we consider the whole area. Coastal upwelling and coastal events are predominant from December to June and concern the northern coasts of the mainland, Margarita island and the Gulf of Cariaco. The Orinoco influence is more important from July to October and concerns mainly the eastern

Conclusion sobre fitoplancton

En conclusión la producción primaria en la plataforma del oriente venezolano ($600 \text{ g a } 1,0 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) es del mismo orden de magnitud que en otros sistemas de afloramiento alrededor del planeta (Finenko, 1978), y es dos a tres veces más elevada que en otras áreas costeras del Caribe (Müller-Karger *et al.*, 1989). Debido a la influencia combinada de la surgencia costera del tipo convencional, eventos de tipo local y al flujo del Orinoco, esta producción es debida a una variada composición del fitoplancton y disponible a lo largo del año si consideramos la totalidad de la plataforma. La surgencia costera y los eventos de tipo local predominan de diciembre a junio y se hacen sentir principalmente en la costa norte del margen continental, Isla de Margarita y Golfo de Cariaco. La influencia del Orinoco es más importante de julio a octubre y se hace sentir principalmente en la porción oriental del área de estudio. Sobre la base anual, la influencia del Orinoco en la producción fitoplanctónica parece menos importante que otras fuentes de enriquecimiento, al menos en lo que concierne al área de distribución de *S. aurita* (ver abajo).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el área A1 es el centro regulatorio de la producción fitoplanctónica en la plataforma y sus límites corresponden bastante bien con el área de desove y máxima abundancia de la sardina (Huq, este volumen; Cárdenas, este volumen).

part of the area. On a yearly basis, the Orinoco influence on phytoplankton production seems less important than other sources of enrichment as far as the main area of *S. aurita* distribution is concerned (see below).

According to results obtained from the different methods of assessment, area A1 is the regulating center of phytoplanktonic production on the shelf and its boundaries correspond rather well with the spawning and maximum abundance area of Spanish sardine (Huq, this volume; Cárdenas, this volume).

Interacciones tróficas (Mendoza, este vol.)

La mayor parte de la biomasa y producción del ecosistema está contenida dentro del dominio pelágico. El flujo más importante viene determinado por la interacción entre fitoplancton, zooplancton, pequeños pelágicos (esencialmente, *S. aurita*) y carángidos. En el dominio bentónico-demersal, la mayor parte de la biomasa y producción está asociada con los compartimientos del detrito, productores bentónicos y el bentos heterotrófico (Fig. 17).

La biomasa total estimada, excluyendo el detrito, fue de 122 t km^{-2} , de la cual 78% correspondió a los componentes pelágicos y 22% a componentes bentónicos y demersales. La producción total de biomasa fue estimada en alrededor de $3.700 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$, de la cual aproximadamente 95% fue pelágica. Por otra parte, hay una cantidad no despreciable de acoplamiento demerso-pelágico directo. El consumo de producción pelágica (esencialmente fitoplancton, zooplancton y pequeños peces pelágicos) por componentes demersales y bentónicos fue evaluada en alrededor de $66 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$, esencialmente fitoplancton, zooplancton y pequeños pelágicos. En la dirección opuesta, el consumo por especies pelágicas de componentes demersales y bentónicos fue de aproximadamente $45 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$, fundamentalmente bentos heterotrófico.

Adicionalmente, el modelo ECOPATH II provee importante información (Tabla 3) que permite establecer el "status" o esta-

Trophic interactions (Mendoza, this vol.)

Most of the biomass and production in the ecosystem is contained within the pelagic domain. The main flow is determined by the interaction between phytoplankton, zooplankton, small pelagics (essentially, *S. aurita*) and carangids. In the benthodemersal domain, most of the biomass and production is associated with the detritus, benthic producers and heterotrophic benthos components (Fig. 17).

The total estimated biomass, excluding detritus, was 122 t km^{-2} of which 78% corresponded to the pelagic components and 22% to benthic and demersal components. Total estimated biomass production was around $3,700 \text{ t km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ of which approximately 95% was pelagic. Furthermore, there is a non-negligible amount of direct demerso-pelagic coupling. The consumption of pelagic production (essentially phytoplankton, zooplankton and small pelagics) by benthic and demersal components was evaluated at approximately $66 \text{ t km}^{-2} \text{ year}^{-1}$. In the opposite direction consumption by pelagic species of benthodemersal components (mainly heterotrophic benthos) was approximately $45 \text{ t km}^{-2} \text{ year}^{-1}$.

In addition, the ECOPATH II model provides important information (Table 3) that may allow us to establish the "status" of an ecosystem in terms of maturity and compare different systems on the same grounds. The total system throughput is equal to the sum of all flows (consump-

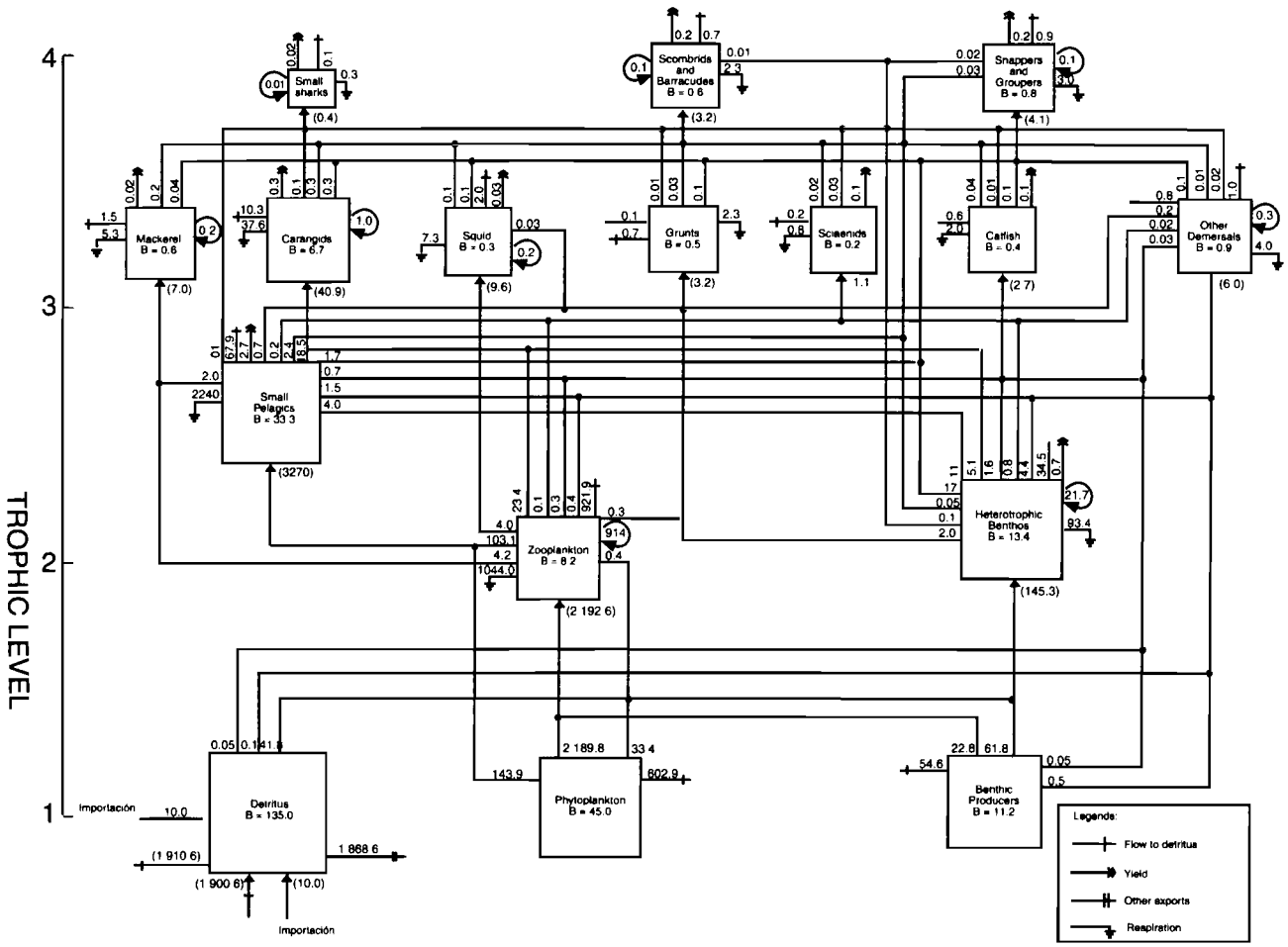


Figura 17
 Esquema de las interacciones tróficas en el ecosistema del nororiente de Venezuela (Mendoza, this vol.).
 Diagram of trophic interactions in the northeastern Venezuela ecosystem(Mendoza, this vol.).

Sum of all consumption	2.868
Sum of all exports	1.417
Sum of all respiratory flows	1.883
Sum of all flows into detritus	1.454
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
Total system throughput	7.621
<hr/>	
Total primary production/ Total respiration	1,752
Net system production	1.417
Total primary production/Biomass	27
Total biomass/Total throughput	0,016
Total biomass	122,1
Total catches	5,2
Connectance index	0,32

▮ **Tabla 3**
Resultados globales de ECOPATH para el ecosistema de plataforma del oriente venezolano. Flujos son en $t\ km^{-2}\ year^{-1}$ (Mendoza, this vol.).

ECOPATH global results for the Venezuelan eastern shelf ecosystem. Flow is expressed in $t\ km^{-2}\ año^{-1}$ (Mendoza, this vol.).

do de un ecosistema en términos de su madurez y comparar diferentes sistemas sobre las mismas bases. El flujo total a través del sistema (total system throughput) es igual a la suma de todos los flujos (consumo, exportaciones, flujos respiratorios y flujo al detrito) en el interior de un ecosistema. El valor de $8.078\ t\ km^{-2}\ año^{-1}$ obtenido para la plataforma continental del nororiente venezolano define un ecosistema de tamaño intermedio, en términos de flujo por unidad de área, al compararse con datos presentados por Pauly *et al.* (1993). Una cantidad importante de este flujo total está ligado al flujo al detrito y su subsiguiente exportación a los sedimentos.

tion, exports, respiratory flows and flows into the detritus) within an ecosystem. The value of $8,078\ t\ km^{-2}\ year^{-1}$ obtained for the northeastern Venezuelan shelf represents an intermediate sized ecosystem in terms of flow per unit area, when compared to data presented by Pauly *et al.* (1993). An important amount of this throughput is linked to the flow into the detritus and its subsequent export into the sediments.

Other summary statistics, which are meant to express the relative degree of maturity of an ecosystem, give a somewhat ambiguous picture. On the one hand, the relatively low value of the primary production/respiration ratio and the

Otras estadísticas, las cuales expresan el grado relativo de madurez de un ecosistema, arrojan una imagen algo ambigua. Por una parte, el relativamente bajo valor del cociente producción primaria/respiración y el relativamente alto valor del índice de conectancia (cociente del número actual de conexiones tróficas sobre el número total de conexiones posibles) indican cierto nivel de madurez del sistema. Por otra parte, las relativamente altas producción neta del sistema y cociente producción primaria/biomasa y el relativamente bajo cociente biomasa/flujo total son indicativos de un sistema inmaduro. No obstante los posibles errores y limitaciones del conjunto de datos, esta aparente ambigüedad puede ser parcialmente explicada por ciertas características particulares de este sistema. Fundamentalmente, la mayor parte de la biomasa y la producción está asociada con un subsistema pelágico dominante y levemente explotado, el cual tiene numerosas conexiones tróficas, sobre una plataforma extensa y relativamente poco profunda, con un subsistema bentodemersal entre moderadamente e intensamente explotado. Esta característica también puede apreciarse al examinar los índices de flujo sistémicos (Tabla 4) basados en la teoría desarrollada por Ulanowicz (1986). A pesar del hecho que el sistema está conducido por el medio pelágico, el importante número de enlaces entre los diferentes grupos determinan un relativamente alto índice de estabilidad en los flujos internos del ecosistema.

En Venezuela ha habido interés por desa-

relatively high estimate of the connectance index (ratio of the number of actual trophic links to the number of total possible links) indicate a certain level of system maturity. On the other hand, the relatively high net system production and total primary production/biomass ratio and the relatively low total biomass/total throughput ratio are indicative of an immature ecosystem. Notwithstanding possible errors and limitations of the data set, this apparent ambiguity may be partially explained by certain characteristics of this particular system. Mainly, most of the biomass and production is related to a lightly exploited and dominant pelagic subsystem, which has multiple trophic links, over an extensive and relatively shallow shelf, to a benthodemersal subsystem that is moderately to intensively exploited. This characteristic can also be appreciated by examining the network flow indices (Table 4) based on the theory developed by Ulanowicz (1986). Despite the fact that the ecosystem is pelagically driven, the important number of links between groups determine a relatively large overhead on internal flows which would confer an important amount of stability to the system.

There has been an interest in Venezuela to develop the small pelagic fisheries for human consumption. However, there is considerable concern about the effects this may have on ecosystem functioning and exploitation of other species (Anon., 1990). Considering the social and economic needs of Venezuelan society, it is necessary to understand the possible

rollar las pesquerías de pequeños pelágicos para consumo humano. Sin embargo, hay bastante preocupación sobre los efectos que esto pudiera tener sobre el funcionamiento del ecosistema y la explotación de otras especies (Anon., 1990). Considerando las necesidades sociales y económicas de la sociedad venezolana, es necesario comprender los posibles efectos de un incremento en la explotación sobre el funcionamiento del ecosistema. Algunas manipulaciones directas de los datos de entrada indican que las capturas del grupo de pequeños pelágicos pueden incrementarse de aproximadamente 50% reteniendo el balance del sistema, fundamentalmente a expensas de la eficiencia ecotrófica de este grupo. Otro efecto observado es el incremento del flujo al compartimiento del detrito debido a una depredación menor sobre los organismos planctónicos. Adicionalmente, la matriz de impactos tróficos (Tabla 8 en Mendoza, este vol.)

effects increased exploitation may have on ecosystem functioning. Some straightforward manipulation of input data indicates that catches of the small pelagics group may be increased by approximately 50% while retaining system balance, mainly at the expense of the ecotrophic efficiency of this group. Another observable effect is the increase of flow to the detritus box from reduced predation on planktonic organisms. Furthermore, the mixed trophic impact matrix (Table 8 in Mendoza, this vol.) indicates that small pelagics are the exploited component that has the largest effect on other groups. This effect is particularly marked in the case of top predators, especially the scombrids and barracudas group and squid. Interestingly, in this multispecies context, a reduction of small pelagic abundance has a positive effect upon itself by means of reduced competition. Furthermore, the main impact of variations in the carangids group is felt

Source	Ascendancy		Stability		Capacity	
	Flow	%	Flow	%	Flow	%
Imports	20,8	0,1	75,8	0,3	96,6	0,4
Internal	4.025,7	15,9	11.811,8	46,5	15.837,4	62,4
Exports	3.858,0	15,2	156,1	0,6	4.014,1	15,8
Respiration	2.158,2	8,5	3.274,3	12,9	5.432,6	21,4
Total	10.062,7	39,6	15.318,0	60,4	25.380,7	100

▮ **Tabla 4**
 Índices de flujo sistémicos estimados por ECOPATH en el ecosistema de plataforma del oriente venezolano (Mendoza, this vol.).

ECOPATH estimates of flow indices for the Venezuelan eastern shelf ecosystem (Mendoza, this vol.).

indica que los pequeños pelágicos es el componente explotado que tiene el mayor efecto sobre los demás grupos. Este efecto es particularmente marcado en el caso de los depredadores tope, especialmente los grupos de escómbridos y picúas y calamares. Es interesante constatar también que, en este contexto multiespecífico, la reducción de la abundancia de pequeños pelágicos tiene un efecto positivo sobre sí mismo al reducirse la competencia intra-específica. Adicionalmente, el impacto mayor de las variaciones en el grupo de los carángidos se presenta al interior del grupo (canibalismo) y sobre los pequeños pelágicos. En función de estos resultados, pareciera que la estrategia de explotación más adecuada, dentro de las limitaciones del modelo, fuera la explotación simultánea de los pequeños pelágicos y de los carángidos.

within the group (cannibalism) and upon the small pelagics. It appears from these results that the most adequate exploitation strategy for the ecosystem, within the constraints of the model, would be to exploit small pelagics and carangids simultaneously. Nevertheless we remind that the use of this approach is presently limited in Venezuela due to the uncertainty in the estimates of most of the parameters used in the model.

Resultados sobre la biología de *Sardinella aurita*

Identificación
(Huq, este vol.)

En el área de estudio la sardina ha sido identificada de manera diferente según los autores: *Clupanodon pseudohispanicus* por Meek e Hildebrand (1925);

Results on the biology of *Sardinella aurita*

Identification
(Huq, this vol.)

In the area the « Spanish sardine » was identified differently by different authors (i.e. *Clupanodon pseudohispanicus* by Meek and Hildebrand (1925); *Sardinella*

Sardinella anchovia por Martín y González (1960a); *S. brasiliensis* por Cervigón (1966) y finalmente *S. aurita* Valenciennes por Whitehead (1973). Luego, otros autores adelantaron la posibilidad de dos poblaciones mezcladas en el oriente de Venezuela: la especie dominante *S. aurita* y otra *S. brasiliensis* menos abundante y estacional (Heald y Griffiths, 1967; Jiménez y Calderón, 1979; Etchevers, 1974). Según Fisher (1978), *S. aurita* y *S. brasiliensis* pueden diferenciarse por la forma de las espinas branquiales, las cuales son ligeramente aplanadas en la primera y fuertemente curvadas en la segunda. Montero (1981), basado en el análisis de 33 a 45 loci genéticos de 11 proteínas de *S. aurita* y *S. brasiliensis* capturadas en el Golfo de Cariaco, encontró que compartían todos los fenotipos electroforéticos para cada enzima analizada, indicando un 100% de similitud genética. Montero concluyó que *S. aurita* y *S. brasiliensis* son la misma especie, lo cual es aceptado hoy como la hipótesis más verosímil. Las diferencias antes mencionadas pueden explicarse por la plasticidad fenotípica de la especie en relación a la variabilidad ambiental. Por medio del estudio de amplificación de la región control del ADN mitocondrial y digestión con enzimas restringidas, Chikhi (1995) indica que muestras de *S. aurita* de Venezuela son genéticamente muy próximas de muestras del Mediterráneo, pero fuertemente diferenciadas de muestras africanas. Chikhi emite varias hipótesis acerca de la biogeografía de la especie con respecto a la deriva de los continentes.

anchovia by Martín and González (1960a); *S. brasiliensis* by Cervigón (1966) and finally *S. aurita* Valenciennes by Whitehead (1973)). Other authors claimed the possibility of two mixed populations in eastern Venezuela the dominant species *S. aurita* and a less abundant and seasonal one *S. brasiliensis* (Heald and Griffiths, 1967; Jiménez and Calderón, 1979; Etchevers, 1974). According to Fisher (1978), *S. aurita* and *S. brasiliensis* may be distinguished by the shape of branchial spines, which are slightly flat in the first and strongly curved in the second. Montero (1981), based on the analysis of 33 to 45 genetic loci of 11 proteins from *S. aurita* and *S. brasiliensis* captured in Cariaco Gulf found that they shared all electrophoretic phenotypes for each enzyme analyzed, which indicates 100% genetic similitude. He concluded that *S. aurita* and *S. brasiliensis* are the same species, which is accepted today as the most likely hypothesis. The aforementioned differences may be explained by phenotypic plasticity of the species in relation to environmental variability, as far as enzymes are concerned. From mitochondrial DNA control region amplification and digestion with restricted enzymes, Chickhi (1995) indicates that *S. aurita* samples from Venezuela and the Gulf of Mexico (Panama City) are genetically very close to Mediterranean samples, but strongly differentiated from African samples.

Distribución geográfica y biomasa

(Cárdenas; Fréon *et al.* a; Guzmán *et al.*; Huq; todos en este vol.)

La distribución geográfica de la sardina ha sido inferida por medio de diferentes enfoques: datos pesqueros (Guzmán *et al.*, Huq, este vol.), prospecciones aéreas (Trujillo, 1976, 1978) y cruceros hidroacústicos (Cárdenas, este vol.; Anónimo, 1989). Descripciones preliminares de la distribución geográfica subestimaron la distribución real, ya que se fundamentaron en datos de la pesquería artesanal costanera. Las prospecciones aéreas permitieron una visión más realista, a pesar que la identificación de cardúmenes presentaba altos niveles de incertidumbre. Los cruceros hidroacústicos combinados con arrastres pelágicos y/o de fondo permiten inferir una distribución más real y suministran estimaciones de biomasa.

Aun cuando la especie puede encontrarse ocasionalmente en cualquier parte del margen costero de Venezuela, hay obviamente 2 stocks en el país: uno pequeño en el Golfo de Venezuela (Gerlotto *et al.*, 1985; Strømme y Saetersdal, 1989), el cual está prácticamente inexplorado, y uno más grande en la parte oriental del país (Fig. 18). La distribución de este segundo stock, el cual es el objeto de este estudio, está limitado fundamentalmente por tres factores naturales:

– el límite norte del stock está definido por la masa de agua rica en plancton (ver capítulo anterior), es decir, esencialmente, la plataforma continental hasta 150 m de

Geographical distribution and biomass

(Cárdenas; Fréon *et al.* a; Guzmán *et al.*; Huq; all in this vol.)

The geographical distribution of the sardine was inferred from different approaches: fishery data (Guzmán *et al.*, Huq, this vol.), aerial surveys (Trujillo, 1976, 1978) and acoustic surveys (Cárdenas, this vol.; Anonymous, 1989). Preliminary descriptions of the geographical distribution underestimated the real distribution since they were based on coastal artisanal fisheries data. Aerial surveys allowed a broader overview despite the fact that school identification was uncertain. Acoustic surveys combined with trawl sampling give the more realistic distribution and provide biomass estimation.

Even though the species can be found occasionally on any part of the Venezuelan continental shelf, there are obviously two stocks in the country: a small one in the Gulf of Venezuela (Gerlotto *et al.*, 1985; Strømme and Saetersdal, 1989) which is nearly unexploited and a larger one in the eastern part of the country (Fig. 18). The distribution of this second stock, which is the object of this study, is limited by three main natural features:

– the northern extension of the stock seems to correspond with the northern extension of the plankton rich water mass (see previous chapter), that is mainly the continental shelf down to 150 m depth. Nevertheless, during some years, dense layers have been observed during acoustic surveys North of Margarita

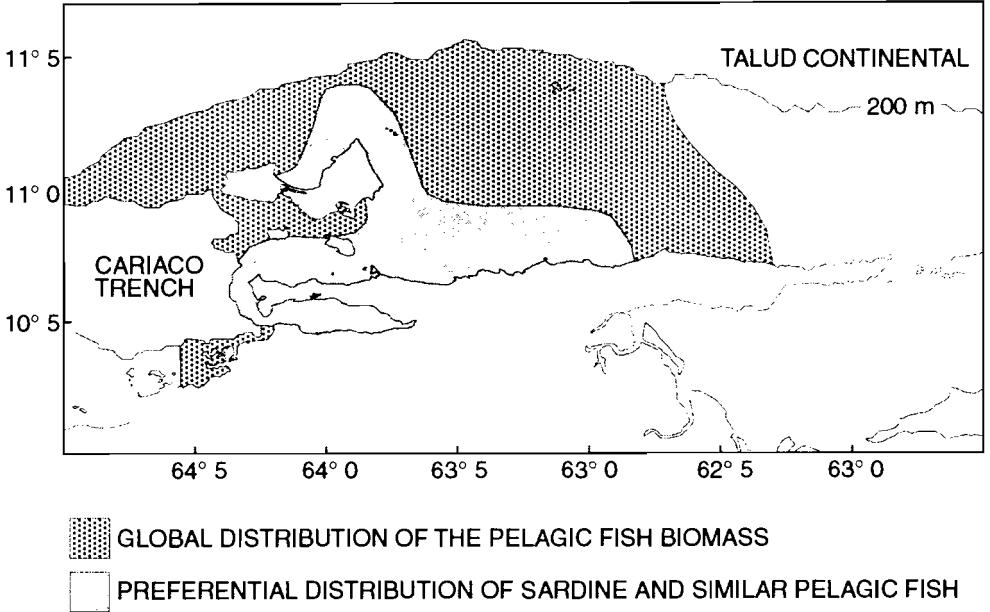


Figura 18

Area global de distribución de la biomasa pelágica y área de distribución preferencial de la sardina y similares en el nororiente de Venezuela; (Cárdenas, este vol.).

Global area of pelagic biomass distribution and preferential distribution of sardine and sardine-like fishes in northeastern Venezuela; (Cárdenas, this vol.).

profundidad. Sin embargo, en algunos años, durante cruceros hidroacústicos capas densas han sido observadas al norte de la Isla de Margarita cerca del borde de la plataforma. Por el momento, la ausencia de muestreos biológicos a esta profundidad (alrededor de 150 m), no permite concluir sobre la identidad de la especie (*S. aurita*, o más verosímilmente otras especies como *Myctophyidae* o *Engraulidae*);

– el límite occidental está definido por la Fosa de Cariaco, una plataforma más estrecha e intensidad menor de afloramiento. No obstante hay pocos datos

Island near the shelf break. The lack of biological sampling at this depth (around 150 m) does not allow us to determine on the identity of the species (*S. aurita*, or more likely other species, i.e. *Myctophyidae* or *Engraulidae*);

– the western extension is limited by the Cariaco Trench, a narrower continental shelf and a lower upwelling intensity. There are few available data (from the fishery and from acoustic surveys) in the central part of Venezuela;

– the eastern limit of the stock is less clear

disponibles (pesqueros e hidroacústicos) de la región central de Venezuela;

– el límite oriental es menos claro y cambia estacionalmente. *S. aurita* se encuentra alrededor de la isla de Trinidad donde es explotada por pesquerías artesanales (Manickchand-Heileman and Hubard, 1988). Los intercambios con el stock trinitario (o stock “trinitario-guyanés”) son probablemente restringidos por efecto de la pluma de baja salinidad del Orinoco. Esto lo sugiere fuertemente la información hidroacústica, la cual indica una disminución de densidad desde 62°40'O hacia la entrada del Golfo de Paria (Boca de Dragón). El límite oriental del stock encaja con el límite occidental de la pluma del Orinoco, el cual corresponde también con un cambio en la composición y biomasa del plancton (ver capítulo anterior). Se recordará que este frente tiene una orientación sureste / noroeste y se identifica más claramente en el segundo semestre cuando se traslada hacia el oeste. Por último, López (1972) no encontró números significativos de huevos y larvas hacia el este de este frente halino.

La mayor abundancia se encuentra al este, sureste y norte de la isla de Margarita, alrededor de las islas de Coche y Cubagua y al norte de las penínsulas de Araya y Paria (desde 62°40'O hasta 64°20'O) y en el Golfo de Cariaco. Los individuos más grandes (>21 cm de longitud total) se encuentran mayormente al norte de Margarita donde no están sometidos a explotación. Los tamaños medios (16–20 cm) son capturados en todos los sectores

and changes seasonally. *S. aurita* is found around Trinidad Island where it is exploited by artisanal fisheries (Manickchand-Heileman and Hubard, 1988). The exchanges between the Trinitarian stock (or «Trinitarian-guyanese» stock) are probably limited by the low salinity plume of the Orinoco river. This is strongly suggested by acoustic survey data which indicate a decrease in density from 62°40' to the mouth of the Paria Gulf (Boca de Dragon). The eastern stock limit fits with the western front of the Orinoco plume, which corresponds also to a change in plankton composition and biomass (see previous chapter). This front has a south-east / north-west orientation and is more easily identified during the second semester when it shifts to the west. Lopez (1972) did not find significant numbers of eggs and larvae to the east of this front.

The highest sardine abundance is found to the east, south east and north of Margarita Island, around the islands of Coche and Cubagua, and north of Araya and Paria Peninsulas (from 62°40' to 64°20') and in the Gulf of Cariaco. Large fish (>21 cm total length) are mainly found north of Margarita where they are not exploited. Medium size individuals (16–20 cm) are caught in all fishing sectors; while young fish concentrate north of Paria peninsula, in the Gulf of Cariaco and in the western part of the stock distribution, around the Gulf of Santa Fe (Fig. 19). In the fishery data we observed seasonality in relative abundance of individuals >19 cm in the Southern Area, with a minimum in May-

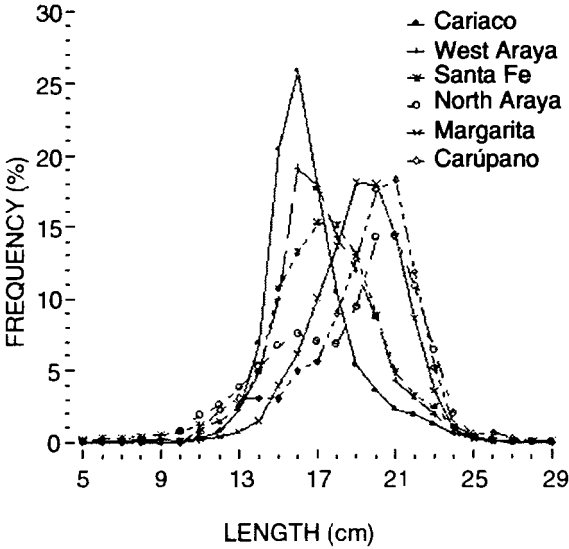


Figura 19
 Distribución de frecuencia de talla por sector de pesca (ver Fig. 3) en los desembarcos muestreados (1956–1989); (Fréon et al. a, este vol.).

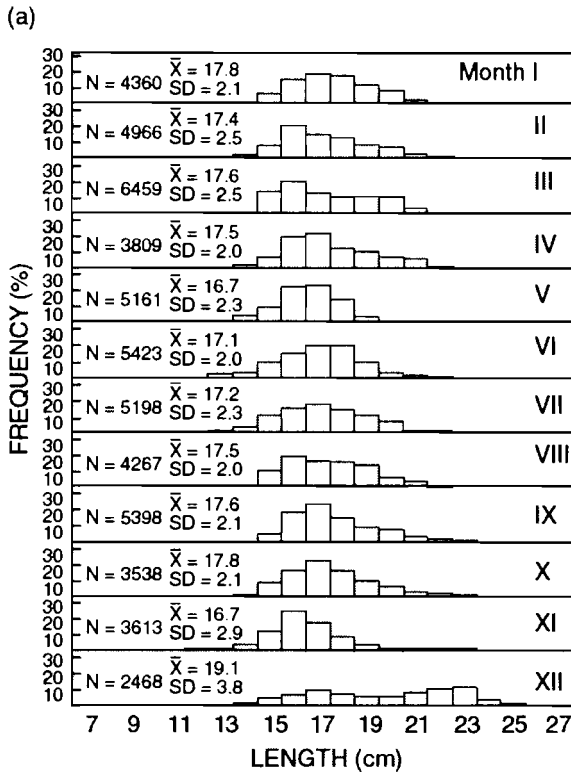
Length frequency distribution per fishing sector (see Fig. 3) in the sampled landings (1956–1989); (Fréon et al. a, this vol.).

de pesca, mientras que los individuos jóvenes se concentran al norte de la Península de Paria, en el Golfo de Cariaco y alrededor del Golfo de Santa Fe en la parte occidental del área de distribución (Fig. 19). En los datos pesqueros se observó estacionalidad en la abundancia relativa de individuos >19 cm en el Área Sur, con un mínimo en mayo-junio y un máximo en diciembre cuando se observa claramente la presencia de una moda a 22–23 cm (Fig. 20), lo cual sugiere un proceso de inmigración.

La distribución vertical de los cardúmenes indica que su centro de gravedad varía entre 10 y 30 m, y que su extensión vertical es de alrededor de 10 m. En el oriente venezolano las especies pelágicas forman fundamentalmente cardúmenes en la columna de agua durante horas diurnas.

June and a maximum in December when a clear mode appears at 22–23 cm (Fig. 20), suggesting immigration.

The vertical distribution of fish schools indicates that preferred depth varies between 10 and 30 m, and their vertical extension is around 10 m. It seems that in Eastern Venezuela pelagic species are mainly schooling in the upper part of the water column during the day. During the night, dense or loose schools are often observed (most often during moonlight periods, but not exclusively) as well as dense superficial layers (Fréon et al., 1989). Nevertheless, dense bottom layers or schools are detected on some occasions, sometimes below 50 m where they are not available to the “chinchorros”. This was particularly the case during the ECHOVEN3 survey in August 1987 and



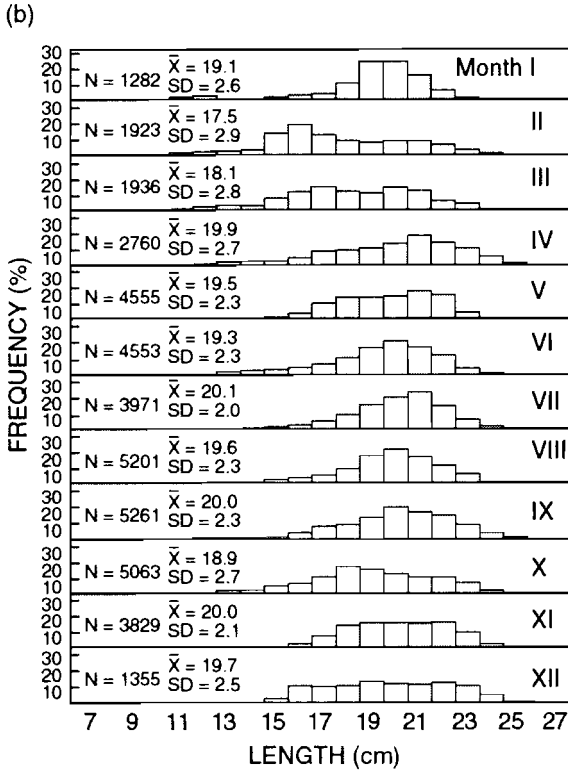
■ Figura 20

Distribución mensual de frecuencias de talla en los sectores del Área Sur (sectores del Golfo de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) (a) y del Área Norte (sectores de Araya norte, Margarita y Carúpano) (b), durante el período 1956–1989; (Fréon *et al.*, este vol.).

Monthly length frequency distributions (a) in the Southern Area (sectors Gulf of Cariaco, Araya west and Santa Fe) and (b) in the Northern Area (sectors north Araya, Margarita and Carúpano) during the period 1956–1989; (Fréon et al., this vol.).

Sin embargo, también se observan a menudo cardúmenes de densidad variable en horas nocturnas (frecuentemente durante períodos de luna llena, pero no exclusivamente), así como capas superficiales densas (Fréon *et al.*, 1989). No obstante, en algunas ocasiones, se detectan cardúmenes o capas densas de fondo fuera

was interpreted as a consequence of the absence of upwelling during this season (Gerlotto and Ginés, 1988). Other surveys performed during the rainy season (Cárdenas, this vol.) did not show a similar image but only a slightly deeper distribution of the biomass. More recently, in April 1996, bottom layer densities were



del alcance de los artes de pesca. Este fue particularmente el caso durante el crucero hiroacústico ECHOVEN 3 en agosto de 1987 y se interpretó como consecuencia de la ausencia de afloramiento durante este período (Gerlotto y Ginés, 1988). Otros cruceros realizados en estación de lluvias (Cárdenas, este vol.), no mostraron este tipo de imagen, sino una distribución más profunda de la biomasa. Más recientemente, en abril de 1996, capas densas de fondo fueron detectadas por el B/O Hermano Ginés y el B/O Antea al norte y este de la isla de Margarita; muestreos de arrastre indicaron una agregación de *S.*

detected by R/V Hermano Gines and R/V Antea north and east of Margarita island and trawl samples indicated an assemblage of *S. aurita*, Carangids and demersal species (unpublished data).

Despite a large interannual variability in the biomass estimates, which obviously overestimates the real range of variation, total pelagic biomass was estimated between 780,000 and 2 million t. From biological sampling made during the surveys, the proportion of sardine is evaluated between 65 and 90%. As a result, the sardine biomass is estimated in the interval of 600,000 to 1.3 million t.

aurita, carángidos y especies demersales (datos no publicados).

A pesar de una alta variabilidad interanual en los estimados de biomasa, los cuales obviamente sobrestiman el rango real de variación, la biomasa pelágica total fue evaluada entre 780.000 y 2 millones de toneladas. A través del muestreo biológico realizados durante las prospecciones, la proporción de sardina se estimó entre 65 y 90%. Por lo tanto, la biomasa de sardina se estima en el intervalo entre 600.000 a 1,3 millones de toneladas.

Hábitos alimenticios

(Huq, este vol.)

S. aurita presenta una dieta omnívora y con preferencia por el zooplancton por parte de los individuos más jóvenes (Fig. 21). En general, se alimenta de organismos planctónicos de un amplio rango en morfología y tallas dependiendo de la distribución y abundancia de las presas (Fig. 21). Su hábito de alimentación filtrador es poco selectivo y predominantemente oportunista.

Los adultos de *S. aurita* consumen primordialmente dinoflagelados, diatomeas y copépodos y, secundariamente, microalgas, larvas de diferentes grupos taxonómicos (decápodos, bivalvos, copépodos, cirrípedos, ostrácodos y anfípodos) y huevos de peces y copépodos. El alimento accidental está representado por cladóceros y por otras larvas (gasterópodos, apendiculados, foraminíferos, que-tonatos, anélidos y políquetos).

Feeding habits

(Huq, this vol.)

S. aurita presents an omnivorous diet with a preference for zooplankton at smaller length classes (Fig. 21). In general it feeds on planktonic organisms with a wide morphological and length range depending on distribution and abundance of prey (Fig. 21). Its filter feeding habit is not very selective and mainly opportunistic.

Adult *S. aurita* consume primarily dinoflagellates, diatoms and copepods and secondarily microalgae, larvae of different taxonomic groups (decapod, bivalve, copepod, cirriped, ostracod and amphipod) and eggs of fishes or copepods. Incidental foods are represented cladocerans and other larvae (gasteropod, appendiculate, foraminifera, chaetognaths, tintinnid, annelid and polychaete).

Primary food of juveniles are copepods, diatoms and dinoflagellates; while sec-

El alimento principal de juveniles son copépodos, diatomeas y dinoflagelados, mientras que los alimentos secundarios son larvas de peces y copépodos, cladoceros, cirrípedos, microalgas, amfípodos y las larvas de ostrácodos, decápodos y bivalvos. Los alimentos accidentales son larvas de gasterópodos, bivalvos, misidáceos, peces y huevos pequeños de apendiculados (Bruzual, 1984; Caldera *et al.* 1988, García *et al.*, 1985a, Oropeza, 1984; Ramirez *et al.*, 1987).

En conclusión *S. aurita* es ampliamente omnívora y oportunista y está, por consiguiente, bien adaptada para explotar la amplia variabilidad espacial y temporal de los organismos planctónicos que se encuentran en el área.

Proporción de sexos y longitud a la primera madurez

(Fréon *et al.* a, este vol.)

La proporción de sexos para todas las muestras no fue significativamente diferente de la unidad ($s = \text{no. de hembras/no. de machos} = 0,995$; $\chi^2 = 0,50$; $p = 0,48$).

Al ajustar las 88.364 observaciones filtradas a la relación longitud-peso de la ecuación (3) se obtuvo:

$$W = 1,0377 \cdot 10^{-6} L^{3,399} \quad r = 0,98 \quad (9)$$

Aun cuando el ajuste es satisfactorio para el rango de longitud 13–22 cm, el cual representa 94% del número total y explica

ondary foods include fish and copepod larvae, cladocerans, cirripedes, microalgae, amphipods and the larvae of ostracods, decapods and bivalves. Incidental foods are gastropod larvae, bivalves, mysidaceans, fish and small appendiculate eggs. (Bruzual, 1984; Caldera *et al.* 1988, García *et al.*, 1985a, and Oropeza, 1984; Ramirez *et al.*, 1987).

In conclusion *S. aurita* is largely omnivorous and opportunistic and is therefore well adapted to exploit the wide spatial and temporal variability of plankton organisms found in the area.

Sex-ratio and length at first maturity

(Fréon *et al.* a, this vol.)

The sex-ratio for all samples was not statistically different from unity ($s = \text{no of females/no of males} = 0.995$; $\chi^2 = 0.50$; $p = 0.48$).

By adjusting the 88,364 filtered observations to the length-weight relationship included in equation (3) we obtain:

$$W = 1.0377 \cdot 10^{-6} L^{3.399} \quad r = 0,98 \quad (9)$$

Although, adjustment is satisfactory for the 13–22 cm length range, which represents 94% of total numbers and explains the high values of the correlation coeffi-

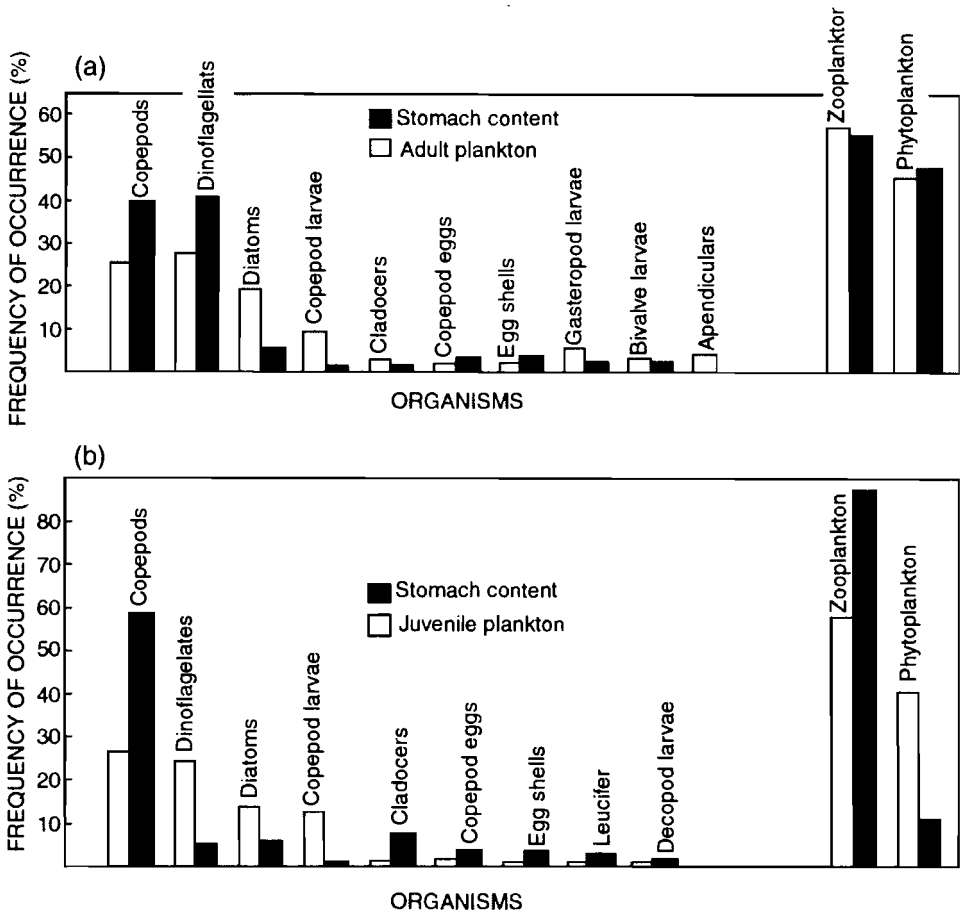


Figura 21

Comparación del contenido de plancton en el medio ambiente y en el estómago de los juveniles (a) y de los adultos (b) de la sardina *S. aurita* en el nororiente de Venezuela (según Oropeza, 1984).

*Comparison of plankton occurrence (%) in the environment and in young (a) and adult (b) Spanish sardine *S. aurita* stomachs in northeastern Venezuela; (Oropeza, 1984).*

el alto valor del coeficiente de correlación r , no ocurre lo mismo con las clases de longitud extremas. En efecto, los individuos grandes siempre presentan en promedio un peso inferior al valor teórico predic-

cient r , it is not the same for extreme length classes. In effect, large specimens always present on average a smaller weight than the predicted theoretical value. On the contrary, small individuals

tivo. Al contrario, los individuos pequeños son más pesados que los valores predictivos (ver apéndice 2 en Fréon *et al.*, este vol. para detalles).

La curva de frecuencias acumuladas de individuos que han alcanzado o sobrepasado el estadio de madurez 4, indica que la reproducción comienza a 15 cm (Lm_{00}) y que el 50% de los individuos alcanzaban la madurez a 20 cm ($Lm_{50} = 19,7$ cm).

Fecundidad

(Huq, este vol.)

Figuera (1967) señaló que el número promedio de huevos desovados durante su estudio fue de 1783 huevos/hembra y que el número de óvulos por gramo de pez varió entre 295 a 665. Reyes (1981) encontró que la fecundidad varió entre 17.120 y 60.800 óvulos por hembra, con una fecundidad promedio de 32.975 y una fecundidad relativa de 681 óvulos por gramo de pez. Ramírez y Huq (1986) encontraron una fecundidad promedio de 18.567 huevos y que el número de huevos por gramo de pez varió entre 158 y 385 con un promedio de 222. Huq y Rodríguez (1988) encontraron una fecundidad promedio de 41.299 con un rango desde 17.509 hasta 70.687 y que la fecundidad relativa promedio fue de 522 huevos por gramo de pez con un rango entre 300 y 871. A pesar de estas diferencias entre distintos autores (las cuales probablemente se deban a diferencias en intervalos de tallas estudiados y a la variabilidad interanual y espacial) se puede concluir que la fecun-

are heavier than predicted (see appendix 2 in Fréon *et al.*, this vol. for details).

The cumulative frequency curve of individuals which have reached or passed maturity stage 4 indicates that reproduction started at 15 cm (Lm_{00}) and that 50% of individuals were mature at 20 cm ($Lm_{50} = 19.7$ cm).

Fecundity

(Huq, this vol.)

Figuera (1967) pointed out that the number of spawned eggs in his study reached 1783 eggs/female on average and that the number of ovules per gram of fish varied from 295 to 665. Reyes (1981) found that total fecundity varied between 17,120 and 60,800 ovules per female with an average fecundity of 32,975 and a relative fecundity of 681 ovules per gram of fish. Ramírez and Huq (1986) found an average fecundity of 18,567 eggs and that the number of eggs per gram of fish varied between 158 and 385 with an average of 222. Huq and Rodríguez (1988) found an average fecundity of 41,299 ranging from 17,509 to 70,687 and that average relative fecundity was 522 eggs per gram of fish with a range between 300 and 871. Despite these differences between authors (which are probably due to the differences in body length and inter-annual and spatial variability), we can conclude that the average fecundity is around 30.000 ovules per female and relative fecundity

didad promedio es de alrededor de 30.000 óvulos por hembra y la fecundidad relativa es de aproximadamente 400 huevos por gramo. Estos resultados pueden compararse con los resultados de Conand (1977) en Senegal, quien también encontró una fecundidad relativa de 400 huevos por gramo, y los resultados levemente inferiores de Ghéno y Fontana (1981), quienes hallaron valores entre 250 y 300 huevos por gramo en el Congo.

Áreas de desove y ciclo de vida (Fréon *et al.* a, este vol.)

Las áreas de desove de *Sardinella aurita* en la región han sido identificadas al sur y noroeste de la isla de Margarita, alrededor de las islas de Coche y Cubagua y al norte del estado Sucre en una banda costera localizada entre 62°40'O y 65°20'O. Áreas de menor importancia son las costas de Santa Fe, alrededor de las islas de Los Testigos y la costa norte del Golfo de Paria (Fig. 22; López, 1972). Estos resultados señalan que las áreas principales de desove ocurren fundamentalmente al occidente del frente halino inducido por la descarga del Orinoco y, por lo tanto, sugieren que el desove se traslada más al oeste durante los meses de máxima descarga en el tercer trimestre. También, las áreas de desove intensivo están asociadas con las fuertes divergencias que se presentan al norte de Carúpano y de la isla de Margarita, lugares con altos valores estacionales de concentración de

is around 400 eggs per gram. These values can be compared with the results of Conand (1977) in Senegal who also found a total fecundity of 400 eggs per gram, and those slightly lower of Ghéno and Fontana (1981) who found 250 to 300 eggs per gram in Congo.

Spawning areas and life cycle (Fréon *et al.* a, this vol.)

Sardinella aurita spawning areas in the region have been identified to occur south and northwest of Margarita island, around the islands of Coche and Cubagua and north of Sucre state in a coastal band located between 62°40'W and 65°20'W. Areas of minor importance are the coast of Santa Fe, around Los Testigos islands and the northern part of the Gulf of Paria (Fig. 22; Lopez, 1972). These results indicate that significant spawning areas occur mainly westwards of the haline front induced by Orinoco River discharge and suggest that spawning is limited and shifted to the west during maximum river discharge in the third trimester. Also, areas of intensive spawning are associated with the strong divergence that occurs north of Carúpano and north of Margarita island where high seasonal pigment concentrations are present during the first half of the year (Müller-

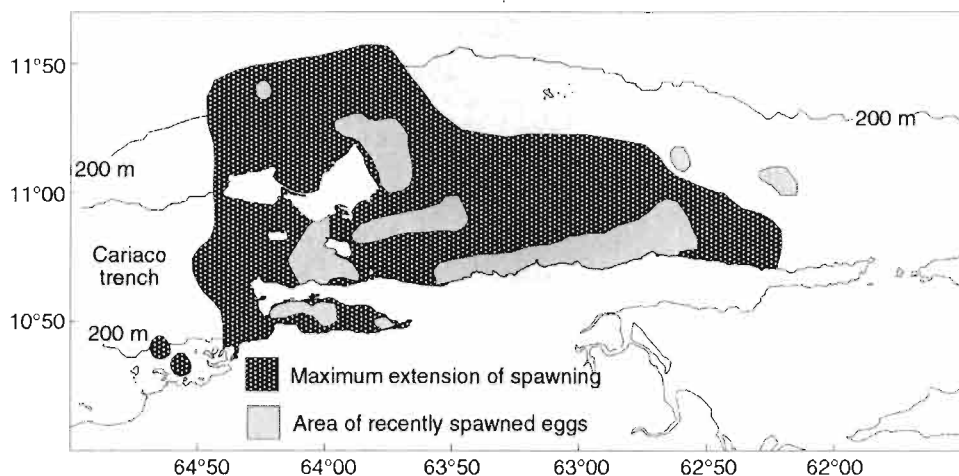


Figura 22

Extensión total de desove significativo de la sardina y área de ocurrencia de huevos recién desovados (1 a 16 células o capa blastodérmica completa); (adaptado de López, 1972).

Maximum extension of sardine spawning area and area where recently spawned eggs were observed (1 to 6 cells or blastodermic layer complete); (adapted from López, 1972).

pigmentos en la primera mitad del año (Müller-Karger y Varela, 1990; Müller-Karger y Aparicio, 1994).

A través del análisis de datos de frecuencias de tallas (Fig. 19) y de estadios de madurez sexual (Tabla 5), es evidente que las áreas de criadero no se restringen al Área Sur (sectores del Golfo de Cariaco, oeste de Araya y Santa Fe), en oposición a la hipótesis prevaleciente reportada (pero no sustentada) por Huq (este vol.). La proporción de individuos maduros en todos los sectores de pesca no fue despreciable, con valores máximos al norte de Araya y mínimos alrededor de la isla de

Karger and Varela, 1990; Müller-Karger and Aparicio, 1994).

From length frequency analysis (Fig. 19) and maturity stage data (Tabl. 5), it is obvious that nursery areas are not restricted to the Southern Area (Cariaco Gulf, west Araya and Santa Fe sectors), in opposition to the prevailing hypothesis reported (but not supported) by Huq (this volume). The proportion of mature individuals was non negligible in all six fishing sectors, with a maximum in North Araya and a minimum around Margarita Island, and young recruits were fished in considerable numbers along the northern coastline

CONDITION FACTOR				
Effect	(df)	SS	MS	F
Model	(422)	522,4	1,2380	198,6*
Error	(87.939)	548,3	0,0062	–
Corrected total	(88.361)	1 070,7	–	–
Year	(29)	54,86	1,8916	303,4*
Month	(11)	7,45	0,6777	108,7*
Sector	(5)	11,75	2,3499	376,9*
Month·Sector	(53)	19,25	0,3633	58,3*
Year·Month	(247)	122,18	0,4947	79,3*
Year·Sector	(71)	67,28	0,9476	152,0*
Longitude	(1)	27,1	27,1082	4347,7*
REPRODUCTIVE INDEX				
Effect	(df)	SS	MS	F
Model	(439)	25.005.563	56.960	98*
Error	(92.395)	53.483.522	579	–
Corrected total	(92.834)	78.489.085	–	–
Sector	(5)	105.932	21.186	37*
B-year	(34)	2.041.177	60.035	104*
Month	(11)	936.850	85.168	147*
Month·Sector	(55)	990.458	18.688	32*
B-year·Month	(246)	6.087.250	24.745	43*
B-year·Sector	(83)	1.882.520	22.681	39*
Longitude	(1)	1.955.555	1.955.555	3.378*

* $p < 0,001$

■ Tabla 5

Fuente de variabilidad del factor de condición y del índice reproductivo entre 1956 y 1989 resultantes del ajuste de los modelos lineales generalizados (4) y (6) respectivamente. *df*: grados de libertad. *F*: test de fisher. *B-año*: año biológico, de agosto a julio.

Sources of variability of the condition factor and the reproductive index between 1956 and 1989 resulting from the fit of general linear models (4) and (6) respectively. df: degrees of freedom. F: fisher's test. B-año: biological year, from August to July.

Margarita, y los jóvenes reclutas se pescaron en cantidades considerables a lo largo de la costa norte de Araya y alrededores de Carúpano. Sin embargo, es evidente que los individuos de tallas mayores a 19 cm fueron abundantes en el Sur solamente en el período reproductivo (Fig. 3). Adicionalmente, la longitud promedio de individuos reproductivos en las Áreas Sur y Norte fue similar (ver Fig. 9 en Fréon *et al.*, este vol.), lo cual sugiere fuertemente una migración reproductiva del Norte al Sur en diciembre-enero y no un efecto del crecimiento que es mas bien lento a estas tallas ($0,5 \text{ cm mes}^{-1}$). Se puede, por lo tanto, proponer el siguiente ciclo de vida: la reproducción ocurre de noviembre a marzo; sin embargo, en los sectores del Área Sur, la estación reproductiva es corta con un pico generalmente en diciembre. En esta Área Sur, la reproducción involucra individuos jóvenes que se han desarrollado en la misma área durante su primer año de vida, y adultos que han migrado rápidamente desde los sectores del Área Norte. En estos últimos sectores la reproducción se extiende por más tiempo y presenta dos picos cercanos (noviembre y febrero). La maduración y el desove seguramente ocurren en áreas no muestreadas más al norte y al este, donde huevos y larvas han sido observados en abundancia, pero los datos no permitieron identificar un claro patrón espacial o estacional (López 1972).

En el Área Sur, la irregularidad del desove, en relación con la abundancia relativa observada de individuos jóvenes, sugiere fuertemente que hay un reclu-

(North Araya and Carúpano). However, it is clear that individuals larger than 19 cm were abundant in the south only during the reproductive period (Fig. 3). Moreover, the mean length of reproductive individuals in the Southern and in the Northern Areas was similar (see Fig. 9 in Fréon *et al.*, this vol.), which strongly suggests a spawning migration from north to south in December-January, rather than growth which is relatively slow at this length ($0.5 \text{ cm month}^{-1}$). We can therefore propose that reproduction takes place from November through March. However, in the Southern Area the reproductive season is short with a peak usually in December. In this Southern Area reproduction involves young individuals which have developed in the same area during their first year of life and older adults which have migrated rapidly from the Northern Area (similarly to the pattern observed by Boely *et al.* (1982) in Senegal on the same species). In this Northern Area, reproduction is more protracted and presents two close peaks (November and February). Maturation and spawning surely occurs in unsampled areas further north and east where eggs and larvae have been found to be abundant but the data did not permit us to identify a clear spatial or seasonal pattern (López 1972).

In the Southern Area, the irregularity of spawning, in relation to the observed relative abundance of young individuals, strongly suggests that there is a significant recruitment from reproduction in the northern area. In the absence of samples

tamiento externo, producto de la reproducción en el área norte. En ausencia de muestras de estadios tempranos de vida, no sabemos por medio de cuales mecanismos (transporte pasivo de huevos y larvas o migración activa de juveniles) ni a que edad ocurre el arribo de individuos a estas zonas de criadero en el sur. La salida hacia los sectores del Área Norte ocurre despues de la primera reproducción, probablemente comenzando en febrero, cuando los adultos retornan al norte luego de su corta migración reproductiva al sur.

Originalidad de la estrategia reproductiva en relación con otros stocks de pequeños pelágicos

(Fréon *et al.* a, este vol.)

Los valores mensuales de LS MEANS del factor de condición resultantes del ajuste del modelo (4) y los valores de LS MEANS del índice reproductivo obtenidos de la ecuación (6) se presentan en la figura. 23. Se puede esperar que un incremento importante del índice gonado-somático durante el período de reproducción aumentaría el valor del factor de condición (dominado por el estadio de madurez 4). Curiosamente, en el caso del oriente de Venezuela, el pico reproductivo no coincidió con el máximo del factor de condición en el mes de agosto, es decir cinco meses antes, sino con el mínimo. El incremento continuo del factor de condición de enero a junio puede estar relacionado con la alta productividad origina-

of early life stages, we do not know by which mechanisms (passive transport of eggs and larvae or active migration of juveniles) and at what age the arrival of individuals to these southern nurseries occurs. Departure towards the Northern Area took place after their first reproduction, probably starting in February, when adults returned to the north after their short southward migration.

Originality of reproductive strategy in relation to other pelagic stocks

(Fréon *et al.* a, this vol.)

The monthly LS MEANS values of condition factor resulting from model (4), and the LS MEANS values of the reproductive index resulting from equation (6) are presented in Fig. 23. We may expect that a large increase in the gonado-somatic index during the reproductive period would increase the value of the condition factor (dominated by maturity stage 4). Curiously, in the case of eastern Venezuela the reproductive peak was not coincident with the condition factor maximum which occurred in August, that is five months earlier, but rather with its minimum. The steady increase in condition factor from January to June may be related to an accumulation of energetic reserves associated with the high productivity originated

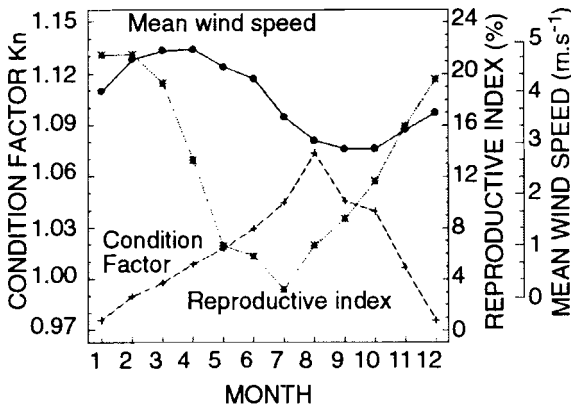


Figura 23
 Comparación de la estacionalidad de la velocidad del viento en Cumaná y Punta de Piedras (1972–1989), del factor de condición y del índice de reproducción (1956–1989); (Fréon *et al.* a, este vol.).

*Comparison of seasonal pattern of mean wind speed in Cumaná and Punta de Piedras (1972–1989), condition factor and reproductive index (1956–1989) ; (Fréon *et al.* a, this vol.).*

da por la surgencia, la cual es relativamente importante hasta este último mes (Fig. 23). El alto valor del factor de condición hasta octubre es difícil de explicar por un equilibrio del presupuesto energético (especialmente el incremento de julio a agosto). Pudiera deberse al enriquecimiento producto de la descarga del Orinoco que alcanza su máximo durante este período (Aparicio 1996). El estudio de contenido de lípidos por Tornes *et al.* (1971), entre septiembre de 1968 y mayo de 1971 sobre individuos de 10 a 23 cm, confirma el almacenamiento de grasa al final del período de surgencia. Se concluye que la energía disponible durante el período de máxima producción planctónica no fue utilizada de inmediato para la

by the upwelling which is relatively important until this month (Fig. 23). The high value of condition factor until October is difficult to explain by an equilibrium of the energy budget (especially the increase from July to August). It is more likely related to an enrichment from the Orinoco river which reaches maximum runoff during this period (Aparicio 1996). The study of lipid content by Tornes *et al.* (1971), between September 1968 and May 1971 on individuals from 10 to 23 cm, confirms the storage of fat at the end of the upwelling period. We conclude that the energy available during the period of maximum planktonic production was not immediately used for reproduction, but stored as fat and metabolized

reproducción, sino almacenada como grasa y metabolizada para la reproducción varios meses después. Esta estrategia es energéticamente onerosa (Wootton 1979) y esto pudiera reflejarse en la pequeña longitud máxima alcanzada por esta especie en la región: 27 cm en comparación a 39 cm en el área de Mauritania-Senegal donde la productividad es similar o algo más elevada (Fréon 1986), o 31 cm en Côte d'Ivoire y Ghana (Marchal, 1993) donde la productividad es menor (Le Loeuff *et al.* 1993). Hemos encontrado en la literatura otros ejemplos de una estrategia similar pero solamente en un clupeído: *Sardina pilchardus* en las costas de Algeria (Tomasini *et al.* 1989). Usualmente *S. aurita* es considerada una especie oportunista que desova en muchos estratos espacio-temporales, una vez satisfechos los requerimientos energéticos, pero en estos casos el período principal de reproducción corresponde con el final de la estación de surgencia cuando el transporte costa afuera es relativamente bajo y el plancton todavía abundante (Fréon 1986; Cury and Fontana 1988).

¿Porqué el período de máximo factor de condición precede de varios meses al período reproductivo en Venezuela, en oposición al caso más frecuente en pequeños pelágicos? Utilizando el enfoque comparativo, Bakun (1996) definió la "tríada" de procesos convenientes para la conformación de habitats reproductivos para pequeños pelágicos: enriquecimiento (surgencia, procesos de mezcla, etc.), concentración (estabilidad de la columna de agua, convergencia, formación de

for reproduction several months later. This strategy is energetically costly (Wootton 1979) which might be reflected in the small maximum total length reached here by this species – i.e. 27 cm compared to 39 cm in the Mauritania-Senegal area where productivity is similar or slightly higher (Fréon, 1986), or 31 cm in Côte d'Ivoire (Marchal, 1993) and Ghana where productivity is lower (Le Loeuff *et al.* 1993). We have found in the literature other examples of a similar strategy but only one in a Clupeid: *Sardina pilchardus* on the coast of Algeria (Tomasini *et al.* 1989). Usually *S. aurita* is considered an opportunistic species which spawns in many spatial and temporal strata as soon as the energetic requirements are fulfilled, but in those cases the main spawning period corresponds to the end of the upwelling season when transport is low and plankton still abundant (Fréon 1986; Cury and Fontana 1988).

Why does the period when condition factor is highest usually precedes by several months the reproductive period in Venezuela, as opposed to the general case in small pelagic fish? Using the comparative approach, Bakun (1996) defined the « triad » of processes suitable for pelagic fish reproductive habitats: enrichment (upwelling, mixing, etc.), concentration (water column stability, convergence, frontal formation) and retention of ichthyoplankton within appropriate habitats. This ideal combination is observed when wind speed is around 5–6 m s⁻¹ according to the optimal environmental window hypo-

frentes) y retención de ictioplancton al interior de habitats adecuados. Esta combinación ideal es observada cuando la velocidad del viento es alrededor de 5–6 m s^{-1} de acuerdo a la hipótesis de la ventana óptima de reclutamiento aplicada a la reproducción por Roy *et al.* (1992).

Es difícil concluir sobre la aplicabilidad de la hipótesis de la ventana óptima de reclutamiento al caso venezolano, puesto que tenemos datos conflictivos de velocidad del viento. Los datos de estaciones costeras sugieren que la reproducción ocurre por debajo del valor óptimo de 5,5 m s^{-2} , mientras que los datos de buques mercantes (especialmente los datos COADS) sugieren que ocurre alrededor de este valor óptimo. De presentarse el desove durante el tiempo del máximo factor de condición (alrededor de agosto) combinaría las ventajas de leve turbulencia (Lasker, 1981; Peterman y Bradford, 1987) y leve transporte costa afuera, pero presentaría la desventaja de ocurrir al comienzo de un período prolongado de baja abundancia de presas (ver capítulo anterior). Esta desventaja es superada por el almacenamiento de energía en forma de lípidos, lo cual permite un desfase de varios meses del proceso reproductivo situándolo en un período que precede al máximo de intensidad de afloramiento.

Sin embargo, los datos disponibles indican que el desove ocurre a menudo en el área del norte durante la estación de surgencia máxima, cuando el transporte costa afuera y al occidente alcanza sus valores más altos. No obstante, este transporte puede verse limitado por los com-

thesis applied to reproduction by Roy *et al.* (1992).

It is difficult to draw conclusions on the applicability of the optimal reproduction window theory to the Venezuela case since we have conflicting wind speed data. Coastal station data suggest that reproduction occurs below the optimal value of 5.5 m s^{-1} ; while merchant ship data (especially COADS data) suggest that it occurs around this optimal value. Spawning at the time of maximum condition factor (around August) would combine the advantage of weak turbulence (Lasker, 1981; Peterman and Bradford, 1987) as well as weak offshore transport, but would present the disadvantage of taking place at the beginning of a protracted period when prey are less abundant (see previous chapter). This disadvantage is overcome by the storage of energy as lipids, which allows a reproductive lag of several months and places spawning at a period preceding the maximum upwelling intensity.

Nevertheless available data indicate that spawning sometimes occurs in the northern area in the season of maximum upwelling when offshore and westward transport is at its peak. However, this transport may be limited by the complex topographical features of the shelf and coastline (Fig. 1). These topographic factors, in combination with a relatively wide shelf (Bakun *et al.* 1991), may allow the existence of numerous retention zones (island and cape effects, double cell circulation for example). We lack current data to explore this hypothesis, but it is

plejos rasgos topográficos de la plataforma y la línea de costa (Fig. 1). Estos rasgos topográficos, en combinación con una plataforma relativamente ancha (Bakun *et al.*, 1991), permitiría la existencia de numerosas zonas de retención (efectos de cabos e islas, doble célula de circulación, por ejemplo). Carecemos de datos actuales para explorar esta hipótesis, pero se ve reforzada por el hecho que huevos y larvas no presentan una clara dispersión hacia el oeste sobre el área de estudio. La persistencia de una contracorriente geostrofica fluyendo hacia el este hasta el final del segundo semestre, favorecería la retención de huevos y larvas dentro del sistema durante el período reproductivo y explicaría parcialmente la existencia de zonas de criadero en los golfos de Cariaco y Santa Fe. Es probable que otros factores relacionados con el comportamiento larval y otros patrones de circulación inducidos topográficamente, también actúen como mecanismos de retención para huevos y larvas de sardina (Smetacek, 1985; Sambrotto *et al.*, 1986).

Finalmente, durante la segunda parte de la estación reproductiva, no podemos excluir la posible deflexión de la corriente superficial inducida por el viento alrededor de la Península de Araya, lo cual llevaría las larvas hacia la entrada del Golfo de Cariaco. Entonces, migraciones verticales pudieran llevar larvas al interior del golfo por medio de la corriente subsuperficial resultante del transporte de agua por el viento en superficie (Richards 1960). Esto explicaría la alta abundancia relativa de juveniles en el golfo, a pesar

reinforced by the fact that eggs and larvae do not present a clear westwards dispersion over the area. The persistency of an eastward flowing geostrophic countercurrent up to the end of the second semester should favor retention of eggs and larvae within the system during the beginning of the reproductive season and partially explain the existence of nursery areas in the gulfs of Santa Fe and Cariaco. It is likely that other factors related to larval behavior and other topographically induced circulation patterns also act as retention mechanisms for sardine eggs and larvae (Smetacek, 1985; Sambrotto *et al.*, 1986).

Finally, during the second part of the reproductive season, one cannot exclude a possible deflection of the wind-driven surface current around Araya Peninsula which would take larvae towards the entrance of Cariaco Gulf. Then vertical migrations may carry larvae into the Gulf by the undercurrent resulting from the surface wind drift (Richards 1960). This would explain the relatively high abundance of juveniles in the Gulf, despite irregular reproduction in this area, from one year to another.

The influence of annual environmental variability (wind speed or Orinoco runoff) on the stock could only be determined by a relationship between average wind speed and condition factor (Fig. 24; see Fréon *et al.*, a this vol. for details). This relationship is uncertain, because in this case wind data came from a meteorological station located outside the stock distribution area. Although interannual condi-

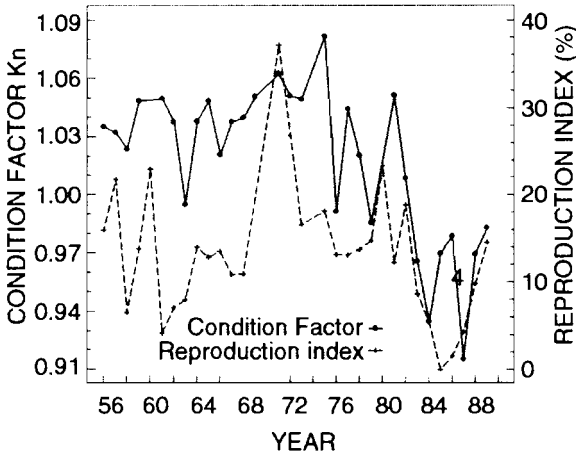


Figura 24
Series temporales promedio del factor de condición, velocidad del viento en Maiquetia de 1957 a 1989 e índice de surgencia costera (CUE4) en el nororiente de Venezuela entre 1975 y 1989; (Fréon *et al.*, este vol.).

*Time series of average condition factor, wind speed at Maiquetia from 1957 to 1989 and upwelling index (CUE4) from northeastern Venezuela from 1975 to 1989; (Fréon *et al.*, this vol.).*

de las irregularidades interanuales de la reproducción en el área.

La influencia de la variabilidad anual ambiental (velocidad del viento o descarga del Orinoco) sobre el stock sólo pudo determinarse por medio de una relación entre la velocidad media del viento y el factor de condición (Fig. 24; ver Fréon *et al.*, este vol. para detalles). Esta relación es incierta, ya que los datos de viento utilizados provienen de una estación ubicada fuera del área de distribución del stock. Aunque las variaciones interanuales del factor de condición están correlacionadas con las variaciones del índice reproductivo (Fig. 25; $r = 0,56, p < 0,02$), nuestro

tion factor variations are correlated with the variations of the reproductive index (Fig. 25; $r = 0.56, p < 0.02$), our attempt to establish a relationship between reproductive index and upwelling index was unsuccessful. This type of relationship has been established in other instances, such as in the southern Benguela ecosystem (Schülein *et al.*, 1995). It would appear that in Venezuelan waters, interannual reproductive variability may depend on other factors, unless available data was insufficient. Without adequate data from the northern and eastern part of the distribution area, the influence of Orinoco River runoff fluctuations on biological

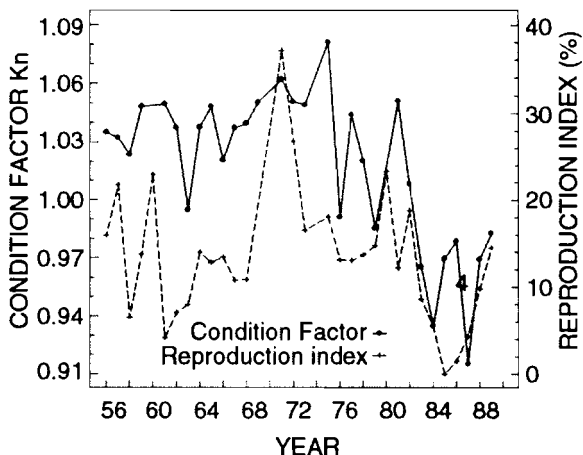


Figura 25

Series temporales promedios del factor de condición (Enero a Diciembre) y del índice de reproducción (año biológico, ver texto) de 1956 a 1989; (Fréon *et al.*, este vol.).

*Time series of mean condition factor (January to December) and mean reproductive index (biological year-see text) from 1956 to 1989; (Fréon *et al.*, this vol.).*

ensayo para establecer una relación entre éste último y el índice de surgencia no fue exitoso. Este tipo de relación ha podido establecerse en otros casos, tales como en el ecosistema sur de la corriente de Benguela (Schüleín *et al.*, 1995). Pudiera ser que en aguas venezolanas la variabilidad reproductiva interanual dependa de otros factores, a menos que los datos disponibles hayan sido insuficientes. Sin datos adecuados de las porciones norte y este del área de distribución, la influencia de la descarga del Orinoco sobre los procesos biológicos permanece hipotética.

En conclusión, el resultado más importante es la observación de una estrategia reproductiva particular de la especie en reacción a condiciones ambientales y topográficas específicas, diferentes a las

processes remains hypothetical.

In conclusion, our main result is the observation of a particular reproductive strategy of the species in reaction to specific environmental and topographical conditions distinct from the eastern boundary upwelling areas. It consisted of an unexpected location of spawning in space and time, made possible by an unusual energy storage as fat during five months and its metabolic restitution for gametogenesis. In certain years, this dominant process of energy storage was replaced or coexisted with the usual pattern of immediate energy use, which suggests that opportunism is not totally absent in this reproductive strategy. Nevertheless, from the comparison between biological series (condition factor and

que se presentan en las áreas de surgencia del margen oriental de los océanos. Esto consistió en una ubicación inesperada del desove en el tiempo y el espacio, la cual fue posible por un poco común almacenamiento de energía en forma de grasa durante cinco meses y su restitución metabólica posterior para la gametogénesis. En algunos años, este proceso dominante de almacenamiento de energía fue reemplazado o coexistió con el patrón usual de utilización inmediata de la energía, lo que sugiere que el oportunismo no está ausente por completo en esta estrategia reproductiva. Sin embargo, de la comparación entre las series biológicas (factor de condición e índice reproductivo) y las series ambientales (datos de viento), no se pudo elucidar la causalidad de esta variabilidad interanual a partir del análisis de datos ambientales. El desfase temporal entre las estaciones reproductivas y de afloramiento permite a las larvas y juveniles explotar un período favorable al crecimiento. Esta estrategia reproductiva particular y cierto nivel de oportunismo en *S. aurita* explicaría las aparentes contradicciones previamente obtenidas en el oriente de Venezuela, así como la ausencia de concordancia con patrones conocidos en sistemas de surgencia de margen oriental de los océanos, donde las condiciones ambientales y topográficas son diferentes.

reproductive index) and environmental series (wind data) we were not able to elucidate the causality of this interannual variability from environmental data analysis. The lag between the reproductive and upwelling seasons permits larvae and juveniles to exploit a period favorable for growth. This particular reproductive strategy and a certain level of opportunism of *S. aurita* would explain the apparent contradictions in the results previously obtained in eastern Venezuela, as well as their lack of agreement with known patterns from eastern boundary upwelling systems of the world where environmental and topographical conditions are different.

Explotación y dinámica poblacional

La pesquería

(Guzmán *et al.*, este vol.)

La pesquería de sardina con chinchorro de playa se inició en Pampatar, isla de Margarita, alrededor de 1927. Se capturaban pequeñas cantidades para carnada y uso local. Los chinchorros sardineros eran fabricados con redes naturales, cuerdas de fibra natural y corchos. Las operaciones de pesca (caladas) se realizaban cerca de la costa, utilizando pequeñas embarcaciones a remo (peñeros). Con la instalación de la primera enlatadora a mediados de 1939, comenzó la explotación en el Golfo de Cariaco, con redes de mayores dimensiones, fabricadas con los mismos materiales naturales. Luego, en 1953, se realizaron grandes importaciones de redes y cuerdas de nylon y flotadores de vinilo provenientes de Alemania y Estados Unidos, las cuales fueron utilizadas para la construcción de chinchorros en 1954 (Méndez-Arocha, 1963). Para ese último año, las capturas habían alcanzado las 30.000 t y el área de pesca se había extendido hacia el Golfo de Santa Fe y la Península de Araya. Para este tiempo las embarcaciones habían sido equipadas con motores de gasolina fuera de borda o motores centrales a gasoil. El establecimiento de nuevas

Exploitation and population dynamics

The fishery

(Guzmán *et al.*, this vol.)

The sardine beach seine fishery started in Pampatar, Margarita Island around 1927. Small quantities were captured for bait and local use. The beach seines ("chinchorros sardineros") were manufactured with cotton nets, natural fiber cords and corks. The fishing operations (sets) took place close to shore with small oar driven vessels ("peñeros"). With the installation of the first cannery in mid 1939, exploitation began in Cariaco Gulf with larger seines built with the same natural materials. In 1953, large imports of nylon nets and cords and vinyl floats were made from Germany and the United States, and used for seine construction in 1954 (Méndez-Arocha, 1963). For this last year catches had reached 30,000 t and the fishing area had extended to the Gulf of Santa Fe and north of Araya Peninsula. At this time, vessels were equipped with gasoline outboard or diesel inboard engines. The establishment of new canneries allowed further extension of the fishing areas towards the islands of Margarita, Coche and Cubagua and the northern coast of the Paria Peninsula. The level of catches attained an average of 40,000 t per year during the period 1964–1973 (Fig. 26).

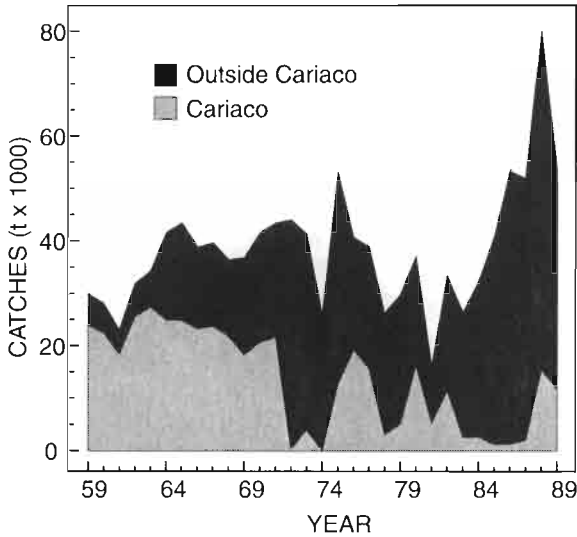


Figura 26

Serie temporal de los desembarques de sardina reportados (toneladas métricas) en la zona del Golfo de Cariaco (Cariaco) y en las demás zonas representadas en la figura 3 (fuera de Cariaco) de 1959 hasta 1989 (Guzmán *et al.*, este vol.).

*Time series of reported sardine total landings (metric tons) in the fishing sector Gulf of Cariaco (Cariaco) and in the other fishing sectors indicated in figure 3 (fuera de Cariaco) from 1959 to 1989; (Guzmán *et al.*, this vol.).*

plantas permitió la extensión de la pesquería hacia las islas de Margarita, Coche y Cubagua y hacia la costa norte de la Península de Paria. El nivel de capturas alcanzó un promedio de 40.000 t anuales durante el período 1964–1973 (Fig. 26).

Durante la década de 1980 el uso de cercos artesanales conocidos localmente como trenes o máquinas de argolla ha aumentado en ciertas áreas, especialmente en los alrededores de Carúpano. Adicionalmente hay una tendencia en años recientes hacia el uso de cercos de mayo-

During the decade of 1980 the use of artisanal purse seines known as “trenes de argolla” had increased in certain areas, especially around Carúpano. Moreover there was a trend toward the use of larger purse seines. These are the main reasons of the observed increase in catches during the last 6 years of the data series: from 26,000 t in 1983 to 54,000 t in 1989 (Fig. 26).

Despite a wide distribution of the sardine population on the shelf, fishing activities only take place in areas close to shore

res dimensiones. Estas son la razones principales para el aumento observado en las capturas de 26.000 t en 1983 a 54.000 en 1989 (Fig. 26).

A pesar de una amplia distribución de la sardina en la plataforma, las actividades de pesca sólo ocurren cerca de la costa, debido a la escala artesanal de la pesquería (Fig. 3).

La razón entre de las capturas dentro y fuera del Golfo de Cariaco se mantuvo elevada de 1959 hasta 1971, representando el primero un promedio de 63% de la captura total. Esta proporción ha disminuido hasta un promedio de 19% para el período 1973–1989, con el área de Margarita aumentando significativamente

owing to the artisanal scale of the fishery (Fig. 3).

The ratio between catches within and outside the Cariaco Gulf remained high from 1959 to 1971, the former representing on average 63% of total yield. This proportion decreased to an average value of 19% for 1973–1989 with the area of Margarita increasing significantly with an average of 42% of mean yield for the same period. In the last five years of the series, there was an increase in catches from the Carupano area with an average of 14,000 t, followed by the areas of Santa Fe and Araya with 8,000 t and 6,000 t, respectively (Fig. 27).

The general lineal model (7) applied to

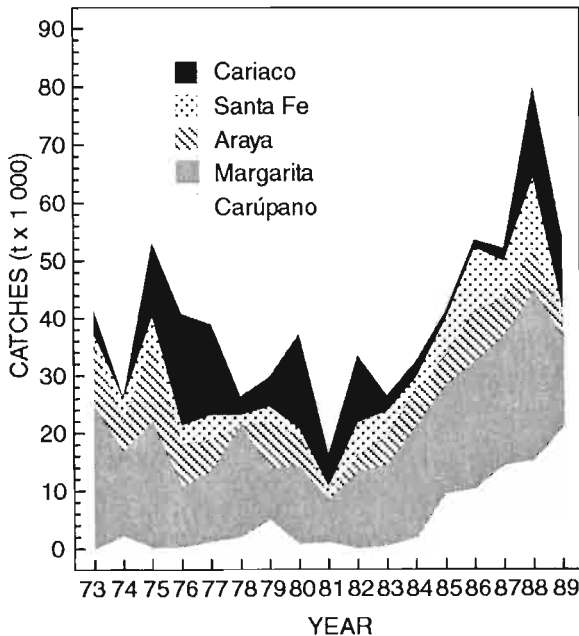


Figura 27
Series temporales de los desembarques reportados de sardina por zonas en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989; (Guzmán *et al.*, este vol.).

*Time series in reported sardine landings by areas in northeastern Venezuela from 1973 to 1989; (Guzmán *et al.*, this vol.).*

a una media de 42% de la producción promedio para el mismo período. En los últimos cinco años ha habido un incremento de las capturas del área de Carúpano con un promedio de 14.000 t, seguido de los sectores de Santa Fe y Araya con 8.000 t y 6.000 t, respectivamente (Fig. 27).

El modelo lineal generalizado (7) aplicado al esfuerzo de pesca indica una influencia significativa ($p < 0,05$) de todos los efectos principales (Año, Mes y Sector) y sus interacciones (Tabla 1 en Guzmán *et al.*, este vol.). Sin embargo, los valores medios cuadrados indican mayores efectos por Sector y Año (Fig. 28).

Entre 1973 y 1989, la *CPUE* promedio

fishing effort indicates a significant influence ($p < .05$) of all main effects (Year, Month and Area) and their interactions (Table 1 in Guzmán *et al.* this vol.). However, average square values indicate major effects by Sector and Year (Fig. 28).

Between 1973 and 1989, annual average *CPUE* of all areas (non-weighted by month and sector) was 31.2 t per set. The general lineal model (7) applied to *CPUE* indicates a significant influence ($P < .05$) of all main effects and their interactions, except the Month effect (for details, see Table 2 in Guzmán *et al.*, this vol.). However, average square values indicate a predominant Sector effect, with the

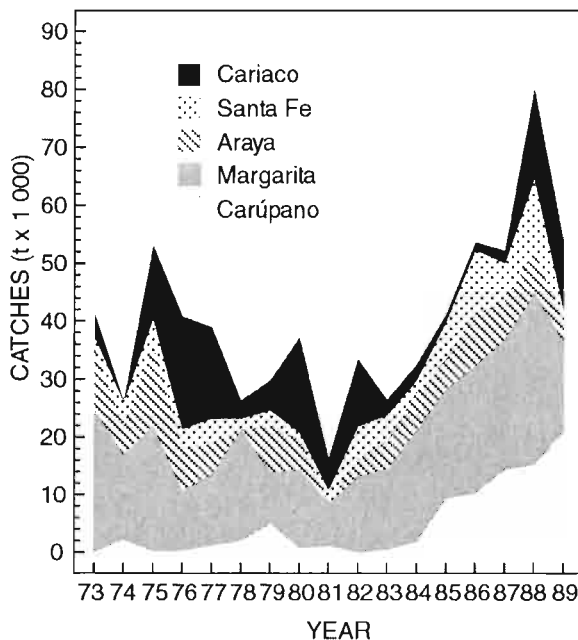


Figura 28
Series temporales del esfuerzo pesquero (número de lances con captura) por zonas en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989; (Guzmán *et al.*, este vol.).

*Time series of fishing effort (number of positive sets) by areas in northeastern Venezuela from 1973 to 1989; (Guzmán *et al.*, this vol.).*

anual de todas las áreas (no ponderada por mes y sector) fue de 31,2 t por calada. El modelo lineal generalizado (7) aplicado a la *CPUE* indica una influencia significativa ($p < 0,05$) de todos los efectos principales y sus interacciones, exceptuando el efecto Mes (para detalles ver Tabla 2 en Guzmán *et al.*, este vol.). Sin embargo, los valores medios cuadrados indican una predominancia del efecto Sector, con los sectores de Margarita y Carúpano presentando valores de *CPUE* por encima de 35 t por calada. El efecto Mes no es significativo, pero la interacción Mes y Sector indica diferencias estacionales entre sectores. En lo que respecta al efecto Año, ocho años presentan valores por encima del intervalo de confianza del 95% (Fig. 29). Valores máximos anuales de *CPUE* fueron observados entre 1977 y 1979, con un rango entre 39 hasta 45 t por calada, mientras que los valores mínimos corresponden al período 1981–1987 con rango entre 23 a 29 t por calada.

Se encontró que las variaciones interanuales de *CPUE* en los sectores del Golfo de Cariaco y del Golfo de Santa Fe fueron similares, aunque la variabilidad interanual en el último sector fue menor. Las *CPUE* de los sectores de Araya, Margarita y Carúpano son similares entre sí y en relación a la *CPUE* total. El aumento de *CPUE* observado en el sector Carúpano en los dos últimos años de la serie de datos puede explicarse por el uso de chinchorros de mayores dimensiones y por el mayor número de los eficientes cercos artesanales. La relación entre *CPUE* pon-

areas of Margarita and Carupano presenting *CPUE* values above 35 t per set. The Month effect is non-significant, but the interaction between Month and Sector indicates differential seasonality among sectors. With regard to the Year effect, eight years are above the 95% confidence interval (Fig. 29). Maximum annual *CPUE*s were observed between 1977 and 1979, with values ranging from 39 to 45 t per set; while minimum values correspond to the period 1981–1987 ranging from 23 to 29 t per set.

It was found that interannual *CPUE* variations in the Gulf of Cariaco and in the Santa Fe area were similar, although interannual variability in the latter was lower. Individual and overall *CPUE* in the areas of Araya, Margarita and Carupano are similar. The observed increase in *CPUE* in the Carúpano area in the last two years of the data set may be explained by the use of larger encircling seines and the larger number of more efficient artisanal purse seines. The relationship between weighted *CPUE*, non-weighted *CPUE* and *CPUE* weighted by month and area may be due theoretically to lack of temporal and spatial stock variability (but this is dismissed by the linear model) or to an allocation of effort which is independent of stock abundance. This last point can be assessed through estimation of the concentration index.

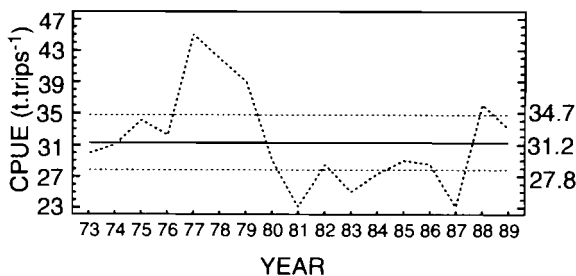
The value of the concentration index, as opposed to industrial fisheries, is not much larger than unity and it does not increase in time (Fig. 10 and 11 in Guzmán *et al.*, this vol.). This low index value indicates that

derada por mes, *CPUE* no ponderada y la *CPUE* ponderada por mes y área puede deberse en teoría a la ausencia de variabilidad espacio-temporal en el stock (pero esto es descartado por el modelo lineal) o a una asignación del esfuerzo independiente a la abundancia del stock. Este último punto puede evaluarse por medio de la estimación del índice de concentración.

El valor del índice de concentración, al contrario de lo que ocurre en pesquerías industriales, no es mucho mayor que la unidad y no se incrementa con el tiempo. (Figs. 10 y 11 en Guzmán *et al.*, este vol.). Este bajo valor del índice indica que la asignación del esfuerzo no está relacionada con la captura por calada. Las razones para esto pueden estar relacionadas con limitaciones del arte de pesca (eficiencia), baja movilidad del pescador en relación con la distribución del stock y las áreas de

effort allocation is not related to catch per set. The reasons for this may be related to fishing gear limitations (efficiency), to low fisher mobility in relation to stock distribution and fishing areas, supply and demand of fish processing plants and/or to engagements acquired by fishers with these canneries. To these reasons we may add that, when fish processing plants become saturated and temporarily refuse supply, fishers maintain living sardine within the beach seines and the gear is consequently paralyzed for a certain amount of time (up to two weeks).

Considering that the mode of *CPUE* calculation had little influence on estimates of annual averages and that several time and space strata had no data, *CPUE* weighted by month and area were used. The comparison of weighted average *CPUE*s of the southern (Cariaco Gulf and Santa Fe) and northern areas (Araya,



■ Figure 29

Series temporales de la *CPUE* anual no ponderada en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989 e intervalos de confianza del 95% (líneas discontinuas); (Guzmán *et al.*, este vol.).

Time series of unweighted CPUE in northeastern Venezuela from 1973 to 1989 and 95% confidence intervals (broken lines); (Guzmán et al., this vol.).

pesca, oferta y demanda de las plantas procesadoras y/o a compromisos contraindicados por los pescadores con estas enlatadoras. A estas razones se puede agregar que, cuando las plantas se saturan y rechazan temporalmente la oferta de sardina, los pescadores mantienen la sardina viva al interior de los chinchorros y, por consiguiente, el arte se paraliza por un cierto período de tiempo (hasta dos semanas).

Considerando que la forma de cálculo de la *CPUE* tuvo poca influencia en los estimados de los promedios anuales y que varios estratos espaciales y temporales no tenían datos, se utilizó la *CPUE* ponderada por mes y área. La comparación de las *CPUE* ponderadas de los sectores del sur (golfos de Cariaco y Santa Fe) con los del norte (Araya, Margarita y Carúpano) indica que las *CPUE* del sur son menores que las del norte. Además, la variabilidad en el norte es menor que en el sur, existiendo en la primera una cierta inercia en las variaciones (coeficiente de autocorrelación de 0,70; $p > 0,05$) con un desfase temporal de un año al compararse con un valor de 0,24 en el sur. Esto puede explicarse por el menor número de clases de edad explotadas en el Sur, como pudo observarse por medio del análisis de datos de frecuencia de tallas (Fréon *et al.* a, este volumen)

A pesar de la subestimación de las capturas y las dificultades para estimar con precisión el nivel de error, los datos no aparecen menos estructurados que en otras pesquerías pelágicas (autocorrelación, efecto de las zonas de pesca, estacionalidad).

Margarita and Carupano) indicates that southern *CPUEs* are lower than northern *CPUEs*. Moreover, variability in the northern area is lower than in the south. There exists in the north a certain inertia in variations evidenced by an autocorrelation coefficient of 0.70 ($p > 0.05$) with a one year time lag as opposed to a value of 0.24 in the south. This may be explained by the smaller number of age classes exploited in the southern area, as observed from analysis of length data (Fréon *et al.* a, this volume)

Despite the underestimation of catches and the difficulty in estimating precisely the level of error, the data do not appear to be less structured than in other pelagic fisheries (autocorrelation, fishing area effects, seasonality).

Enfoque de producción excedente y ambiente

(Fréon *et al.* b, este vol.)

En la aplicación del sistema experto CLIMPROD se asumió que la captura por calada es un índice de abundancia, que el número de clases explotadas es igual a tres, que el reclutamiento ocurre antes del final del primer año de vida y que la surgencia influye sobre el stock por un período de cuatro años (sobre la madurez en el año 0 y sobre las clases explotadas los tres años subsiguientes). También se consideró que la influencia de la surgencia actúa sobre la capturabilidad y la abundancia.

Las cuatro variables utilizadas en el ajuste del modelo (captura C , esfuerzo E , $CPUE$, y los índices de surgencia $CUE1$ o $CUE4$) muestran una distribución no alejada de la normal. La relación entre el esfuerzo y la $CPUE$ parece lineal o por lo menos monótonica (Fig. 30a). El modelo seleccionado por CLIMPROD combina un modelo de producción exponencial convencional y un efecto exponencial del ambiente. Esto es:

$$CPUE = a \bar{V}^b \exp(c \bar{V}^d \bar{E}) \quad (10)$$

donde \bar{V} representa el promedio ponderado del índice de surgencia sobre cuatro años ambientales, \bar{E} representa el esfuerzo de pesca ponderado sobre tres años de pesca. Los ajustes se realizaron utilizando tanto la $CUE1$ como la $CUE4$, proveyendo resultados ligeramente mejores para el

Surplus production approach and environment

(Fréon *et al.* b, this vol.)

In the application of the CLIMPROD expert system, we assumed that the catch per set is an index of abundance, that the number of exploited age classes is three, that recruitment occurs before the end of the first year and that upwelling influences the stock over a four year period (on maturity at year 0 and on exploited classes the three following years). We also considered that the influence of upwelling acts concurrently on catchability and abundance.

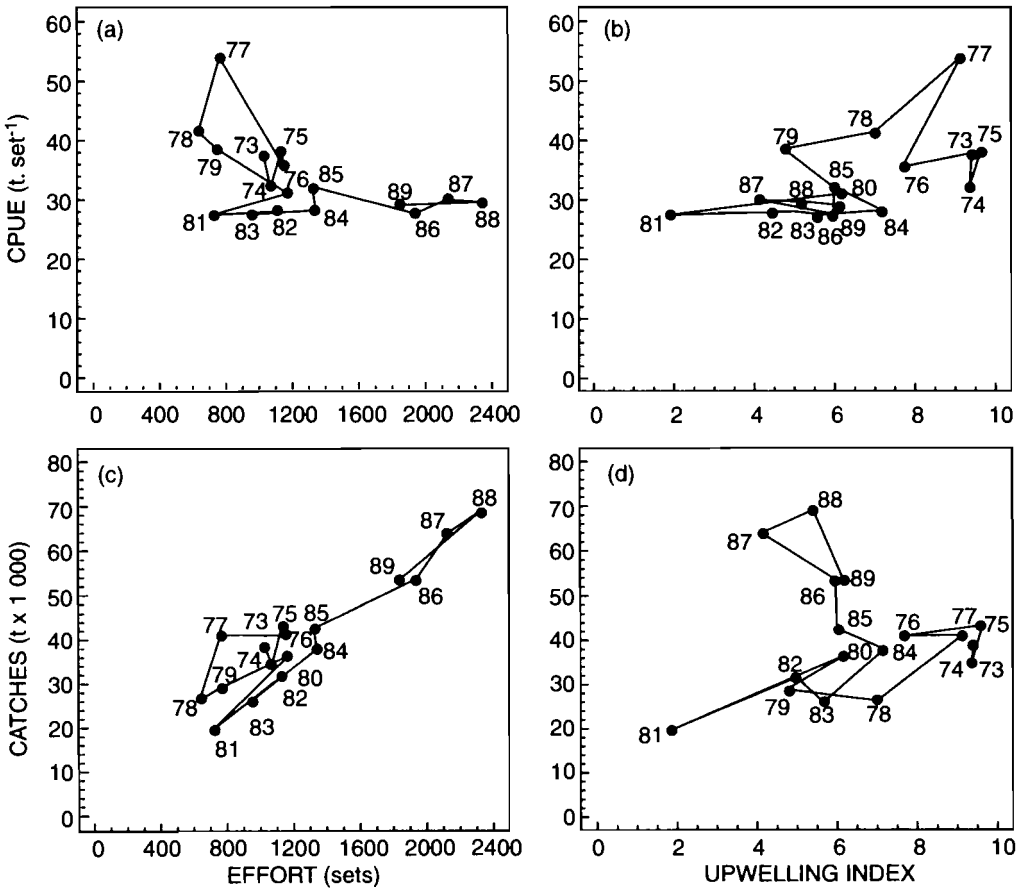
The four variables used in model adjustments (Catch C , effort E , $CPUE$ and upwelling indices, $CUE1$ or $CUE4$) show a distribution that is not far from normality, except for $CPUE$ that presents an asymmetric distribution. The relationship between $CPUE$ and effort appears linear or at least monotonic (Fig. 30a). The model selected by CLIMPROD combines a conventional exponential surplus production model and an exponential effect of the environment. That is:

$$CPUE = a \bar{V}^b \exp(c \bar{V}^d \bar{E}) \quad (10)$$

where \bar{V} represents the average weighted upwelling index over four environmental years and \bar{E} represents fishing effort weighted over three fishing years. Fits were made both with $CUE1$ and $CUE4$, providing slightly better results for the second index. This was mainly due to the

primer índice de surgencia. Esto se debió, fundamentalmente, a la ausencia de respuesta del stock a la anomalía del transporte de Ekman observada en el período 1971–1972. Por lo tanto, en el resto de este trabajo solamente se presentan los resultados obtenidos

lack of response of the stock to the 1971–1972 Ekman transport anomaly. Therefore, in the rest of the paper we only present results obtained with *CUE4*. The r^2 coefficient was equal to 65% but was not validated by the jackknife method. The



■ Figura 30

Relaciones bivariadas entre a) log CPUE y esfuerzo, b) CPUE y el índice de surgencia *CUE2*, c) Capturas y esfuerzo y d) Capturas y el índice de surgencia *CUE2*; (Fréon *et al.* b, this vol.).

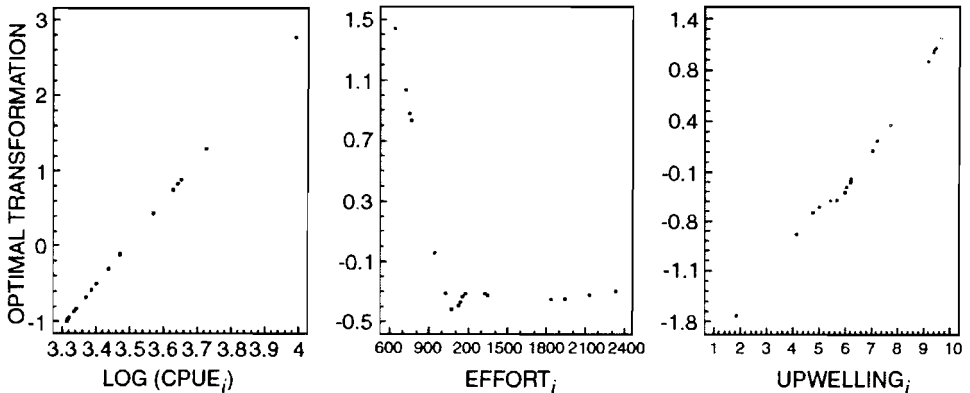
*Bivariate relations between a) log CPUE and effort, b) CPUE and the upwelling index CUE2, c) Catch and effort and d) Catch and the upwelling index CUE2; (Fréon *et al.* b, this vol.).*

con *CUE4*. El coeficiente r^2 arrojó un valor de 65%, pero no fue validado por el método del jackknife. El estimado no sesgado de r^2 fue de 43% y todos los coeficientes de regresión, excepto *c*, fueron significativamente diferentes de cero, lo cual sugiere que el esfuerzo de pesca, al contrario de lo que ocurre con el índice de surgencia, no tiene un efecto mayor sobre la *CPUE* (Fig. 30b)

El algoritmo ACE aplicado a las variables $\log CPUE_i$ (variable dependiente año *i*), E_i y V_i (variable independiente año *i*) muestra transformaciones lineales positivas para $CPUE_i$ y V_i y negativa no lineal para E_i , la cual se aproxima de una función del tipo $1/E_i$ (Fig. 31). La forma $1/E_i$ puede implicar una total independencia entre captura y esfuerzo ($C/E = f(1/E)$) o

non-biased r^2 estimate was equal to 43% and all regression coefficients, except *c*, were significantly different from zero, which suggests that fishing effort has no major effect on *CPUE* as opposed to the upwelling index (Fig. 30 b).

The ACE algorithm applied to the variables $\log CPUE_i$ (dependent variable year *i*), E_i and V_i (independent variables year *i*) shows positive linear transformations for U_i and V_i and negative non-linear for E_i , which approaches a function of the type $1/E_i$ (Fig. 31). The form $1/E_i$ may imply a total independence between catch and effort (because $C/E = f(1/E)$) or that the relation is not parabolic, but linear. In order to verify this, the algorithm was applied to the dependent variable C_i (catches year *i*) and E_i and V_i as indepen-



■ **Figura 31**
 Resultados del algoritmo ACE: transformaciones óptimas sin desfase del logaritmo de la *CPUE* (variable dependiente), del esfuerzo y del índice de surgencia *CUE4* (variables independientes); (Fréon *et al.* b, this vol.).

ACE algorithm results: optimal unlagged transformations for Log CPUE (dependent variable), fishing effort and the upwelling index CUE4 (independent variables); (Fréon et al. b, this vol.).

que la relación no es parabólica, pero lineal con origen diferente de cero. Con el objeto de verificar lo anterior, el algoritmo se aplicó a la variable dependiente C_i (capturas año i) y E_i y V_i como variables independientes (Fig. 32). En este caso todas las transformaciones son del tipo lineal positivo con un valor de r^2 del 95% y una fuerte contribución de E_i . Finalmente, un análisis exploratorio de la relación entre C_i y valores con desfase de E y V (resultados no presentados) muestra que los mayores efectos de las variables ambientales sobre las capturas ocurren sin desfase.

En vista de los resultados obtenidos, en vez de un modelo de producción excedente, se estimó una regresión lineal múltiple de la forma:

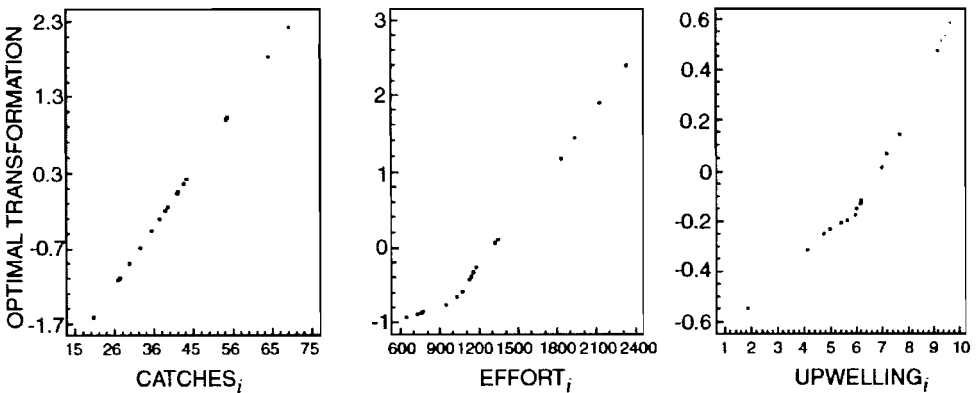
$$C_i = a + bE_i + cV_i \quad (11)$$

dent variables (Fig. 32). In this case all transformations are of the positively linear kind with an r^2 value of 95% and a strong contribution of E_i . Finally, an exploratory analysis of the relation between C_i and lagged values of E and V (results not presented) shows that the major effects of environmental variables on catch occur without lags.

Considering the results presented above, instead of a surplus production model, we estimated a multiple linear regression of the form:

$$C_i = a + bE_i + cV_i \quad (11)$$

The coefficient of determination of this regression was 90% and all regression coefficients were significantly different from zero ($p < .05$). Several statistical tests indicate that the regression is valid



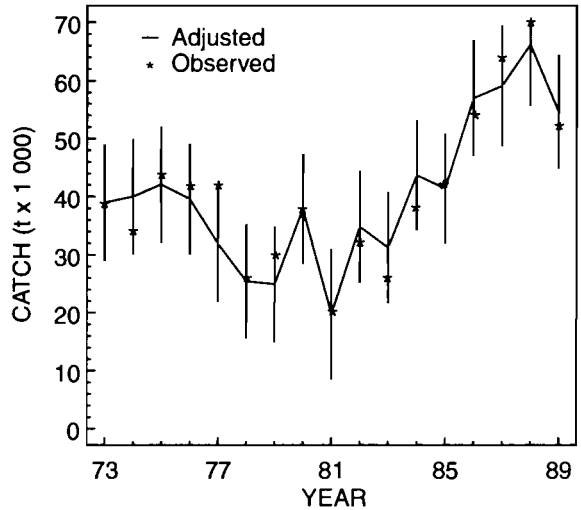
■ Figura 32

Resultados del algoritmo ACE: transformaciones óptimas sin desfase del logaritmo de la captura (variable dependiente), del esfuerzo y del índice de surgencia $CUE4$ (variables independientes); (Fréon *et al.* b, this vol.).

ACE algorithm results: optimal unlagged transformations for Catch (dependent variable), fishing effort and the upwelling index $CUE4$ (independent variables); (Fréon *et al.* b, this vol.).

Figura 33
Series temporales de la captura observada y ajustada por una regresión múltiple usando el esfuerzo pesquero y el índice de surgencia CUE4 como variables independientes; las barras verticales representan el intervalo de confianza a 95% de los valores estimados; (Fréon *et al.*, this vol.).

*Time series of observed catch and catch adjusted by multiple regression using fishing effort and the upwelling index CUE4 as independent variables; vertical bars represent 95% confidence intervals of predicted values; (Fréon *et al.*, this vol.).*



El coeficiente de determinación de esta regresión fue de 90% y todos los coeficientes de regresión fueron significativamente diferentes de cero ($p < 0,05$). Varias pruebas estadísticas indican que la regresión es válida (ANOVA, análisis de residuos; ver Fig. 33). Sin embargo, esta regresión no es un modelo y no puede ser utilizada para la evaluación del stock ni para realizar predicciones fuera del rango observado de E y V .

Enfoque analítico (Mendoza *et al.*, este vol.)

La tabla 6 muestra los estimados de los parámetros de crecimiento (L_{∞} , K and ϕ') para el período de estudio. Los valores anuales corresponden al crecimiento promedio de las diferentes cohortes presentes en

(ANOVA, residual analysis; see Fig. 33). However, this regression is not an explanatory model based on hypothesis and it can not be used for stock assessment nor for predictions outside the observed range of E and V .

Analytical Approach (Mendoza *et al.*, this vol.)

Table 6 shows the growth parameter estimates (L_{∞} , K and ϕ') for the study period. The yearly values correspond to average growth observed for the different cohorts present in any year. The average values

cada año. Los valores promedio del período analizado fueron de $L_{\infty} = 266$ mm longitud total y $K = 1,26$ sobre la base anual. Este valor es bastante mayor al obtenido por autores en la misma área utilizando escamas (Heald and Griffiths, 1967) u otólitos (González, 1985) para estimación de edad, quienes encontraron valores de

for the study period were $L_{\infty} = 266$ mm total length and $K = 1.26$ on a yearly basis. This last value is larger than K values obtained by other authors who used scales (Heald and Griffiths, 1967) or otoliths (González, 1985) for ageing, and who found $K \leq 0.50$. Nevertheless similar high values of K have been obtained on

Year	L_{∞} (mm)	K (year ⁻¹)	ϕ'
1967	240	1.05	4.78
1968	243	1.29	4.88
1971	275	1.20	4.96
1972	273	1.50	5.05
1973	266	1.40	5.00
1975	285	1.75	5.15
1976	262	1.45	5.00
1977	274	1.02	4.88
1978	240	1.40	4.91
1979	278	1.04	4.90
1981	238	1.04	4.77
1982	290	1.25	5.02
1983	252	1.20	4.88
1984	285	1.10	4.95
1985	288	1.10	4.96
1986	266	1.35	4.98
1987	260	1.40	4.98
1988	272	1.68	5.09
1989	260	1.10	4.87
Mean	266	1.26	4.94

■ Tabla 6

Estimaciones de la tasa de crecimiento de *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela (1967–1989). Valores de ϕ' fueron calculadas a partir de $\phi' = \log K + 2 \log L_{\infty}$ (Munro and Pauly, 1983). (Mendoza *et al.* a, este vol.).

*Growth estimates for Sardinella aurita from eastern Venezuela (1967–1989). Values of ϕ' were calculated from $\phi' = \log K + 2 \log L_{\infty}$ (Munro and Pauly, 1983); (Mendoza *et al.* a, this vol.).*

$K \leq 0,50$. No obstante, valores altos similares han sido obtenidos en el oeste africano. M fue estimado en 1,4 utilizando la ecuación de Pauly (1980).

La figura 34 presenta las series temporales del número de reclutas (R) de 100 mm de longitud al área de pesca durante el período 1976–1988. De una manera general se observa valores relativamente bajos, entre 40 millones y menos de 200 millones de individuos (lo que corresponde a 400 y 2.000 t, respectivamente), con una tendencia decreciente entre 1976 y 1982. Esta tendencia se revierte en los años siguientes hasta alcanzar valores máximos (alrededor de 700 millones de individuos) al final de la serie. El análisis de la señal estacional (resultados no presentados) muestra que entre 1976 y 1983 los reclutamientos altos se presentan de octubre a febrero y entre 1984 y 1988 los valores máximos se presentan de junio a octubre. Este resultado no fue corroborado por el análisis de datos de esfuerzo de pesca y $CPUE$ y es sin duda afectado por los cambios ocurridos en el área cubierta por la pesquería (Fig. 28).

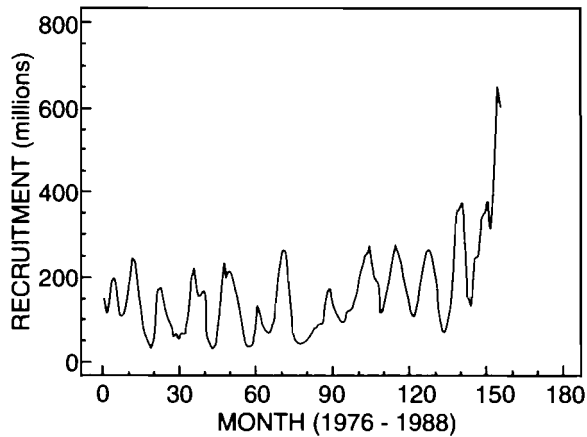
La figura 35 presenta la serie de biomasa total explotada (B), la biomasa parental explotada (PB) y las capturas para el período 1976–1988. Como era de esperarse la tendencia de la biomasa es similar a la del reclutamiento (Fig. 34). Valores máximos de biomasa explotada (alrededor de 60.000 t) se observan al final del período de estudio. La biomasa parental presenta valores mínimos durante el período 1978–1980 y una marcada tendencia decreciente en los últimos años del

the same species in West Africa. M was estimated at 1.4 according to the equation of Pauly (1980).

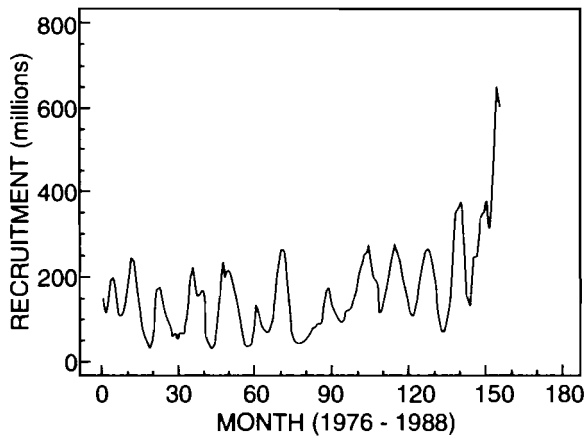
Figure 34 presents the time series of number of 100 mm recruits (R) into the fishing area during the period 1976–1988. In a general way we may observe relatively low values, between 40 million and nearly 200 million individuals (which correspond to 400 and 2,000 tons respectively) with a decreasing tendency between 1976 and 1982. This trend is reversed in the following years until maximum values (around 700 million individuals) are observed at the end of the series. The analysis of the seasonal signal (results not presented) shows that between 1976 and 1983 higher recruitments occur from October to February and between 1984 and 1988 maximum values are observed from June to October. This result was not supported by $CPUE$ and effort data analysis and is certainly largely affected by the changes occurred in the area covered by the fleet (Fig. 28)

Figure 35 presents the time series of total exploited biomass (B), parental exploited biomass (PB) and catches for the period 1976–1988. As may be expected, the trend in biomass is similar to that of recruitment (Fig. 34). Exploited biomass maximum values (around 60,000 tons) are observed at the end of the study period. Parental biomass estimates present minimum values during the period 1978–1980 and a marked decreasing trend in the later years of the period after attaining maximum values (around 34,000 tons) in the year 1985. The catch series suggests

■ Figura 34
 Series temporales
 (1976-1988) de las
 estimaciones de
 reclutamiento en millones
 de individuos de 100 mm.
*Time series (1976-1988)
 of Recruitment estimates
 in millions of 100 mm
 individuals.*



■ Figura 35
 Series temporales
 (1976-1988) de las
 estimaciones de
 biomasa explotada,
 biomasa parental y
 captura total.
*Time series (1976-1988)
 of estimates of exploited
 biomass, exploited parental
 biomass
 and total catch.*



período total, luego de alcanzar valores máximos (alrededor de 34.000 t) en el año 1985. La serie de capturas permite inferir que la tasa de explotación fue relativamente alta en los años 1976-1980, sin embargo, el aumento posterior de la biomasa total, compuesta principalmente por juveniles después de 1986, ha podido reducir notablemente el impacto de la explotación. Este efecto es sugerido en la figura 36 que muestra la tendencia general

that the exploitation ratio was relatively high during the years 1976-1980; however the increase in total biomass, which is composed mainly of juveniles after 1986, might have reduced significantly the impact of exploitation. This effect is suggested in figure 36 which shows the general decreasing trend of fishing mortality maxima over time.

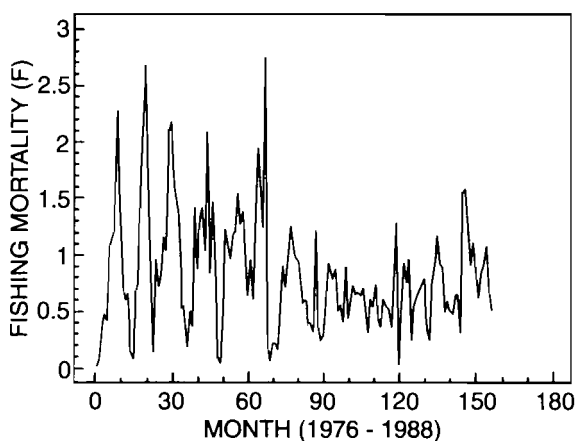


Figura 36
Series temporales
(1976–1988) de las
estimaciones de mortalidad por
pesca (F).

*Time series (1976–1988) of
fishing mortality (F) estimates.*

al decrecimiento de los máximos de la mortalidad por pesca a través del tiempo.

Enfoque analítico versus enfoque global

Se trató de establecer relaciones entre las variables utilizadas en el enfoque de producción excedente con los estimados obtenidos del enfoque analítico. No hay relación aparente entre la *CPUE* promedio anual y estimados anuales de biomasa explotada o entre los estimados de mortalidad por pesca y el esfuerzo de pesca en número de caladas. Esto puede ser el resultado o bien del cambio previamente mencionado en el área de pesca, lo cual no cumple con el requisito del Análisis de Población Virtual (APV), o de un cambio en el coeficiente de capturabilidad.

Como puede esperarse de los requerimientos en datos del APV, hay una relación

Analytical approach versus global approach

We tried to establish relationships between variables used in the surplus production approach and estimates obtained through the analytical approach. There is no apparent relationship between average annual *CPUE* and yearly exploited biomass estimates or between fishing mortality estimates and fishing effort in number of sets. This might be due the previously mentioned change in fishing area which violate the assumption of VPA analysis, or to a change in catchability coefficient.

As might be expected from VPA data requirements, there is a positive relationship between catches and exploited biomass on both a monthly and yearly basis.

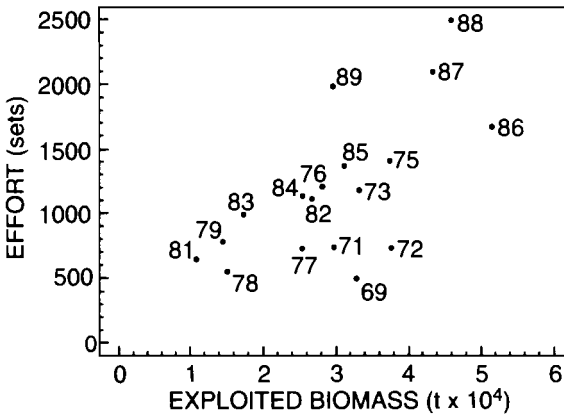


Figura 37
Relación entre el esfuerzo pesquero (número de lances) y la estimación de biomasa explotada.

Relationship between fishing effort in number of sets and estimates of exploited biomass in tons.

positiva entre las capturas y la biomasa explotada a nivel mensual y anual. Sin embargo, es interesante notar que la relación entre biomasa explotada y el esfuerzo de pesca es mucho más significativa, tanto a nivel mensual como anual (Fig. 37). Una regresión múltiple paso a paso de la captura en función de la biomasa y el esfuerzo no retuvo la biomasa como una variable explicatoria significativa ($F = 0,23$; $df = 12$), debido a la colinealidad entre esfuerzo y biomasa explotada. Adicionalmente, hay una clara relación exponencial negativa entre la capturabilidad ($q = F/f$) y la biomasa explotada (la capturabilidad aumenta al disminuir la biomasa) sobre las bases mensual y anual (sobre la base mensual: $r = 0,58$, $p < 0,001$; Fig. 38). No obstante, debido a la estrecha relación entre biomasa y esfuerzo, en ambas escalas temporales, no es posible cuantificar por el momento la cantidad de sesgo presente en la relación.

However, it is interesting to note that the relationship between exploited biomass and fishing effort (Fig. 37) is much more significant on both a monthly and yearly basis. A stepwise multiple regression of catch as a function of biomass and effort did not retain biomass as a significant explanatory variable ($F = .23$; $df = 12$) due to colinearity between effort and exploited biomass. Furthermore, there is a clear negative exponential relation between catchability ($q = F/f$) and exploited biomass (i.e. catchability increases with decreasing biomass) on a monthly and yearly basis (on a monthly basis: $r = .58$, $p < .001$, $n = 156$; Fig. 38). However, due to the close relationship between biomass and effort in both temporal scales, it is not possible to quantify the amount of bias in the relation at this stage.

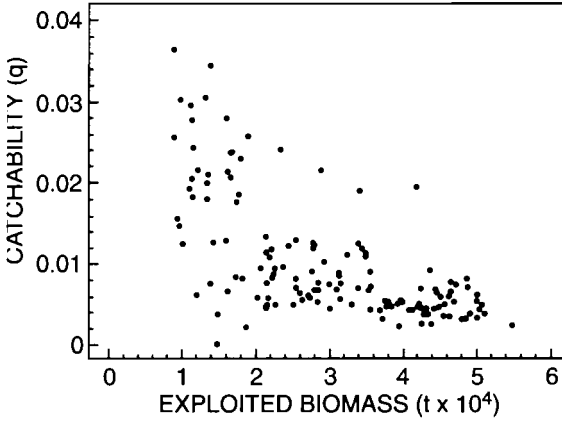


Figura 38
Relación bivariada entre las estimaciones mensuales de capturabilidad (q) y de biomasa explotada.

Relationship between monthly estimates of catchability (q) and exploited biomass.

Enfoque analítico versus ambiente

Hemos explorado relaciones entre parámetros poblacionales obtenidos del análisis de frecuencias de tallas y las variables ambientales. El índice de crecimiento (ϕ') está positivamente correlacionado con la captura (Fig. 39; $r = 0,61, p < 0,01$), $CUE4$ ($r = 0,48, p < 0,05$), pero no significativamente con el esfuerzo ($r = 0,41, p < 0,1$). Una regresión múltiple de la captura en función del esfuerzo y del índice de crecimiento explica 79% de la varianza muestral y ambas variables independientes son altamente significativas ($p < 0,01$). Sin embargo, una regresión múltiple paso a paso, en la cual la captura es explicada por las variables antes mencionadas (esfuerzo, $CUE4$ y ϕ'), no logra incorporar al coeficiente de crecimiento como un componente significativo ($F = 0,024$). Este efecto podría ser relacionado a colinealidad (aunque débil) entre esfuerzo e índice de crecimiento.

Analytical approach versus environment

We have searched for relationships between population estimates obtained from length frequency analysis and environmental variables. Growth index (ϕ') is positively correlated with catch (Fig. 39; $r = .61, p < .01$) and $CUE4$ ($r = .48, p < .05$) but not significantly with effort ($r = .41, p < .1$). A multiple regression of catch as a function of effort and growth index explains 79% of sample variance and both independent variables are highly significant ($p < .01$). However, a stepwise multiple regression in which catch is explained by the three above mentioned variables (effort, $CUE4$ and ϕ') fails to incorporate the growth coefficient as a significant component ($F = .024$). This effect might be due to colinearity although weak between effort and growth performance index.

The ACE algorithm (Breiman and Friedman, 1985) and multiple regression were

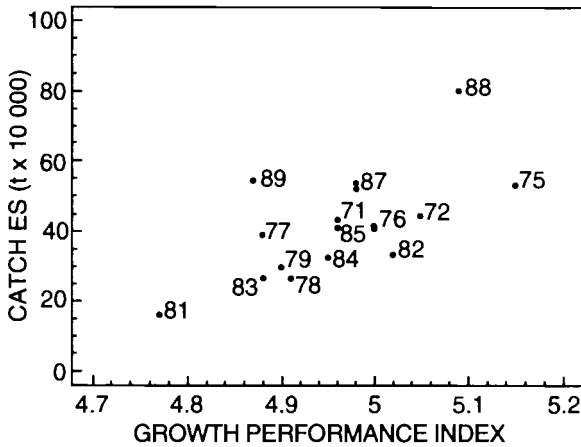


Figura 39
Relación entre el índice de crecimiento ϕ' y la captura.

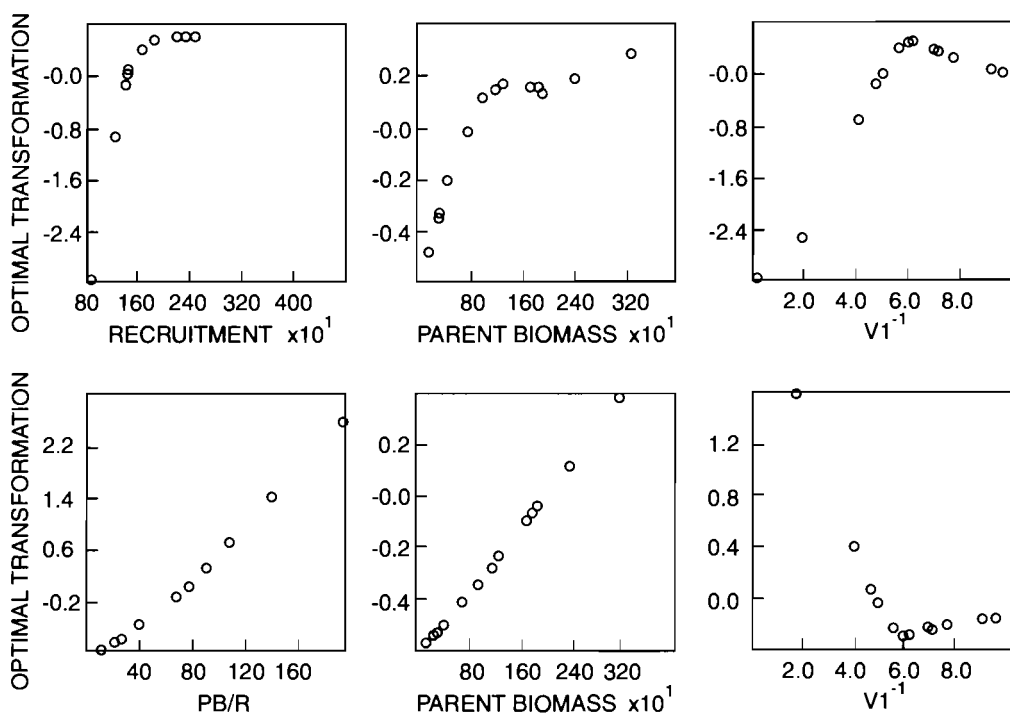
Relationship between growth performance index ϕ' and catch.

El algoritmo ACE y la regresión múltiple fueron utilizados para explorar las relaciones entre el reclutamiento R_i en el año i , biomasa parental (años i e $i-1$) y las condiciones ambientales durante los años i e $i-1$ (definidos por $CUE4_i$ y $CUE4_{i-1}$). Esta primera aproximación permitió establecer que la mayor parte de la varianza explicada del reclutamiento en el año i ($r^2 = 0,78$) estaba asociada con el año i para biomasa parental (PB_i) y $CUE4_{i-1}$ y debilmente con $CUE4_i$. Por lo tanto, se eliminó $CUE4_i$ y se obtuvo transformadas similares para las variables restantes con la misma cantidad de varianza explicada. Sin embargo, la transformación para la biomasa parental no es monótonica y difícil de interpretar desde una perspectiva biológica. Con el objeto de introducir linealidad o por lo menos monotonía en el conjunto de datos, se usó separadamente las transformaciones de Ricker (Log R/PB) y de Beverton y Holt (PB/R) para establecer relaciones stock-reclutamiento. Los resultados obtenidos se

used to further explore relationships between recruitment R_i in the year i , parental biomass (years i and $i-1$) and environmental conditions during the years i and $i-1$ (as defined by $CUE4_i$ and $CUE4_{i-1}$). This first search established that most of the explained variance of recruitment in year i ($r^2 = .78$) was associated with the year i for parental biomass (PB_i) and $CUE4_{i-1}$ and weakly with $CUE4_i$. We have therefore eliminated $CUE4_i$ and obtained similar transforms for the remaining variables with the same amount of explained variance. However, the transformation for parental biomass is non-monotonic and difficult to interpret from a biological perspective (see Mendoza *et al.*, this vol. for details). In order to introduce linearity or at least monotonicity into our data set, we have used separately the Ricker (Log R/PB) and Beverton and Holt (PB/R) transformations for establishing Stock-Recruitment relationships. The results obtained are presented in figure 40 (a and b). In

presentan en la figura 40 (a y b). En ambos casos se obtuvieron transformaciones li-neales o monotónicas entre el reclutamiento y PB/R y $\text{Log}(R/PB)$, y una relación en forma de domo entre reclutamiento y $CUE4_{i-1}$. Es decir que los valores bajos del viento en el año $i-1$ tendrían un efecto positivo sobre el reclutamiento hasta alcanzar un umbral a par-

both cases, linear or monotonic transformations were obtained between recruitment and PB/R and $\text{Log}(R/PB)$ and a dome-shaped relationship between recruitment and $CUE4_{i-1}$. That is, low yearly integrated wind speed in the year $i-1$ would have a positive effect on recruitment until a threshold is reached, beyond which accumulated wind effect



■ Figura 40

Resultados del algoritmo ACE : análisis de la influencia del ambiente ($CUE4$) sobre la relación stock- reclutamiento. Fila superior : modelo de Ricker; transformaciones óptimas de la variable dependiente $\text{Log}(R/BP)$ y de las variables independientes Biomasa Parental (BP) y el índice de surgencia $CUE4$ del año $i-1$. Fila inferior : modelo de Beverton y Holt; igual que el anterior pero con (BP/R) como variable dependiente.

ACE Results: analysis of the influence of the environment ($CUE4$) on the stock-recruitment relationship. Upper row: Ricker model; optimal transformations of the dependent variable $\text{Log}(R/BP)$ and the independent variables Parental Biomass (PB) and the upwelling index $CUE4$ year $i-1$. Lower row: Beverton and Holt model; same as above but with (PB/R) as dependent variable.

tir del cual los efectos del viento se hacen negativos. No obstante, estos valores son extremadamente sensibles a la fuerte anomalía ne-gativa del viento en 1981 y la forma de la transformación óptima de $CUE4_{i-1}$ es fuertemente alterada cuando este año es removido del conjunto de datos.

Finalmente, una relación stock-reclutamiento incorporando una variable ambiental (Parrish and MacCall, 1978) fue ajustada a los diferentes conjuntos de datos por regresión múltiple. La transformación de $CUE4_{i-1}$ para el conjunto de datos fue aproximada por una función parabólica y una función exponencial negativa para las relaciones *S/R* de Ricker y Beverton y Holt, respectivamente. En el caso de la función Ricker la contribución de $CUE4_{i-1}$ no fue estadísticamente significativa ($p < 0,5$) con la mayor parte de la varianza explicada ($r^2 = 0,64$) atribuible a la biomasa parental ($p < 0,001$). Para la función de Beverton y Holt la variable ambiental y la biomasa parental fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0,001$; $r^2 = 0,90$). Sin embargo, la contribución de $CUE4_{i-1}$ a la relación dependió casi exclusivamente al punto correspondiente a la anomalía negativa observada en 1981.

Análisis de rendimiento por recluta

La simulación de una cohorte sin explotar de 10.000 individuos (Tabla 7; Fig. 41) indica que el valor crítico de la biomasa

becomes negative. However, these results are extremely sensitive to the large negative wind speed anomaly in 1981 and the shape of the optimal transformation of $CUE4_{i-1}$ is largely altered when this year is removed from the data set.

Finally, a Stock-Recruitment relationship incorporating an environmental variable (Parrish and MacCall, 1978) was adjusted to the different data sets by multiple regression. The transformations for $CUE4_{i-1}$ for the whole data set were approximated by a parabolic function and a negative exponential function for the Ricker and Beverton and Holt *S/R* relationships, respectively. In the case of the Ricker function, the contribution of $CUE4_{i-1}$ was not statistically significant ($p < 0.5$) with most of the explained variance ($r^2 = .64$) attributable to parental biomass ($p < .001$). For the Beverton and Holt function, the environmental variable and parental biomass were statistically significant ($p < .001$; $r^2 = .90$). However, the contribution of $CUE4_{i-1}$ to the relation depended almost exclusively on the data point corresponding to the negative anomaly observed in 1981.

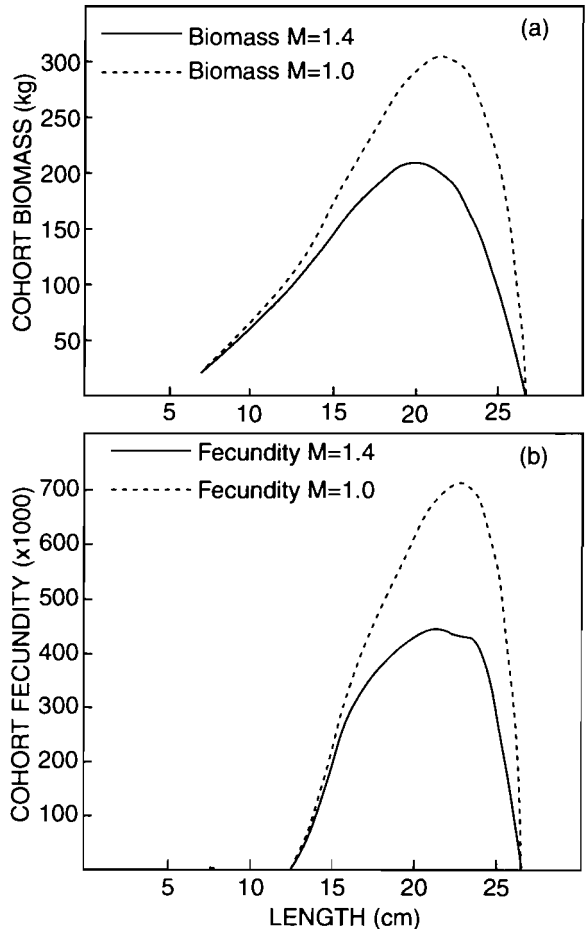
Yield per recruit analysis

The simulation of an unexploited cohort of 10,000 individuals (Table 7; Fig. 41) indicates that the critical value of biomass

se alcanza al año (19 cm) y el valor crítico de la fecundidad de la cohorte t_{cri} a 1,25 años ($L_{cri} = 21$ cm). Estos valores son próximos al valor de Lm_{50} (20 cm), lo cual es un resultado frecuente. Estos valores críticos no pueden ser considerados como un punto de referencia para el manejo de la pesquería, ya que la especie presenta una fecundidad elevada y un crecimiento rápido.

is reached at one year (19 cm) and the critical value of cohort fecundity t_{cri} at 1.25 year ($L_{cri} = 21$ cm). These values are close to Lm_{50} (20 cm) which is a common finding. These critical values cannot be considered as reference point for management since the species has a high fecundity and a fast growth.

The yield per recruit of an exploited cohort obtained from the Thomson and Bell



■ Figura 41
 Biomasa teórica
 (a) y fecundidad teórica (b) de
 una cohorte de 10.000
 individuos a la edad de 0,25
 años en función de la longitud
 y de la mortalidad natural M , a
 partir de los resultados
 biológicos de este estudio.

*Theoretical biomass (a) and
 theoretical fecundity (b) of a
 cohort of 10,000 individuals at
 age 0.25 years according to
 body length and to natural
 mortality M , using biological
 results of this study.*

Age (year)	L (cm)	W (g)	S (%)	P	Fec ($\times 10^3$)	N	FC ($\times 10^4$)	B (kg)
0.25	7.2	2.1	1	0	0	10.000	0.0	21.2
0.5	12.4	13.7	0.8	0	0	7.047	0.0	96.3
0.75	16.3	34.0	0.8	5	14	4.966	300.4	169.0
1	19.1	58.3	1	37	23	3.499	408.2	204.1
1.25	21.1	82.4	1.2	70	33	2.466	443.3	203.2
1.5	22.6	103.9	1.5	91	42	1.738	433.2	180.5
1.75	23.7	121.8	2.4	98	49	1.225	421.3	149.2
2	24.5	136.3	3.5	99	55	863	365.9	117.6
2.25	25.0	147.5	3.6	100	59	608	280.9	89.7
2.5	25.5	156.2	3.75	100	62	429	211.3	66.9
2.75	25.8	162.7	3.75	100	65	302	155.1	49.1
3	26.0	167.6	3.75	100	67	213	112.6	35.7
3.25	26.2	171.2	3.75	100	68	150	81.1	25.7
3.5	26.3	173.9	3.75	100	70	106	58.0	18.4
3.75	26.4	175.8	3.75	100	70	74	41.3	13.1
4	26.4	177.3	3.75	100	71	52	29.4	9.3
4.25	26.5	178.3	3.75	100	71	37	20.8	6.6
4.5	26.5	179.1	3.75	100	72	26	14.7	4.7
4.75	26.5	179.7	3.75	100	72	18	10.4	3.3
5	26.6	180.1	3.75	100	72	13	7.4	2.3
5.25	26.6	180.4	3.75	100	72	9	5.2	1.6
5.5	26.6	180.6	3.75	100	72	6	3.7	1.2
5.75	26.6	180.8	3.75	100	72	5	2.6	0.8
6	26.6	181.0	3.75	100	72	3	1.8	0.6

▮ **Tabla 7**

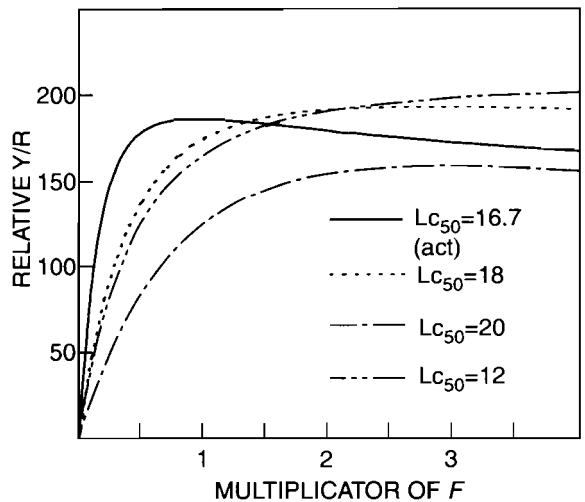
Simulación de la biomasa (B) y de la fecundidad (FC) de una cohorte inexplorada de acuerdo a los parámetros del stock estudiado (L : longitud individual; W : peso individual; S : proporción de sexos; P : proporción de hembras maduras; Fec : fecundidad individual, considerando un fecundidad relativa de 400 huevos g^{-1} ; N : número de individuos).

Simulation of the biomass (B) and fecundity (FC) of an unexploited cohort according to the stock parameters of this study (L : body length; W : body weight; S : sex-ratio; P : proportion of mature females; Fec : individual fecundity assuming a relative fecundity of 400 eggs g^{-1} ; N : number of individuals).

El rendimiento de una cohorte explotada obtenido por medio del análisis de Thomson y Bell (Fig. 42) indica que en los niveles actuales de mortalidad por pesca y patrón de explotación no se obtendrían incrementos en el rendimiento al cambiar la longitud actual de primera captura ($L_{c50} = 16,7$ cm). Este valor presente de L_{c50} está en plena concordancia con la Resolución No. 361 del Ministerio de Agricultura y Cría del 29-11-1973 que establece que la talla mínima de captura de *Sardinella aurita* es de 15 cm de longitud total, con un porcentaje de individuos inferiores a esta talla de 30% y un porcentaje de individuos inferiores a 12 cm del 10%. Sólo valores muchos más altos de mortalidad por pesca (alrededor de 4 veces el actual) permitiría pequeños incrementos en el rendimiento, del orden del 10%, a una longitud de primera captura alrededor de 20 cm. Este valor elevado de L_{c50} no es realista, puesto que es

analysis (Fig. 42) indicates that at present levels of fishing mortality and exploitation pattern, no increments in yield would be obtained by changes in the present mean length at first capture ($L_{c50} = 16.7$ cm). This present value of L_{c50} is in full agreement with the “Resolución del Ministerio de Agricultura y Cria n° 361” (29/11/1973) which indicates that the minimum size of catch for *Sardinella aurita* is 15 cm (total length) with a maximum percentage of individuals below this size equal to 30% and a percentage of individuals below 12 cm equal to 10%. Only much higher fishing mortality levels (about 4 times actual) would provide small increases in yield (10%) at a length of first capture around 20 cm. This high L_{c50} value is not realistic since it would be equivalent to a prohibition of fishing in the southern area (sectors Cariaco Gulf, west Araya and Santa Fe) and would decrease by nearly two fold the catches in the northern area

■ Figura 42
 Rendimiento Relativo por reclutade la sardina en el Oriente Venezolano basada en la composición de las capturas durante los años 1986-1989.
Relative yield per recruit of sardine in eastern Venezuela based on catch composition for the period 1986-1989.



equivalente a una prohibición de la pesca en el sector sur (Golfo de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) y a una reducción a prácticamente la mitad de las capturas en el área norte, bajo el supuesto que la composición de las capturas permanezca invariable (Fig. 19). Pero, al contrario, una reducción del Lc_{50} actual por debajo de 15 cm disminuiría rápidamente el rendimiento por recluta y conduciría a una sobrepesca del crecimiento. Además, un valor de Lc_{50} tan bajo pudiera determinar una sobrepesca del reclutamiento.

Discusión

Bajo el supuesto que el stock de *S. aurita* en el nororiente venezolano esté subexplotado, es normal tener una relación aproximadamente lineal positiva entre captura y esfuerzo, ya que se estaría del lado izquierdo de la curva de producción. En este caso, los modelos de producción no permiten establecer el punto de inflexión (es decir, el MSY) o sino lo subestiman. El problema permanece invariable para los modelos de producción que incorporan una variable ambiental (Fréon, 1986). Esto pudiera explicar los valores no significativos de c en el modelo escogido por CLIMPROD. No obstante, es importante subrayar la incertidumbre de la captura por calada como índice de abundancia. La debilidad de la relación entre esfuerzo y $CPUE$ pudiera

under the assumption that the catch composition will remain identical to the present (Fig. 19). At the opposite end, a reduction of the actual Lc_{50} value below 15 cm would rapidly decrease the yield per recruit and lead to growth overfishing. In addition, such a low Lc_{50} , could lead to a recruitment overfishing.

Discussion

Under the assumption that the *S. aurita* stock in northeastern Venezuela is underexploited it is normal to have an almost linear positive relation between catch and effort, because we are on the left hand side of the production curve. In this case the surplus production models are not able to establish the inflection point (i.e. MSY) or if so, the value will be underestimated. The problem remains unchanged for production models incorporating an environmental variable (Fréon, 1986). This could explain the non-significant values of c in the model chosen by CLIMPROD. Nevertheless it is important to underline the degree of uncertainty related to the use of catch per set as an index of abundance. The weakness of the relation between effort and $CPUE$ may be

deberse a factores de orden biológico, tales como la ausencia de una relación entre el tamaño de los cardúmenes (peso) y abundancia. Otros factores de orden técnico, tales como la selección preferencial de ciertos tamaños de cardumen por parte de los pescadores o la captura parcial de grandes cardúmenes, también pudieran explicar la debilidad de la relación. En este contexto, a pesar de posibles sesgos debidos a los procedimientos de estimación, es interesante recordar la relación entre biomasa explotada y esfuerzo de pesca (Fig. 37). No puede descartarse, si se asume que la abundancia varía en función del número de cardúmenes y no de su tamaño, que el esfuerzo puede representar la abundancia del stock más que la *CPUE*. En este caso la unidad de esfuerzo retenida actuaría como un contador de cardúmenes y sería, dentro de ciertos límites, proporcional al tamaño del stock (Laurec and Le Guen, 1981). Esta proporcionalidad podría explicar la relación lineal entre *E* y *B* presentado en la figura 37.

El elevado coeficiente de determinación (90%) de la regresión múltiple entre captura, esfuerzo e índice de surgencia no puede considerarse como prueba de la validez de la regresión, ya que en un stock subexplotado la relación positiva entre captura y esfuerzo es trivial. Adicionalmente, en oposición a unidades más convencionales, el esfuerzo de pesca utilizado no permite observar esfuerzo sin capturas. Sin embargo, la regresión permite confirmar la influencia del índice de surgencia tomando en consideración la significancia

related to biological factors, such as the absence of a relationship between school size (weight) and abundance. Several technical factors, such as the preferential selection of certain school sizes by fishermen or the partial capture of large schools, may also explain the weakness of the relationship. In this context, notwithstanding possible biases due to estimation procedures, it is interesting to recall the relationship between exploited biomass and fishing effort (Fig. 37). It can not be discarded, if the assumption is made that abundance varies as a function of school number and not school size, that fishing effort may represent exploited stock abundance more closely than *CPUE*. In this case the effort unit retained would act as a school counter and would be, within certain limits, proportional to stock size a theory already proposed by Laurec and Le Guen (1981). This proportionality could explain the linear relationship between *E* and *B* presented in figure 37.

The high coefficient of determination (90%) of the multiple regression between catch, effort and upwelling index can not be considered as proof of the validity of the regression, because the relation of catch and effort in an underexploited stock is trivial. Furthermore, as opposed to more conventional units, the fishing effort used does not allow us to observe effort without catches. However, the regression confirms the influence of the upwelling index considering the significance of the regression coefficient ($p = .012$). There is no temporal lag in the

del coeficiente de regresión ($p = 0,012$). Por otro lado, no existe desfase temporal en la relación entre *CPUE* promedio en un año pesquero y el índice de surgencia en un año ambiental. Esto no implica necesariamente que la influencia ambiental afecta solamente la capturabilidad, ya que existe un desfase de 5 meses entre el año ambiental y el año pesquero, lo que permite una posible influencia de la surgencia sobre la mortalidad natural y el crecimiento. Este último punto es bastante verosímil considerando la elevada tasa de crecimiento obtenida en este estudio. De hecho, hemos visto que existe una relación entre los estimados de biomasa y de ϕ' (Fig. 39).

El efecto positivo del viento sobre la *CPUE* puede también reflejar una respuesta del tamaño del cardumen a la abundancia de presas, a través de una reducción de la competencia intraespecífica en el seno del cardumen. Bajo condiciones de alta abundancia de presas, asociada con eventos de surgencia más fuertes, los individuos ubicados en el margen posterior de los cardúmenes se verían menos afectados por la escasez de alimento debida al consumo de peces ubicados antes de ellos. Esto debería resultar en la ocurrencia de cardúmenes de mayores dimensiones bajo estas condiciones.

La naturaleza de la pesquería del oriente venezolano impone ciertas limitaciones a la aplicación del APV estructurado por longitudes. La comparación de las series de capturas y las evaluaciones hidroacústicas (biomasa promedio de sardina entre 600.000 t y 1,3 millones de t; Anon, 1989)

relation between mean *CPUE* in a fishing year and mean upwelling index in an environmental year. This does not necessarily mean that the environmental influence affects only catchability for there is a 5 month lag between the environmental year and the fishing year, which allows for a possible influence of the upwelling on natural mortality and growth. This last point is very likely considering the rapid growth rate estimates obtained in this study. As a matter of fact, we have seen that a relationship between biomass and ϕ' has been found (Fig. 39).

This positive effect of wind on *CPUE* might also reflect a response of school size to prey abundance through a reduction in intraschool competition. Under conditions of high prey abundance, associated with stronger upwelling events, individuals located in the posterior margin of schools would be less affected by prey scarcity due other fishes preying before them. This should result in increased occurrence of larger schools under the above mentioned conditions.

The nature of the eastern Venezuela fishery imposes certain limitations on the application of length structured VPA. Catch series compared to hydroacoustic surveys (sardine biomass estimate 600,000 t to 1.3 million t; Anon, 1989) indicate that the exploitation level is low. Under these circumstances the uncertainty associated with levels of natural mortality and different sources of variability in this parameter have considerable weight on the degree of confidence which may be placed on quantitative

indica que el nivel de explotación es bajo. Bajo estas circunstancias la incertidumbre asociada con los niveles de mortalidad natural y diferentes fuentes de variabilidad en este parámetro tienen un peso considerable sobre el grado de confiabilidad que puede otorgársele a resultados cuantitativos. Esto dependerá también fuertemente del nivel de intercambio (es decir, movimiento) entre la fracción explotada y el resto de la población en cualquier instante. Al haberse asumido un nivel moderado de explotación ($Er = 0,33$) para todas las cohortes, implica que el intercambio ocurre a una tasa intermedia. Adicionalmente, la expansión del área de pesca desde 1981 hacia los sectores del área norte donde los individuos de mayores tallas son más abundantes podría explicar la disminución en E observada concurrentemente. En consecuencia, la correlación esperada entre F y E no es significativa, y tampoco entre $CPUE$ y B .

A pesar de las limitaciones arriba mencionadas, estos resultados son relativamente compatibles con el conocimiento existente sobre el recurso. Por ejemplo, los estimados de biomasa del APV sugieren que entre 7% y 15% de la biomasa total estimada por hidroacústica estaba disponible en el área de pesca restringida al final del período de estudio. Desafortunadamente, en esta etapa no hay

results. This will also strongly depend on the level of interchange (i.e. movement) between the exploited fraction and the rest of the population at any time. The assumption of a moderate exploitation level ($Er = .33$) for all cohorts implies that this interchange occurs at an intermediate rate. Moreover, the enlargement of the fishing area from 1981 towards the northern fishing grounds where large fish are more abundant could explain the decrease in E observed concurrently. As a result, the expected correlation between F and E is not significant, nor between $CPUE$ and B .

Despite the above mentioned limitations, our results are relatively compatible with existing knowledge on this resource. For example, biomass estimates from VPA suggest that from 7% to 15% of total standing stock estimated from hydroacoustics was available in the restricted fishing area at the end of the study period. Unfortunately, at this stage there is no way to validate these results² which are highly dependent on the choice of terminal F values. Therefore, further research and more intensive sampling providing independent biomass estimates within the fishing area are required in order to tune VPA. In any case, assuming no major temporal changes in natural mortality, the yearly trends observed in recruitment to the fishery and exploited total and

² Se conoce el área global de distribución del stock, pero se desconoce la tasa de intercambio entre sectores ("viscosidad" del stock).

The total distribution area is known, but not the rate of exchange between sectors (i.e. the "viscosity" of the stock).

manera de validar estos resultados², los cuales dependen en alto grado de los valores asignados a los F terminales. Por lo tanto, se requieren más investigaciones y un muestreo más intensivo con el objeto de afinar los resultados del APV a partir de estimados independientes de biomasa por hidroacústica en el área de pesca. En todo caso, asumiendo que no hay cambios mayores en la mortalidad natural a lo largo del tiempo, las tendencias observadas en el reclutamiento, biomasa explotada y biomasa parental permanecerían esencialmente las mismas.

El análisis de la relación entre reclutamiento, biomasa parental y condiciones ambientales no fue concluyente, aunque se observó una transformación en forma de domo para el viento en el año $i-1$ con el reclutamiento en el año i , lo cual es compatible con la hipótesis combinada de efectos del viento sobre sobrevivencia larval y transporte costa afuera (Cury and Roy, 1989). Sin embargo, el viento parece tener un efecto monotónico sobre el factor de condición y el crecimiento de juveniles. No obstante, el conjunto de datos es extremadamente sensible a un punto. De hecho, este punto representa el más bajo nivel de viento en la serie correspondiente al año 1981, lo cual resultó en el reclutamiento más bajo observado en el año 1982 (ver Fig. 30d y 34). Obviamente este resultado es sensato desde una perspectiva biológica, pero la exclusión de este punto cambia considerablemente (de hecho invierte) la interpretación del posible efecto de la surgencia sobre el reclutamiento. Aunque es una práctica co-

parental biomass would remain essentially the same.

The analysis of the relationship between recruitment, parental stock and environmental conditions is not conclusive, even though a dome-shaped transform is observed for accumulated wind in the year $i-1$ with recruitment in the year i , which is compatible with the combined hypothesis of wind effects on larval survival and offshore transport (Cury and Roy, 1989). Nevertheless, wind seems to present a monotonic effect on condition factor and early juvenile growth. However, the data set is extremely sensitive to an outlier. As a matter of fact, this outlier represents the lowest observed cumulative wind speed in the series in the year 1981 which resulted in the lowest observed recruitment in the year 1982 (see Fig. 30d and 34). Obviously this result is sensible from a biological perspective, but the exclusion of this point changes considerably (actually reverses) the interpretation of possible upwelling effect upon recruitment. Although it is a common practice in statistics to discard such outlier points, following the precautionary approach, we have to consider it as a possible low-probability event which can affect the stock. Therefore, we feel that a longer data series (hopefully including more cases of extreme conditions) is necessary in order to obtain a more robust image of the underlying relationship.

riente de eliminar los datos aislados, siguiendo el enfoque precautorio, debemos considerar este punto como un evento de baja frecuencia que pueda afectar el stock. Por lo tanto, se considera que una serie de datos más larga (que se espera incluya más casos de condiciones extremas) es necesaria para poder obtener una imagen más robusta de la relación subyacente.

Aspectos socio-económicos

(Mendoza *et al.* b, este vol. e informaciones adicionales)

De los resultados previos sobre la dinámica poblacional aparece que el stock de sardina en el nororiente venezolano se encuentra subexplotado, lo cual es hoy una situación envidiable. Un estudio global realizado por FAO (1994) concluyó que la mayor parte de los stocks comercialmente importantes están plenamente explotados o sobreexplotados. Hay varias razones que explican esta situación en Venezuela. En primer lugar el Ministerio de Agricultura y Cría no fomentó el desarrollo industrial de la pesquería debido, por un lado, al supuesto que el stock se encontraba plenamente explotado (Etchevers, 1974) y, por otro lado, debido a las implicaciones socio-políticas concernientes a la pesquería artesanal, especialmente en lo que se refiere al posible desplazamiento de los

Socio-economical aspects

(Mendoza *et al.* b, this vol. and additional information)

From the previous results on population dynamics it seems that the stock of sardine in northeastern Venezuela is underexploited, which is nowadays an enviable status. A global study by FAO (1994) concludes that most of the commercially important stocks are fully or overexploited. There are several reasons for this exception in Venezuela. First, the Ministry of Agriculture and Husbandry (MAC) never encouraged the industrial development of the fishery based on the belief that the stock was fully exploited (Etchevers, 1974) and also because of the socio-political implications regarding the small scale fishery, especially in relation to the possible displacement of artisanal fishers by a capital intensive industrial or semi-industrial fishery. Second, the price of sardine paid to fishermen has been very low,

pescadores artesanales por parte de una pesquería capital intensiva de carácter industrial o semi-industrial. En segundo lugar, el precio de la sardina pagado a los productores ha sido bastante bajo, dentro del contexto económico venezolano, durante muchos años (U.S. \$ 100 por tonelada métrica a finales de los setenta con una marcada caída a partir de 1984 debido a devaluación de la moneda e inflación). Las políticas gubernamentales de control de precios de la sardina han mantenido los precios bajos y, por ejemplo, el precio en 1995 fue de aproximadamente U.S. \$ 30 por tonelada.

Más del 90% de la captura de sardina es consumida en el mercado nacional, especialmente por grupos sociales de bajos ingresos. Tradicionalmente esta especie ha sido consumida en forma de enlatados, pero ha habido en los últimos tiempos un aumento del consumo en fresco. Este recurso representa la proteína animal de menor precio en el mercado venezolano y es considerado un producto estratégico para asegurar la ingesta proteica para las clases sociales de menores ingresos.

En el oriente de Venezuela existen 11 empresas enlatadoras, la mayor parte de ellas establecidas en el estado Sucre. Estas empresas representan una parte importante de la capacidad industrial del área, donde predominan los sectores primario y terciario en la economía. Esta industria procesadora de alimentos representa alrededor de 4.000 empleos directos y un número mucho mayor, pero indeterminado, de empleos indirectos. La mayor parte de esta fuerza de trabajo está conformada por obreros no especializados.

within the Venezuelan economic context, for many years (100 U.S. \$ per metric ton in the late seventies, with a sharp decrease from 1984 onwards due to currency devaluation and inflation). Government control policies on the price of sardines have maintained low prices – e.g. in 1995 the price was only about 30 U.S. \$ per ton.

More than 90% of the present sardine yield is consumed in the national market, especially by low income groups. Traditionally, this species has been consumed as canned product, but lately there has been a significant increase in the consumption of fresh sardines. This resource represents the lowest-priced animal protein in the Venezuelan market and is considered a strategic product to insure protein consumption for the lower income social classes, particularly in this difficult period of the Venezuelan economy.

In northeast Venezuela, there are 11 canneries -most of them established in Sucre state. These enterprises represent an important part of the industrial capacity in the area, where the primary and tertiary sectors of the economy are predominant. This food processing industry represents around 4,000 direct jobs and an indeterminate, but much larger amount of indirect employment. The major part of this labor force is composed of non-specialized workers.

As mentioned above, the extraction phase is strictly artisanal and labor intensive. The number of fishers is not easy to estimate considering that manpower is highly variable per fishing operation. In gen-

Como ya se ha mencionado, la fase extractiva es estrictamente artesanal e intensiva en mano de obra. El número de pescadores no es fácil de estimar, puesto que la cantidad de mano de obra es altamente variable por operación de pesca. En general, cada operación de pesca requiere entre 6 y 30 pescadores dependiendo, entre otras cosas, del tamaño de la red, tamaño del cardumen, disponibilidad de mano de obra, etc. También es importante destacar que una parte de la fuerza laboral sólo trabaja parcialmente en la pesquería de sardina y se dedica el resto del tiempo a la explotación de otros recursos pelágicos y/o demersales. A mediados de los años ochenta, por medio de un censo, el número de pescadores se estimó en aproximadamente 2.000, los cuales operaban alrededor de 200 artes de pesca, entre chinchorros y cercos sardineros (FONAIAP, datos no publicados). Esta fuerza de trabajo representa aproximadamente 7% del total de pescadores artesanales de la región, pero producen una gran parte (alrededor de 20%) del pescado consumido en el país. Adicionalmente, Mendoza *et al.* (1987) indican que el número de dependientes directos de los pescadores es de 10 personas por pescador. Al contrario de la situación pasada reportada por Orona (1969) y Méndez-Arocha (1983), quienes señalaron que los medios de producción no eran generalmente propiedad de los pescadores, hoy en día los propietarios tienden a ser pescadores y la estructura de la explotación es de carácter familiar. La población de pescadores es joven (45% entre 24 y 46 años y 21%

eral, each operation requires between 6 and 30 fishers depending on, size of seine, size of fish school, manpower availability, etc. Also, an important part of the labor force works only part time in the sardine fishery and exploits other pelagic and/or demersal resources the rest of the time. With census data from the late 80's the number of fishers has been estimated at 2,000. Those fishers were operating approximately 200 sardine beach seines and artisanal purse seines in northeastern Venezuela (FONAIAP, Unpublished data). This work force represents approximately 7 % of the total number of small scale fishers in the region but produces a substantial part (about 20%) of the fish consumed in the country. Moreover, Mendoza *et al.* (1987) indicated that on average the number of persons which depend entirely on a fisher's income is 10. Contrary to the past situation reported by Orona (1969) and Méndez-Arocha (1983) who mentioned that the means of production were usually not owned by the fishers, nowadays most of the fishers are owners and the structure of exploitation is mainly familial. The fishers population is young (45% between 24 and 46 and 21% between 15 and 24) and females are few in the profession. On the other hand, commerce is dominated by females in many landing points.

Mendoza *et al.* (1987) and Cárdenas *et al.* (1991) emphasized the overall negative effect that recent economic changes in Venezuela were having on the small scale fisheries of the studied area. Using census data for the period 1983–1990, these authors concluded that the number of arti-

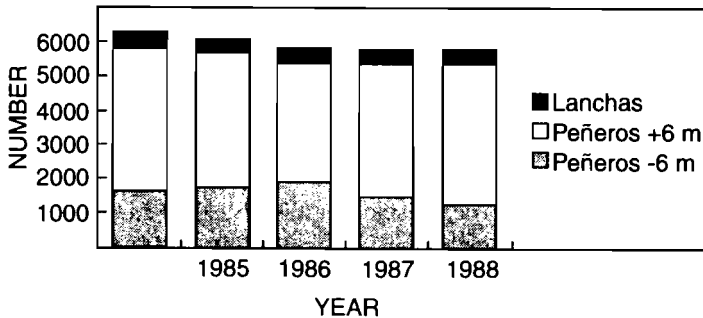


Figura 43
Evolución numérica del total de embarcaciones (grandes y pequeñas) para el oriente de Venezuela (Edos. Sucre y Nueva Esparta) entre 1984 y 1990; Cárdenas *et al.*, 1991.

Changes in the total number of boats (large and small) in eastern Venezuela (Sucre and Nueva Esparta states) from 1984 to 1990; (Cárdenas et al., 1991).

entre 15 y 24 años) y la población femenina está prácticamente excluida de la profesión. Por el contrario, la comercialización está dominada por la población femenina en muchos sitios de desembarque.

Mendoza *et al.* (1987) y Cárdenas *et al.* (1991) subrayaron el efecto negativo global de los cambios económicos recientes en Venezuela sobre las pesquerías en pequeña escala de la región. Utilizando datos de censos para el período 1983–1990, estos autores concluyeron que el número de embarcaciones artesanales y el empleo directo en la pesca artesanal había disminuido en 10% sobre el mencionado período (Fig. 43). Esta reducción en el número de embarcaciones y en el empleo directo se le atribuyó a incrementos en costos, los cuales solamente fueron compensados de forma parcial por incrementos en los precios del pescado.

En general, a pesar de los altos niveles de captura en la pesca sardinera, se observan

sanal boats and direct employment in small scale fishing had diminished by 10% over this period (Fig. 43). This reduction in the number of boats and direct employment was attributed to increased costs which were only partially compensated by higher fish prices.

In general, despite high levels of catch in the sardine fishery, poor living conditions are observed in the fishing communities of Araya Peninsula, due to inadequate public services, high levels of illiteracy in the adult population, the abandonment of formal education by the young and low levels of income for the majority of the population. However, in certain communities such as Guaca, Guatapanare and, to a lesser degree, La Esmeralda (Fig. 44), we observe increased levels of income from the artisanal processing of sardine catches. On the contrary, the geographic and economic isolation of Punta Colorada has a negative effect on indi-

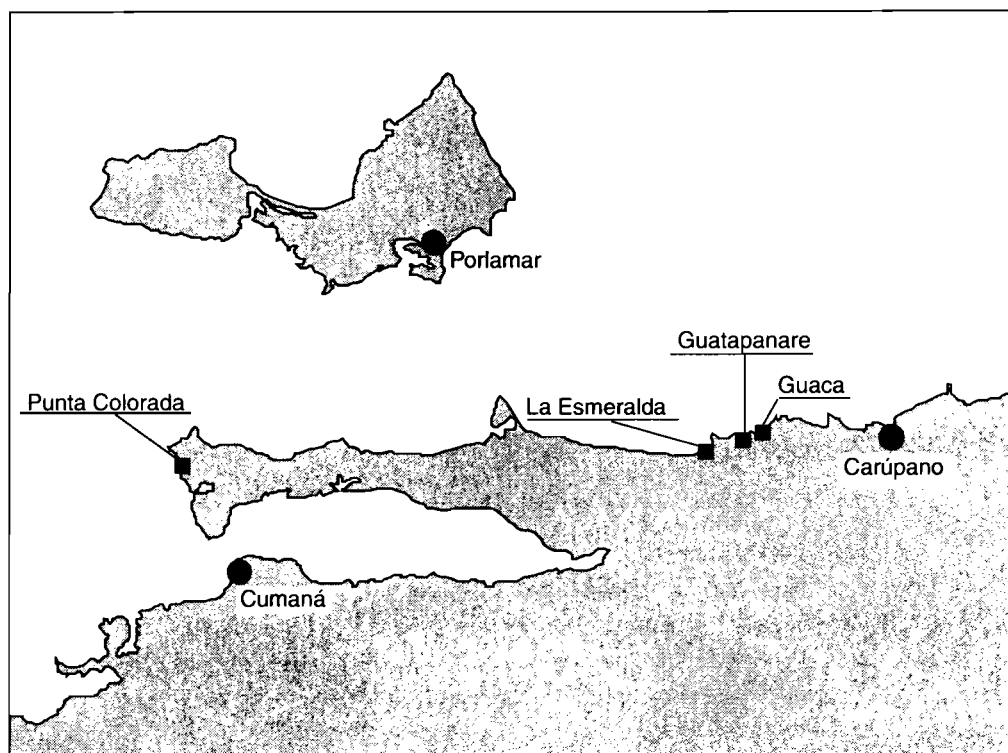


Figura 44

Localización de las cuatro comunidades pesqueras estudiadas (subrayadas en el mapa); (Mendoza *et al.* b, este vol.).

Location of the four fishing communities studied (underlined on the map); Mendoza et al. b, this vol.).

condiciones de vida pobres en las comunidades pesqueras de la Península de Araya, debido a servicios públicos inadecuados, altos niveles de analfabetismo en la población adulta, el abandono de la educación formal por los jóvenes y bajos niveles de ingreso en la mayor parte de la población. Sin embargo, en ciertas comunidades como Guaca, Guatapanare y, en menor grado, La Esmeralda (Fig. 44), se observa mayores niveles de ingreso por el procesamiento artesanal de las capturas de

vidual and family income. Finally, the presence of industrial canneries in Guatapanare and La Esmeralda -even though it increases job opportunities- has no noticeable effect on living conditions in these communities.

sardina. Al contrario, el aislamiento geográfico y económico de Punta Colorada tiene un efecto negativo sobre los ingresos individuales y familiares. Finalmente, la presencia de enlatadoras industriales en Guatapanare y La Esmeralda, aunque aumenta la oferta de empleo, no tiene efectos notorios sobre las condiciones de vida en estas comunidades.

Recomendaciones

De las comunicaciones y discusiones del grupo de trabajo y del trabajo y análisis subsiguiente, se pueden proponer dos conjuntos complementarios de recomendaciones. El primero se refiere a la recolección de datos e investigación futura para mejorar el conocimiento sobre los puntos débiles de este estudio los cuales impiden una evaluación precisa del stock y limitan la eficiencia de manejo pesquero. El segundo se refiere a las recomendaciones que se pueden adelantar para el manejo del stock de sardina del oriente venezolano.

Recomendaciones para la investigación

Todos los resultados presentados en este estudio deben ser actualizados lo antes posible, ya que, por diferentes razones, las series de datos analizados tienen ocho años.

Recommendations

From the communications and discussions of the working group and from subsequent work and analysis, we can propose two sets of complementary recommendations. The first one deals with future data collection and research aimed to improve our knowledge on the weak points of this study which hinder accurate stock assessment and limit management efficiency. The second concerns the advice that we are already able to give for sardine stock management in eastern Venezuela.

Recommendations for research

All the results presented in this study must be updated as soon as possible since, for different reasons, the data series analyzed are now eight years old.

Debe prestarse más atención al estimado de las capturas totales, las cuales obviamente están subestimadas, especialmente en los 90 por el incremento del consumo en fresco. Por lo tanto, se recomienda hacer esfuerzos para:

- **convencer a la industria**, por medio de un esfuerzo informativo, **de la importancia de informes precisos**. El mayor argumento a favor es que, a partir de la larga experiencia de cooperación con el sector de investigación, resulta evidente que la información reportada por las procesadoras individuales permanece confidencial (los resultados siempre se han publicado de manera global). Adicionalmente, el nuevo concepto de coviabilidad debe ser ampliamente expuesto al sector industrial;
- **implementar un nuevo diseño muestral para las ventas accesorias de sardina**, con el objeto de estimar mejor el mercado de consumo en fresco y el volumen de sardina vendido como carnada a la pesca artesanal de cordel. Este objetivo puede alcanzarse a través de recolección de datos a nivel del pescador y/o a nivel del comprador. Del lado de los pescadores, la acción mínima es incluir algunas preguntas referentes a estas ventas accesorias (venta en fresco, carnada) durante censos anuales de embarcaciones y artes. Del lado de los compradores, preguntas a los pescadores de cordel durante los

Major attention must be paid to total landings estimates which are obviously underestimated, especially from the 1990's because fresh consumption of sardine is increasing. It is recommended that an effort be made to:

- **convince the industry sector of the importance of accurate reporting** by a campaign of information. The major argument is that from the experience of cooperation with scientists during the last 30 years, it is obvious that the information by individual factories is confidential (results were always published globally). Moreover, the new concept of coviability must be widely communicated in the industrial sector;
- **implement a new survey design of the accessory sales of sardine** in order to better estimate the market for fresh sardine and the volume of sardine bait sold to the artisanal (hand line) fishery. This objective can be reached from data collection either at the level of sardine fishers and/or at the level of the buyers. From the side of the fishers, the minimum action is to add some questions on these accessory sales (fresh fish, bait) during annual census of boats and gears. From the side of the buyers, questions to hand line fishers during the same census may help to validate part of the results. Moreover, in the case of fresh consumption, cooperative research could be done with the scientific sector in charge of nutrition studies;

mismos censos pueden ayudar a corroborar parcialmente la información suministrada. Adicionalmente, en el caso del consumo en fresco, un programa de investigación cooperativo puede desarrollarse con el sector científico encargado de estudios nutricionales;

– **mantener la cooperación con los investigadores a cargo de las pesquerías atuneras**, con el objeto de seguir estimando las capturas de sardina utilizadas como carnada en estas pesquerías.

Es necesario mejorar la estrategia de muestreo biológico de los desembarques. El número de muestras debe incrementarse y asignarse mejor en el espacio y el tiempo, pero el número de individuos por muestra puede reducirse (muestras de 30 a 50 individuos) dependiendo del intervalo de tallas en una calada. Eso mejorará la calidad del AVP y de las estimaciones de los parámetros biológicos (reproducción, factor de condición).

Con el fin de distinguir la parte del factor de condición correspondiente a las gónadas de la parte correspondiente a grasas, **se recomienda pesar las gónadas. Adicionalmente, la observación macroscópica del contenido de grasa de la cavidad abdominal pudiera hacerse fácilmente durante el proceso de observación de los estadios de madurez sexual y resultar en un índice. Finalmente, datos históricos del cociente aceite/harina pudieran obtenerse de las enlatadoras.** Toda esta información puede utilizarse para mejorar los conocimientos sobre la estrategia

– **maintain cooperation with the scientists in charge of tuna fisheries studies** in order to continue estimating the sardine catches used for bait in the pole-and-line fishery.

It is necessary to improve the biological sampling strategy on landings. The number of samples must be increased and better allocated in space and time, but the number of fish studied in a sample can be reduced (30 to 50 individuals) depending on the length range in a set. This will improve the quality of the VPA and biological parameters estimates (reproduction, condition factor).

In order to distinguish the part of the condition factor due to gonad weight from the part due to fat, **it is recommended that gonads be weighed. In addition a macroscopic observation of the fatness in the abdominal cavity could be easily done** and categorized during the process of maturity stage observation. **Finally, historical data on the ratio oil/meal could be obtained from the factories.** All this information could be used to improve our knowledge on the reproductive strategy and its link with environmental factors.

For unknown reasons, the crude data on catch and effort of the historical period 1957-1970 is not available. **It is necessary to find this information in order to complete the data base and extend the analysis.**

Since the fishery has a limited range of action, it is recommended to **continue the acoustic surveys** in order to get information on the distribution and abundance of

reproductiva y su relación con factores ambientales.

Por razones desconocidas, los datos crudos de captura y esfuerzo para el período 1957–1970 no están disponibles. **Es necesario hallar esta información para completar la base de datos y extender al análisis.**

Puesto que la pesquería tiene un área de acción restringida, se **recomienda continuar con las prospecciones hidroacústicas** para la obtención de información sobre distribución y abundancia del stock independiente de la pesquería. Este tipo de información es relevante para cualquier proyecto relacionado con cambios en el tipo de explotación (artes diferentes y/o extensión del área de pesca).

Mantener la **recolección de datos biológicos y ambientales**, los cuales son fundamentales para continuar la evaluación y manejo del stock de sardina (y de otros stocks de la región). Por ejemplo, la interrupción de la colecta de datos en la estación meteorológica de Cumaná durante varios años en la década de 1990 afectará la actualización de los modelos y nuevas investigaciones sobre la influencia del viento local en el Golfo de Cariaco

Mediciones de temperatura del mar y nutrientes (perfiles) y del viento local deben realizarse a la escala del Golfo de Cariaco. A pesar del gran número de observaciones realizadas en el golfo (no todos ellos han sido publicados), los procesos de enriquecimiento no están del todo claros. Parece ser que la topografía costera y submarina juega un papel importante. Parte de la variabilidad obser-

the stock independently from the fishery data. This kind of information will be relevant for any project regarding changes in the type of exploitation (different gears and/or extension of the fishing area).

The collection of environmental and biological data must be maintained to support the assessment and management of the sardine stock (and other fish stocks). For instance, the interruption of the data collection in the meteorological station of Cumaná during several consecutive years in the nineties will hinder updating of the models and new investigations on the influence of local wind in the Gulf of Cariaco.

Measurement of sea temperature and nutrients (profiles) and local wind should be done at the scale of the Gulf of Cariaco. Despite the large number of observations made in the gulf (all of them are not published), the processes of enrichment are not completely understood. It seems that coastal and submarine topography plays an important role. Part of the variability in nutrients seems to be independent from the zonal wind stress.

In addition, **SST analysis from satellite images and in situ measurements in relation to wind data at small spatial and temporal scales** might provide better understanding of the dynamics of local upwelling events.

The apparent contradiction between the different wind data series (coastal stations, merchant ship data) must be investigated in detail. **Special attention must**

vada en nutrientes parece ser independiente del componente zonal del viento.

Adicionalmente, análisis de la temperatura superficial del mar a partir de imágenes satelitales y mediciones *in situ*, en relación con datos de viento a pequeñas escalas temporales y espaciales pudieran proveer una mejor comprensión de la dinámica de los eventos de surgencia locales.

La aparente contradicción entre las diferentes series de datos de vientos (estaciones costeras, datos de buques mercantes) debe ser investigada en detalle. **Atención especial debe otorgársele a la estación de Carúpano para la mejor comprensión del súbito incremento en la velocidad del viento observado a partir de julio a septiembre de 1981.** Un estudio de los archivos actualizados de buques mercantes, la comparación de los datos de velocidad del viento obtenidos de anemómetros y de la escala Beaufort, la ubicación de la principales rutas mercantes y la comparación con otras regiones del Caribe deben utilizarse para evaluar la representatividad de los datos. Específicamente, deberá establecerse si la tendencia al aumento de la velocidad del viento es real o producto de algún artefacto.

Falta todavía **una revisión del conocimiento actual sobre el zooplancton** de la región para completar la información sobre el medio ambiente de la sardina y las relaciones tróficas existentes. **Esto mejorará los datos de entrada en los modelos ecosistémicos.**

En la medida de lo posible, deben desarrollarse estudios genéticos sobre la

be paid to the Carúpano station in order to better understand the sudden increase in wind speed observed from July to September 1981. A study of the updated files of merchant ship data, the comparison between wind speed obtained from anemometers and from Beaufort scale data, the location of the main ship routes and the comparison with other regions in the Caribbean must be used to assess the representativeness of the data, and more specifically to decide whether the increasing trend in wind speed is real or an artifact.

A revision of the present knowledge on zooplankton is now lacking to complete the information on the sardine environment and on trophic relationships. **This would improve the input in the ecosystem models.**

As far as possible, genetic studies should be developed on the sardine, aimed towards a better **stock identification**, especially to study the rate of exchange (if any) between the Trinitarian and Venezuelan stocks (microsatellite ADN). Samples from the oriental stock of the Gulf of Venezuela should also be included in this study in order to validate the method since exchanges between this stock and the Trinitarian one are supposed to be very scarce or non-existent. Another approach to stock identification could be the design of a tagging experiment using internal magnetic tags (more appropriate than external tags for Clupeoids), being aware of the difficulty to implement automatic tag recovery in Trinidad due to the lack of industrial processing.

sardina para lograr una mejor **identificación de stocks**, especialmente para estudiar la tasa de intercambio (si la hay) entre el stock trinitario y el venezolano (micro satélites ADN). Muestras del stock del Golfo de Venezuela deberían también incluirse en este estudio con el objeto de validar la metodología, ya que los intercambios entre este stock y el trinitario se suponen muy escasos o inexistentes. Otra posibilidad para identificar los stocks sería el diseño de un experimento de marcaje magnético (mas apropiado que las marcas externas para los Clupéidos), pero se debe tomar en cuenta la dificultad de implementar un sistema de detección automático de las marcas en Trinidad, debido a la ausencia de proceso industrial de la sardina.

Recomendaciones para el manejo

Como resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo (Rio de Janeiro, 1992) y la Conferencia Internacional sobre la Pesca Responsable (Cancún, México, 1992), el concepto de “enfoque precautorio” es aplicado actualmente a la administración de recursos pesqueros (García, 1994). Los biólogos pesqueros y los administradores de las pesquerías están conscientes de su responsabilidad en la preservación de la biodiversidad y de los recursos renovables, y se requiere un cambio de actitud. En caso de duda o de conocimiento incompleto sobre un ecosistema marino complejo, o

Recommendations for management

As a result of the United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 1992) and the International Conference on Responsible Fishing (Cancun, Mexico, 1992), the concept of “precautionary approach” is now applied to fisheries management (García, 1994). Fishery biologists and fishery managers are aware of their responsibility for the preservation of biodiversity and renewable resources and a change in attitude is required. In case of doubt or incomplete knowledge on a complex marine ecosystem or more specifically on a stock, it is recommended to be conservative to preserve options for future generations.

más específicamente sobre un stock, se recomienda ser conservador para preservar las opciones de las generaciones futuras. Más recientemente, el principio complementario de "coviabilidad" ha comenzado a emerger, el cual enfatiza la preservación simultánea del recurso y de la pesquería por consideraciones de orden socio-económico (Caddy and Mahon, 1995). La administración cautelosa debe enfrentar el riesgo y buscar un compromiso.

En el caso del stock de sardina del oriente de Venezuela, los resultados presentados en este volumen sugieren que éste se encuentra subexplotado, a pesar del hecho que la explotación cubre las áreas de criadero y captura individuos de pequeñas tallas. De los resultados del estudio de las interacciones tróficas, el análisis de producción global y analítica, se concluye que las capturas pueden ser gradualmente incrementadas al doble del valor actual, es decir, 120.000 t por año para satisfacer al aumento de la demanda nacional. Sin embargo, se subraya el hecho que el incremento de la producción debe realizarse bajo las siguientes condiciones:

1. Incrementar el área de explotación, especialmente hacia el norte y al este, con el objeto de limitar la presión de pesca sobre las áreas de criadero y la competencia entre las unidades de pesca. Esto requerirá el establecimiento de nuevas procesadoras en esas áreas y/o el uso de nuevos artes debido a condiciones de pesca diferentes (áreas desprotegidas, peces de mayores tallas, patrones distintos de agregación, diferentes profundidades). Por lo tanto, es necesario:

More recently, the complementary principle of « coviability » is emerging which stresses the need for preservation of both the resource and the fishery for socio-economical reasons (Caddy and Mahon, 1995). Cautious management will therefore deal with risk and aim at a compromise.

In the case of the eastern Venezuela sardine stock, the results presented in this volume suggest that the stock is underexploited, despite the fact that current exploitation concentrates on the nurseries and catches undersized fish. From the result of trophic interaction, global approach and analytical approach, we conclude that the production could be gradually increased to double the present value, that is up to 120,000 tons per year, in order to satisfy the increasing national demand. Nevertheless, we stress the fact that this increase of production must be done under five conditions:

1. Increase the area of exploitation, especially to the north and to the east, in order to limit the fishing pressure on the nurseries and the competition between fishing units. This will require the implementation of new factories in those areas and/or the use of a new gear due to different fishing conditions (unprotected area, larger fish, different pattern of aggregation, different depth). It is therefore necessary to:

2. Test the catchability and availability of the resource in the northern and eastern area of stock distribution with different gears/boats (joint recommendation for research and management).

2. Probar la capturabilidad y disponibilidad del recurso en las áreas norte y este de distribución del stock con diferentes artes/embarcaciones (recomendación conjunta para investigación y administración).

3. Mantener la prohibición de desembarcar capturas cuando la proporción de individuos menores de 15 cm es superior al 30% y la proporción de individuos menores de 12 cm es superior al 10%. Sin embargo, esta regla no tiene porqué aplicarse a las pequeñas cantidades de sardinas comercializadas a otros pescadores y utilizadas como carnada en las pesquerías de caña y cebo y las pesquerías artesanales de cordel. Esta recomendación, que resulta del análisis de rendimiento por recluta, no afecta a la industria ya que los individuos menores a esta talla no son adecuados para el enlatado y son transformados en harina y aceite. Una simulación de los datos de 1976 a 1989 indica que solamente 7% de los estratos espacio-temporales de la pesquería durante este período no se ajusta a la presente regulación (Tabla 8).

4. Incrementar el esfuerzo de pesca progresivamente (al menos durante 5 años) y evaluar de manera continua y en tiempo real el estado del recurso, con el objeto de hacer posible un manejo flexible tomando en consideración la incertidumbre asociada al nivel actual de conocimientos y la variabilidad natural del stock en relación al medio ambiente.

5. Llevar a cabo estudios socio-económicos sobre las consecuencias del incremento de producción sobre el mercado y las comunidades pesqueras (recomendación conjunta para investigación y manejo).

3. Maintain the prohibition on the landing of catches when the proportion of fish smaller than 15 cm is over 30% or the proportion of fish smaller than 12 cm is over 10%. This rule should not apply to the small amount of sardine sold to other fishers and used for bait: pole and line, coastal hand line and off-shore grouper and snapper fisheries. This recommendation, which results from the yield per recruit analysis, does not affect the industry since fish below this size are not suitable for canning and are transformed into fish meal and oil. A simulation on the sampling data from 1976 to 1989 indicates that only 7% of the spatio-temporal strata (year/month/sector) of this period does not comply with this size present regulation (Table 8).

4. Increase fishing effort progressively (at least 5 years) and survey continuously and in real time the stock status in order to make flexible management possible, taking into account the uncertainty due to our present level of knowledge and to natural stock variability in relation with the environment.

5. Implement socio-economical studies on the consequences of this increase of production on the market and on the fishing communities (joint recommendation for research and management).

Proportion LF < 15 cm (central class)	Frequency	Cumulative frequency	Relative frequency (%)	Relative cumulative frequency (%)
0	247	247	64.49	64.49
5	39	286	10.18	74.67
10	24	310	6.27	80.94
15	11	321	2.87	83.81
20	12	333	3.13	86.95
25	14	347	3.66	90.60
30	11	358	2.87	93.47
35	7	365	1.83	95.30
40	4	369	1.04	96.34
45	3	372	0.78	97.13
50	1	373	0.26	97.39
55	4	377	1.04	98.43
60	3	380	0.78	99.22
65	0	380	0.00	99.22
70	0	380	0.00	99.22
75	1	381	0.26	99.48
80	1	382	0.26	99.74
85	1	383	0.26	100.00

■ **Tabla 8**

Distribución de frecuencia de la proporción de sardinas de menos de 15 cm en los desembarques mensuales por sector y por año entre 1976 y 1989.

Frequency distribution of the proportion of sardine shorter than 15 cm in the monthly landings per sector and per year from 1976 to 1989.

Sumario

El ambiente del nororiente de Venezuela se caracteriza por la influencia dominante de los procesos de surgencia costera en su parte occidental durante el período que se extiende de diciembre a junio. Además de la surgencia convencional de Ekman, también se observan afloramientos costeros relacionados con las especificidades topográficas del área (Golfo de Cariaco, islas, bancos). En la parte occidental del área, particularmente durante el período que se extiende de julio a octubre, la descarga del Orinoco juega un papel de primera importancia en el ecosistema. Entre las áreas occidental y oriental se observa un frente, el cual corresponde con el margen occidental de la pluma del Orinoco (línea oblicua que comienza alrededor de 63°O en la costa de Paria y con orientación hacia el noroeste). En la parte oriental de esta línea, la abundancia de sardina es baja y las comunidades fitoplanctónicas son diferentes. Sin embargo, parece que el flujo del Orinoco fertiliza al ecosistema sobre la mayoría de la plataforma durante la estación de lluvias. Como resultado de esto, la producción es relativamente elevada (600 a 1.000 mg C m⁻² día⁻¹) en una amplia porción del área durante todo el año (con un máximo durante la estación de surgencia), a pesar de los contrastes geográficos en la composición específica del plancton. La biomasa pelágica representa el 78% del total del ecosistema y 95% de la producción.

Summary

The environment of northeastern Venezuela is characterized by the main influence of the upwelling processes in its western part during the period extending from December to June. In addition to the conventional Ekman coastal upwelling, local upwellings are observed in relation to the special topography of the area (Gulf of Cariaco, islands, banks). In the eastern part of the area and mainly during the period extending from July to October, the Orinoco discharge plays a major role on the ecosystem. Between the western and the eastern areas, a front is observed, which corresponds to the western edge of the Orinoco plume (oblique line starting from around 63°W on the Paria coast and northwesterly oriented). On the eastern part of this line, sardine abundance is low and the phytoplankton assemblage is different. Nevertheless, it seems that Orinoco flow fertilizes the ecosystem on most of the continental shelf of the studied area during the rainy season. As a result, the production is relatively high (600 to 1,000 mg C m⁻² day⁻¹) in a large part of the area and all year long (with a maximum during the upwelling season) despite geographical contrast in plankton species composition. The pelagic biomass component represents 78% of the whole ecosystem and 95% of the production.

Since *Sardinella aurita* is omnivorous and largely opportunistic in its prey selec-

Puesto que *Sardinella aurita* es omnívora y ampliamente oportunista en la selección de presas puede aprovechar la diversidad de alimento disponible. Esta especie, al igual que otros pequeños pelágicos, juega un papel importante en el presupuesto energético del ecosistema, pero simulaciones realizadas sugieren que la producción puede incrementarse de 100% sin alterar el balance del sistema.

La reproducción ocurre principalmente de noviembre a marzo, es decir, antes y al comienzo de la estación de surgencia. Esta estrategia inusual requiere el almacenamiento de grasas que son luego utilizadas para la producción de gónadas. Se encontraron relaciones entre el factor de condición, índice reproductivo e índices de surgencia, aunque, a menudo, débiles e inciertas. El área de desove se extiende sobre la totalidad de la plataforma, pero las áreas de criadero se encuentran en la zona costera de tierra firme, incluyendo el Golfo de Cariaco. En este golfo, el período reproductivo es corto (usualmente en diciembre) y debido fundamentalmente a la migración genésica de adultos.

La pesquería es artesanal y se desarrolla lentamente. Los pescadores utilizan artes de cerco costeros y pequeñas embarcaciones, por lo cual explotan una pequeña parte del área de distribución de la especie, especialmente las zonas de criadero. Los pescadores y las personas relacionadas con las pesquerías, a menudo representan la mayoría de los habitantes de las pequeñas comunidades pesqueras, donde se observan pobres condiciones de vida, analfabetismo y bajos niveles de

tion, it can take advantage of food diversity. This species, as other coastal pelagics, plays an important role in ecosystem energy budget, but simulations suggest that exploitation could be increased by 100% while retaining system balance.

Reproduction occurs mainly from November through March, that is before and at the beginning of the upwelling season. This unexpected strategy requires the storage, for several months, of energy accumulated during the previous upwelling season. This is achieved by the storage of fat which is used later for gonad production. Relationships between condition factor, reproductive index and upwelling indices were found, but are often weak and uncertain. The spawning area is extended all over the continental shelf, but the nurseries are located in coastal areas off the mainland, including the Gulf of Cariaco. In this gulf, the reproductive period is short (usually in December) and mainly due to genésic migration of adults.

The fishery is artisanal and develops slowly. Fishers use coastal beach seines and small boats and therefore exploit a small part of the distribution area of the species, mainly the nurseries. Fishers (and people related to the fisheries) often represent the majority of small coastal communities where poor living conditions, illiteracy and low levels of income are observed, occasionally improved by artisanal processing of the catches. The production (around 60,000 t per year) is mainly destined for human consumption (fresh or canned).

ingreso (ocasionalmente mejorados por el procesamiento artesanal de las capturas). La producción (alrededor de 60.000 t por año) se destina principalmente al consumo humano (enlatado o fresco).

Un modelo de producción excedente, incluyendo una variable ambiental, fue ajustado y explicó 65% de la variabilidad de la captura por calada (el único índice de abundancia disponible). Este modelo no fue validado por el método del jack-knife, pero esto podría resultar de un bajo nivel de explotación. Adicionalmente, una regresión múltiple permitió explicar 90% de la varianza de la serie histórica de capturas utilizando el número de caladas y el índice de surgencia.

El análisis de frecuencias de tallas indica variabilidad interanual en los parámetros de crecimiento. Adicionalmente, sugiere que, en los últimos años del período estudiado, hay una tendencia creciente en el reclutamiento y la biomasa explotada, así como también una tendencia decreciente en la biomasa parental explotada. Los resultados son sensibles a la proporción de la biomasa total que se considera explotada por la pesquería. Es difícil estimar esta proporción y su variabilidad interanual, puesto que no sólo dependen de la extensión del área de pesca sino también de la tasa de intercambio entre el área de pesca y el resto del área de distribución. Esta es, probablemente, la razón principal del fracaso de la mayor parte de nuestros ensayos para establecer relaciones entre los diferentes parámetros del stock, los niveles de explotación y los índices ambientales. Una razón adicional

A surplus production model including an upwelling index was fitted and explains 65% of the variability of the catch per set (the only available index of abundance). This model was not validated by the jack-knife method, but could suggest a low level of exploitation. Moreover a multiple regression explained 90% of variance of the historical catch series from the number of sets and the upwelling index.

Length frequency analysis indicates an interannual variability in growth parameters. Moreover it suggests that in the later years of the study period, there was an increasing trend in recruitment and exploited biomass as well as a decreasing trend in exploited parental biomass. The results are sensitive to proportion of the total biomass which is considered as exploited by the fishery. It is difficult to estimate this proportion (and its interannual variability) since it depends not only on the extension of the fishing grounds but also on the rate of exchange between those fishing grounds and the rest of the area. This is probably the main reason of the failure of most of our attempts to link the different stock parameters, the exploitation level and the environmental indices. An additional reason is the lack of an appropriate index of abundance, since the catch per set does not necessarily reflect true abundance. The number of sets, here considered as an effort index, could better reflect the biomass since it is positively correlated with the exploited biomass index. Other interesting correlations were found between growth index and catch, growth index and effort and, to

es la ausencia de un índice de abundancia adecuado, ya que la captura por calada no necesariamente refleja la abundancia real. El número de caladas, considerado aquí como un índice del esfuerzo, pudiera reflejar mejor la biomasa, ya que está positivamente correlacionado con el estimado de biomasa explotada. Otras correlaciones interesantes pudieron observarse entre índice de crecimiento y capturas, índice de crecimiento y esfuerzo, y, en menor grado, entre índice de crecimiento e índice de surgencia.

El análisis de rendimiento por recluta sugiere que, a los niveles actuales de mortalidad por pesca, no se obtendrían beneficios de incrementos en la longitud de primera captura. Al contrario, una reducción de la longitud a primera captura actual reduciría sustancialmente el rendimiento por recluta y pudiera conducir tanto a una sobrepesca del crecimiento como a una sobrepesca del reclutamiento.

Considerando los enfoques recientes en administración de pesquerías (enfoque precautelatorio, coviabilidad) y nuestro nivel actual de conocimiento sobre este stock, se recomienda estudiar los aspectos técnicos (artes, embarcaciones, sitios de desembarque) y socio-económicos de un incremento gradual del esfuerzo de pesca fuera de las zonas de criadero. Este incremento gradual debe realizarse con un monitoreo continuo del ambiente y del estado del recurso hasta un valor empírico de alrededor de 120.000 t por año.

a lesser extent, growth index and upwelling index.

Yield per recruit analysis suggests that, at present levels of fishing mortality, no gains would be obtained from increasing length at first capture. However, a decrease of the present length at first capture would reduce yield per recruit substantially and could lead to both growth and recruitment overfishing.

Considering the recent approaches in fishery management (precautionary approach, coviability) and our present level of knowledge on this stock, it is recommended to study the technical (gear, boat, landing sites) and socio-economical aspects of a gradual increase of fishing effort outside of the nursery areas. This gradual increase must be done with a continuous monitoring of the environment and of the stock status to reach an empirical value of 120,000 t per year.

Referencias

References

- ACOSTA, M. 1987 — *Pigmentos clorofílicos en las aguas superficiales de la región nororiental de Venezuela*. Instituto Universitario de Tecnología del Mar. Fundación La Salle. 111 p.
- ALLEN, K. R. 1971 — Relation between production and biomass. *J. Fish. Res. Board Can.*, 28: 1575–1581.
- ANÓNIMO 1989 — Surveys of the fish resources in the shelf áreas between Suriname and Colombia 1988. *Inst. Mar. Res.*, Bergen, Norway. 135 p.
- ANÓNIMO 1990 — *Resultados de los talleres sobre la pesca en Venezuela*. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General Sectorial de Pesca y Acuicultura, Caracas. 60 p.
- APARICIO-CASTRO, R. 1993 — Meteorological and oceanographic conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea, 1951–1986. In: *Climatic Change in the Intra-Americas Sea*. (Ed. G. Maul), Edward Arnold, Publisher, London: 100–114.
- APARICIO-CASTRO, R. 1994 — *Estudio Hidrodinámico y meteorológico de la costa de Jose como apoyo al proyecto terminal de embarque de orimulsión*. Informe Técnico presentado a BITOR, PDVSA. 298 p.
- APARICIO-CASTRO, R. (este volumen). Revisión de las características oceanográficas de la plataforma Nororiental de Venezuela.
- APARICIO CASTRO, R. y CONTRERAS, R. (este volumen). Índices de surgencia costera inducida por el viento para la region nororiental de Venezuela.
- BAKUN, A. 1996 — *Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics*. University of California Sea Grant, San Diego, California, USA y Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico. 323 p.
- BAKUN, A., ROY, C. y CURY, P. 1991 — *The comparative approach: latitude-dependance and effects of wind forcing on reproductive success*. *Cons. int. expl. mer, C.M.* 1991/H:45, Sess. V. 12 p.
- BATTACHARYA, C. G. 1967 — A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115–35.
- BIDIGARE, R., ONDRUSEK, M. y BROOKS, J. 1993 — Influence of the Orinoco river outflow on distributions of algal pigments in the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res.*, 98(C2): 2259–2269.
- BOËLY, T., CHABANNE, J., FRÉON, P. y STÉQUERT, B. 1982 — Cycle sexuel et migrations de *Sardinella aurita* sur le plateau continental ouest-africain des îles Bissagos à la Mauritanie. *Rapp. P-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 180: 350–355.
- BONILLA, J., SENIOR, W., BUGDEN, J., ZAFIRIOU O. y JONES, R. 1993 — Seasonal distribution of nutrients and primary productivity on the eastern continental shelf of Venezuela as influenced by the Orinoco River. *J. Geophys. Res.*, 98(C2): 2245–2257.
- BREIMAN L. y FRIEDMAN, J. H. 1985 — Estimating optimal transformation for multiple regression and correlation. *J. Am. Stat. Assoc.*, 80: 580–619.
- BRUZUAL, M. J. 1984 — *Aspectos alimenticios de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes, 1847, (Pisces: Clupeidae) de los Golfos de Cariaco y Santa Fé, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grado. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela. 146 p.
- CADDY, J. F. y MAHON, R. 1995 — Reference points for fishery management. *FAO Tech. Pap.*, 347: 83 p.
- CALDERA, M., HUO, M. F. y RAMÍREZ, I. 1988 — Aspectos alimenticios de la sardina, *Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae)* de los alrededores de las Islas de Coche y Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 27 (1–2): 129–143.
- CARDENAS, J., (este volumen) — Distribución y cuantificación de la biomasa ictica del mar nororiental Venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos.
- CARDENAS, J. L., SILVA, J. L. y MENDOZA, J. J. 1991 — Evolución de la flota pesquera artesanal marítima del nororiente venezolano, entre los años 1984 y 1990. Memorias de la Sociedad de

- Ciencias Naturales La Salle, *Tomo LI*, 135–136: 145–157.
- CASTAÑEDA, J. 1989 — *Distribución espacial de los valores medios de la estabilidad estática en la región Sur-oriental del Mar Caribe (1965–1975)*. Tesis de Maestría en Física. Escuela de Ciencias. UDO, Cumaná. 113 p.
- CERVIGÓN, F. 1966 — *Los peces marinos de Venezuela*. Est. Inv. Mar. Fund. La Salle, Caracas, Venezuela, Vol. I. 436 p.
- CHIKHI, L. 1995 — *Differentiation génétique chez Sardinella aurita et S. maderensis, allozymes et ADN mitochondrial*. Thèse Univ. Paris VI, 238 p.
- CHRISTENSEN, V. y PAULY, D. 1992a — *A guide to the ECOPATH II software system (version 2.1.)*. ICLARM Software 6. 72 p.
- CHRISTENSEN, V. y PAULY, D. 1992b ECOPATH II — A software for balancing steady-state models and calculating network characteristics. *Ecol. Modelling* 61: 169–185.
- CONAND, C. 1977 — Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde, *Sardinella aurita*: pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier semestre 1976. *Cah. Orstom, Sér. Océanogr.*, 15 (4): 301–312.
- CURL, H. 1960 — Primary production measurements in the north coastal waters of South America. *Deep Sea Res.*, 7: 183–189.
- CURY, P. y FONTANA, A. 1988 — Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest-africaines. *Aquat. Living Resour.*, 1: 165–180.
- CURY, P. y ROY, C. 1989 — Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling áreas. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, 46: 670–680.
- DA SILVA, A. M., YOUNG, C. C. y LEVITUS, S. 1994 — *Atlas of Surface Marine Data 1994, Volume 2: Anomalies of Directly Observed Quantities*. NOAA Atlas NESDIS 7, U.S. Department of Commerce, NOAA, NESDIS.
- DURAND, M. H., MENDELSSOHN, R., CURY, P., ROY, C. y PAULY D. (Eds), 1998 — *Global versus local changes in upwelling systems*. Paris, Orstom Editions. 594 p.
- ETCHEVERS, S. L. 1974 — Variaciones morfométrico-merísticas, biología y tamaño mínimo del stock de sardina en el Nororiente de Venezuela. *Bol. Cient. Téc. S.R.M.*, 1(3). 82 p.
- FAO 1994 — Review of the state of world marine fishery resources. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 335. 136 p.
- FEBRES, G. 1974 — Circulación de las aguas superiores de la fosa de Cariaco en abril de 1974. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13 (1–2): 79–86.
- FEBRES, G. y HERRERA, E. 1975 — Interpretación dinámica de algunas características oceanográficas de la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (1): 3–29.
- FERRAZ-REYES, E. 1976 — Ciclo anual del fitoplancton en zonas de bancos naturales y de cultivo del mejillón *Perna perna* (L.), en el Oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. de Oriente*, 15 (2): 119–132.
- FERRAZ-REYES, E. 1977 — Distribución horizontal del fitoplancton en el Golfo de Cariaco, Venezuela durante 1974. *FAO Fisheries Report*, 200: 347–362.
- FERRAZ-REYES, E. 1987 — Productividad primaria del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. de Oriente*, 26 (1–2): 97–110.
- FERRAZ-REYES, E. 1989 — Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica en el Golfo de Cariaco (Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Universidad de Oriente*, 28 (1–2): 47–56.
- FERRAZ-REYES, E. y FERNANDEZ, E. 1990 — Ciclo anual de las bacterias heterótrofas planctónicas y del fitoplancton en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Universidad de Oriente*, 29 (1–2): 43–56.
- FERRAZ-REYES, E., MANDELLI, E. y REYES-VASQUEZ, G. 1987 — Fitoplancton de la Laguna Grande del Obispo, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. de Oriente*, 26 (1–2): 111–124.
- FERRAZ-REYES, E., REYES-VASQUEZ G. y BRUZUAL I. 1979 — Dinoflagellate blooms in the Gulf of

- Cariaco, Venezuela. In: *Toxic Dinoflagellate blooms* (Eds. D. Taylor and H. Seliger). Elsevier, New-York: 155–160.
- FERRAZ-REYES, E., REYES-VASQUEZ, G. y DE OLIVEROS A. 1985 — Dinoflagellates of the genera Gonyaulax and Protogonyaulax in the Gulf of Cariaco, Venezuela. In: *Toxic Dinoflagellates* (Eds. D. M. Anderson, A. W. White and D. G. Baden). Elsevier, New-York: 69–72.
- FIGUERA, F. 1967 — *Contribución a los conocimientos de la fecundidad en Sardinella sp. del Golfo de Cariaco*. Trab. Grado. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela. 31 p.
- FINENKO, Z. Z. 1978 — Production in plant populations. In: *Marine Ecology* (Ed. O. Kinne). John Wiley y Sons, London, IV: 13–71.
- FISHER, W. 1978 — *Species identification sheets for fishery purposes, Western Central Atlantic*, Fishing Área-31. Rome UNDP/FAO, Vol. II. p. var.
- FORBES, S. T. y NAKKEN, O. 1974 — *Manual de métodos para el estudio y la evaluación de los recursos pesqueros. Parte 2: Utilización de instrumentos acústicos para la localización de peces y la estimación de su abundancia*. Manual FAO Cien. Pesq., 5. 144 p.
- FRÉON, P. 1986 — Introduction of environmental variables into global production models. In: *Long Term Changes in Marine Fishes Populations* (Eds. T. Wyatt and M. G. Larrañeta). Vigo, 18–21 nov. 1986: 481–526.
- FRÉON, P. 1986 — *Réponses et adaptations des stocks de Clupeidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Thèse. Université d'Aix-Marseille II; Paris, Orstom Editions. 287 p.
- FRÉON P. y ANS, L. (este volumen) — Comparación de datos de vientos costeros con vientos marítimos y temperatura superficial del mar en el nororiente de Venezuela.
- FRÉON, P., EL KHATTABI, M., MENDOZA J. y GUZMÁN, R. (este volumen) — Una estrategia de reproducción inesperada: el caso del ciclo de vida de *Sardinella aurita* en Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera.
- FRÉON, P., KIEWCINSKI, B. y LOPEZ, D. 1992 — Utilité du système expert CLIMPROD pour la connaissance du déterminisme du recrutement. *Bull. Inst. Océanogr. Paris*, 68: 193–210.
- FRÉON, P., GUZMÁN, R. y APARICIO, R. (este volumen b) — Relaciones entre capturas, esfuerzo y afloramiento en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela.
- FRÉON, P., MULLON, C. y PICHON, G. 1993 — CLIMPROD: Experimental Interactive Software for Choosing and fitting Surplus Production Models Including Environmental Variables. *FAO Computerized Information Series fisheries*, 5. 76 p.
- FRÉON, P., SORIA, M. y GERLOTTO, F. 1989 — Short-term variability of *Sardinella aurita* aggregation and consequences on acoustic survey results. *Cons. int. Explor. Mer*, Statutory Meetings CM 1989/H, 53. 15 p.
- FUKUOKA, J. 1965 — Coastal upwelling near Venezuela (I). Year to year change of upwelling. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 4 (2): 223–233.
- FUKUOKA, J. 1966 — Coastal upwelling near Venezuela (II). Certain periodicities of hydrographic conditions. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 21–46.
- FUNDACIÓN LA SALLE 1963 — *Desarrollo pesquero en los mares orientales venezolanos*. Informes presentados a la Corporación Venezolana de Guayana, Corporación Venezolana de Fomento y al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, I. 343 p.
- FUNDACIÓN LA SALLE 1964a — *Desarrollo pesquero en los mares orientales venezolanos*. Informes presentados a la Corporación Venezolana de Guayana, Corporación Venezolana de Fomento y al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, II. 414 p.
- FUNDACIÓN LA SALLE 1964b — *Desarrollo pesquero en los mares orientales venezolanos*. Informes presentados a la Corporación Venezolana de Guayana, Corporación Venezolana de Fomento y al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, III. 432 p.
- FUNDACIÓN LA SALLE 1965 — *Desarrollo pesquero*

en los mares orientales venezolanos. Informes presentados a la Corporación Venezolana de Guayana, Corporación Venezolana de Fomento y al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, IV. 473 p.

GARCIA, S., 1994 — The precautionary approach to fisheries with reference to straddling fish stocks and highly migratory fish stocks. *FAO Fish. Circ.* 871. 76 p.

GARCIA, O., HUO, M. F. y RAMÍREZ, I. 1985a — Aspectos alimenticios de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 (Pisces: Clupeidae) de los alrededores de la Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 24 (1-2): 31-42.

GAYANILO, F. C. Jr., SORIANO M. y PAULY, D. 1989 — *A Draft Guide to the Compleat ELEFAN*. ICLARM Software, 2. 70 p.

GERLOTTO F. y HNO. GINÉS 1988 — Diez años de ecointegración en EDIMAR referida a la sardina del oriente venezolano (*Sardinella aurita*). Memorias del Congreso Iberoamericano y del Caribe, Punta de Piedras, Venezuela, mayo 1988. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, sup., 3 (XLVII): 311-324 p.

GERLOTTO, F., MENDOZA, J. y ELGUEZABAL, X. 1985 — Determinación de la biomasa y densidad de los peces por ecointegración. In: *Evaluación de los recursos pesqueros del estado Falcón y zona occidental* (Ed. Hno. GINES), Informe Final. Inf. Tec. Fund. La Salle Cien. Nat., marzo 1985: 158-178

GERLOTTO, F. 1987 — Medicion de las características acústicas de algunos peces tropicales. *Mem. Soc. la Salle Cienc. Nat.*, 47 (127-128): 149-167.

GERLOTTO, F. 1993a — Identification and spatial stratification of tropical fish concentrations using acoustic populations. *Aquat. Living Resour.*, 6 (3): 243-254.

GERLOTTO, F. 1993b — *Méthodologie d'observation et d'évaluation par hydroacoustique des stocks tropicaux de poissons pélagiques côtiers: impact du comportement et de la distribution spatiale*. Thèse Université de Bretagne Occidentale: 189 p + anexos

GHÉNO, Y. y FONTANA, A. 1981 — Les stocks de petits pélagiques côtiers: les sardinelles. In: *Milieu marin et ressources halieutiques de la République Populaire du Congo* (Ed. A. Fontana). Paris, Orstom, Trav. et Doc.: 213-257.

GONZÁLEZ, L. W. 1985 — Determinación de edad y crecimiento de la sardina, *Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847 (Pisces: clupeidae) de la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 24 (1-2): 111-128.

GORDON, A. 1967 — Circulation of the Caribbean Sea. *Jour. Geophys. Res.*, 72 (24): 6207-6223.

GULLAND, J. A. 1969 — Manual of methods for fish stock assessment. Part. 1. Fish population analysis. *FAO Man. Fish. Sci.*, 4. 154 p.

GULLAND, J. y HOLT, S. 1959 — Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 25 (1): 47-49.

GUZMÁN, R., FRÉON, P. y MENDOZA, J. (este volumen) — La pesquería de sardina *Sardinella aurita* en el Oriente de Venezuela, su evolución en el período 1973-1989.

HALIM, J. 1967 — Dinoflagellates of the south-east Caribbean Sea (east-Venezuela). *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 52(5): 701-755.

HAMMER, L. 1967 — Die Primarproduktion im Golf von Cariaco. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 52 (5): 757-768.

HAMMER, L. 1968 — Investigaciones sobre mareas rojas en el Mar Caribe. *Lagena* (17-18): 33-40.

HEALD, E. J. y GRIFFITHS, R. C. 1967 — The age determination, from scale readings, of the sardine, *Sardinella anchovia*, of the Gulf of Cariaco, eastern Venezuela. *Inv. Pesq., Ser. Rec. Explot. Pesq. (MAC)*, 1 (10): 374-446.

HERRERA, L. y FEBRES, G. 1975 — Kinematics of the wind-generated velocity field in the surface waters off eastern Venezuela, Caribbean Sea. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (2): 165-186.

HULBURT, E. 1963 — Distribution of phytoplankton in coastal waters of Venezuela. *Ecology*, 44 (1): 169-171.

- HULBURT, E. 1966 — The distribution of phytoplankton, and its relationship to hydrography, between southern New England and Venezuela. *J. Mar. Res.*, 24(1): 67–81.
- HUO, M. F. y RODRÍGUEZ, J. 1988 — Algunos aspectos biométricos y reproductivos de la sardina, *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) de la zona Nor-Oriental de Venezuela en el periodo 1958–1966. *Acta Científica Venezolana*, vol. 31 (Supl. 1), p. 228.
- HUO, M. F. (este volumen) — Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 en el oriente de Venezuela.
- JACQUES, G. y TRÉGUER, P. 1986 — *Ecosystèmes pélagiques marins*. Paris, Masson, Collection Ecologie, 19. Masson. 243 p.
- JIMENEZ, C. y CALDERÓN, A. 1979 — Sardina, arenque, *Sardinella anchovia*. Políticas de Desarrollo Pesquero. Proy. Ven/78/006. *Documentos sinópticos de especies*, MAC-PNUD-FAO., II (3): 15–21.
- KAWASAKI, T., TANAKA, S., TOBA, Y. y TANIGUCHI, A. (Eds) 1990 — *Long-term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment*. Pergamon Press. 402 p.
- KJERFVE, B., 1981 — Tides of the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res.*, 86: 4243–4247.
- LA BARBERA-SÁNCHEZ, A. 1984 — *Estudio taxonómico del orden Peridiniales de la plataforma Nor-oriental de Venezuela*. Tesis de Maestría Universidad de Oriente. Cumaná. 187 p.
- LA BARBERA-SÁNCHEZ, A. 1993 — Dinoflagelados de la región nororiental de Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Estado Sucre. FONAIAP. Serie A. 93 p.
- LA BARBERA-SÁNCHEZ, A., S. HALL y E. FERRAZ-REYES 1991a — *Alexandrium* sp., *Gymnodinium catenatum* and *PSP in Venezuela*. In: *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea* (Eds. T. Smayda and Y. Shimizu). Elsevier Publishing Co., New-York: 69–72.
- LASKER, R. 1975 — Field criteria for survival of anchovy larvae: the relationship between chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *U.S. Fish. Bull.*, 73: 453-462.
- LAUREC, A. y J. C. LE GUEN 1981 — *Dynamique des populations marines exploitées*. Tome 1. Rapp. Scien. Techn. CNEXO. 101 p.
- LE CREN, E. D. 1951 — The length weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20: 201–219.
- LE LOEUFF, P., MARCHAL, E. y AMON KOTHIAS, J. B. (Eds) 1993 — *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire*. Tome 1, Paris, Orstom. 588 p.
- LÓPEZ, H. 1972 — *Distribución y abundancia estimada de huevos de la sardina Sardinella anchovia en la región Oriental de Venezuela, 1968–1969*. Proy. Invest. Des. Pesq. MAC-PNUD-FAO. Ministerio de Agric. y Cría, Venezuela. *Inf. Téc.*, 46: 1–27.
- LORENZEN, C. 1967 — Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12: 343–346.
- MANDELLI, E. F. y FERRAZ DE REYES E. 1982 — Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 67(1): 85–95.
- MANICKCHAND-HEILEMAN, S. C. y HUBARD, R. H. 1988 — A Preliminary survey of clupeoid fishes in Trinidad, West Indies, and their use in live bait fishing. In: Annual Session of G.C.F.I.; 41; 1988/11/6–11; St Thomas.
- MARCHAL, E. 1993 — *Biologie et écologie des poissons pélagiques côtiers du littoral ivoirien*. In: *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire*. In : LE LOEUFF, P., MARCHAL, E. y AMON KOTHIAS, J. B. Eds : 237–269
- MARGALEF, R., CERVIGÓN, F. y YEPEZ, G. 1960 — Exploración preliminar de las características hidrográficas y de distribución del fitoplancton en el área de la Isla de Margarita (Venezuela). *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 20 (57): 211–221.
- MARGALEF, R. 1965 — Composición y distribución del fitoplancton. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 25(70, 71 y 72): 141–207.

- MARTÍN, S. F. y GONZÁLEZ, G. G. 1960a — Notas acerca de la taxonomía de la sardina, *Clupanodon pseudohispanicus* (Poey), de Venezuela. In: Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related species (Ed. H. Rosa y Jr. G. Murphy), 3: 1043–1050.
- MAZPARROTE, S. 1967 — Observaciones preliminares sobre la composición y aspecto del "turbio" o marea roja en las costas de Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 27(76): 37–45.
- MAZPARROTE, S. 1970 — Composición del "turbio" o marea roja en las costas orientales de Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 30(86): 102–121.
- MC CREARY, J., LEE, H. y ENFIELD, D. 1989 — The response of the coastal ocean to strong off-shore winds with application to circulations in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo. *J. Mar. Research*, 47: 81–109.
- MCCULLAG, P. y NELDER, J. A. 1989 — *Generalized linear models*. Chapman and Hall, London, 532 p.
- MEEK, S. E. y HILDEBRAND, S. F. 1925 — The marine fishes of Panama. *Field Mus. Nat. Hist. Publ. Zool. Ser.*, 226 (15): 331–707.
- MENDELSSOHN, R. y ROY, C. 1996 — *Comprehensive ocean data extraction users guide*. US Dep. Comm., NOAA Tech. Memo. NOAA-TM-NMFS-SWFC-228, La Jolla, CA, 67.
- MÉNDEZ-ARROCHA, A. 1963 — *La pesca en Margarita*. Monografía n°7, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela. 192 p.
- MENDOZA, J. 1993 — A preliminary biomass budget for the Northeastern Venezuela shelf ecosystem. In: *Trophic Models of Aquatic Ecosystems* (Eds. V. Christensen y D. Pauly). ICLARM Conf. Proc., 26: 285–297.
- MENDOZA, J. (este volumen) — Interacciones tróficas y flujo de biomasa en la plataforma continental del oriente Venezolano: Importancia de la sardina *Sardinella aurita*.
- MENDOZA, J., GONZÁLEZ, J. y FRÉON, P. 1987 — La pesca Artesanal del Nororiente Venezolano: Ezfuerzo de Pesca Potencial y Aspectos Socio-economicos. In: Symposium on Small-scale Fisheries, Université du Quebec, Rimousky: 1087–1099.
- MENDOZA, J., P. FRÉON y R. GUZMÁN (este vol. a) — Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa explotada de la sardina (*Sardinella aurita*) en el oriente Venezolano por medio de frecuencias de longitudes.
- MENDOZA, J., LÓPEZ, J. A., GÓMEZ, I. y FERRER, J. (este vol. b) — Socio-economía de la explotación artesanal de la sardina en el nororiente de Venezuela: las comunidades pesqueras de la península de Araya.
- MIRÓ, M. 1969 — *Productividad primaria y pigmentos fotosintetizadores del Caribe Sur, Venezuela*. Informe Interno de difusión limitada. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Estado Nueva Esparta, Venezuela. 60 p.
- MOIGIS, A. 1986 — Variación anual de la producción primaria del fitoplancton en el Golfo y en la Fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. de Oriente*, 25 (1–2): 115–126.
- MOIGIS, A. y BONILLA, J. 1985 — La productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paría, Venezuela, durante la estación de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. Oriente.*, 24(1–2): 163–175.
- MOIGIS, A. y BONILLA, J. 1988 — La productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paría, Venezuela, durante la estación seca. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. Oriente*, 27 (1–2): 105–116.
- MONENTE, J. A. 1990 — Influencia del río Orinoco en el Caribe: materia en suspensión. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 49–50 (131–134): 347–360.
- MONTERO, G. 1981 — *Estudio de las relaciones filogenéticas de algunas especies de la familia Clupeidae (Pisces)*. Trab. Grado Mag. Scient. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, Venezuela. 44 p.
- MORRIS, I., SMITH, A. y GLOVER, H. 1981 — Products of photosynthesis in phytoplankton off the Orinoco River and in the Caribbean Sea. *Limnol. Oceanogr.* 26(6): 1034–1044.

- MULLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1988 — Variabilidad de la biomasa del fitoplancton en aguas superficiales del Mar Caribe: una perspectiva desde el espacio con el CZCS. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 48 (Suplemento nº 3): 179–201.
- MULLER-KARGER, F., MC CLAIN, C., FISHER, T., ESAIAS, W. y VARELA, R. 1989 — Pigment distribution in the Caribbean Sea: observations from space. *Prog. Oceanog.*, 23: 23–64.
- MULLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1990 — Influjos del río Orinoco en el mar Caribe: observaciones con el CZCS desde el espacio. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 49–50 (131–134): 361–390.
- MÜLLER-KARGER, F. y APARICIO, R. 1994 — Mesoscale Processes Affecting Phytoplankton Abundance in the Southern Caribbean Sea. *Continental Shelf Research*, 14 (2–3): 199–221.
- MUNRO, J. y PAULY, D. 1983 — A simple method of comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 1 (1): 5–6.
- OKUDA, T., GAMBOA, B. y GARCÍA, A. 1969 — Seasonal variation of hydrographic conditions in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente*, 8(1–2): 21–27.
- OKUDA, T., BENÍTEZ, J. A., BONILLA J. R. y CEDEÑO, G. 1978(a) — Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 17(1–2): 69–88.
- ORONA, A. R., 1969 — *The social organization of the Margariteño Fishermen, Venezuela*. Ph. D. Thesis. University of California, Los Angeles, Sector: F, Region: S. 354 p.
- OROPEZA, A. A. 1984 — *Aspectos alimenticios de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes 1847 (Pisces: Clupeidae) de la costa norte de la Península de Paría, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela. 128 p.
- PARRISH, R. H. y MC CALL, A. 1978 — Climatic variation and exploitation in the Pacific mackerel fishery. Calif. Dept. Fish and Game, *Fish Bull.*, 167: 110 p.
- PAULY, D. 1980 — On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 39 (2): 175–192.
- PAULY, D. y TSUKAYAMA, I. 1983 — On the seasonal growth, monthly recruitment and monthly biomass of the Peruvian anchoveta from 1961 to 1979. I Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources (Eds. G. D. Sharp y J. Csirke), San José, Costa Rica. *FAO Fish. Rep.*, 291 (3): 987–1004.
- PAULY, D., SORIANO, M. L., PALOMARES, Y. M. L. D. 1993 — Improved construction, parametrization and interpretation of steady-state ecosystem models. In: V. Christensen y D. Pauly (Eds.) *Trophic Models of Aquatic Ecosystems*. ICLARM Conf. Proc. 26, 390 p.
- PAYNE, A. I. L., BRINK, K. H., MANN, K. H. y HILBORN, H. 1992 (Eds) — Benguela Trophic Functioning. *S.Afr. J. Mar. Sci.* 12: 1108 p.
- PETERMAN, M. R. y BRADFORD, M. J. 1987 — Wind speed and mortality rate of a marine fish, the northern anchovy (*Engraulis mordax*). *Science (Wash.)* 235: 354–356.
- POLOVINA, J. J. 1984 — Model of a coral reef ecosystem. I. The ECOPATH model and its application to French Frigate Shoals. *Coral Reefs* 3: 1–11.
- POLOVINA, J. J. y OW, M. 1983 — *ECOPATH: A User's Manual and Program Listings*. South West Fish. Cent., Hon. Lab. NMFS-NOAA Administrative Rep. 83–23: 46 p.
- RAMÍREZ, I. y HUO, M. F. 1986 — *Aspectos reproductivos de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela*. *Bol. Inst. Oceanogr.*, 25(1–2): 3–20.
- RAMÍREZ, I., HUO, M. F., BRUZUAL, M., CALDERA, M., GARCÍA, O. y OROPEZA, A. 1987 — Aspectos alimenticios de la sardina, *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae), del Nor-Oriente de Venezuela. In: Segundo Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. Lima, Peru. 160 p.
- REYES, D. 1981 — *Aspectos reproductivos de Sardinella aurita (Pisces: Clupeidae)*. Trab. Grad. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela. 56 p.

- REYES-VASQUEZ, G., FERRAZ-REYES, E. y VASQUEZ, E. 1979 — Toxic dinoflagellate blooms in northeastern Venezuela during 1977. In: *Toxic Dinoflagellate blooms* (Eds. D. Taylor, H. Seliger y C. Lewis). Elsevier, New-York: 191–194.
- REYES-VASQUEZ, G., FERRAZ-REYES, E. y LA BARBERA-SÁNCHEZ, A. 1991 — Occurrence of *Pyrodinium bahamense* in Venezuelan coastal waters. *Revue Intern. d'Océanographie Médicale*, 101–104: 127–132.
- RICHARDS, F. 1960 — Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America. I. Cabo Tres Puntas to Curacao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep. Sea. Res.*, 7(3): 163–182.
- RICHARDS, F. y THOMPSON, T. 1952 — The estimation and characterization of plankton population by analysis. II: A spectrophotometric method for estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.*, 11(2): 156–172.
- ROY, C., CURY, P. y KIFANI, S. 1992 — Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling áreas: environmental compromise. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 12: 135–146.
- ROY, C. y MENDELSSOHN, R. 1996 — The development and the use of climatic database for CEOS using the COADS dataset. In: *Global versus local changes in upwelling systems*: 27–44.
- SAMBROTTO, R. N., NIEBAUER, H. J., GOERING, J. J. y IVERSON, R. L. 1986 — The relationship among vertical mixing, nitrate uptake, and growth during the spring bloom on the southeast Bering Sea middle shelf. *Continental Shelf Research*, 5: 161–198.
- SÁNCHEZ-SUAREZ, I. G. 1990 — Three new Coccolithophonds (Haptophyta) from the South-Eastern Caribbean Sea: *Cyclolithella ferrazae* sp. nov., *Syracosphaera florida* sp. nov., *Syracosphaera tumularis* sp. nov. *Acta Cien. Venez.*, 41: 152–158.
- SAS INSTITUTE INC. 1989 — *SAS/STAT User's Guide, Version 6*. SAS Institute Inc, Cary North Carolina, 2. 846 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1993 — *SAS/STAT Software: the GENMOD Procedure, release 6.09*. SAS Institute Inc, Cary North Carolina, Technical Report, P-243. 88 p.
- SCHÜLEIN, F. H., BOYD, A. J. y UNDERHILL, L. G. 1995 — Oil-to-meal ratios of pelagic fish taken from the northern and southern Benguela system: seasonal patterns and temporal trends (1951–1993). *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 15: 61–82.
- SHARP, G. (ed.) 1981 — Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. *IOC Workshop Rep.*, 28: 323 p.
- SHARP, G. D. y CSIRKE, J. (Eds) 1983 — Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. *FAO Fisheries Report*, 291 (1): 102 p.
- SIMARD, Y. y GERLOTTO, F. 1990 — Exploration of the applicability of geostatistics in fisheries acoustics. Cons. int. Explor. Mer/ICES Working group on Fish Acoust. *Sci Technol.*, Rostock, April 1990. 27 p.
- SIMPSON, J. G. y GONZÁLEZ, G. 1967 — Algunos aspectos de las primeras etapas de vida y el medio ambiente de la sardina, *Sardinella anchovia*, en el Oriente de Venezuela. *Serie Recursos y Explotación Pesquera*, Ministerio de Agricultura y Cría, Venezuela, 1 (2): 39–84.
- SLUTZ, R. J., LUBKER, S. J., HISCOX, J. D., WOODRUFF, S. D., JENNE, R. L., JOSEPH, D. H., STEURER, P. M. y ELMS, J. D. 1985 — *Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*. Release 1. NOAA Environmental Research Laboratories, Climate Research Program, Boulder, CO. 268 p.
- SMETACEK, V. 1985 — Role of sinking in diatom life-history cycles: Ecological, evolutionary, and geological significance. *Marine Biology*, 84: 239–251.
- STEEMAN-NIELSEN, E. 1952 — The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Perm. int. Explor. Mer*, 18: 117–140.
- STEEMAN-NIELSEN, E. 1959 — Primary production

- in tropical marine áreas. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 1: 7–12.
- STRICKLAND, J. D. y PARSONS, T. R. 1972 — A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada. Bulletin*, 167. 311 p.
- STRØMME, T. y SAETERSDAL, G. 1989 — *Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de la plataforma entre Surinam y Colombia, 1988. Informe final*. Rep. Surveys R/V Dr F. Nansen, NORAD/UNDP/FAO Prog., Inst. Mar. Res., Bergen, Norway. 145 p.
- THOMSON, W. F. y BELL, F. H. 1934 — *Biological statistics of the Pacific Halibut fishery (2), Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear*. Rep. Int. fish (Pacific Halibut), comm., 8. 49 p.
- TOMASINI, J. L., BOUCHEREAU, J. L. y BENSAPHLA-THALET, A. 1989 — Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus*) Walbaum, 1792) des côtes oranaises (Algérie). *Cybiurn*, 13 (1): 37–50.
- TORNES, E., GEORGE, P. y SÁNCHEZ, D. 1971 — Variación en el contenido de grasa y sólidos no grasos en cuatro especies de importancia industrial en Venezuela. Proyecto de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Agricultura y Cría, Venezuela y PNUD-FAO, *Informe Técnico*, 35. 30 p.
- TRUJILLO, H. 1976 — Distribución de la sardina *Sardinella anchovia* según resultados de las prospecciones aéreas realizadas en el Oriente de Venezuela Enero-Mayo 1975. Ministerio de Agric. y Cría. *Informe Téc.*, 66: 1–28.
- TRUJILLO, H. 1977 — Factores que limitan el empleo de la estadística pesquera oficial en la evaluación del stock de la sardina *Sardinella anchovia*. Ministerio de Agric. y Cría. *Informe Téc.*, 73: 1–43.
- TRUJILLO, H. 1978 — Resultados de las prospecciones aéreas realizadas en el oriente venezolano durante enero-noviembre, 1975. Ministerio de Agric. y Cría. *Informe Téc.*, 76: 1–51.
- WHITEHEAD, P. J. 1973 — The Clupeoid fishes of the Guianas. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, suppl., 5: 1–227.
- VARELA, R., CARVAJAL, F. y MÜLLER-KARGER, F. (este volumen) — El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela.
- VERSTRAETE, J. 1988 — Sea level variations in the Tropical Atlantic: the seasonal cycle and new observations in 1983 and 1984. *IOC. Time series of Ocean measurements*, 4: 33–47.
- WOODRUFF, S. D., SLUTZ, R. J., JENNE, R. L., JOSEPH, D. H. y STEURER, P. M. 1987 — Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 68: 1239–1250.
- WOOSTER, W. S. y REID, J. L. 1963 — Eastern boundary currents. *The Sea* (Ed. M. N. Hill). Wiley Interscience, 2: 253–280.
- WOOTTON, J. R. 1979 — Energy cost of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes. *Symposia of Zoological Society of London*. Academic Press, 44: 133–155.
- WYATT, T. y LARRAÑETA, M. G. (Eds) 1988 — *International Symposium on Long Term Changes in Marine Fish Populations, Vigo (España) 1986*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 554 p.
- YENTSCH, C. 1965 — The relationship between chlorophyll and photosynthetic carbon production with reference to the measurement of decomposition products of chloroplastic pigments. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 18: 323–346.
- YENTSCH, C. y MENZEL, D. 1963 — A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.*, 10: 221–231.



colloques

et

séminaires

La sardina (*Sardinella aurita*)

Su medio ambiente y explotación
en el Oriente de Venezuela

The sardine (*Sardinella aurita*)

*Its environment and exploitation
in Eastern Venezuela*

Editores científicos/Scientific editors

Pierre Fréon

Jeremy Mendoza

IRD
Editions