

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

**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*

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

---

Editores científicos  
Pierre Fréon y Jeremy Mendoza

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

---

Scientific editors  
Pierre Fréon and Jeremy Mendoza

**IRD Éditions**  
INSTITUT DE RECHERCHE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT

collection Colloques et séminaires

Paris, 2003

**Mise en page**

Gerald van Tonder

**Traduction**

Jeremy Mendoza et Pierre Fréon

**Maquette de couverture**

Michelle Saint-Léger

**Maquette intérieure**

Catherine Passe

**Fabrication**

Marie-Odile Charvet Richter

*Photo de couverture*

Carlos GarcíaPrú : Faena de pesca en la costa del Estado Sucre /  
*Fishing operation off the coast of Sucre State*

La loi du 1er juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD Éditions, 2003

ISSN : 0767-2896

ISBN : 2-7099-1517-0

A Martine

Mélinda

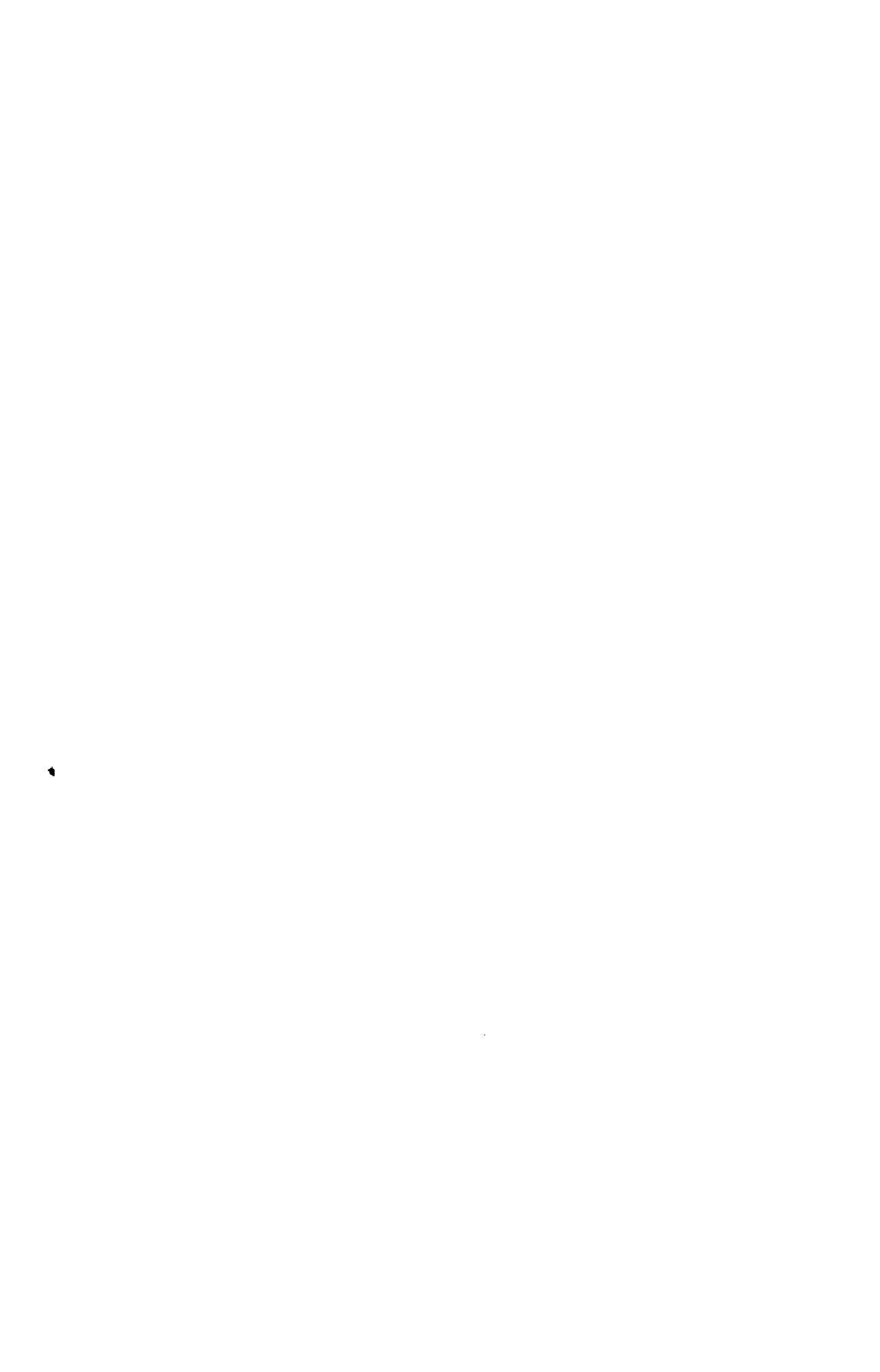
Adrien

A Verónica

Félix

Andrés

A los pescadores artesanales de Venezuela



## Agradecimientos

Los editores desean expresar su agradecimiento a los colegas por su valiosa participación en el taller y en la redacción de los artículos científicos. Al mismo tiempo pedimos disculpas por la demora en la publicación de este libro, debido a diversas razones que estuvieron fuera de nuestro control.

Nuestro reconocimiento va también dirigido a las distintas instituciones de investigación que apoyaron el proyecto: EDIMAR (Estación de Investigaciones Marinas de Margarita de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Punta de Piedras, Venezuela); INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Cumaná, Venezuela, antes FONAIAP); IOV (Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela) y el IRD (Institut de recherche pour le développement, Paris, France).

Se agradece también sinceramente a todos los árbitros internacionales quienes revisaron los trabajos y permitieron su mejoramiento a través de sugerencias y correcciones.

La edición del presente libro no hubiera sido posible sin el apoyo del IRD, y su distribución sin el apoyo del IOV.

Finalmente, se agradece a Cathy Boucher por la composición de las figuras, a Gerald van Tonder y Hanlie Spamer por la edición del texto.

## Acknowledgements

The editors wish to acknowledge all their colleagues for their productive input during the workshop and for writing the scientific contributions. At the same time, we apologize for the delay in the publication of this book, due to different reasons out of our control.

We are also very grateful to the different institutes that gave support to the project: EDIMAR (Estación de Investigaciones Marinas de Margarita de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Punta de Piedras, Venezuela); INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Cumaná, Venezuela; formerly FONAIAP); IOV (Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela) and IRD (Institut de recherche pour le développement, Paris, France).

We warmly acknowledge all the international referees who reviewed the manuscripts and allowed their improvement through their suggestions and corrections.

The edition of this book was made possible thanks to the support of IRD, and its distribution was supported by IOV.

Finally, we acknowledge Cathy Boucher for the figure composition, Gerald van Tonder and Hanlie Spamer for editing the text.



## Autores

## Authors

Ludovic **Ans**, IRD, B.P. 64501, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

Rubén **Aparicio Castro**, Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. goku950@cantv.net

Juan J. **Cárdenas**, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle. Apdo. 144. Porlamar 6301 A. Isla de Margarita. Venezuela.

edimar\_bioresquera@unete.com.ve

Flor **Carvajal**, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Apartado 144, Porlamar 6301-A. Estado Nueva Esparta, Venezuela.

Rommel **Contreras**, Departamento de Física, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Julio **Ferrer**, Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Pierre **Fréon**, IRD-MCM, 5<sup>th</sup> Floor, Private Bag X2, Rogge Bay, 8012 Cape Town, South Africa. pfreon@mcm.wcape.gov.za

Irey, **Gómez** Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Ramón **Guzmán**, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Av. Carúpano, Caiguire, Sucre, Cumaná, Venezuela. smallpel@yahoo.com

Molla Fazlul **Huq**, Summermist ct. San Jose, CA 95122, USA. Mfhuq@aol.com

Mostafa **El Khattabi**, IRD, B.P. 64501, 911 avenue Agropolis, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

Jesús A. **López**, Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Jeremy J. **Mendoza Hill**, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Apdo. 245, Cumaná, Venezuela. jmendoza@cumana.sucre.udo.edu.ve

Frank **Muller-Karger**, College of Marine Science, University of South Florida, 140 Seventh Ave. South. St. Petersburg, FL 33701, USA. carib@seas.marine.usf.edu

Ramón **Varela**, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Apartado 144, Porlamar 6301-A. Estado Nueva Esparta, Venezuela. edimar\_biomarina@unete.com.ve

## Comité Editor *Editor Committee*

Agüero M., ICSES, Chile  
Bakun A., FAO, Italia  
Barton E. F., Univ. Wales, UK  
Caddy J. F., FAO, Italia  
Collos Y., CNRS, Francia  
Csirke J., FAO, Italia  
Cury Ph., IRD, Francia  
Ehrhardt N. M., Univ. Miami, USA  
Franquesa R., Univ. Barcelone, España  
Garcia S., FAO, Italia  
Gerlotto F., IRD, Francia  
Hisard Ph., IRD, Francia  
Larrañeta M. G., CSIC, España  
Marchal E., IRD, Francia  
Margalef R., ICM, España  
Packard T. T., Lamontagne Inst., Canada  
Pauly D., ICLARM, Philippines  
Roel-Payne B., Sea Fisheries, South Africa  
Saetersdal G., IMR, Noruega  
Yañez-Arancibia A., Univ. Campeche, México



# Sumario / Contents

---

Prefacio / <i>Preface</i> .....	19
Serge Garcia, FAO, Rome	

## Síntesis / *Synthesis*

La sardina ( <i>Sardinella aurita</i> ), su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela: una síntesis .....	25
---	----

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

Pierre Fréon y Jeremy Mendoza

Introducción .....	27
<i>Introduction</i>	

### Materiales y métodos

#### *Materials and methods*

Datos meteorológicos .....	30
----------------------------	----

*Meteorological data*

Datos hidrológicos .....	32
--------------------------	----

*Hydrological data*

Fitoplancton .....	34
--------------------	----

*Phytoplankton*

Interacciones tróficas .....	36
------------------------------	----

*Trophic Interactions*

Cruceros Hidroacústicos .....	38
-------------------------------	----

*Acoustic surveys*

Datos Biológicos .....	39
------------------------	----

*Biological data*

Datos pesqueros .....	44
-----------------------	----

*Fishery data*

Dinámica de poblaciones .....	46
-------------------------------	----

*Population dynamics*

Datos Socio-económicos .....	49
------------------------------	----

*Socio-economical data*

### Resultados sobre medio ambiente

#### *Results on Environment*

Procesos físicos generales .....	50
----------------------------------	----

*General physical processes*

Afloramiento .....	53
<i>Upwelling</i>	
Influencia del Orinoco .....	60
<i>Orinoco influence</i>	
Circulación .....	64
<i>Circulation</i>	
Fitoplanton y ambiente .....	70
<i>Phytoplankton and environment</i>	
Interacciones tróficas .....	81
<i>Trophic interactions</i>	
<b>Resultados sobre la biología de <i>Sardinella aurita</i></b>	
<b>Results on the biology of <i>Sardinella aurita</i></b>	
Identificación .....	86
<i>Identification</i>	
Distribución geográfica y biomasa .....	88
<i>Geographical distribution and biomass</i>	
Hábitos alimenticios .....	94
<i>Feeding habits</i>	
Proporción de sexos y longitud a la primera madurez .....	95
<i>Sex-ratio and length at first maturity</i>	
Fecundidad .....	97
<i>Fecundity</i>	
Área de desove y ciclo de vida .....	98
<i>Spawning areas and life cycle</i>	
Originalidad de la estrategia reproductiva en relación a otros stocks de pequeños pelágicos .....	102
<i>Originality of reproductive strategy in relation to other pelagic stocks</i>	
<b>Explotación y dinámica poblacional</b>	
<b>Exploitation and population dynamics</b>	
La pesquería .....	110
<i>The fishery</i>	
Enfoque de producción excedente y ambiente .....	117
<i>Surplus production approach and environment</i>	
Enfoque analítico .....	121
<i>Analytical approach</i>	
Enfoque analítico versus enfoque global .....	125
<i>Analytical approach versus global approach</i>	
Enfoque analítico versus ambiente .....	127
<i>Analytical approach versus environment</i>	
Ánálisis de rendimiento por recluta .....	130
<i>Yield per recruit analysis</i>	
Discusión .....	134
<i>Discussion</i>	

---

Aspectos socio-económicos .....	139
<i>Socio economical aspects</i>	
Recomendaciones .....	
<i>    Recommendations</i>	
Recomendaciones para la investigación .....	144
<i>        Recommendations for research</i>	
Recomendaciones para el manejo .....	149
<i>        Recommendations for management</i>	
Sumario .....	153
<i>    Summary</i>	
Referencias .....	157
<i>    References</i>	

## Contribuciones / Contributions

<b>Medio ambiente físico y biológico .....</b>	169
<i><b>Physical and biological environment</b></i>	

Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela .....	171
<i>    Review of the oceanographic characteristics on the     continental shelf of northeastern Venezuela</i>	

    Rubén Aparicio-Castro

Índices de surgencia costera inducida por el viento para la región nororiental de Venezuela .....	207
<i>    Wind induced coastal upwelling indices off northeastern     Venezuela</i>	

    Rubén Aparicio-Castro y Rommel Contreras

Comparación de datos de vientos costeros con vientos marítimos y temperatura superficial del mar en el nororiente de Venezuela .....	233
<i>    Comparison between coastal wind data,     merchant ship data and sea surface temperature     in northeastern Venezuela</i>	

    Pierre Fréon y Ludovic Ans

<b>El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela.....</b>	263
<i><b>The phytoplankton of the continental shelf of northeastern Venezuela</b></i>	

    Ramón Varela, Flor Carvajal y Frank Müller-Karger

Relaciones tróficas y flujo de biomasa en la plataforma continental del Oriente venezolano: importancia de la sardina <i>Sardinella aurita</i>	295
<i>Trophic relations and biomass flow in the Eastern Venezuela shelf: importance of the sardine Sardinella aurita</i>	
Jeremy Mendoza	
<b>Bio-ecología de la sardina</b>	329
<b><i>Bio-ecology of sardine</i></b>	
Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina ( <i>Sardinella aurita</i> , Valenciennes, 1847) en el Oriente de Venezuela	331
<i>Review of the fishery biology of sardine (Sardinella aurita Valenciennes, 1847) in Eastern Venezuela</i>	
Molla Fazlul Huq	
Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de <i>Sardinella aurita</i> de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera	357
<i>Unexpected reproductive strategy of Sardinella aurita off Venezuela and its response to the coastal upwelling</i>	
Pierre Fréon, Mostafa El Khattabi, Jeremy Mendoza y Ramón Guzmán	
Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental Venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos	401
<i>Distribution and quantification of fish biomass on the continental shelf of Eastern Venezuela, with special emphasis on sardine, as observed using hydroacoustic methods</i>	
Juan José Cárdenas	
<b>Explotación, dinámica de poblaciones y socio-economía</b>	425
<b><i>Exploitation, population dynamics and socio-economics</i></b>	
La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: Período 1959–1989	427

*Spatial and temporal variability of the sardine fishery in  
Eastern Venezuela from 1959 to 1989*

Ramón Guzmán, Pierre Fréon y Jeremy Mendoza

Relaciones entre capturas, esfuerzo pesquero y  
surgencia costera en la pesquería de sardina del  
Oriente de Venezuela ..... 451

*Relationships between catch, fishing effort and  
coastal upwelling indices in the sardine fishery of  
Eastern Venezuela*

Pierre Fréon, Ramón Guzmán y  
Rubén Aparicio-Castro

Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa  
explotada de la sardina (*Sardinella aurita*) en el  
Oriente venezolano por medio de frecuencias de  
longitudes ..... 473

*Estimation of growth parameters, fishing mortality and  
exploited biomass of sardine (*Sardinella aurita*)  
in Eastern Venezuela by use of  
length frequency data*

Jeremy Mendoza, Pierre Fréon,  
Ramón Guzmán y Molla Fazlul Huq

Socio-economía de la explotación artesanal de la  
sardina en el nororiente de Venezuela : las  
comunidades pesqueras de la Península de Araya ..... 493

*Socio-economics of small scale exploitation  
of sardine in northeastern Venezuela: the fishing  
communities of the Araya Peninsula*

Jeremy Mendoza, Jesús López, Irey Gómez y Julio Ferrer

**Abstracts** ..... 533

**Resúmenes** ..... 541



## Preface

The world fishery research applied to capture fisheries management is facing a dramatic increase in the requirements of society in its regard, following the outcomes of UNCED (1992), the Convention on Biological Diversity (1992), the UN Agreement on Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks (1995), and the adoption of the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (1995). The resulting paradigm shift is undoubtedly linked to a general concern for sustainability, across all fields of research and all sectors of development. It has been reinforced by the catastrophic situation of the fish resources of the North Atlantic, and of the communities depending on them for their livelihood... in the region of the world where modern fishery research was born and has undergone the most impressive development.

Fishery science is being criticized openly for what is often seen as a failure to advise properly. This assessment is largely incorrect as the central cause of the problem lies in institutional failure, inadequate systems of rights, ineffective decision-making procedures and poor enforcement. Nonetheless, this has happened partly because of truncated research agendas and lack of effective multidisciplinarity, and the danger of marginalisation of the management-oriented fishery science is real and it has to urgently evolve in the right direction if its historical role in assisting decision-making has to be improved and strengthened. This evolution will have to take place in an unfavourable context of: (1) relative public distrust, (2) disinvestment in fisheries and related research; and (3) regain of the 30 years old utopia that modern more controllable aquaculture will "soon" replace fish "hunting".

Fishery research will need to develop along many fronts. It will have to better integrate the social sciences which, in many cases, should probably even take the lead. It should evolve to take account of uncertainties on data and models available and of our incomplete understanding in general. In contradiction with the university tradition, it should start dedicating more attention to the consequences of what it has not yet understood properly. The science of uncertainty exists already. It only needs to be systematically used and improved in the framework of the precautionary approach to fisheries.

It is also urgent to improve the capacity to assess the state of resources, not only in terms of methods but in terms of

timeliness (too many assessments are outdated) and scope (too many of them address only the target species with no reference to other affected species or the environment). There is also a parallel and even more urgent need to improve our assessment of management performance. Too many of our findings do not translate into effective recommendations and too many of the latter are not used. From those who end up being used, how many are really implemented and what was their effectiveness? We are now asked to examine more carefully all the available management options offered to managers, with their potential outcomes. And we are asked to systematically insert this work in a multi-species and ecosystem perspective, including the possibility of multiple equilibria, medium-term genetic evolution, impacts from land-bases sources of pollution, and climate change! Most of this is not really new to most of us but little of this has been done sufficiently and in time. These requirements are forcing fishery research to accelerate its evolution towards a more holistic approach.

In such a period of shifting paradigm, the difficulty is to identify all the necessary adjustments needed, to the data, the tool box, the competences. One of the key ingredients in this respect is "multidisciplinarity". An approach often mentioned and debated, often tried, and too often resulting in frustration.

The attempt conducted by P. Fréon and J. Mendoza is a good step in the right direction. The pelagic resources they have worked on are the most naturally "unstable" stocks, those with largest natural fluctuations in abundance, in species composition and distribution... and those for which uncertainty is amongst the highest. *Sardinella aurita*, one of the most ubiquitous species in the tropics is found in all the oceans and is certainly a fascinating object of study because of the potential it offers for comparative approach at worldwide level. And the experience of P. Fréon with this species in many areas of the world was certainly an asset for the group.

The present report represents a very valuable effort to put together a large number of disciplinary works into a large integrated multidisciplinary whole, covering both the physical environment; the biology of the resource; the role of river inputs and of upwellings on productivity work; as well as the trophic relations in the ecosystem submitted to exploitation by an artisanal fishery. The interaction involved combines the skills of meteorology, hydrology, planctonology, trophic

dynamics, acoustic surveys, stock assessment, population dynamics and fisheries modelling, and some socio-economic considerations. The use of ECOPATH II, in addition to traditional assessments, and despite the obvious limits of the approach is certainly enlightening if taken with a grain of salt. It leads to intriguing conclusions in terms of ecosystem dynamics of the exploited ecosystem under alternative patterns of exploitation and its careful use should probably be generalized. The apparent anomaly encountered in the relationship between the condition factor and spawning seasonal cycles raise interesting questions worth pursuing further.

The efforts made by this team to bring all the relevant aspects of this diverse research to bear on the management advice is commendable. They also, however, show some of the problems still affecting our assessments and help to measure how much is still to be done. For instance, while the scope of the work in terms of disciplines covered is satisfactory, the timeliness of the report leaves much to be desired: as pointed by the authors themselves, the data is 8 years old, and the advice given therein refers to fish which have disappeared long ago. Although rather solid and based on long-lasting considerations and common sense, the validity of the advice could be easily questioned by a manager not too inclined to make difficult decisions.

The recommendations are numerous, as is often the case in such an exercise. As usual also, the costing of the research proposed is not available and sometimes neither is its specific application for management, reducing the possibility to judge the recommendations' utility in terms of management to obtain some cost-benefit perceptions or to undertake some useful prioritization. In looking at the recommendations, one can see that some data which could easily be collected (i.e. oil content) are not, while other more traditional data which have been collected (such as catch and effort data)... have apparently been lost. This underlines a general lack of perception, in national data collection systems, of the value of the raw basic data for decision-making, a problem encountered not only in Venezuela and the developing world but even in the most advanced countries.

The recommendations for management refer rightly to the precautionary approach and propose, for a resource which appears still under-used, but variable, a step-wise approach to development, supported by research, including socio-economic studies, with the view to limiting the risk of costly errors for the resources and the people.

This report reflects a successful attempt at comprehensiveness. I hope that the approach can be repeated systematically, first to update the understanding on this resource, and secondly to cover other key resources of this region. Methodologies should be combined to delineate more clearly uncertainties and their potential consequences. With more socio-economic studies available, including on the dynamics of the sector, the management system could be simulated to forecast the consequences of the step-wise development recommended. The recommendations could also cover the institutional requirements such as establishment of a system of user rights and institutional mechanisms required for a more direct participation of the small-scale fisheries to decision-making.

**Serge Garcia**  
Director of the  
Fishery Ressources Division  
FAO, Rome,  
Italy

# Síntesis

# *Synthesis*

---

parte 1  
*part 1*



# 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

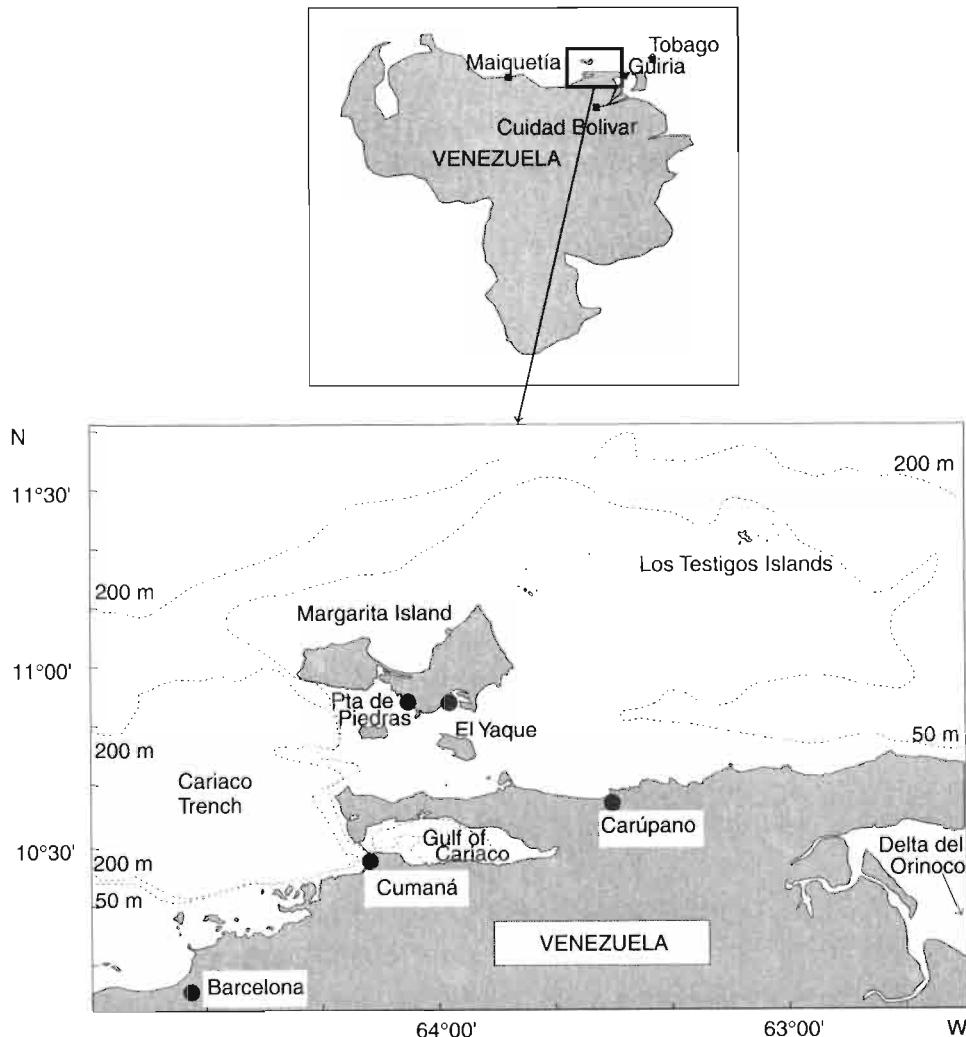


Figura 1  
Zona de estudio y localización de ocho estaciones meteorológicas costeras (incluyendo tres estaciones lejanas ).

*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 socioeconómicas 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): Güiria, 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; Mendelsohn y Roy, 1996) y NESDIS; esta última contiene información ‘suavizada’ por una función splin 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): Güiria, 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; Mendelsohn 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  $m^3 s^{-1}$  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  $m^2 s^{-2}$ . 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 ( $kg m^{-1} s^{-2}$ ). 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 ( $3,5 m s^{-1}$  en Cumaná y  $4,8 m s^{-1}$  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  $m^3 s^{-1}$  per 100 m of coastline following Bakun (1973). The second one (*CUE2*), applied on COADS data, is the east pseudo wind stress expressed in  $m^2 s^{-2}$ . 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.  $kg m^{-1} s^{-2}$ . 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  $62^{\circ}15'W$ . 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,

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).

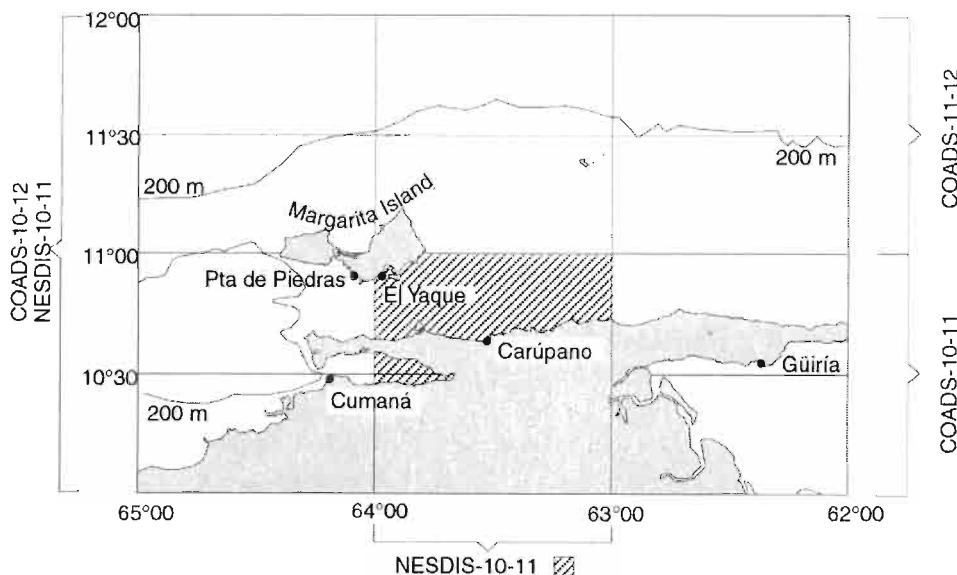


Figura 2

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 Hulbert (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 Hulbert (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 Hulbert (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 Hulbert (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  $^{14}\text{C}$  (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  $^{14}\text{C}$  (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:

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

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:

$$\frac{B_i P_t / B_i - \sum (B_j Q_j / B_j D C_{ji}) - P_t / B_i}{(1 - E E_i) - E X_i} = 0 \quad (2)$$

donde:

- $B_i$  = biomasa de ( $i$ );  
 $P/B_i$  = 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  $j$ ;  
 $Q/B_j$  = 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 ( $i$ );  
 $P/B_i$  = 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  $j$ ;  
 $Q/B_j$  = 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  $-34,6 \text{ dB kg}^{-1}$ , 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  $-34,6 \text{ dB kg}^{-1}$  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, inclusives, 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.

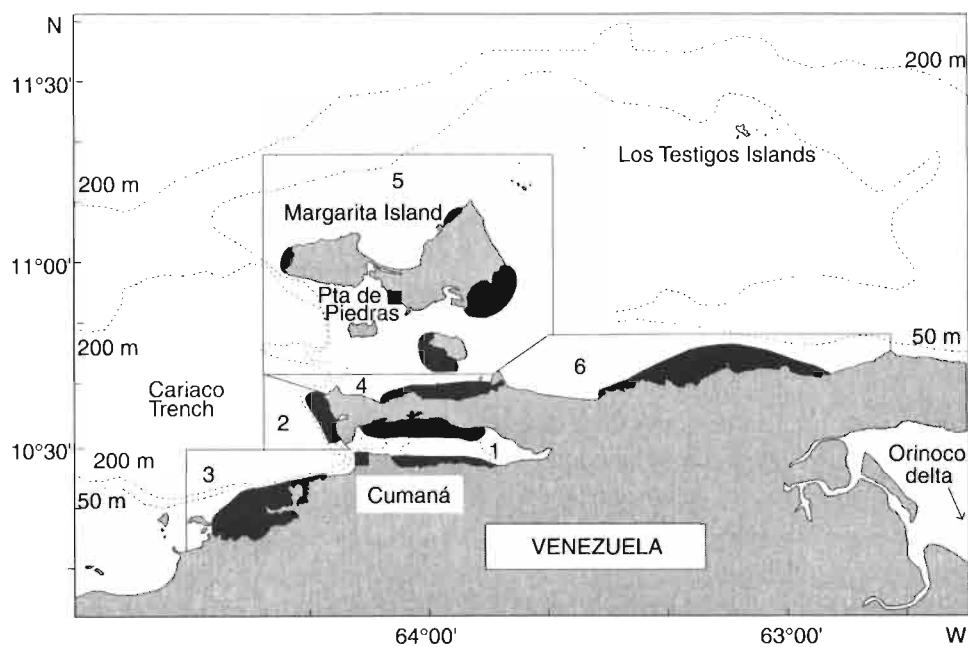


Figura 3  
Áreas de pesca (negras) y de muestreo biológico (celdas con números) de la sardina, *Sardinella aurita*, en el Nororiente de Venezuela : 1- Golfo de Cariaco (Zona Sur); 2- Oeste de Araya (Zona Sur); 3- Santa Fe (Zona Sur); 4- Norte de Araya (Zona Norte); 5- Margarita (Zona Norte); 6- Carúpano (Zona Norte) (Fréon et al. a, 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. a, 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:

$$CF_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + g L_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (4)$$

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:

$$CF_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + g L_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (4)$$

where  $m$  is a constant,  $a \dots f$  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,  $a \dots f$  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 covariante  $L$  observada en el  $Año i$ ,  $Mes j$ ,  $Sector k$  con  $l$  repeticiones, y  $\varepsilon$  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 ( $Lm_{00}$ ) y la longitud promedio de madurez sexual ( $Lm_{50}$ ).

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

covariante  $L$  observada en *Year i*, *Month j*, *Sector k* con  $l$  repeticiones, and  $\varepsilon$  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 ( $Lm_{00}$ ) and the average length at sexual maturity ( $Lm_{50}$ ).

A reproductive index (*REPROD*) was estimated only from individuals of length greater than  $Lm_{00}$ . *REPROD* is the ratio of individuals in maturity stages to the total number of individuals larger than  $Lm_{00}$  (we have studied the sensitivity of *REPROD* to a higher threshold value ( $Lm_{25}$ ) 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:

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

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  $B\text{-}Año_i$  (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 parámetro 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:

$$Reprod_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + g L_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (6)$$

### 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:

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

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  $B\text{-}Year_i$  (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:

$$Reprod_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + g L_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (6)$$

### 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; Ramirez *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:

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

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  $\varepsilon$  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:

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

where  $m$  is a constant,  $a \dots f$  are parameters that depend respectively on main effects of  $Year_i$ ,  $Month_j$ ,  $Sector_k$  and their interactions,  $l$  represents the number of repeated observations and  $\varepsilon$  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 parámetro 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 monótona 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  $L_\infty$  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  $L_\infty$  y  $K$  se computó el índice de crecimiento  $\phi'$  (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  $L_\infty$  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  $L_\infty$  and  $K$ , the growth index  $\phi'$  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 (cruceros 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:

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

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.

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

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 tambien 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  $4 \text{ m s}^{-1}$  y alcanza valores promedios máximos de aproximadamente  $5 \text{ m s}^{-1}$  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  $4 \text{ m s}^{-1}$  and attains maximum average values of about  $5 \text{ m s}^{-1}$  in March. From July through December, average monthly values are below  $4 \text{ m s}^{-1}$  and minima under  $3 \text{ m s}^{-1}$  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

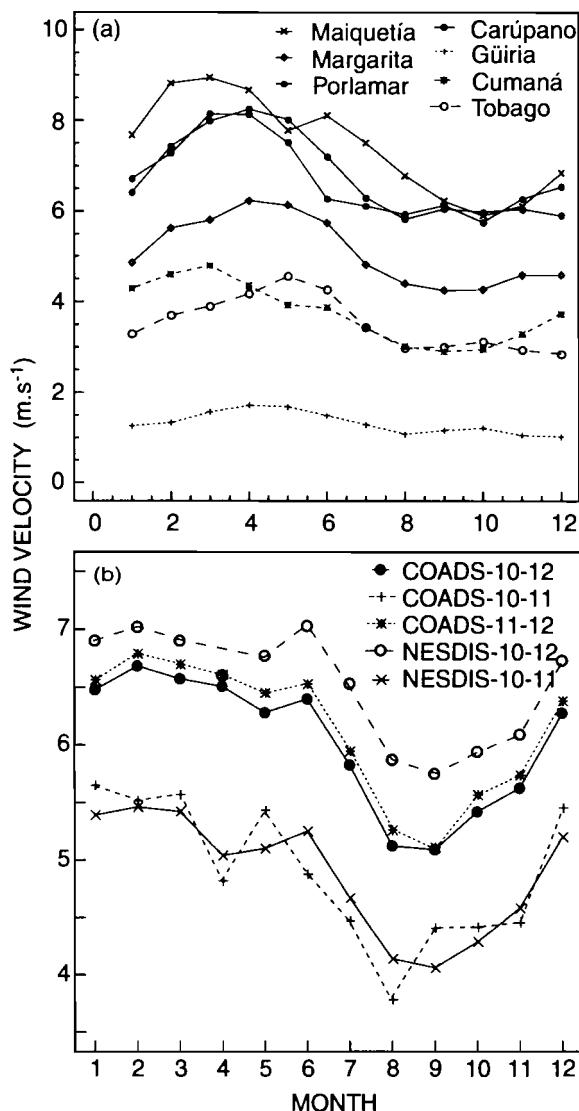
■ Tabla 1

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<sup>-1</sup> y mínimos inferiores a 3 m s<sup>-1</sup> 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  $5,5 \text{ m s}^{-1}$ , 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 predominantes 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  $16 \text{ m s}^{-1}$ , llamaron la atención sobre la existencia de tres áreas bien definidas de circulación superficial divergente en la región, entre las latitudes  $10^{\circ}30'$  y  $11^{\circ}40'N$  y longitudes  $61^{\circ}30'$  and  $64^{\circ}00'$ . Estas son:

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

$\text{m s}^{-1}$ , respectivamente. 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 *CUE 4* (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  $16 \text{ m s}^{-1}$ , called attention to the existence of three well defined areas of divergent surface circulation in the region, between latitudes  $10^{\circ}30'$  and  $11^{\circ}40'N$  and longitudes  $61^{\circ}30'$  and  $64^{\circ}00'$ . 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 ( $\approx 27-28^{\circ}\text{C}$ ).

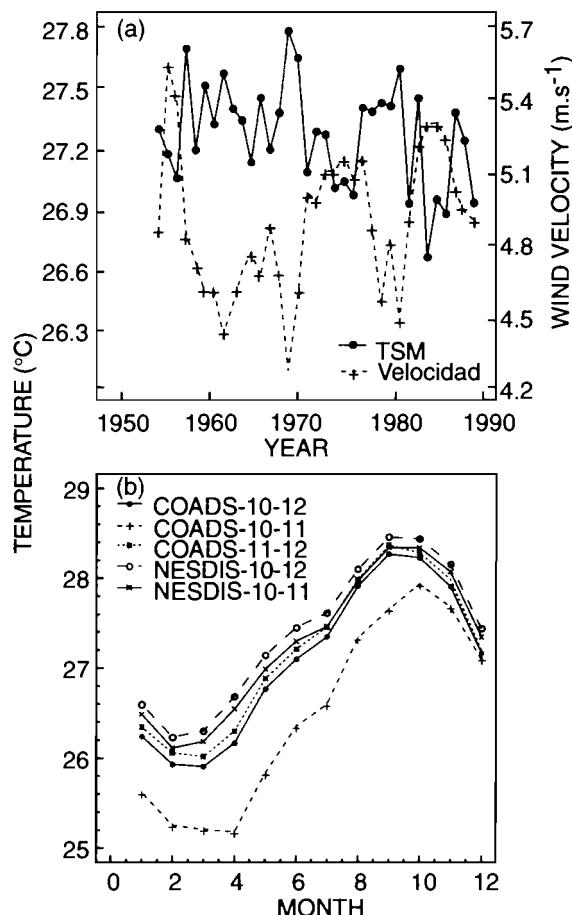


Figura 5  
Datos marítimos de buques mercantes: a) comparación entre las series anuales de temperatura de superficie del mar y las series de velocidad del viento en el fichero NESDIS-10-11 (ver Fig. 2 para la localización de las observaciones); b) comparación de la estacionalidad de la temperatura de 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 afloamiento 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 water exchange with outside waters. In

de superficie es transportada hacia afuera por los vientos dominantes y subsiguiéntemente 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  $30^{\circ}$  de latitud, 3 días a  $10^{\circ}$ , 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  $5 \text{ m s}^{-1}$  durante la noche a  $8 \text{ m s}^{-1}$  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  $30^{\circ}$  latitude, 3 days at  $10^{\circ}$ , 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  $5 \text{ m s}^{-1}$  during the night to  $8 \text{ m s}^{-1}$  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

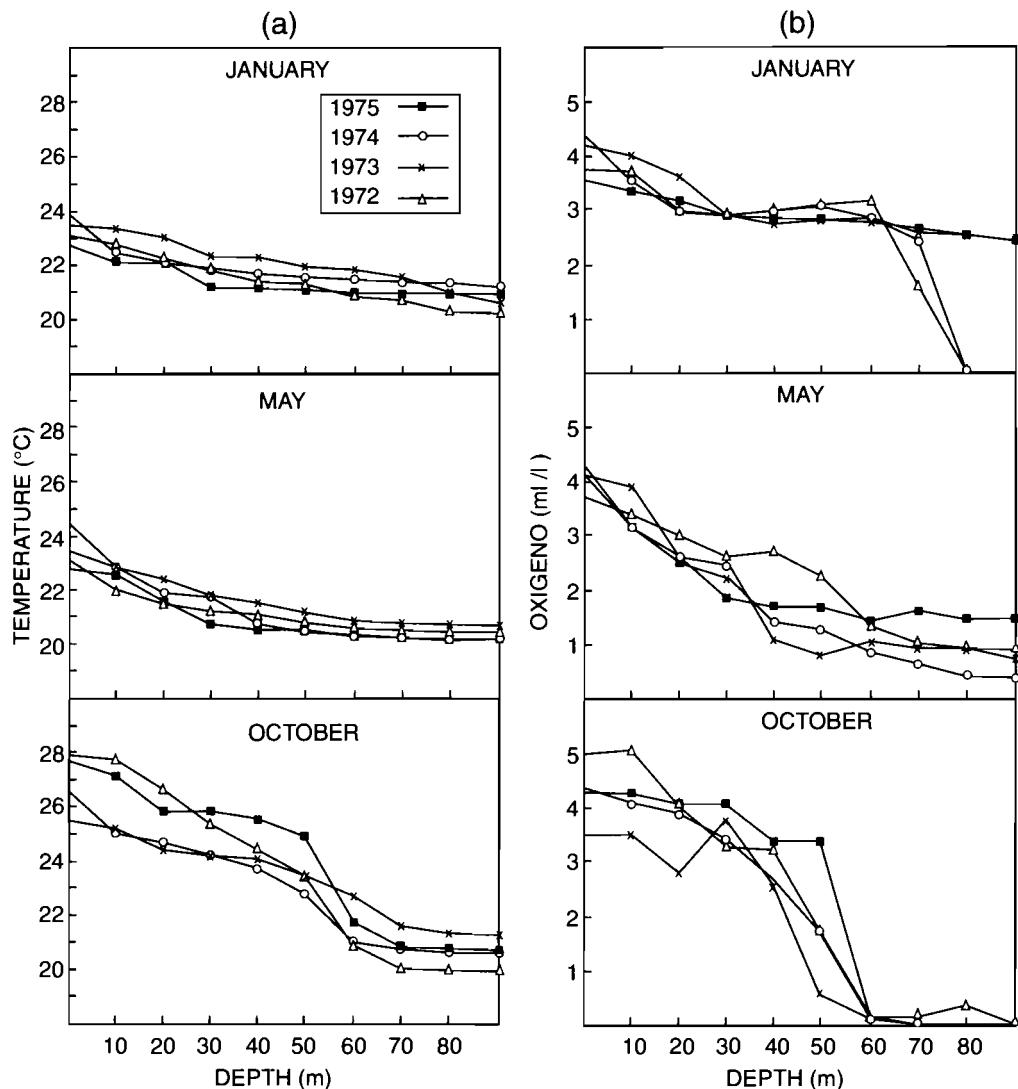


Figura 6

Distribución vertical: a) de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) del oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ ) 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 ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) dissolved oxygen ( $\text{ml l}^{-1}$ ) 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, tambien 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.;

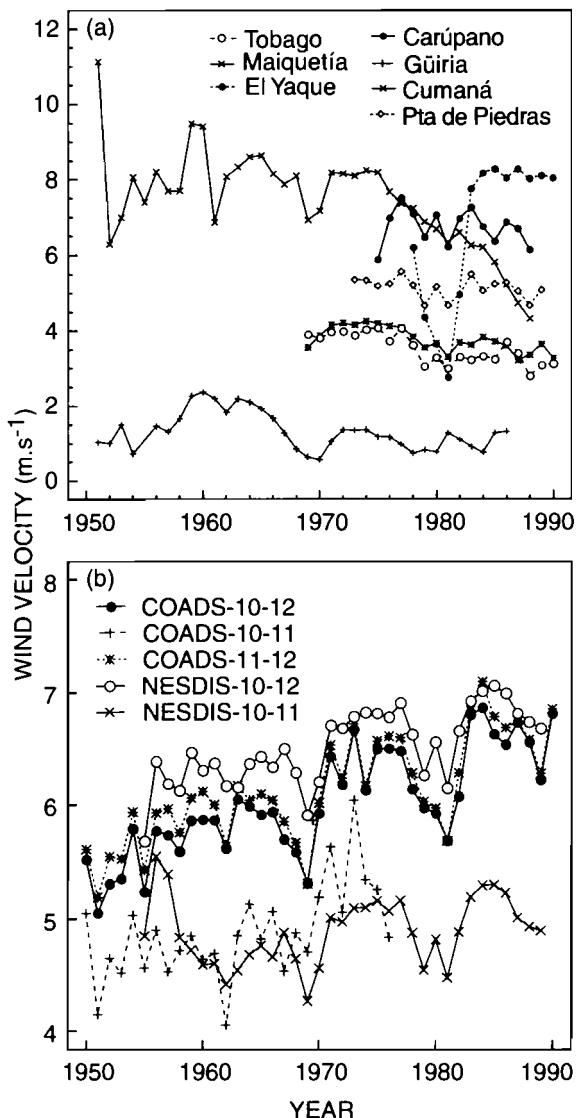


Figura 7

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

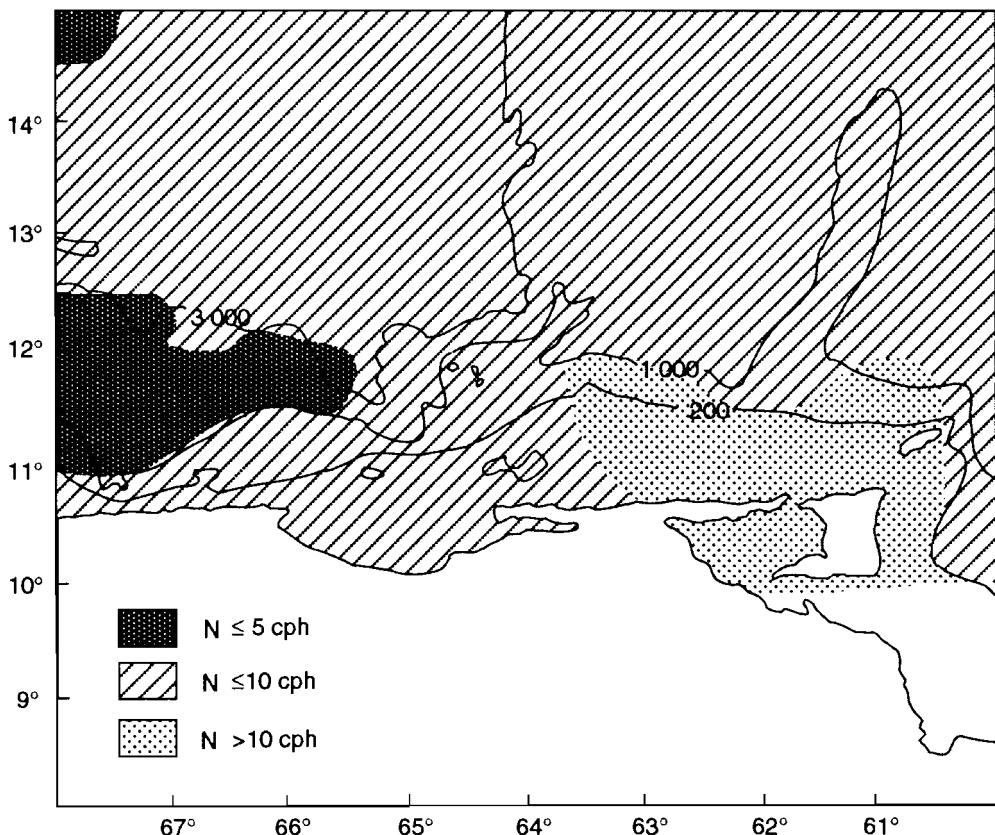


Figura 8

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<sup>-1</sup>) 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-Väisälä Frequency (cycles hour<sup>-1</sup>) 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°40'N, Longitud 63°14'W) y La Guaira (Latitud 10°36'N, Longitud 66°59'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°40'N, Longitude 63°14'W) and La Guaira (Latitude 10°36'N, Longitude 66°59'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.

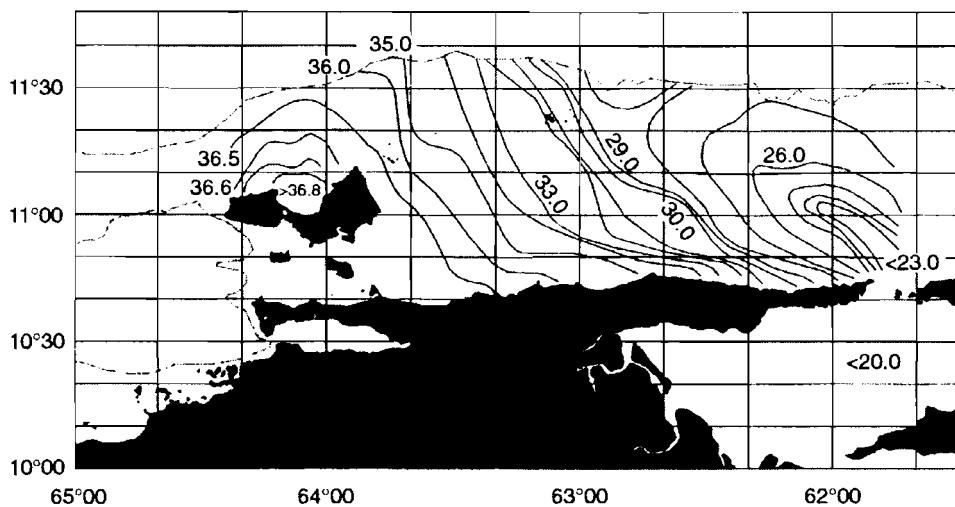


Figura 9

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 similaridad 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 ( $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ) en respuesta a vientos dominantes del primer cuadrante ( $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ). 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 ocurrren-

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 ( $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ) in response to dominant winds from the first quadrant ( $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ). 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

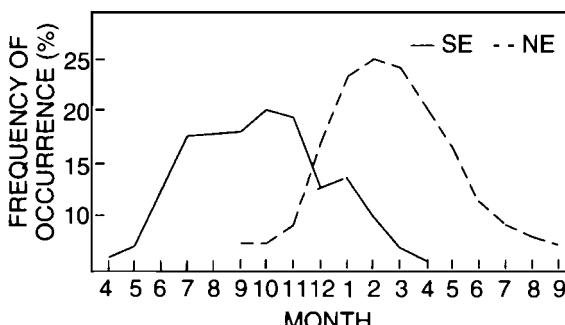


Figura 10

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 período 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

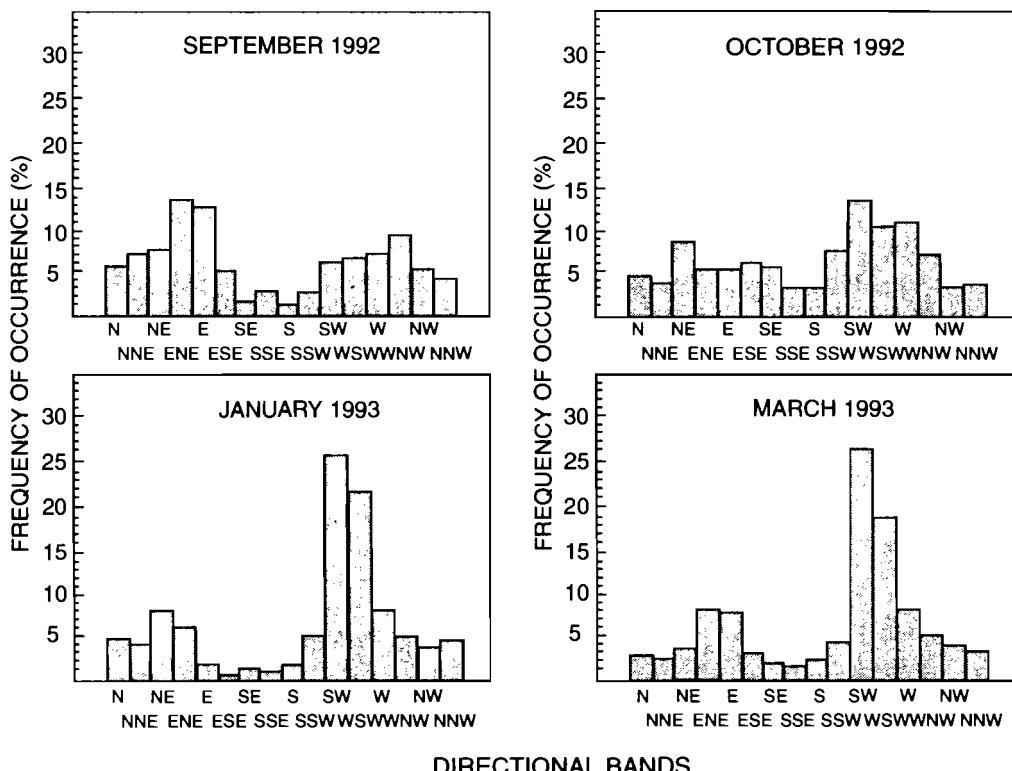


Figura 11

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 geostrófica

La circulación geostrófica en la Cuenca de Cariaco está básicamente 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 geostrófico 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.

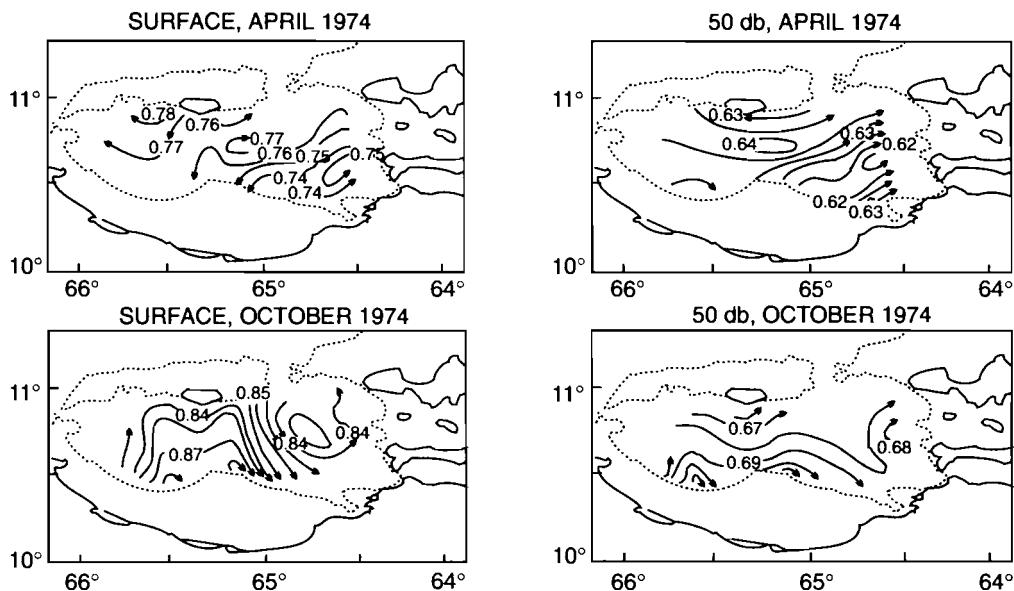


Figura 12

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

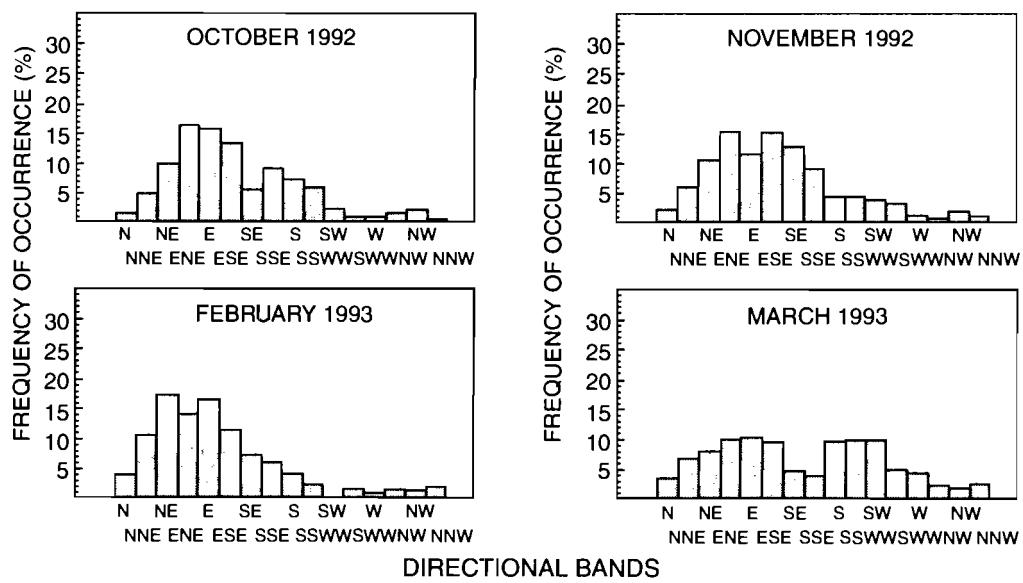


Figura 13

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.).

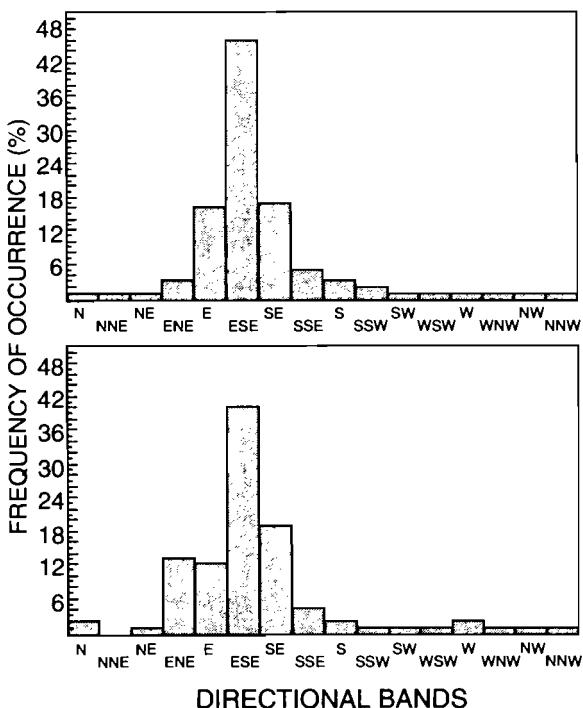
*Frequency histograms for direction of current flow, collected on the Jose Coasts (Cariaco Basin southern boundary) at the 12 m (upper portion) and 20 m (lower portion) levels; (Aparicio, this vol.).*

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°47'N y 62°15'W, (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°47'N and 62°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-Carúpano (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 extent. 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

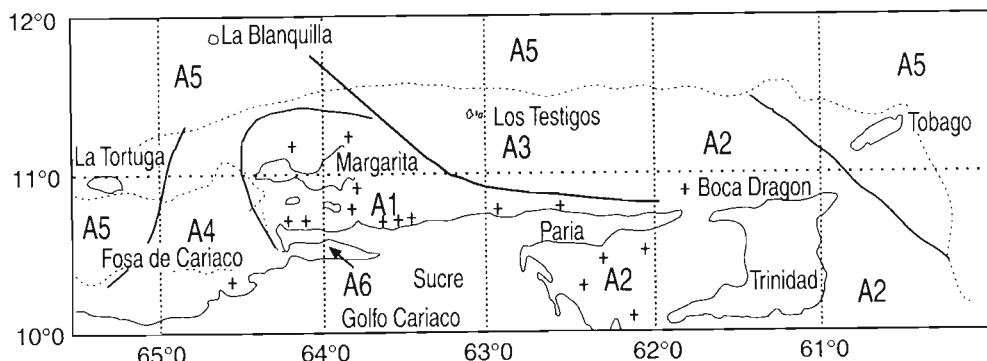


Figura 15

División por áreas (A1 . . . A5) de la plataforma nororiental de Venezuela a partir de diversas fuentes sinópticas en relación al fitoplantón: 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 nitzschiooides*), 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  $8 \text{ mg m}^{-3}$  (valores promedios integrados sobre la columna de agua:  $20 \text{ mg m}^{-2}$ ). En A1 la produc-

A1 is dominated by diatoms (Tabl. 2); while in A2 neritic species are dominant (*Skeletonema costatum* and *Thalassionema nitzschiooides*) and more abundant in the Gulf of Paria area (A2a) than on the shelf (A2b). In both areas A1 and A2, chlorophyll concentrations reach  $8 \text{ mg m}^{-3}$  (integrated mean values on the water column:  $20 \text{ mg m}^{-2}$ ). 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-

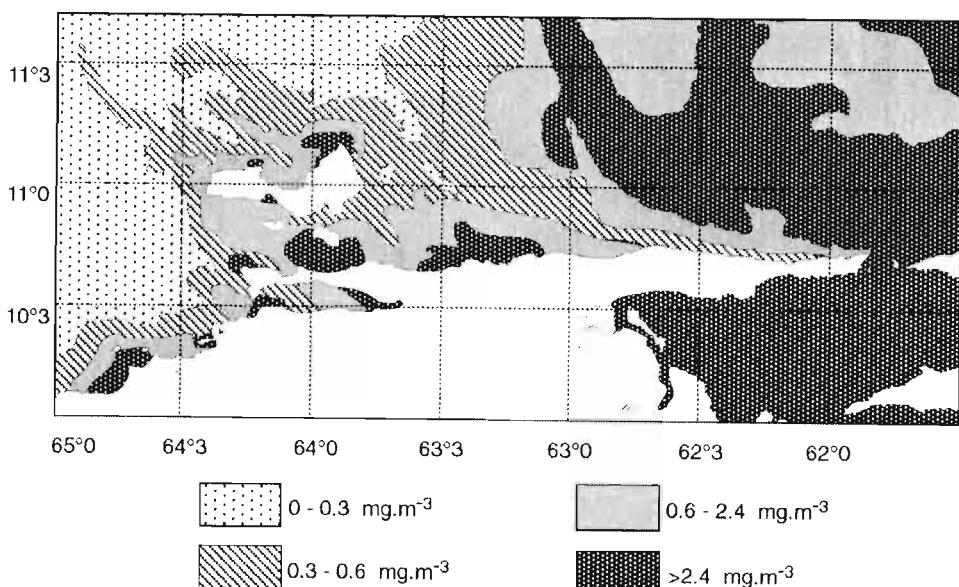


Figura 16

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 sub-superficiales de la Fosa de Cariaco fertilizar al golfo. Durante la estación de los vientos alisios, la biomasa fitoplantónica alcanza valores de  $10 \text{ mg m}^{-3}$  en superficie (biomasa promedio integrada:  $40 \text{ mg m}^{-2}$ ). 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 ( $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ ), a low maximum at 50 m ( $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ ) 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  $10 \text{ mg m}^{-3}$  at the surface (mean integrated production biomass:  $40 \text{ mg m}^{-2}$ ). 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	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. curisetus</i> <i>Ch. decipiens</i> <i>Ch. fragilis</i>  Coccolithophorids: <i>Coccolithus spp.</i>  Dinoflagellates: <i>Peridinium spp.</i>  Silicoflagellates: <i>Ebria tripartita</i>	A2b	Diatoms: <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Skeletonema costatum</i> <i>Nitzschia delicatissima</i> <i>N. seriata</i> <i>N. pungenas</i> <i>Chaetoceros socialis</i> <i>Rhizosolenia stolterfothii</i> <i>Rh. setigera.</i>
A2a	Diatoms: <i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Ditylum brightwelli</i> <i>Coscinodiscus jonesianus</i>  Dinoflagellates: <i>Exuviaella baltica</i> <i>Cyclotella caspia</i>  <i>Trichodesmium thiebautii</i>  Coccolithophorids: <i>Coccolithus pelagicus</i>	A3	Similar to A2b but:  more diatoms: <i>Skeletonema costatum</i>  less diatoms: <i>Chaetoceros decipiens</i> <i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>Asterionella japonica</i> <i>Leptocylindrus danicus</i> <i>Thalassiosira sp.</i>  less dinoflagellates: <i>Peridinium trochoideum</i>

#### ■ 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	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>  Coccolithophorids y/o Dinoflagellates: <i>Mesoporus</i> spp.  <i>Prorocentrum</i> spp.  <i>Glenodinium</i> spp.  Dinoflagellates <i>Exuviaella</i> spp.	A6 (Gulf of Cariaco)	Diatoms: (central and western parts) <i>Nitzschia seriata</i> <sup>1</sup> <i>Leptocylindrus danicus</i> <sup>2</sup> <i>Cyclotella</i> sp.  Diatoms (parte oriental) <i>Nitzschia seriata</i> <sup>1</sup> <i>Chaetoceros affinis</i> <i>Chaetoceros decipiens</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Leptocylindrus danicus</i> <i>Eucampia zodiacus</i>  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>
A5	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>  Cyanophytes <i>Trichodesmium thiebautii</i>  Coccolithophorids <i>Coccolithus huxleyi</i>  Dinoflagellates <i>Ceratium</i> spp. <i>Dinophysis</i> spp. <i>Pyrocystis</i> spp. <i>Oxytoxum</i> spp. <i>Pyrophacus</i> spp.		Diatoms (eastern side; second trimester) <i>Pleurosigma</i> sp.  Dinoflagellates (eastern side; first trimester) <i>Gyrodinium fiscum</i> <i>Peridinium trochoideum</i> <i>Ceratium furca</i> <i>Gonyaulax</i> spp.  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.

<sup>1</sup>Dominant in May<sup>2</sup>Dominant 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 albulum</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>Leptociliindrus 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, ferti-lización 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 fitoplantón 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 acutissimum* 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 acutissimum* 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 *Procentrum*, *Exuviaella* y *Glenodinium*; así como tambien 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 *Procentrum* 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 *Procentrum* 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 fitoplancónico 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 fitoplancónicos 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  $\text{ml}^{-1}$ , 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  $\text{ml}^{-1}$ , 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 ( $600 \text{ mg to } 1.0 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ) 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  $122 \text{ t km}^{-2}$ , 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 fitoplanciton, 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  $122 \text{ t km}^{-2}$  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-

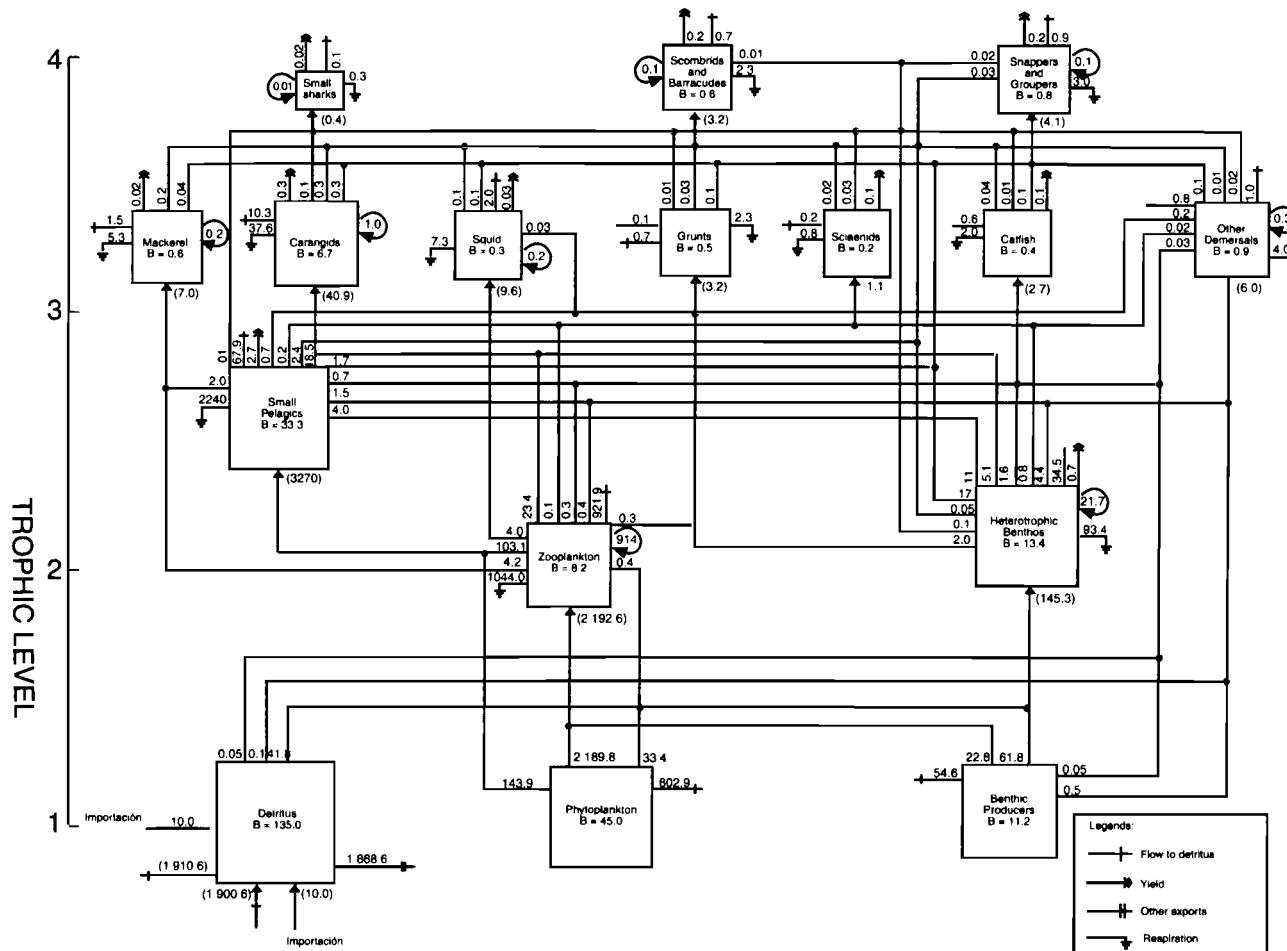


Figura 17

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
 Total system throughput	 7.621
 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  $t \text{ km}^{-2} \text{ year}^{-1}$  (Mendoza, this vol.).

*ECOPATH global results for the Venezuelan eastern shelf ecosystem. Flow is expressed in  $t \text{ km}^{-2} \text{ año}^{-1}$  (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  $8.078 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$  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  $8,078 \text{ t km}^{-2} \text{ year}^{-1}$  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

rrollar las pesquerías de pequeños pelágicos para consumo humano. Sin embargo, hay bastante preocupación sobre los efectos que ésto 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 si mismo al reducirse la competencia intraespecífica. Adicionalmente, el impacto mayor de las variaciones en el grupo de los carangídos 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 carangídos.

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, Chikhi (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 costera. 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 inexplotado, 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

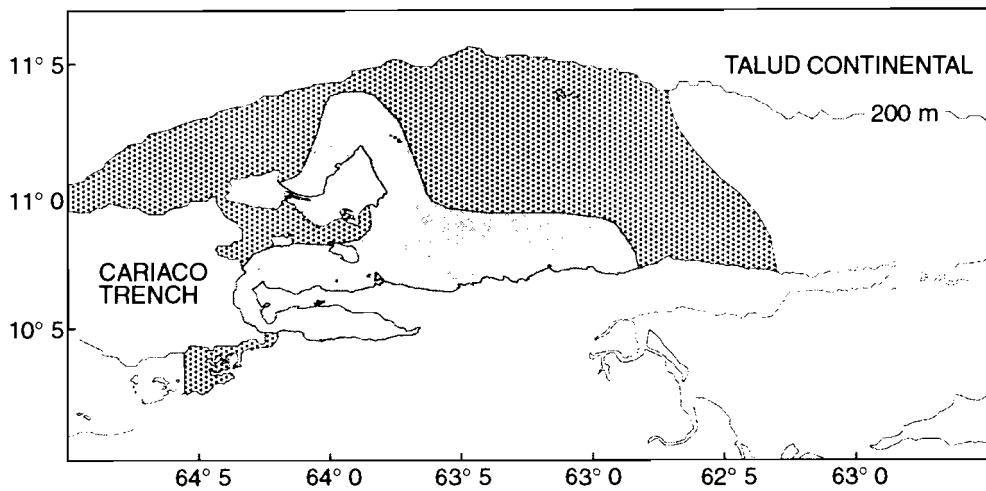
## *Geographical distribution and biomass*

(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



GLOBAL DISTRIBUTION OF THE PELAGIC FISH BIOMASS



PREFERENTIAL DISTRIBUTION OF SARDINE AND SIMILAR PELAGIC FISH

Figura 18

Área 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 *Myctophidae* o *Engraulidae*);

– el límite occidental está definido por la Fosa de Cariaco, una plataforma más estrecha e intensidad menor de afloamiento. 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., *Myctophidae* 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 tambien 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 todas 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-

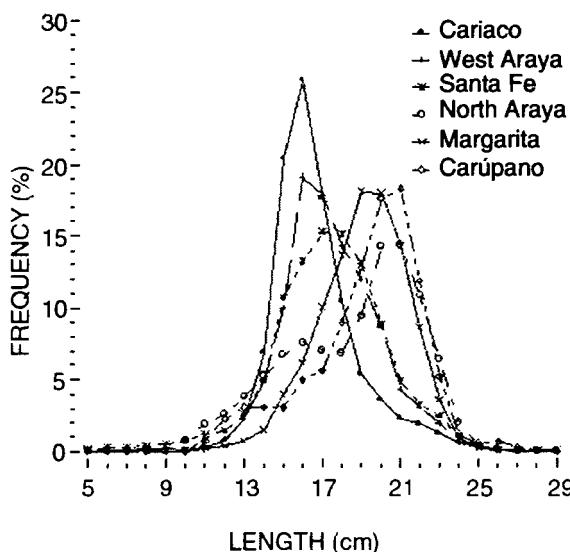


Figura 19  
Distribución de frecuencia  
de talla por sector de  
pesca (ver Fig. 3) en  
los desembarcos  
muestreados  
(1956–1989); (Fréon et  
al. a, este vol.).

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

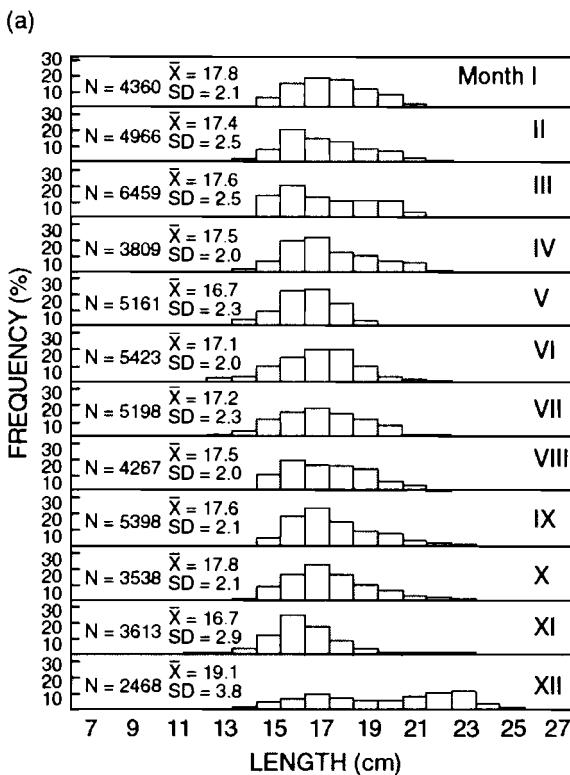


Figura 20

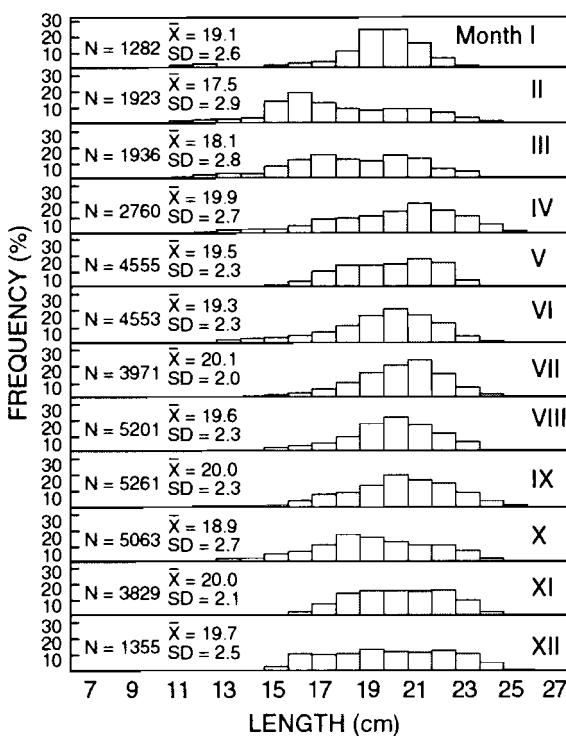
Distribución mensual de frecuencias de talla en los sectores del Área Sur (sectores del Golfo de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) (a) y del Área Norte (sectores de Araya norte, Margarita y Carúpano) (b), durante el período 1956–1989; (Fréon *et al.* a, este vol.).

*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.* a, this vol.).*

Sin embargo, tambien 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

(b)



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 (Gherotto 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 sobreestiman 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 amfípodos) y huevos de peces y copépodos. El alimento accidental está representado por cladóceros y por otras larvas (gasterópodos, apendiculados, foraminíferos, quectognatos, anélidos y poliquetos).

### **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; Ramírez *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; Ramírez *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-

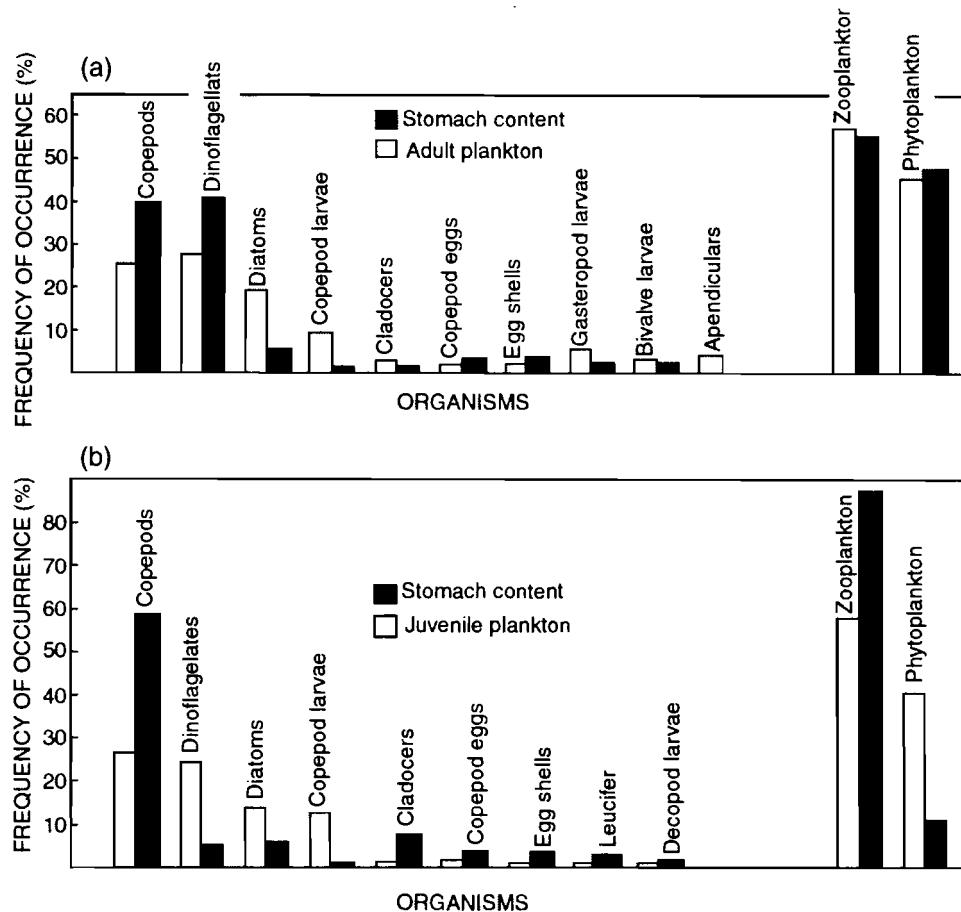


Figura 21

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 apendice 2 en Fréon *et al.* a, este vol. para detalles).

La curva de frecuencias cumuladas 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.* a, 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 la 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-

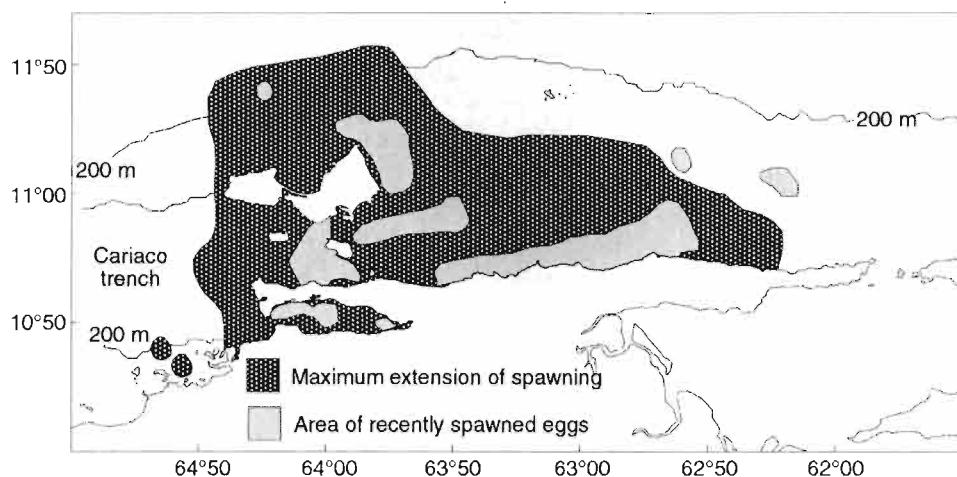


Figura 22

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 estudios 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 más 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

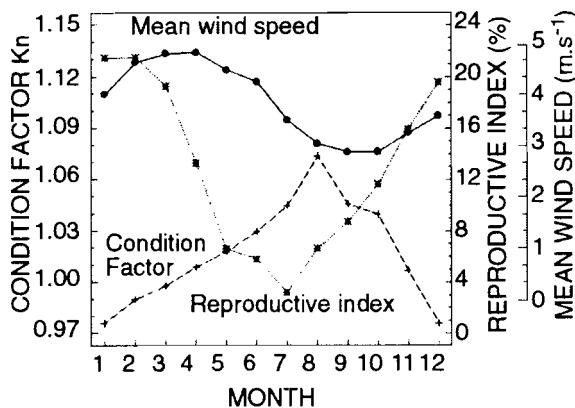


Figura 23

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 clupéido: *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 hábitats 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 ichyoplankton within appropriate habitats. This ideal combination is observed when wind speed is around 5–6 m s<sup>-1</sup> according to the optimal environmental window hypo-

frontes) 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 surgenzia 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 geostrófica 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 deflección 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 winddriven 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-

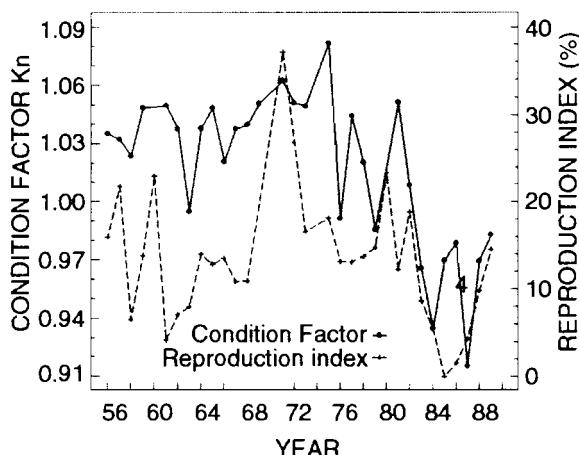


Figura 24

Series temporales promedios 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.* a, 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.* a, 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.* a, 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

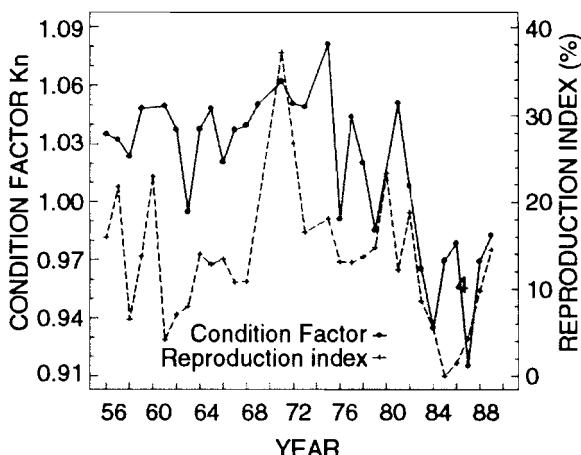


Figura 25

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. a, 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. a, 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 (Schülein *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).

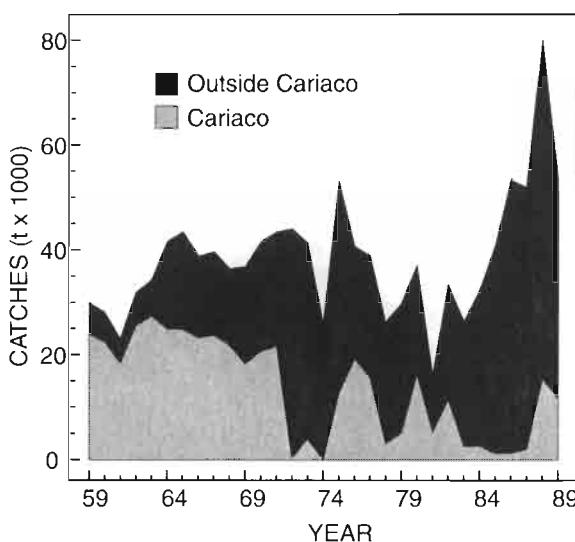


Figura 26

Series temporales 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 la 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 Carúpano 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

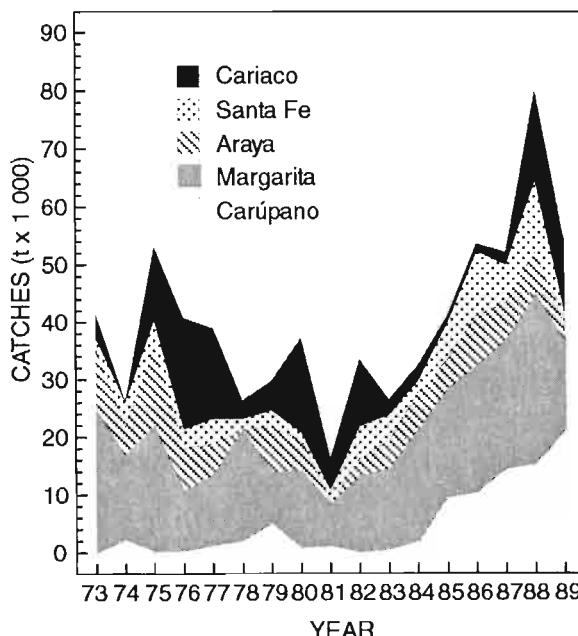


Figura 27  
Series temporales de los desembarques reportados de sardina por zonas en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989; (Guzmán et al., este vol.).

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

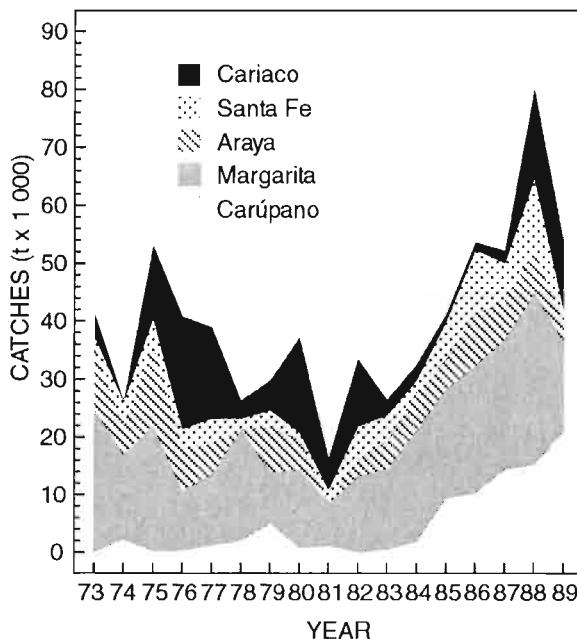


Figura 28  
Series temporales del esfuerzo pesquero (número de lances con captura) por zonas en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989; (Guzmán *et al.*, este vol.).

*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 *CPUEs* 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 Carupano 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 ésto 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 *CPUEs* of the southern (Cariaco Gulf and Santa Fe) and northern areas (Araya,

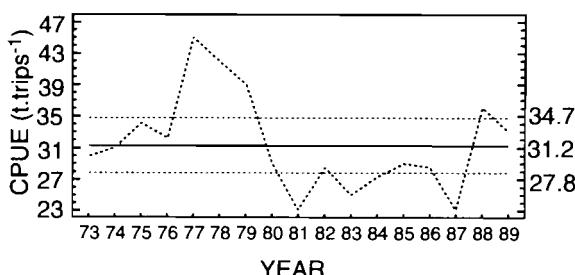


Figure 29

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 contraidos 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 (golfo 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 Carúpano) 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 monótona (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.

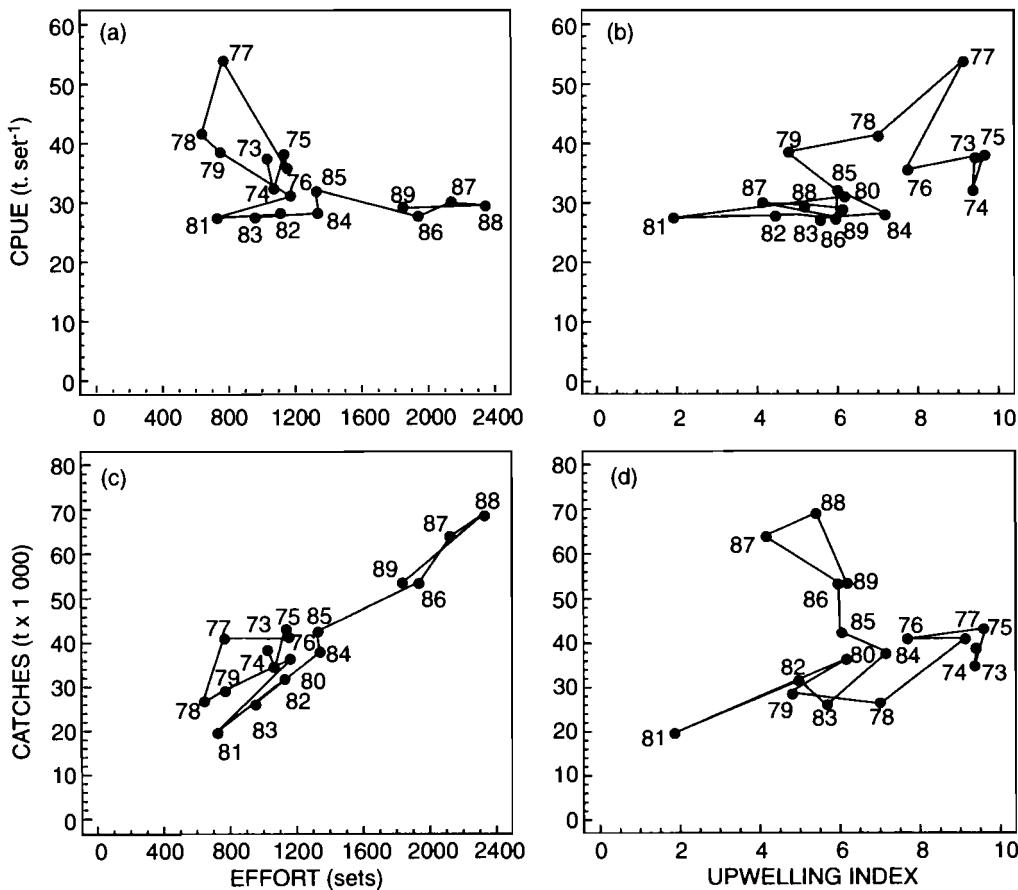
The four variables used in model adjustments (Catch  $C$ , effort  $E$ , CPUE and upwelling indices,  $CUE1$  or  $CUE4$ ) show a distribution that is not far from normality, except for  $CPUE$  that presents an asymmetric distribution. The relationship between  $CPUE$  and effort appears linear or at 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



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-

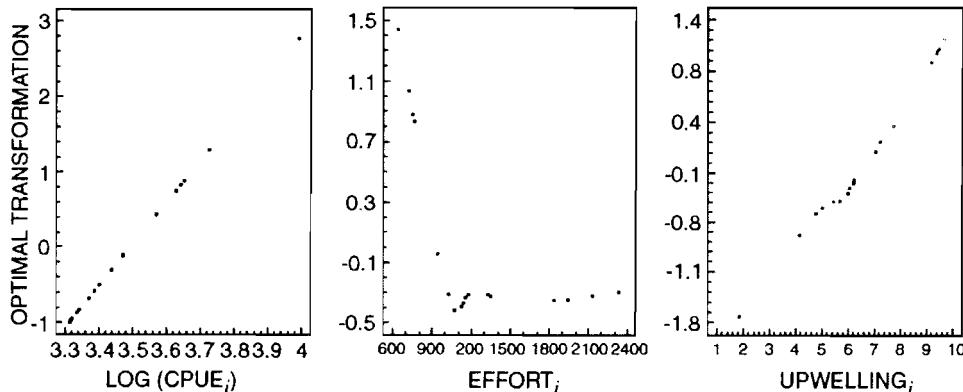


Figura 31

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 ( $p < 0.05$ ). Several statistical tests indicate that the regression is valid

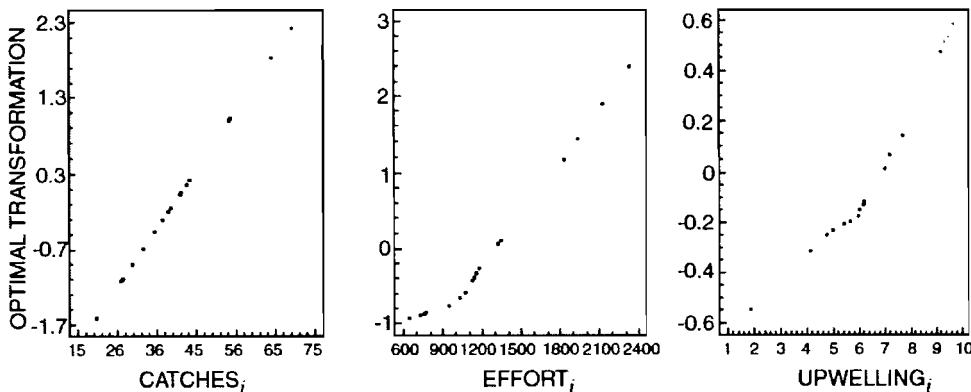


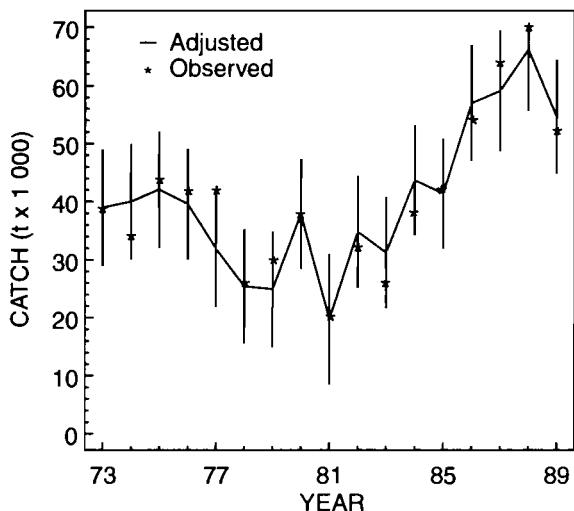
Figura 32

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.* b, 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.* b, 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.* a, este vol.)

La tabla 6 muestra los estimados de los parámetros de crecimiento ( $L_\infty$ ,  $K$  and  $\phi'$ ) 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.* a, this vol.)

Table 6 shows the growth parameter estimates ( $L_\infty$ ,  $K$  and  $\phi'$ ) 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 otolitos (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	$L_{\infty}$ (mm)	$K$ (year $^{-1}$ )	$\phi'$
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  $\phi'$  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  $\phi'$  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.

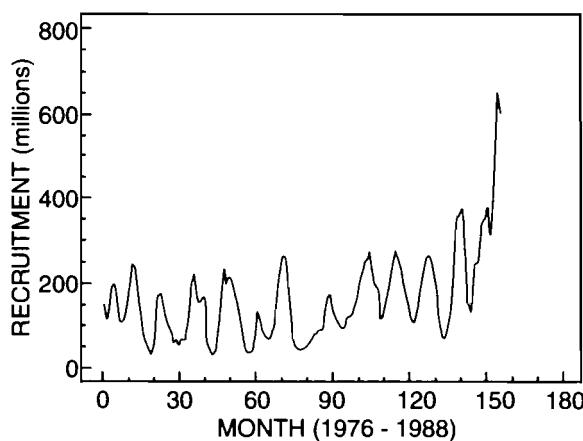
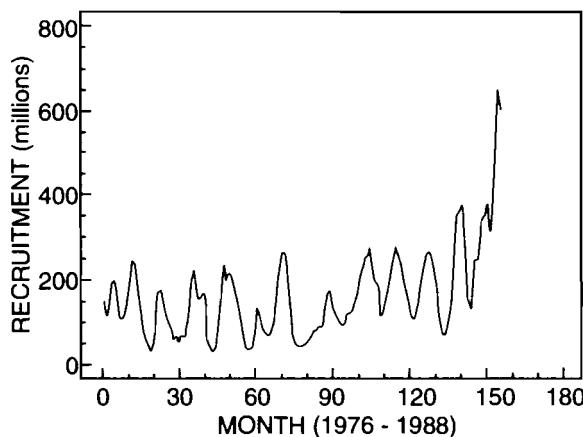


Figura 35  
Series temporales (1976-1988) de las estimaciones de biomasa explotada, biomasa parental y captura total.

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.

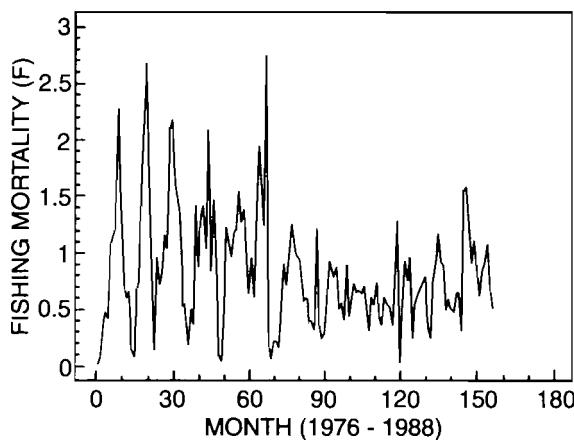


Figura 36  
Series temporales  
(1976–1988) de las  
estimaciones de mortalidad por  
pesca ( $F$ ).

*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 prerequisito 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.

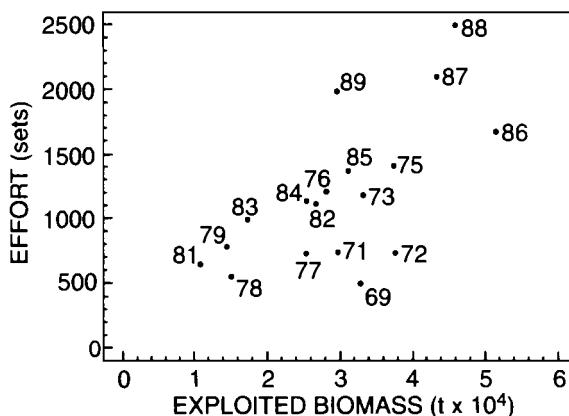


Figura 37  
Relación entre el esfuerzo pesquero (número de lances) y la estimación de biomasa explotada.

*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.

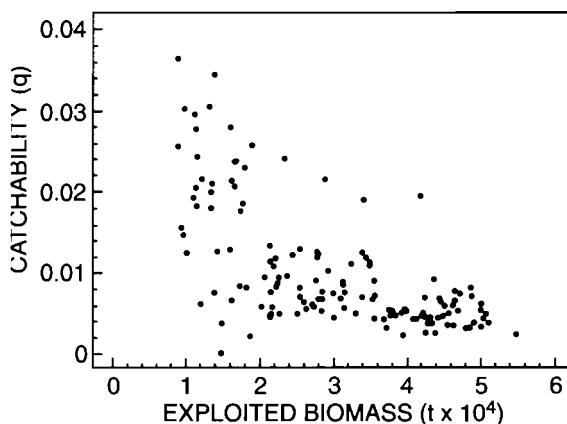


Figura 38  
Relación bivariada entre las estimaciones mensuales de capturabilidad ( $q$ ) y de biomasa explotada.

*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 ( $\phi'$ ) 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  $\phi'$ ), 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 ( $\phi'$ ) 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  $\phi'$ ) fails to incorporate the growth coefficient as a significant component ( $F = .024$ ). This effect might be due to collinearity although weak between effort and growth performance index.

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

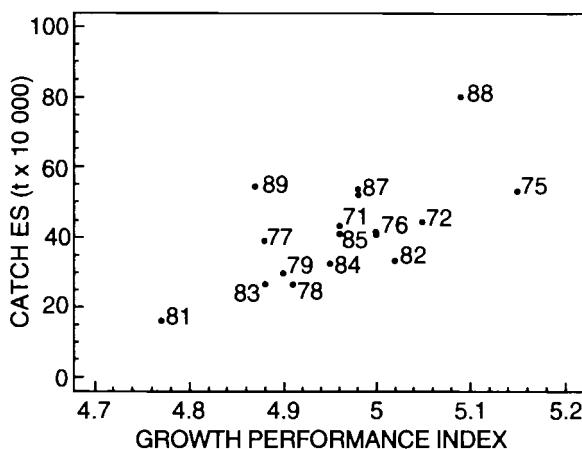


Figura 39  
Relación entre el índice de crecimiento  $\phi'$  y la captura.

Relationship between growth performance index  $\phi'$  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 débilmente 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 monótona y difícil de interpretar desde una perspectiva biológica. Con el objeto de introducir linealidad o por lo menos monotonicidad 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.* a, 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  $\log(R/PB)$ , 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  $\log(R/PB)$  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

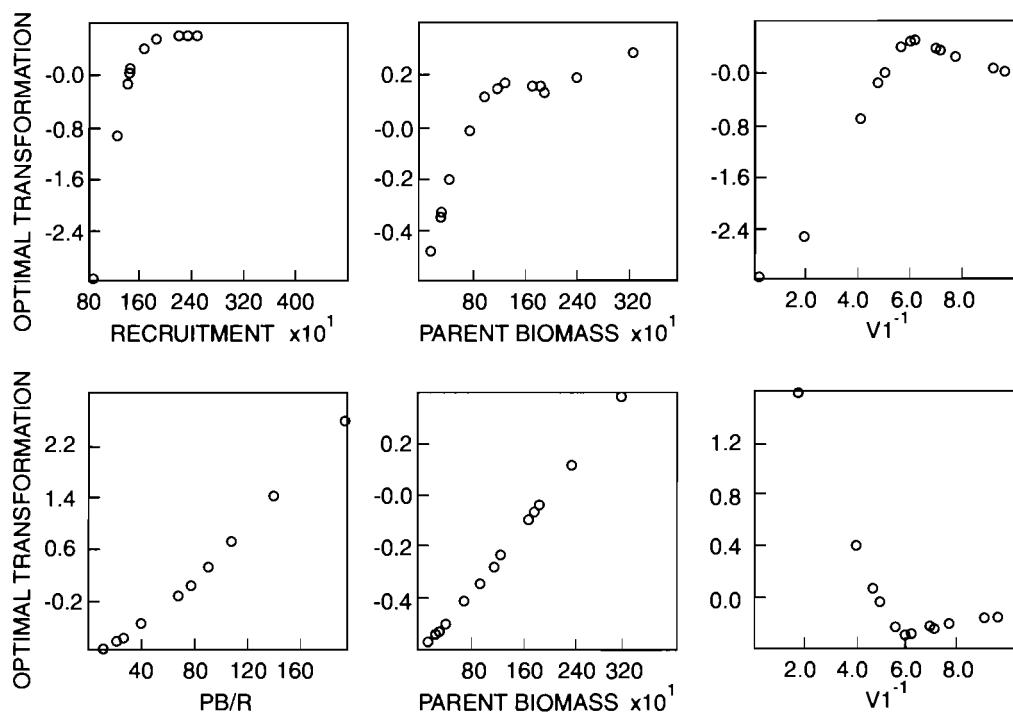


Figura 40

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  $\log(R/PB)$  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  $\log(R/PB)$  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  $(BP/R)$  as dependent variable.*

tir del cual los efectos del viento se hacen negativos. No obstante, estos valores son extremadamente sensibles a la fuerte anomalía negativa 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

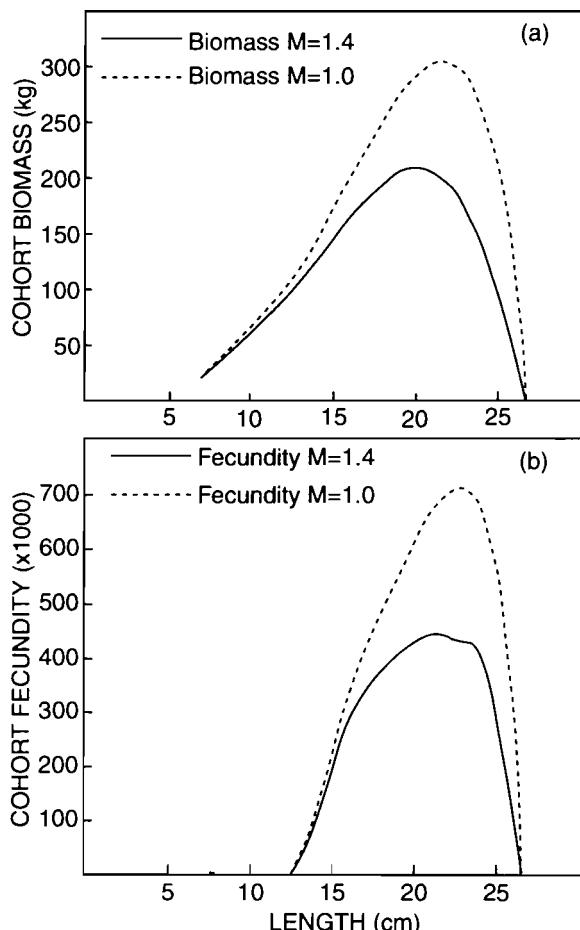


Figura 41  
Biomasa teórica  
(a) y fecundidad teórica (b) de  
una cohorte de 10.000  
individuos a la edad de 0,25  
años en función de la longitud  
y de la mortalidad natural  $M$ , a  
partir de los resultados  
biológicos de este estudio.

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)	<i>L</i> (cm)	<i>W</i> (g)	<i>S</i> (%)	<i>P</i>	<i>Fec</i> ( $\times 10^3$ )	<i>N</i>	<i>FC</i> ( $\times 10^4$ )	<i>B</i> (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 inexplofada 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).

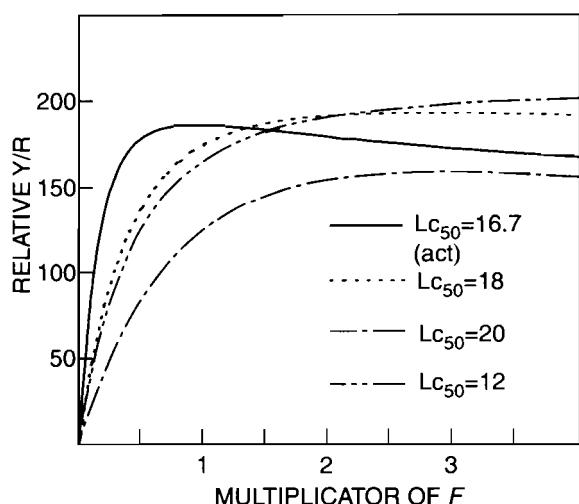
*Simulation of the biomass (B) and fecundity (FC) of an unexploited cohort according to the stock parameters of this study (L: body length; W: body weight; S: sex-ratio; P: proportion of mature females; Fec: individual fecundity assuming a relative fecundity of 400 eggs  $g^{-1}$ ; N: number of individuals).*

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 ( $Lc_{50} = 16.7$  cm). Este valor presente de  $Lc_{50}$  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  $Lc_{50}$  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 ( $Lc_{50} = 16.7$  cm). This present value of  $Lc_{50}$  is in full agreement with the “Resolución del Ministerio de Agricultura y Cría 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  $Lc_{50}$  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 reclutada 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.

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.

## ■ 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

## ■ 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, tambien pudiesen 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  $\phi'$  (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  $\phi'$  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 results<sup>2</sup> 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

<sup>2</sup> 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 resultados<sup>2</sup>, 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.

rriente de eliminar los datos aislados, siguiendo el enfoque precautario, 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 enviable. 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 under-exploited, 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-

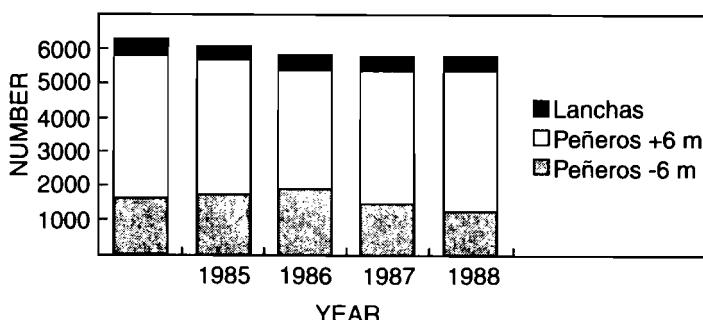


Figura 43

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-

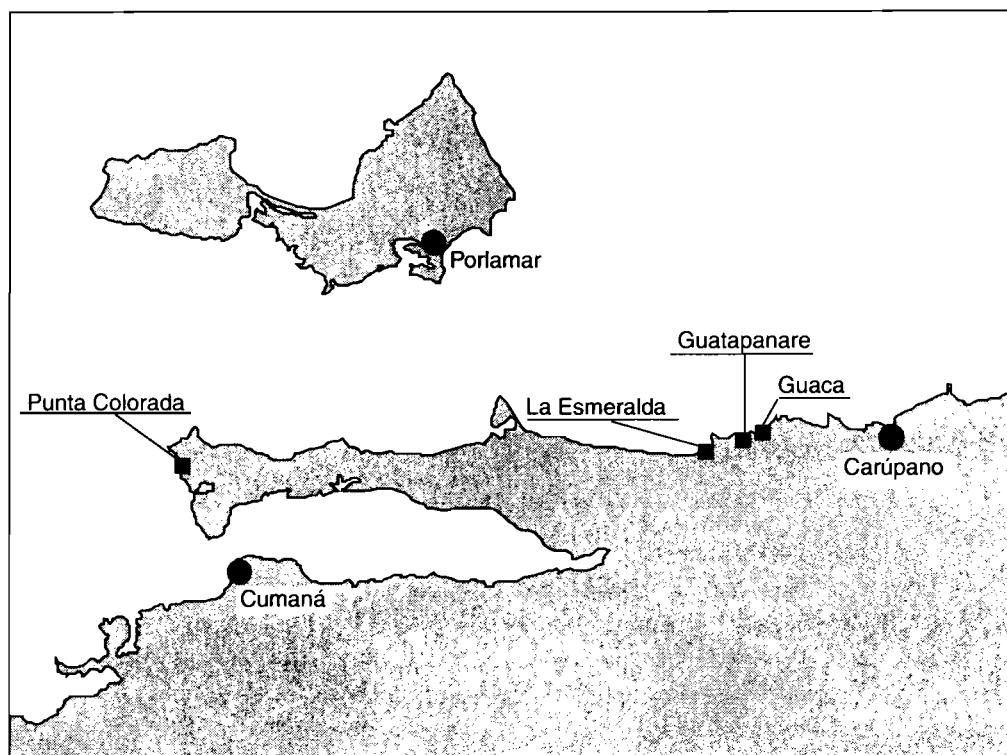


Figura 44

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 Esmenalda (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 Esmenalda -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 (perfils) 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 (Garcia, 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 (Cancún, Mexico, 1992), the concept of “precautionary approach” is now applied to fisheries management (Garcia, 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 offshore 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 una 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<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) 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<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) 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 la 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 genetic 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 ésto 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 sobre pesca del crecimiento como a una sobre pesca del reclutamiento.

Considerando los enfoques recientes en administración de pesquerías (enfoque precautelatorio, cobiabilidad) 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, cobiability) 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 areas 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-American 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 orimulación*. 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 región 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. Explor. 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., ODRUSEK, 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.

BOÉLY, 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., ZAFIROU 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 Gólfos 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., HUQ, 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.

CÁRDENAS, J., (este volumen) — Distribución y cuantificación de la biomasa ictíca del mar nororiental venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos.

CÁRDENAS, 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 areas. *Can. J. Fish. Aquat. 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 Cañaco, 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 BRUZAL 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 RAMIREZ, 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.

GAYANILLO, 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 ELGUEZBAL, 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 Primärproduktion im Golf von Cariaco. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 52 (5): 757-768.

HAMMER, L. 1968 — Investigaciones sobre mareas rojas en el Mar Caribe. *Laguna* (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. Explor. 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*. París, Masson, Collection Ecologie, 19. Masson. 243 p.
- JÍMENEZ, 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. *FONAI/AP*. 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 LOUEUFF, P., MARCHAL, E. y AMON KOTHIAS, J. B. (Eds) 1993 — *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire*. Tome 1, París, 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 LOUEUFF, 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 pseudohispánicus* (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 “turbo” o marea roja en las costas orientales de Venezuela. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, 30 (86): 102–121.
- MC CREAMY, J., LEE, H. y ENFIELD, D. 1989 — The response of the coastal ocean to strong offshore 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-AROCHA, 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: Esfuerzo de Pesca Potencial y Aspectos Socio-económicos. In: *Symposium on Small-scale Fisheries*, Université du Québec, 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 Paria, 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 Paria, 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 fitopláncton 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. Oceanogr.*, 23: 23–64.
- MULLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1990 — Influido 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 Paria, 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. In: *Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish Resources* (Eds. G. D. Sharp y J. Csiszér), 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 HUQ, 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., HUQ, 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, Perú. 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 — Ocurrence of *Pyrodinium bahamense* in Venezuelan coastal waters. *Revue Intern. d'Oceanographie 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 Cocco lithophorids (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 BENSAHLA-THALET, A. 1989 — Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus*) Walbaum, 1792 des côtes oranaises (Algérie). *Cybium*, 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.
- WARELA, 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.



# Contribuciones

---

## *Contributions*

---

parte 2  
*part 2*



# Medio ambiente, físico y biológico

## *Physical and biological environment*

---

sección 2.1  
*section 2.1*



# Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela

**Rubén Aparicio Castro**  
Oceanógrafo físico

## ■ Introducción

Hoy en día es ampliamente reconocido que la dinámica superficial de las aguas costeras juega un papel muy importante sobre las pesquerías en general. En este escenario, el transporte vertical de nutrientes desde aguas sub-superficiales hasta el estrato más superficial, bien sea inducido por el viento, por divergencia de corrientes o por efectos topográficos, promueve una alta productividad orgánica lo cual se traduce en una gran riqueza biótica para la región considerada.

Es así como las más pronunciadas áreas de surgencia costera inducida por el viento constituyen el asiento geográfico de las más productivas zonas pesqueras del planeta. Estas áreas se sitúan en los márgenes occidentales de los continentes (costa occidental de Norte América incluyendo Oregon y California en USA y el norte de México; Península Ibérica en el margen suroccidental de Europa; costa occidental de Sur América incluyendo Ecuador, Perú y norte de Chile y costa occidental de África incluyendo Marruecos, Mauritania-Senegal y Congo – Angola , extendiéndose hasta la República de Sur África).

Un área de surgencia de significativa importancia regional lo constituye el contorno costero del sur del Mar Caribe, impactando las costas de Venezuela y Colombia.

El trabajo que aquí se presenta describe el ambiente físico de la región nororiental de Venezuela (ver Fig. 1 en Fréon y Mendoza, este volumen), haciendo énfasis sobre la marcada estacionalidad evidente en los registros de parámetros meteorológicos y oceanográficos obtenidos por diversas entidades nacionales e internacionales, y utilizando la casi totalidad de la información histórica existente. Las posibles implicaciones preliminares de algunos rasgos hidrodinámicos regionales en el ciclo de vida de la sardina son discutidos en una sección posterior.

## ■ Descripción física del área

El ambiente marino de la región costera Nororiental de Venezuela ha sido objeto de estudio desde los primeros años de la década de los sesenta. Desde aquellos años operan en esta región los dos centros de investigaciones marinas de mayor relevancia en Venezuela: el IOV<sup>1</sup> y EDIMAR<sup>2</sup>.

En base a numerosos estudios (Fukuoka, 1962, 1965, 1966; Gade, 1961; Gordon, 1967; Ljoen y Herrera, 1965; Okuda, Gamboa y García, 1969; Richards, 1960) puede establecerse, en general, las características geodinámicas del sector sudoriental del Mar Caribe contenido en aguas territoriales de Venezuela, las cuales se describen a continuación.

---

<sup>1</sup> Instituto Oceanográfico de Venezuela, adscrito a la Universidad de Oriente (UDO), con sede en Cumaná.

<sup>2</sup> Estación de Investigaciones Marinas de la Fundación La Salle (FLASA), con sede en Punta de Piedras, Isla de Margarita.

## Tectonismo

La zona ubicada geográficamente sobre una estrecha banda latitudinal centrada en los 10°N es tectónicamente muy activa. En particular, esto se debe a que sobre la región yace el contorno entre las

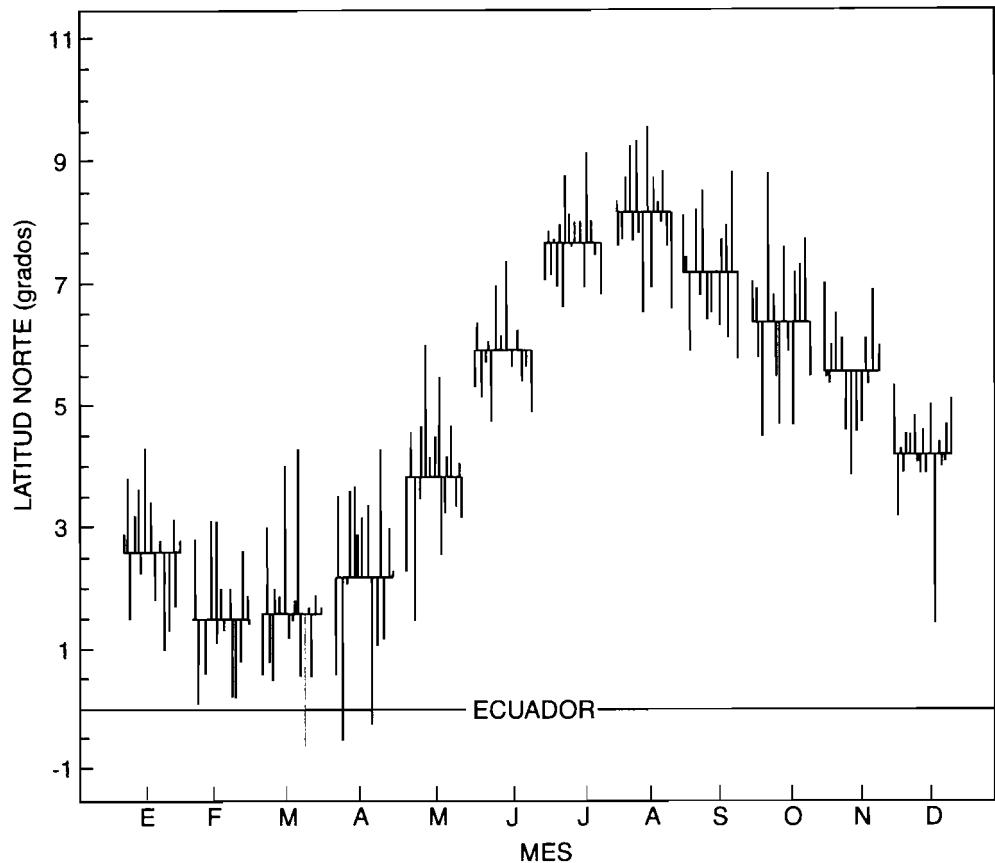


Figura 1

Ciclo estacional de la ubicación latitudinal de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) de los Vientos Alisios. Datos tomados para la longitud 28° O, durante el periodo 1971–1991 y aportados por la Antena ORSTOM del Centro de Meteorología Espacial de LANNION, Francia.

*Seasonal cycle of latitudinal location of the trade winds Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ). Data taken at 28° W during the period 1971–1991 and provided by ORSTOM at Lannion Spatial Meteorological Station, France.*

placas tectónicas del Caribe y Sur América (Balda, 1974). Se observan numerosas fallas entre las cuales destaca la Falla del Pilar, que atraviesa el Golfo de Cariaco y la Península de Paria, y numerosas fallas menores en la Fosa de Cariaco ( $> 1400$  m), ubicada en la plataforma continental, y en los alrededores de la Isla de Margarita (Ginés, 1972).

## *Vientos*

La fluctuación estacional de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) de los vientos alisios (Fig. 1) es un fenómeno de alcance planetario que impacta fuertemente el ambiente físico de la región. En correspondencia, durante un período anual, la variación temporal de la intensidad eólica presenta una señal compuesta por dos estaciones. Una de ellas, con valores de celeridad media mensual superiores a  $4 \text{ m s}^{-1}$ , ocupa el período comprendido desde enero hasta mayo y alcanza un máximo de  $5 \text{ m s}^{-1}$  durante el mes de marzo, cuando la ZCIT se sitúa más cerca del Ecuador. La otra, extendiéndose desde junio hasta diciembre, se presenta con valores medios mensuales menores a  $4 \text{ m s}^{-1}$ , alcanzándose un mínimo de  $3 \text{ m s}^{-1}$  durante el mes de octubre, cuando la ZCIT, después de haber iniciado su migración hacia el norte desde el mes de junio, alcanza  $10^{\circ}\text{N}$ , es decir su posición latitudinal más alejada del Ecuador (Fig. 2a).

Una intensificación occidental de la fortaleza de los vientos superficiales, vinculada a variabilidad espacial en ambos aspectos, latitudinal y longitudinal, es otra relevante característica del régimen eólico de la zona (Aparicio, 1993). El viento superficial es más intenso para el sector central de las costas de Venezuela, cuando se le compara con la sección Nororiental, como se puede comprobar al comparar los datos de dos estaciones meteorológicas insulares (Fig. 2b) o costeras (Tabla 1).

## *Precipitación y evaporación*

La marcha estacional de la ZCIT impone un régimen de precipitación regional, el cual presenta una estación seca a partir del mes

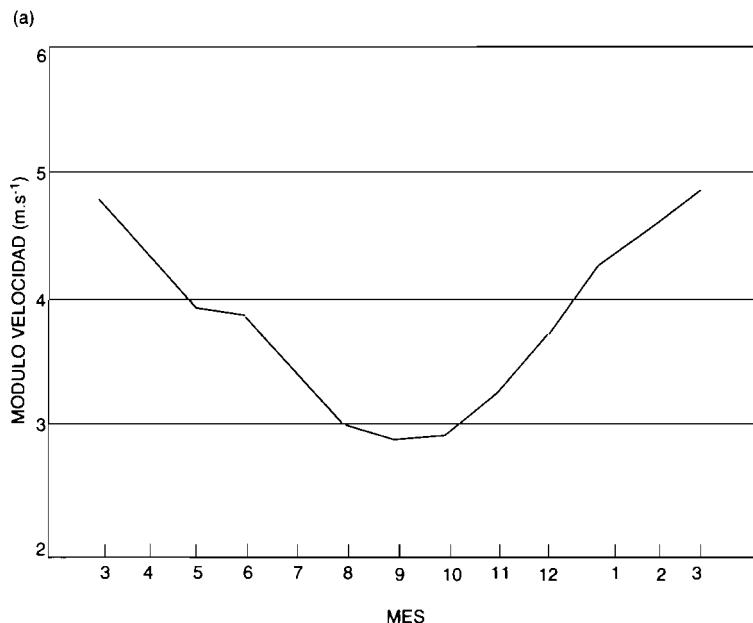


Figura 2a

Ciclo estacional de la intensidad del viento (celeridad en  $m s^{-1}$ ) registrada en la estación Meteorológica FAV-UDO, situada en Cumaná, durante el periodo 1969–1990.

*Seasonal cycle of wind intensity (speed in  $m s^{-1}$ ) recorded at the FAV-UDO Cumana meteorological station during the period 1969–1990.*

Localidad	Latitud	Longitud	$\tau_x$
Güiria	10°35'N	62°18'W	0,04
Barcelona	10°07'N	64°41'W	0,05
Maiquetía	10°36'N	66°56'W	0,07
Coro	11°25'N	69°41'W	0,10

Tabla 1

Valores medios del componente zonal del esfuerzo cortante del viento  $\tau_x$  (en unidades de dinas  $cm^{-2}$ ), para diferentes localidades situadas a lo largo del margen costero de Venezuela.

*Mean values of wind stress  $\tau_x$  (dynes  $cm^{-2}$ ) zonal component for different locations along the Venezuelan coastal margin.*

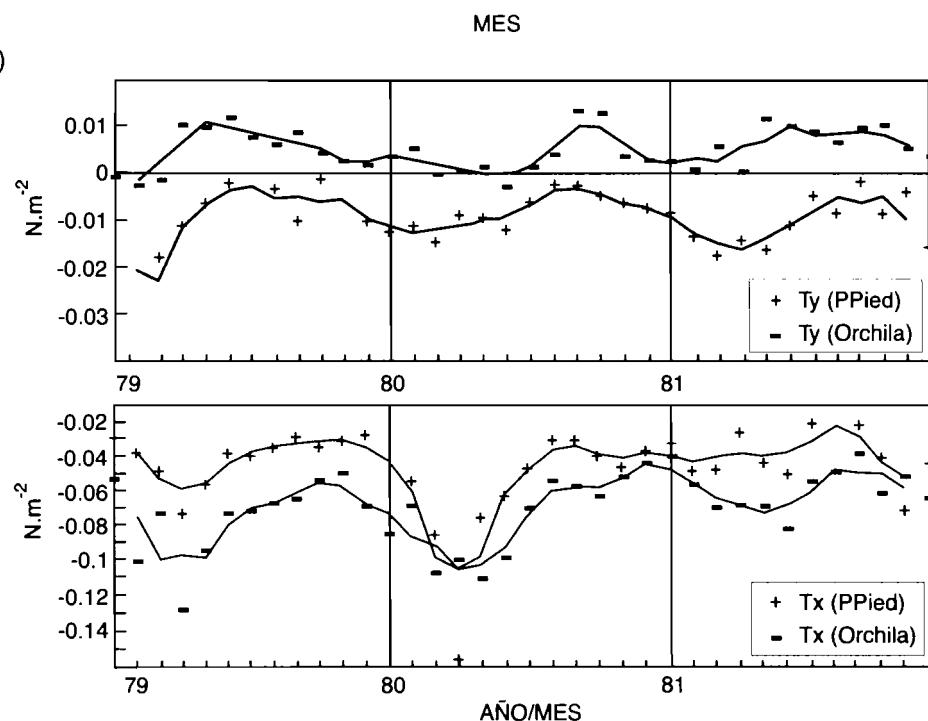


Figura 2b

Serie de tiempo de valores medios mensuales de los componentes zonal (Tx) y meridional (Ty) del esfuerzo cortante del viento, durante el período 1979–1981 en las localidades insulares de Punta de Piedras (PPied, sector nororiental) y La Orchila (Orchila, sector central).

*Time series of monthly mean values of the zonal component (Tx) and the meridional component (Ty) of the wind stress during the period 1979–1981 at the island stations of Punta de Piedras (PPied, northeastern sector) and La Orchila (Orchila, central sector).*

de enero, cuando la ZCIT se encuentra más cerca del Ecuador, y finaliza en junio, cuando se inicia la migración hacia el norte de la ZCIT. La combinación de la máxima intensidad eólica durante el primer trimestre del año, con la ausencia de precipitaciones, resulta en máximos valores estacionales de la evaporación para la región más oriental del margen costero en consideración. Las precipitaciones alcanzan un máximo durante el bimestre agosto-septiembre, cuando la ZCIT se encuentra más alejada del Ecuador, y en consecuencia más próxima a la banda latitudinal de los 10°N (Fig. 3).

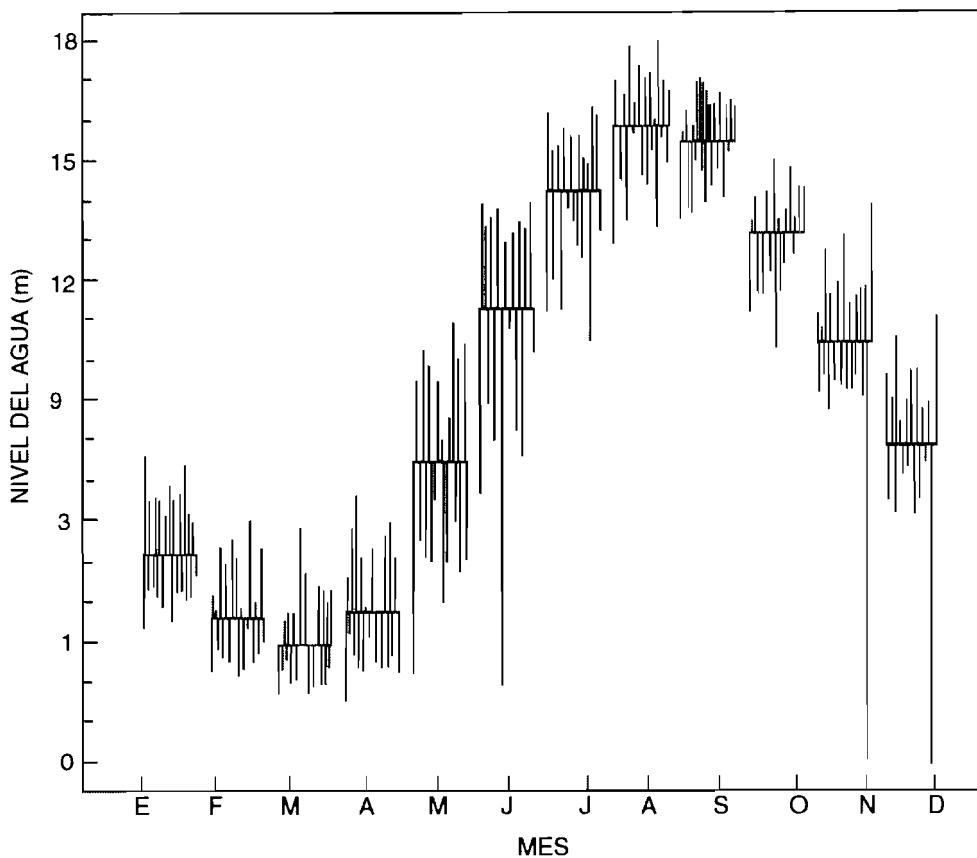


Figura 3  
Ciclo estacional de la descarga fluvial del Orinoco, medida en términos del nivel de las aguas en la localidad del Puente de Angostura, Ciudad Bolívar. Datos de 1926–1986, suministrados por la Dirección de Hidrografía y Meteorología del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Venezuela.

*Seasonal cycle of Orinoco river discharge measured in terms of water level at Angostura Bridge, Ciudad Bolívar. Data 1926–1986 provided by Direction of Hidrography and Meteorology of the Ministry of the Environment and Natural Renewable Resources of Venezuela.*

### Oleaje

Como consecuencia de la marcada estacionalidad presente en el campo de vientos, el carácter estacional del régimen del oleaje incidente sobre la costa Nororiental de Venezuela puede ser claramente establecido.

Para ello se analiza la información histórica recopilada por el Centro Climático Nacional de EEUU. La figura 4 muestra la variación mensual de la frecuencia media (%) de ocurrencia de olas con alturas comprendidas entre 1,8 y 3,0 m. Se identifica claramente el semestre enero-junio como un periodo de "intenso" oleaje, con valores de frecuencias de ocurrencia mayores al 10% y un máximo en febrero (17%), mientras que el intervalo agost-noviembre se caracteriza por presentar valores de la frecuencia media de ocurrencia comprendidos entre 4% y 5%. Los meses de diciembre y julio se presentan como meses de transición.

Este esquema se confirma al analizar los datos del Instituto de Tecnología Venezolano del Petróleo (INTEVEP) durante 1979 y 1980

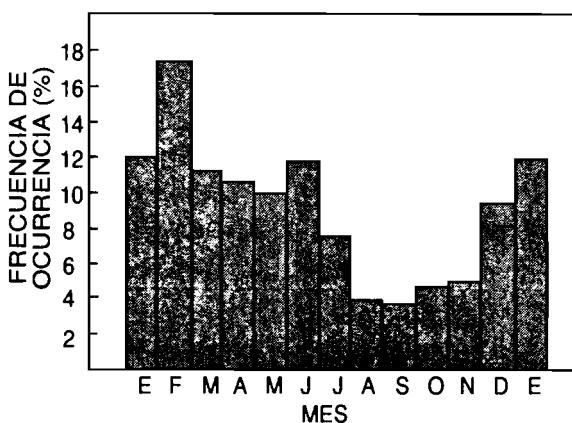
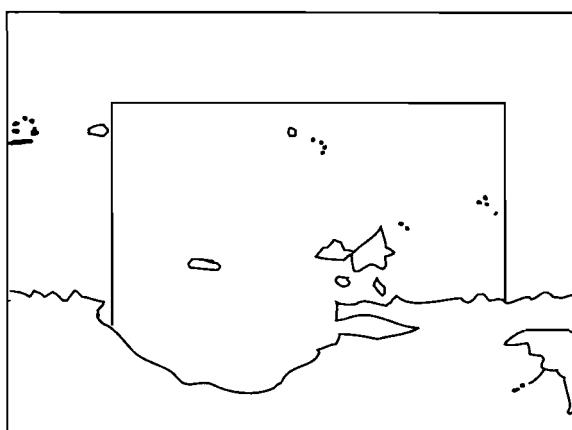


Figura 4  
Ciclo estacional de la frecuencia media de ocurrencia (%) de olas con alturas comprendidas entre 1,8 y 3,0 m según los listados del SSMO, para la región geográfica localizada en el recuadro inferior.

Seasonal cycle of mean frequency of occurrence (%) of waves with heights between 1.8 and 3.0 m, according to SSMO listings for the geographical area in rectangle.



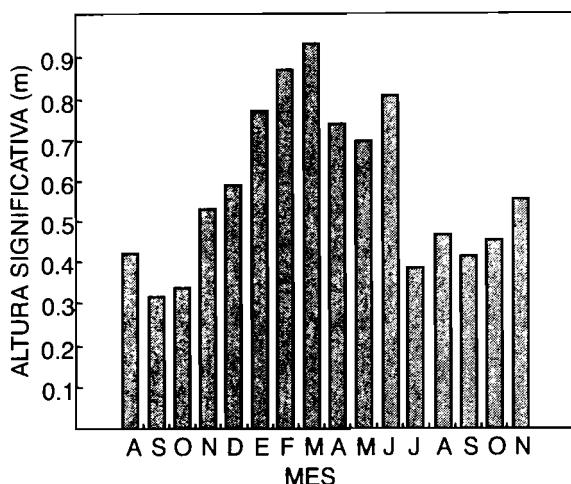


Figura 5

Ilustración del carácter estacional del régimen de olas en el área nororiental de Venezuela. Los datos fueron obtenidos por INTEVEP en el margen costero sur de la Cuenca de Cariaco, usando una boya Waverider durante el periodo agosto 1979 a noviembre 1980.

*Illustration of wave regime seasonality in northeastern Venezuela. Data were obtained by INTEVEP using a Waverider buoy in the southern coastal boundary of the Cariaco Basin from August 1979 to November 1980.*

a través de la generación de registros automatizados de la altura significativa de las olas en el margen costero sur de la Cuenca de Cariaco (Costa del Edo. Anzoátegui) usando una boya Waverider (Fig. 5).

En cuanto a la dirección de procedencia, se evidencia una dominancia neta de las olas provenientes del Este (65% de ocurrencia como promedio anual), siendo la segunda dirección predominante la del Noreste, con un promedio anual de ocurrencia del 22%.

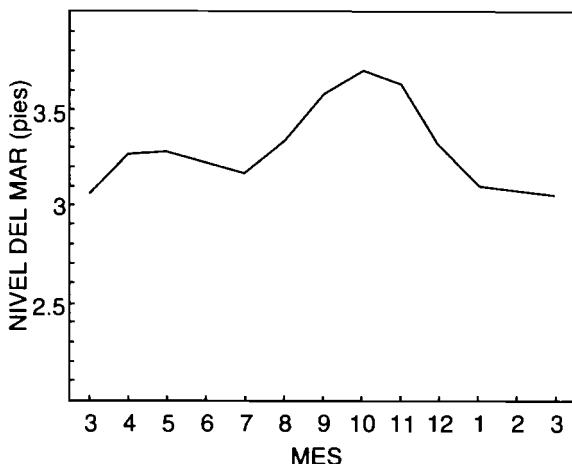
### *Nivel del mar*

La variabilidad del nivel medio relativo del mar en su ciclo anual revela también una señal claramente estacional (Fig. 6), la cual cubre por completo el margen costero del país, presentándose los

valores máximos durante el lapso agosto-noviembre y los valores mínimos durante el periodo febrero-marzo.

Müller-Karger y Aparicio (1994) detectaron una relación inversa entre el nivel medio relativo del mar y el componente zonal de la intensidad del viento, en escala diaria, a partir de datos recaudados en las zonas nororiental (Carúpano) y central (La Guaira) de las costas de Venezuela.

La variabilidad del nivel relativo medio del mar en escala horaria (régimen de mareas) se caracteriza por presentar un rango medio microtidal, con el número de forma incrementándose gradualmente hacia el Oeste. Esto implica la ocurrencia de mareas mezcladas, principalmente semidiurnas, en la sección más oriental de nuestra región de interés, con amplitudes presentando valores en el rango 45–85 cm.



Source: Servicio Autónomo de Géofísica y Cartografía Nacional de Venezuela (SAGECAN).

Figura 6  
Ciclo estacional del nivel medio relativo del mar (en pies) en la localidad de Pto. Sucre, Cumaná, durante el periodo 1953–1977.  
Datos provenientes del Servicio Autónomo de Géofísica y Cartografía Nacional de Venezuela (SAGECAN).

*Seasonal cycle of mean relative sea level (feet) in Puerto Sucre, Cumaná, recorded by SAGECAN Cumana Tidal Station for the period 1953–1977.*

## Temperatura superficial del mar

El patrón de temperatura superficial del mar (TSM) también refleja una apreciable estacionalidad. Este parámetro presenta valores mínimos durante el primer trimestre del año ( $\approx 22^{\circ}\text{C}$ ) y sus máximos valores durante el bimestre septiembre-octubre ( $\approx 27^{\circ}\text{C}$ ), siendo la amplitud del ciclo anual aproximadamente de  $5^{\circ}\text{C}$ . Esto contrasta con el muy regular ciclo anual de la temperatura del aire (TA) cuya amplitud es de alrededor de  $2,0^{\circ}\text{C}$ , presentándose los mínimos valores en enero ( $\approx 26^{\circ}\text{C}$ ) y las más altas temperaturas en octubre ( $\approx 28^{\circ}\text{C}$ ).

Lo anterior se evidencia en la figura 7, la cual presenta los ciclos anuales de la TSM (promedio 1959–1971) y de la TA (1978–1986) para la localidad de Cumaná (Aparicio, 1986). La serie de tiempo de TSM fue obtenida por el SAGECAN<sup>3</sup>, a escala diaria, mediante la técnica de estimar la temperatura de playa siguiendo las normativas divulgadas por el United States Coast and Geodetic Survey.

Registros automatizados fueron obtenidos mediante la implantación de un termistor de alta sensibilidad a 3 m bajo el nivel del mar en algunas localidades del Nororiente de Venezuela, como parte de

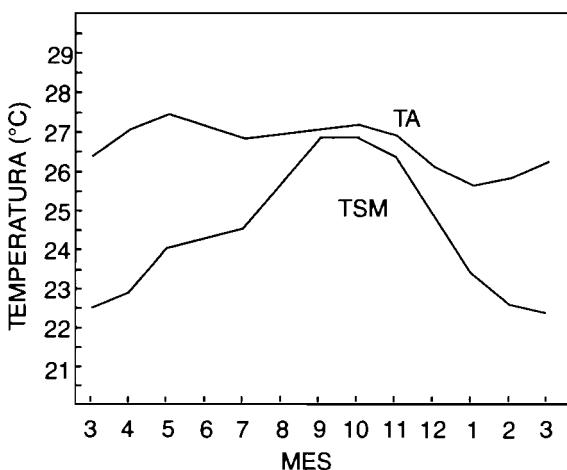


Figura 7  
Ciclo estacional de la temperatura del aire (TA) y de la temperatura superficial del mar (TSM) en Cumaná, en °C. Datos de la estación meteorológica FAV-UDO para el intervalo 1968–1986, y del SAGECAN para el intervalo 1959–1971, respectivamente.

*Seasonal cycle of air temperature (TA) and sea surface temperature (TSM) at Cumaná, in °C. Data provided by the FAV-UDO meteorological station for the 1968–1986, and by SAGECAN during 1959–1971 period.*

<sup>3</sup> Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional

una Red Nacional de Termometría Marina, desde agosto de 1993. Este permite detectar la temperatura del agua de mar a ese nivel cada 10 minutos y almacenar la misma en memoria electrónica, la cual es recuperada cada 60 días. De esta manera se visualiza una mayor variabilidad en la estructura térmica del mar superficial nororiental del país que la advertida mediante los datos históricos ya referidos (Fig. 8).

A la hora de comparar la señal bajo una escala mensual se observa la notable diferencia entre los meses de agosto y septiembre, cuando el registro presenta fluctuaciones de hasta 5°C en intervalos de tiempo de tres días y amplitudes diarias de hasta 2°C y 3°C y los meses de noviembre y diciembre, cuando las fluctuaciones pierden su carácter de “picos” y la amplitud apenas alcanza valores entre 0,25°C y 0,5°C.

La ocurrencia de temperaturas inferiores a 23°C es apreciable durante el mes de agosto, estando presente durante aproximadamente

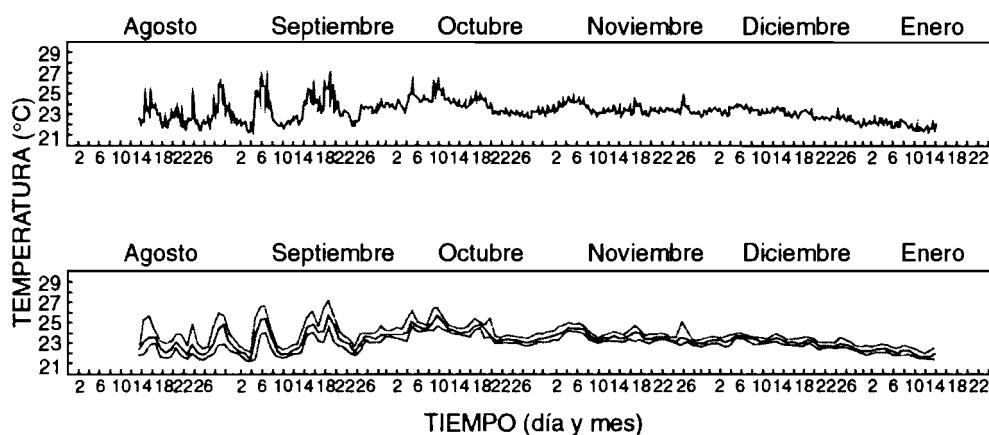


Figura 8

Registro continuo y automatizado de la temperatura superficial del mar en la Bahía de Guamache (Península de Araya) durante el intervalo 12/08/93 – 12/01/94. Parte superior : serie de tiempo de valores horarios. Parte inferior : serie de tiempo de valores promedios diarios (curva central) y valores extremos absolutos máximos y mínimos (curvas superior y inferior).

*Continuous record of sea surface temperature at Guamache Bay (Araya Peninsula) from 08/12/93 to 01/12/94. Upper part: hourly time series values. Lower part: time series of daily mean values, maxima and minima.*

damente el 50% del número de días contenidos en el registro. Si se considera ésta relativamente baja temperatura como indicadora de la existencia de surgencia, entonces el registro se constituye en una evidencia de la persistencia de este fenómeno y de su gran extensión temporal, asumiéndose que su mayor intensidad se manifiesta a través de los primeros cuatro meses del año, tal como ha sido señalado en muchos previos reportes. Sin embargo, durante el mes de septiembre, el número de días en que se detectan temperaturas por debajo de 23°C se redujo considerablemente (aproximadamente 25% del total de días contenidos en el registro) para luego no presentarse ninguna ocurrencia de este tipo durante el extenso intervalo de tiempo comprendiendo los meses octubre y noviembre y prácticamente todo el mes de diciembre.

Al mismo tiempo debe señalarse que la ocurrencia de temperaturas superiores a 25°C presentó una variabilidad intermensual más sencilla, en el sentido de que estos valores se registran con bastante frecuencia durante el trimestre agosto-septiembre-octubre, para luego ocurrir episódicamente durante el mes de noviembre y no estar presentes durante el mes de diciembre.

Aunque la extensión del registro no permite examinar la variabilidad intermensual más allá de la segunda parte del año, resulta muy interesante llamar la atención acerca de la ocurrencia de temperaturas superficiales del mar inferiores a 23°C durante buena parte del mes de agosto.

### *Salinidad de aguas superficiales*

Datos reportados por buques de oportunidad entre los años de 1977 y 1986, recopilados por el TOGA Sub-Surface Data Center en Brest, Francia, permiten presentar el ciclo anual de isolíneas de salinidad superficial (SS) para esta región. La tabla 2 presenta esta información en términos del rango de valores de SS detectados por cada mes del año.

Se observa que los máximos valores de SS ocurren durante el trimestre febrero-marzo-abril, mientras que los valores mínimos se detectan durante el periodo que va desde agosto hasta octubre. Esto evidencia que los cambios estacionales en el patrón regional de salinidad de las aguas superficiales son claramente inducidos por la

MES	RANGO
ENERO	35,75 < SS < 36,00
FEBRERO	36,00 < SS < 36,25
MARZO	35,50 < SS < 36,25
ABRIL	35,75 < SS < 36,25
MAYO	35,75 < SS < 36,00
JUNIO	35,25 < SS < 35,75
JULIO	35,25 < SS < 35,75
AGOSTO	SS < 34,00
SEPTIEMBRE	34,75 < SS < 35,00
OCTUBRE	34,50 < SS < 34,75
NOVIEMBRE	34,00 < SS < 35,00
DICIEMBRE	34,75 < SS < 35,00

■ Tabla 2

Rango de la salinidad de aguas superficiales de la región costera nororiental de Venezuela para los distintos meses del año.

*Monthly surface water salinity range of the coastal northeastern Venezuelan region.*

descarga fluvial del Orinoco, la cual presenta valores máximos durante el período agosto-septiembre y valores mínimos durante los meses marzo-abril, en correspondencia con el régimen estacional de lluvias. Además debe mencionarse la contribución debida a la razón de evaporación para la zona, la cual presenta sus máximos valores durante el primer trimestre del año en correspondencia a la máxima intensidad eólica en la región.

La figura 9 exhibe gráficamente la distribución espacial de SS, en términos de isolíneas, para la región de interés durante el primer y segundo semestre del año. El gradiente Este-Oeste de salinidad en el Oriente de Venezuela es obviamente influenciado por las aguas del río Orinoco, mezclada en algunos meses con las aguas del río Amazonas (Monente, 1990).

Debe advertirse, sin embargo, que cuerpos de agua cerrados ubicados en la región (como por ejemplo, el Golfo de Cariaco) podrían no sentir la influencia de la descarga del Orinoco, por lo que su régimen local de variabilidad de salinidad superficial podría ser más susceptible a las variaciones estacionales del patrón de lluvias.

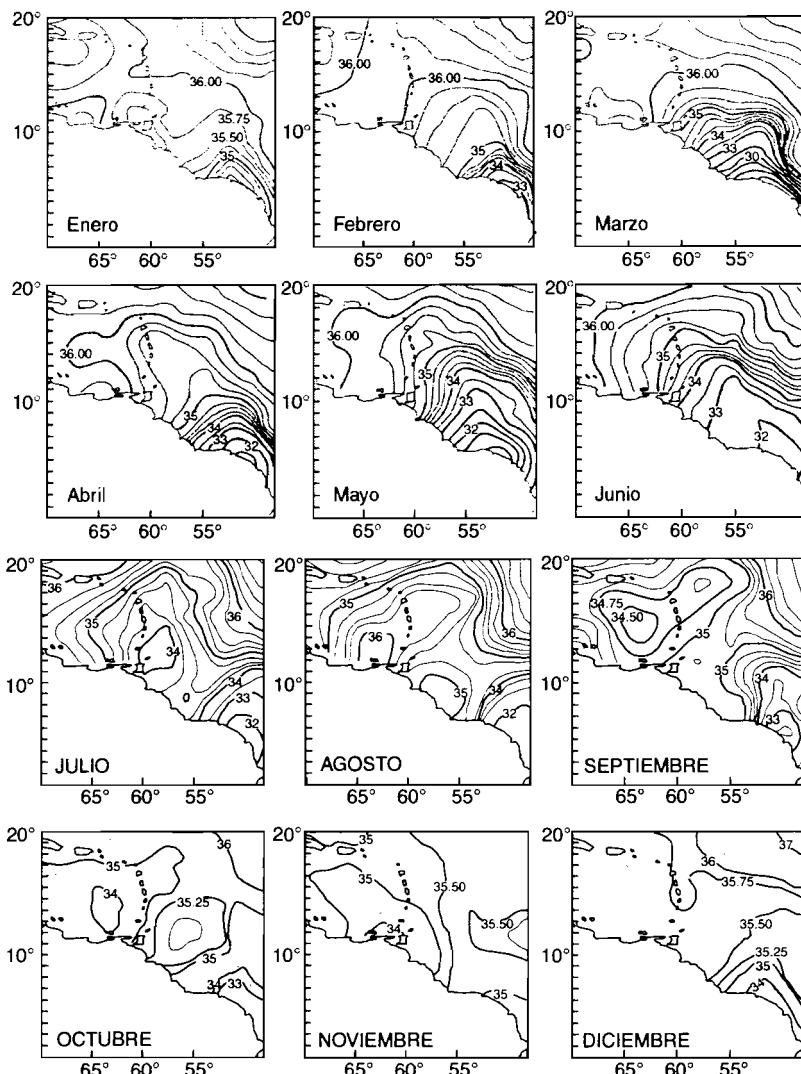


Figura 9

Distribución espacial de las isolíneas de salinidad superficial en la región oriental del Mar Caribe y aguas adyacentes del Atlántico Norte, según datos obtenidos por buques de oportunidad, durante el periodo 1977–1986 y suministrados por el Centro de Datos de TOGA (Brest, Francia).

*Spatial distribution of surface salinity isolines in the eastern Caribbean and adjacent North Atlantic waters, according to data from ships of opportunity during the period 1977–1986 and provided by TOGA Data Center (Brest, France).*

## *Estabilidad de la columna de agua*

Cuando se expresa la estabilidad estática,  $E$ , del estrato superficial, en términos de la frecuencia de Brunt-Väisälä ( $N$  ciclos  $h^{-1}$ ), utilizando la ecuación  $N = VgE$ , se observa que, para una extensión meridional alcanzando los  $12^{\circ}N$ , los máximos valores de  $N$  para la región ( $10 \leq N \leq 18$ ) caracterizan al sector más oriental de la Península de Paria y el norte de Trinidad, mientras que los valores mínimos ( $3 \leq N \leq 5$ ) aparecen gradualmente hacia el oeste de estas áreas (Castañeda, 1989).

Dado que una fuerte turbulencia inducida por el viento está asociada a valores bajos de la estabilidad estática de la columna de agua, es evidente que la existencia de este gradiente zonal de  $E$  positivamente orientado hacia el Este, tal como lo muestra la figura 10, se encuentra íntimamente vinculada a la intensificación occidental del régimen local de vientos.

La variabilidad temporal de los valores de la estabilidad,  $E$ , no escapa de la señal estacional. Una combinación de intensa actividad eólica local y ausencia de aguas de baja salinidad en el estrato superficial durante el primer semestre del año arroja como resultado valores moderados de  $E$ . De manera opuesta, la baja actividad eólica y la ocurrencia de aguas de baja salinidad proporcionadas por el río Orinoco durante el segundo semestre del año, contribuye a obstaculizar el proceso de mezcla favoreciendo la ocurrencia de altos valores de  $E$  para este periodo del año.

## *Mecanismos de transporte*

Son muy escasos los registros directos de corrientes marinas de cualquier extensión temporal recaudados en la región. La casi totalidad de la información dinámica para la zona se ha derivado mediante el análisis hidrográfico pertinente a la gran cantidad de observaciones de temperatura-salinidad obtenidas mediante cruceros oceanográficos. Esto ha posibilitado la definición de los aspectos regionales más relevantes en cuanto a la circulación se refiere, permitiendo establecer que una completa descripción de los procesos locales de transporte debe ser fundamentada sobre la estimación de dos mecanismos esenciales de flujo: transporte superfí-

cial de Ekman, controlado por el régimen local de vientos, y flujo geostrófico, asociado con gradientes de presión y la variabilidad del campo de densidad.

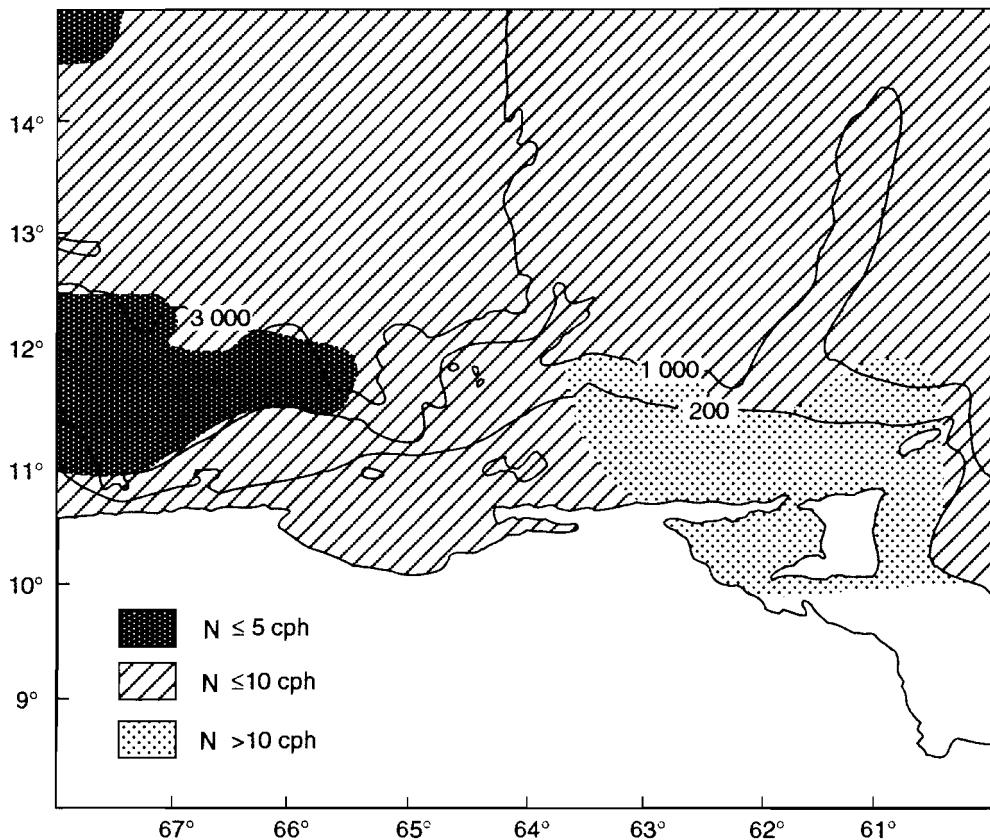


Figura 10

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  $h^{-1}$ ) e isobatas de profundidad en metros (tomada de Castañeda, 1989).

*Spatial distribution of surface water column static stability mean value, integrated from 0 to 50 m, expressed in terms of Brunt-Väisälä Frequency (cycles  $h^{-1}$ ) and depth isolines in meters (taken from Castañeda, 1989).*

### Circulación inducida por el viento

La ya citada variación estacional de los vientos alisios, controla la circulación superficial de manera que el componente eólico de la corriente muestra preferencia a circular hacia bandas direccionales ubicadas en el tercer cuadrante ( $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ), en respuesta a la general dominancia de los vientos soplando desde el primer cuadrante ( $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ).

Esto es más acentuado durante el periodo diciembre-abril cuando los vientos soplan marcadamente desde las bandas Este-Noreste y Nor-Noreste, apreciándose un cierto debilitamiento de esta dominancia durante los meses comprendidos entre agosto y noviembre con una simultánea aparición de vientos soplando desde el Sureste. La figura 11 presenta el ciclo anual de la frecuencia de ocurrencia de vientos soplando desde las bandas direccionales Nor-Noreste y Sureste durante la década 1980–1989, a partir de registros obtenidos en la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Barcelona (latitud  $10^{\circ}17'N$  y longitud  $64^{\circ}41'O$ ), sobre la línea de costa bordeando el margen sur de la Cuenca de Cariaco. Esta va-

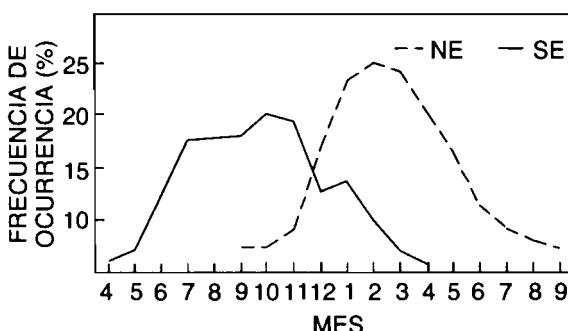


Figura 11  
Ciclo anual de la frecuencia de ocurrencia (%) de vientos soplando desde las bandas direccionales Nor-Noreste (NNE) y Sureste (SE), recaudados en el margen sur de la Cuenca de Cariaco por la estación meteorológica de la FAV en el aeropuerto de Barcelona, durante el periodo 1980–1989.

*Frequency of occurrence (%) annual cycle of winds blowing from North-Northeast (NNE) and Southeast (SE), collected at the southern boundary of the Cariaco Basin by the FAV Barcelona airport meteorological station during 1980–1989.*

riabilidad direccional del campo de vientos tiene validez para todo el margen costero nororiental de Venezuela y permite establecer la premisa fundamental de que, para esta región, en cualquier histograma de frecuencias de ocurrencia de corrientes a nivel superficial, el componente eólico de la corriente ocuparía la moda primaria de la distribución, la cual estaría centrada sobre las bandas direccionales integrando el tercer cuadrante ( $180^{\circ}$ – $270^{\circ}$ ).

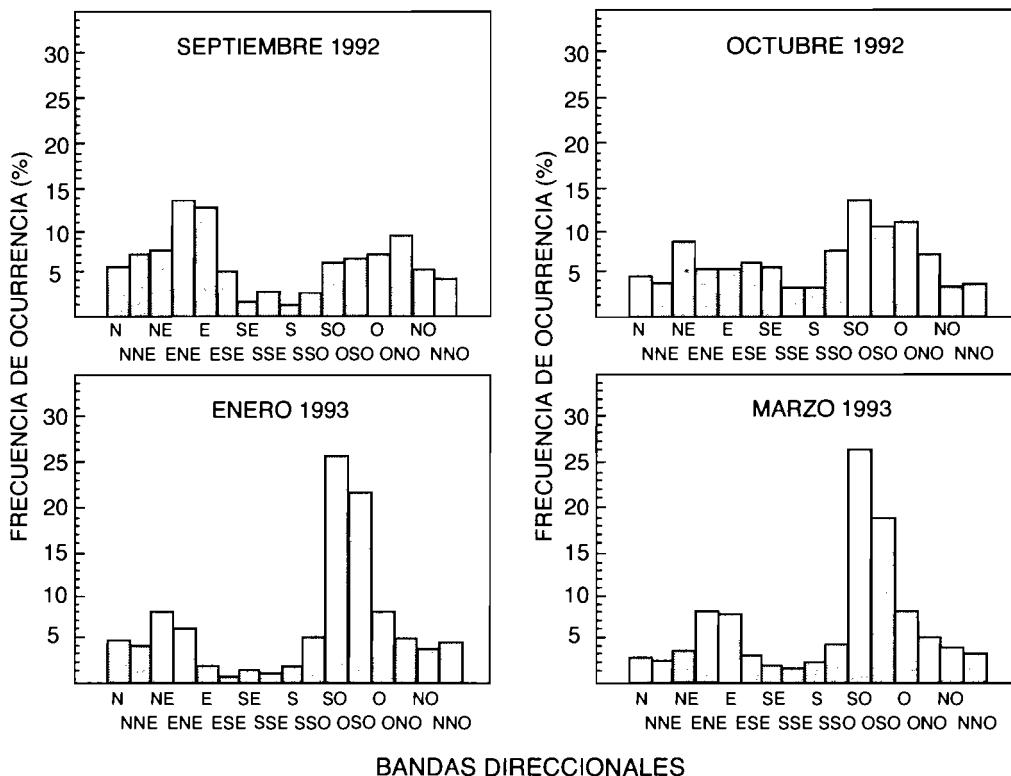


Figura 12

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.

*Frequency histograms for directions towards which the current flow is moving, on the Jose coast (Cariaco Basin southern boundary), by Aparicio (1994), at 5 m depth during different months of the year.*

Evidencias experimentales de este planteamiento se consiguen al examinar los registros de corrientes obtenidos a nivel superficial, tanto en la región del norte de la Península de Paria recaudados por INTEVEP durante el lapso 1980–1981- como en aquellos conseguidos por Aparicio (1994) durante el lapso 1992–1993 a la profundidad de 5 m en las Costas de Jose (margen de la Cuenca de Cariaco). En la figura 12 pueden verse algunos de estos últimos registros notándose que, como es de esperarse, durante los primeros meses de 1993, el pico primario centrado sobre la banda Suroeste y asociado al componente eólico de la corriente, muestra mayor magnitud comparado al pico de la distribución direccional obtenida para los meses de septiembre y octubre de 1992.

### **Circulación geostrófica**

El análisis de la topografía dinámica del estrato superficial de la Fosa de Cariaco, realizado por Febres (1974) y Febres y Herrera (1975), revela una de las características más interesantes de la circulación superficial en el extremo oriental de esta cuenca, con grandes implicaciones sobre la somera plataforma continental adyacente.

Para el estrato superficial, estos autores, basados en información hidrográfica (temperatura, salinidad y corrientes), establecieron que en la región suroriental de la Cuenca de Cariaco – zona más inmediata a la Isla de Margarita y Península de Araya – la circulación geostrófica se orienta básicamente hacia el Este como consecuencia de la permanente presencia de un giro ciclónico caracterizando la topografía dinámica local. Este rasgo hidrodinámico, detectado a todos los niveles de profundidad entre 0 y 100 metros en el extremo suroriental de la Cuenca de Cariaco, puede ser atribuible, en general, a los efectos de la topografía local. Presenta ademas características estacionales notablemente manifiestas durante los meses tipificando condiciones extremas en la climatología regional, como lo son abril y octubre (Fig. 13).

Los registros directos de corrientes obtenidos para nuestra zona de interés confirman inequívocamente la existencia de un componente geostrófico de la corriente fluyendo hacia el sector direccional definido por las bandas Noreste, Este-Noreste, Este y Este-Sureste. Registros automatizados obtenidos por INTEVEP al norte de la

Península de Paria durante el periodo 1979–1981 y más recientemente por Aparicio (1993) al borde sur de la Cuenca de Cariaco – Costas de Jose, Edo. Anzoátegui – durante el periodo 1992 y 1993, evidencian la existencia de una señal notablemente bimodal caracterizando la distribución de frecuencia de ocurrencia de la orientación del flujo a diversas profundidades. Se puede observar claramente la dominancia de las bandas direccionales ya citadas, conformando la moda primaria en la distribución bimodal para niveles de profundidad de 12 y 20 metros para las Costas de Jose (Fig. 14) y a 50 metros para el norte de la Península de Paria (Fig. 15), en distintos meses del año.

De todo lo ya expuesto y combinando los análisis hechos sobre los componentes eólicos y geostróficos de la circulación, un histogra-

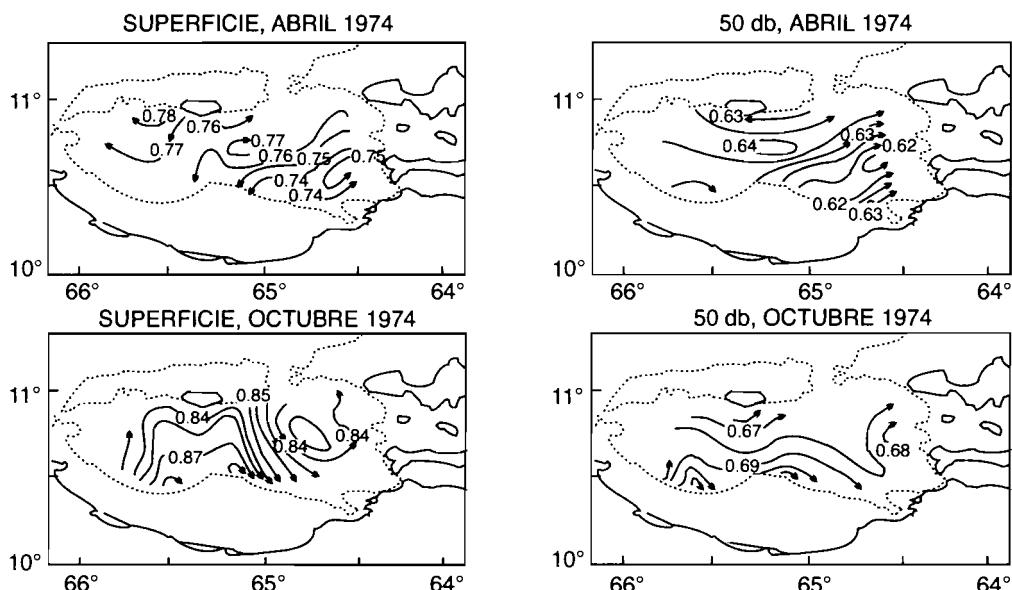


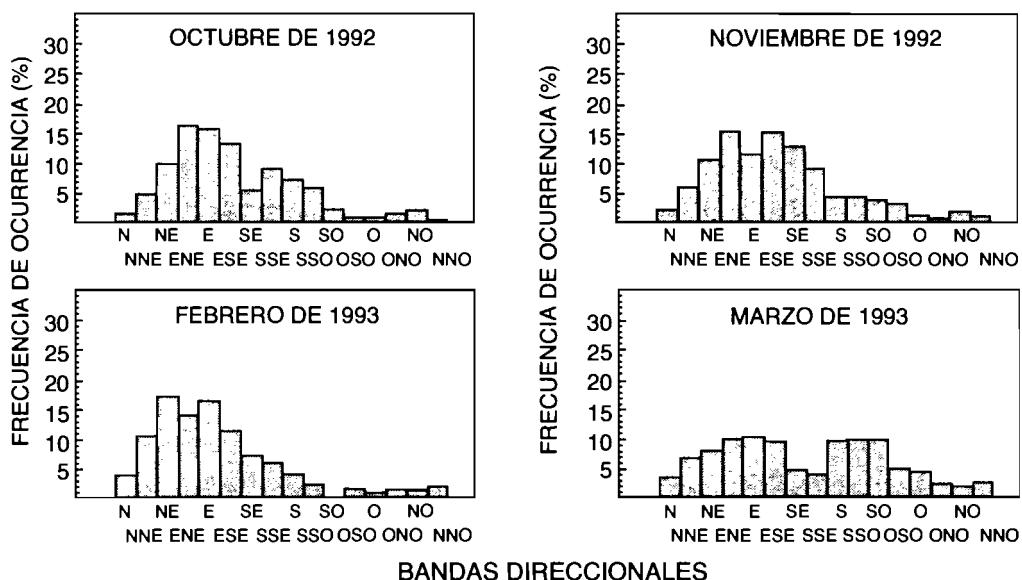
Figura 13

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).*

ma idealizado de frecuencia para la ocurrencia de corrientes en el área costera Nororiental de Venezuela luciría como la distribución bimodal presentada en la figura 16. El pico centrado sobre la banda direccional Noreste corresponde al componente geostrófico de la corriente, mientras que el pico centrado sobre la banda direccional Suroeste está asociado al componente eólico de la misma.

Un registro real de corrientes generaría un histograma de frecuencia de direcciones que se apartaría cuantitativamente de esta concepción ideal, según varios factores a considerar, tales como: nivel de profundidad de registro, mes del año en que se realiza la observación y rasgos topográficos de la localidad. El componente tidal de la corriente -debido a la acción de las mareas locales- no ha sido incorporado a la discusión, puesto que alternativamente se suma al componente geostrófico y al componente eólico de la corriente.



**Figura 14**  
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).

*Frequency histograms for directions towards which the current flow is moving, collected on the Jose Coasts (Cariaco Basin southern boundary) at the 12 m (upper figures) and 20 m (lower figures) levels.*

Esto es debido a que la orientación predominante de las corrientes de mareas en la zona Nororiental de Venezuela es a lo largo del eje direccional orientado según las bandas Oeste-Noroeste y Este-Sureste, perpendicular al eje direccional a lo largo del cual se presentan las líneas cotidiales (Sur-Suroeste y Nor-Noreste) de los componentes principales de las mareas para la región (Michaelov *et al.*, 1969; Kjerfve, 1981).

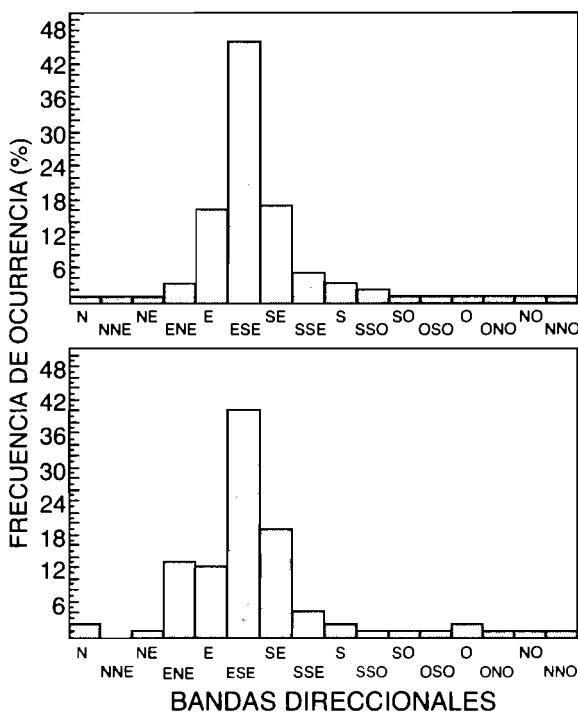


Figura 15

Histograma de frecuencia para las direcciones hacia donde fluye la corriente, a nivel de 50 m, en la localidad  $10^{\circ}47'N$  y  $62^{\circ}15'W$  (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).

*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 figure) and May-November (lower figure).*

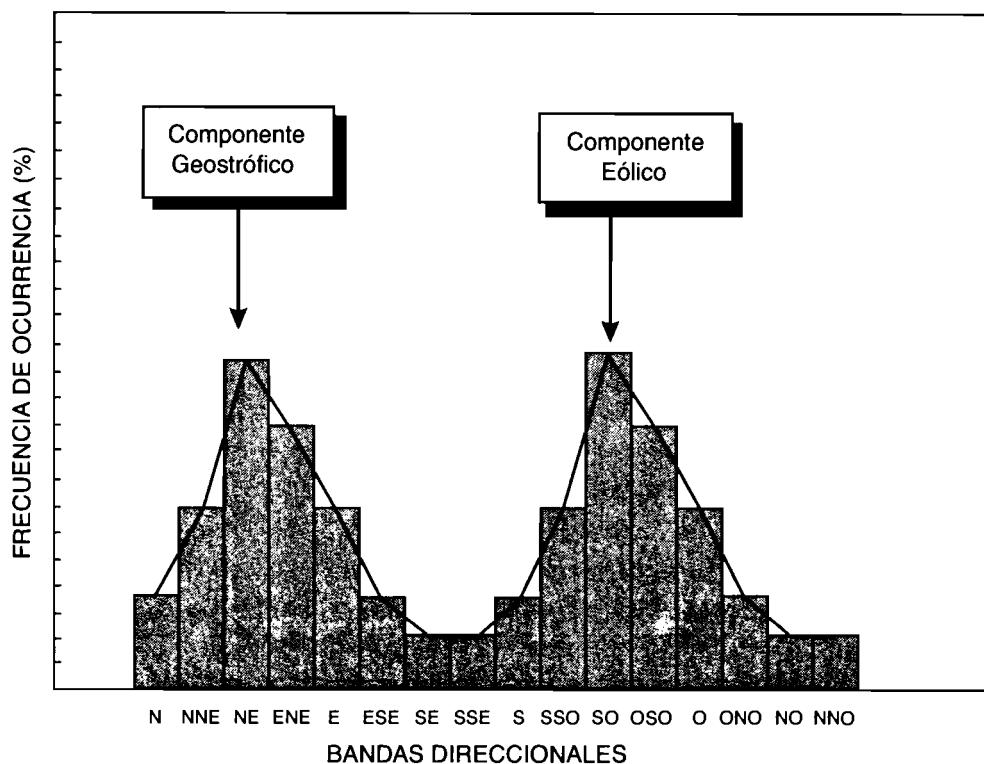


Figura 16

Hipotético histograma de frecuencia para la variabilidad direccional de las corrientes marinas en el área costera nor-oriental de Venezuela, mostrando una idealizada distribución bimodal, debido a la dominancia de los componentes eólicos y geostróficos en el patrón de circulación.

*Hypothetical frequency histogram for marine current directional variability in the northeastern Venezuela coastal area, showing an idealized bimodal distribution due to the dominance of eolic and geostrophic components in the circulation pattern.*

### *Intrusión de aguas caribeñas, atlánticas y estuarinas*

Otro aspecto hidrodinámico de gran interés a la hora de analizar las variaciones ambientales en el cuerpo de agua sujeto a estudio y de gran importancia desde el punto de vista de las pesquerías, es el

concerniente a la intrusión de aguas provenientes de tres distintas fuentes – y en consecuencia de distintas naturaleza termohalina – que transitan por la zona, estando sujetas a grados variables de estacionalidad. Son ellas:

- (1) Intrusión de aguas del Atlántico Tropical mediante advección zonal Este-Oeste a través de la región comprendida entre las islas de Trinidad, Tobago y Grenada.
- (2) Intrusión de aguas del Mar Caribe mediante advección meridional Norte-Sur a través de la región comprendida entre la Isla La Tortuga y la Isla de Margarita.
- (3) Intrusión de aguas estuarinas provenientes del Golfo de Paria (fundamentalmente descargadas por el río Orinoco) a través de la Boca de Dragones entre la Península de Paria y la Isla de Trinidad.

La intrusión de aguas del Atlántico Tropical está asociada a la circulación de la Corriente de Guyana y presenta una definida variabilidad estacional discutida por Müller-Karger *et al.* (1989). El aporte más notable se realiza durante el periodo diciembre-mayo, cuando esta corriente presenta una intensificación con un fuerte componente de aguas del río Amazonas, sumado al incremento en la intensidad de los vientos alisios provenientes del noreste.

Las aguas del Mar Caribe que entran a través de la zona comprendida entre Isla La Tortuga y la Isla de Margarita, lo hacen entre la superficie del mar y 100 metros de profundidad, y luego son transportados de Oeste a Este en la Cuenca de Cariaco. Durante el mes de abril, no se encuentran evidencias en favor de esta intrusión, mientras que para el mes de octubre es bastante apreciable.

La inyección de aguas provenientes del río Orinoco a través del estrecho de Boca de Dragones – vía Golfo de Paria – ha sido ampliamente analizada por Müller-Karger y Varela (1990) y presenta una muy definida estacionalidad: durante los meses de descarga máxima (agosto-noviembre) las aguas del río Orinoco prácticamente inundan toda la plataforma continental del Nororiente de Venezuela, viajando en sentido Noroeste hacia más altas latitudes en el Mar Caribe. En época de sequía (enero-abril) la influencia del río se limita al extremo noreste de la plataforma continental.

## Zonas de afloramiento

Una pieza de información de gran importancia en la descripción de las condiciones hidrodinámicas de la región Nororiental costera de Venezuela es la relativa a la localización espacial de las zonas de afloramiento.

En este sentido, Herrera y Febres (1975), en base al modelaje de la divergencia horizontal del campo de velocidades en la superficie, usando como datos de entrada la batimetría del área (Fig. 17) y vientos soplando desde el Este con intensidades ocupando el rango  $4\text{--}16\text{ m s}^{-1}$ , llaman la atención acerca de la existencia de tres definidas zonas de divergencia en la circulación superficial para la región comprendida entre las latitudes  $10^{\circ}30'$  y  $11^{\circ}40'\text{N}$  y longitudes  $61^{\circ}30'$  y  $64^{\circ}00'\text{O}$ . Son ellas:

(1) Una zona de divergencia intensa, localizada a sotavento del Banco de Los Testigos la cual tipifica la ocurrencia de surgencia inducida por islas que se observa en la región.

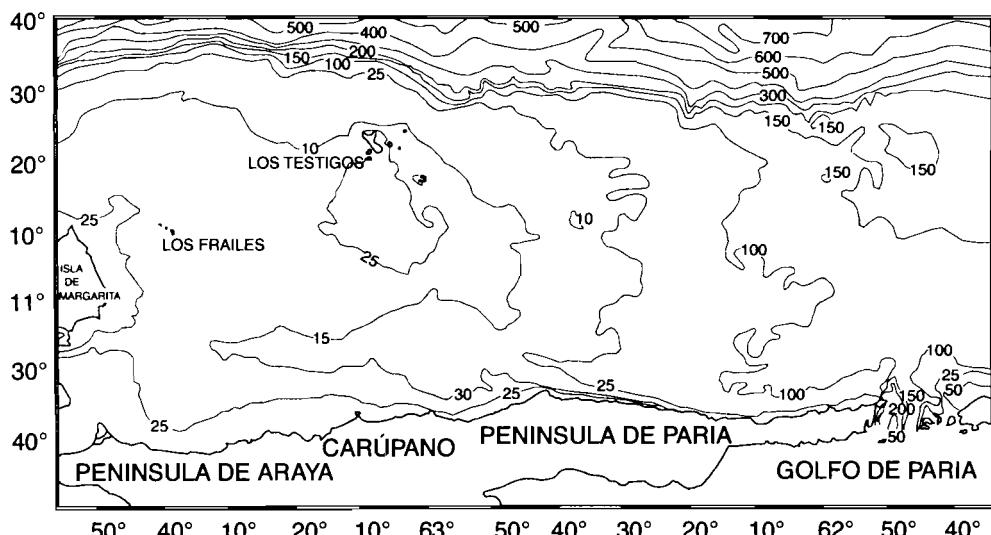


Figura 17  
Rasgos batimétricos de la región de interés (tomado de Herrera y Febres, 1975).

*Bathymetric features of the studied area (from Herrera and Febres, 1975).*

(2) Una zona de divergencia de mayor extensión espacial al norte de Los Testigos, donde se inicia el talud continental, presentando la propiedad de incrementar su extensión zonal a medida que aumenta la intensidad de los vientos (Fig. 18c).

(3) Una zona de divergencia próxima a la costa que se orienta en forma de banda paralela a la línea de costa siguiendo el eje del valle marino de Carúpano hacia la Península de Araya, con una extensión zonal de aproximadamente 60 millas náuticas (110 km) y extensión meridional única mayor a 20 km, implicando profundidades en el rango 0–75 m.

En este aspecto vale la pena puntualizar que los rasgos locales de la topografía submarina de la plataforma continental jugarían un papel muy importante puesto que ha quedado claramente establecido que el transporte de agua superficial costa-fuera -generado por la surgencia costera de origen anemogénico- es proporcional al cambio en el flujo de Ekman a través de una distancia meridional muy aproximada a aquella dada por el Radio de Deformación de Rossby ( $R$ ) para la zona. Este último parámetro se calcula mediante la expresión (Mooers y Allen, 1973):

$$R = H * N / f$$

siendo,

$H$ : profundidad de la columna de agua,

$N$ : valor medio de la frecuencia de Brunt-Väisälä,

$f$ : parámetro de Coriolis

Su magnitud sirve para estimar el alcance meridional de la surgencia costera (Bakun *et al.* 1991).

Para el margen costero de Venezuela, con una orientación zonal y por lo tanto muy pequeñas variaciones de  $f$ , si asumimos pequeñas variaciones de  $N$ , tendríamos que  $R$  vararía directamente con la profundidad  $H$ . Por lo que sobre la región oriental – donde la plataforma continental es ancha y de relativamente escasa profundidad (Fig. 17) – el Radio de Deformación de Rossby tendría un valor relativamente pequeño, implicando que el proceso de surgencia costera sobre esta ancha y somera plataforma estaría confinado a una delgada franja espacial. En contraste, en la región central costera del país, donde la plataforma continental es bastante estrecha con grandes profundidades en sectores bastante cercanos

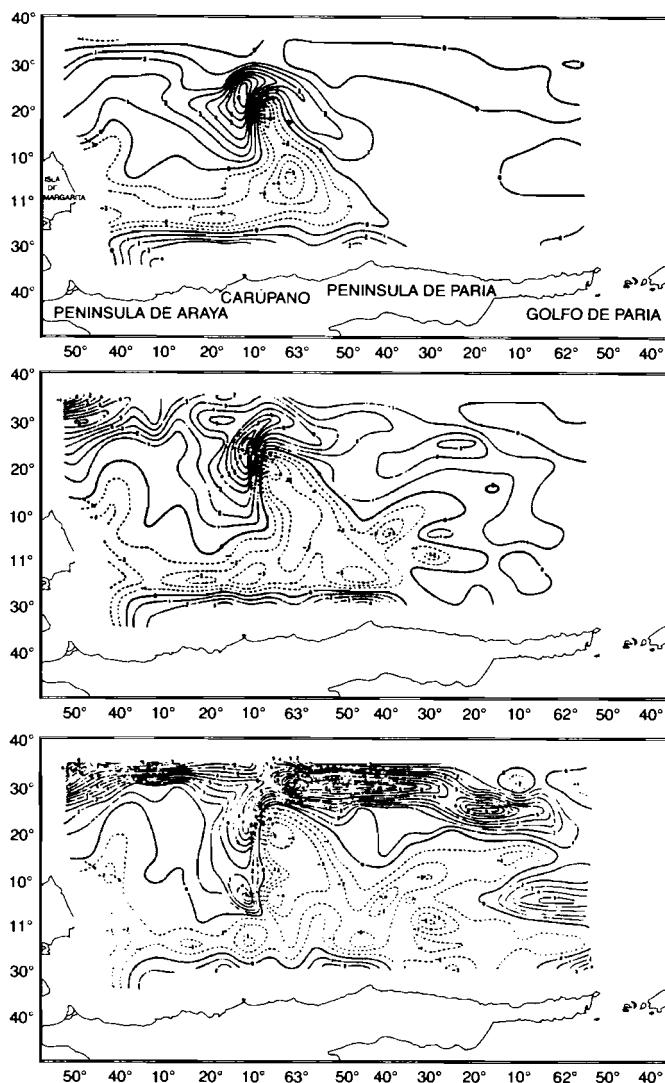


Figura 18

Modelación de las isolíneas de divergencia de la velocidad horizontal de flujo marino para la región bajo estudio, para diferentes velocidades del viento (tomado de Herrera y Febres, 1975) : a- velocidad del viento  $8 \text{ m s}^{-1}$ ; b- velocidad del viento  $12 \text{ m s}^{-1}$ ; c- velocidad del viento  $16 \text{ m s}^{-1}$ .

*Modelled isolines of marine flow horizontal velocity divergence for the study area (from Herrera and Febres, 1975) : a- wind speed  $8 \text{ m s}^{-1}$ ; b- wind speed  $12 \text{ m s}^{-1}$ ; c- wind speed  $16 \text{ m s}^{-1}$ .*

a la línea de costa, el Radio de Deformación de Rossby presentará valores más altos y en consecuencia las implicaciones biológicas de la surgencia costera se harían sentir sobre un área de mayor extensión meridional.

Como evidencias experimentales de este fenómeno, podría invocarse la variabilidad zonal detectada en el color de las aguas superficiales analizadas a través de imágenes vía satélite (Müller-Karger y Varela, 1990), confirmadas por mediciones *in situ* de la concentración de pigmentos superficiales a lo largo del margen costero referido -valores medios anuales en el sector oriental del país casi tres veces mayores a los del sector central- reportada por Müller-Karger y Aparicio (1994).

Esta zona de divergencia costera permanece virtualmente inalterada para vientos con intensidades entre 8 y 14 m s<sup>-1</sup> y muestra mayores intensidades en la región comprendida entre el Morro de Chacopata y Carúpano (Fig. 18a y b).

Puede notarse, en general, que la zona presenta una marcada señal estacional en toda la fenomenología concerniente a las condiciones de la atmósfera inferior y de la oceanografía del estrato superficial del mar costero, inequívocamente inducida por la migración temporal de la ZCIT, la cual se hace más fácilmente detectable al observar la evolución temporal del campo de vientos. La tabla 3 resume la influencia de la migración estacional de la ZCIT de los vientos alisios sobre los procesos físicos que condicionan los aspectos hidrodinámicos de la región del margen Sur-oriental del Mar Caribe.

PROCESOS FISICOS	PERIODOS DE CONDICIONES EXTREMAS	
	Febrero-marzo-abril	Sept-oct-nov
Condiciones de la atmósfera inferior :		
– intensidad eólica	Máximo	Mínimo
– precipitaciones	Mínimo	Máximo
– evaporación	Máximo	Mínimo
– temperatura	Mínimo	Máximo
Condiciones del mar superficial :		
– temperatura	Mínimo	Máximo
– nivel relativo medio del mar	Mínimo	Máximo
– altura del oleaje	Máximo	Mínimo
– influencia del Orinoco en la salinidad	Mínimo	Máximo
– estabilidad de la columna de agua intrusión de aguas Atlánticas a través de la corriente de Guayana	Mínimo	Máximo
	Máximo	Mínimo

■ Tabla 3

Influencia de la migración estacional de la ZCIT sobre las condiciones climatológicas oceanográficas de la región nororiental de Venezuela.

*Influence of seasonal ITCZ migration on climatological and oceanographic conditions of Northeastern Venezuela.*

## ■ Algunos aspectos de la hidrodinámica regional de relevancia en el ciclo vital de *Sardinella aurita*

Considerando la estabilidad,  $E$ , como medida de la estratificación de las masas de agua, el análisis de la variabilidad espacial y temporal de este parámetro ayuda a estimar la importancia de la descarga fluvial del río Orinoco en la oceanografía costera regional. La figura 10 indica que los máximos valores de  $N$  aparecen confinados al sector más oriental de la Península de Paria y la región de Trinidad, limitado meridionalmente por los 12°N. Por otro lado, en el estrato entre 50 y 200 M (Castañeda, 1989; figura no mostrada), los valores más altos de  $N$  ( $N > 8$  ciclos  $h^{-1}$ ) se encuentran distribuidos a lo largo de una lengua que se extiende en dirección noroeste hasta el meridiano 65°O, partiendo desde el noreste de Trinidad. La extensión meridional de esta lengua hace pensar en una continuidad más allá de los 15°N, límite geográfico del área estudiada. A pesar de las limitaciones en la cobertura espacio-temporal, la forma y orientación de esta extensa zona de alta estabilidad sugiere que esta puede ser explicada en términos de la descarga de los grandes ríos suramericanos.

Tomando en cuenta el efecto dinámico de la rotación de la Tierra sobre la inyección estacional de grandes volúmenes de agua de baja salinidad (provenientes del Río Orinoco) a la sección Sur-oriental del Mar Caribe, a través del estrecho de Boca de Dragones entre Trinidad y la Península de Paria en Venezuela, es fácil explicar una trayectoria del flujo más superficial como la descrita en el párrafo anterior, es decir, orientada en sentido Noroeste.

Como resultado de este fenómeno emerge la existencia de una de las propiedades dinámicas fundamentales de la zona con implicaciones en las pesquerías regionales: la ocurrencia estacional de un frente halino controlado por la descarga fluvial del Río Orinoco. El contorno más occidental de este frente se localizaría alrededor de los 63°O en las cercanías del litoral y se extendería claramente

hasta el límite meridional de los 12°N siguiendo una orientación hacia el Noroeste y ocupando una zona cuya topografía revela profundidades no mayores a 200 metros (Varela *et al.*, este volumen).

Evidencias en favor de este enunciado pueden encontrarse en el análisis del color de las aguas superficiales de la región, obtenido a través de imágenes del Coastal Zone Color Scanner (CZCS) de alta resolución espacial, realizado por Müller-Karger y Varela (1990), y en el análisis de la variación del nivel medio relativo del mar a partir de registros obtenidos mediante el uso de sensores standard (mareógrafos de tambor) instalados en Carúpano (sector Nororiental, Latitud 10°40'N, Longitud 63°14'O) y La Guaira (sector central, Latitud 10°36'N, Longitud 66°59'O), dos localidades separadas 432 kilómetros a lo largo de la línea de costa de interés.

En este último aspecto, Verstraete (1988) reportó haber detectado una alta coherencia para los ciclos estacionales y el patrón de anomalías en ambas estaciones, usando registros recaudados durante el periodo 1967–1975. Por otro lado, Müller-Karger y Aparicio (1994) reportaron una significativa correlación cruzada de 0,82 para datos del nivel del mar recaudados el mismo día en ambas localidades, usando información correspondiente al periodo 1979–1981. Ambos reportes permiten establecer la similitud existente en los registros obtenidos en estas estaciones, lo que indica que la señal estacional proveniente de la descarga del Río Orinoco no alcanza a ser registrada por el sensor del nivel del mar ubicado en Carúpano y evidenciando que esta descarga concentra su acción hasta un límite espacial indudablemente localizado al Este de Carúpano.

Al examinar la información proveniente del sector pesquero, encontramos que los intentos históricos por identificar espacialmente las áreas de desove para *Sardinella aurita* en escala regional (López, 1972) conducen a establecer como zonas efectivas de desove las costas noreste y sur de la Isla de Margarita, los alrededores de la Isla de Cubagua y Coche, y la zona peninsular del estado Sucre comprendida entre los 62°40'O y 65°20'O. Áreas de menor importancia son las costas de Santa Fé, los alrededores del Archipiélago de Los Testigos y la parte norte del Golfo de Paria. Todo esto indica que las áreas significativas de desove de la sardina en la región aparecen al oeste del frente halino inducido por la inyección estacional de aguas proveniente del río Orinoco.

Además, una gran extensión de las áreas significativas de desove coincide con una de las tres áreas de divergencia del campo horizontal de velocidad superficial existente en la región: la estrecha banda costera extendiéndose hacia el oeste, paralelamente a la línea de costa a lo largo del valle marino de Carúpano (Fig. 17). La razón de esta coincidencia luce obvia por cuanto esta delgada franja costera se presenta como una zona de prolongada surgencia costera inducida por el viento.

La identificación del área noreste de la Isla de Margarita como zona de intensivo desove para la sardina está probablemente asociada a la ocurrencia de notables concentraciones de pigmentos en las aguas superficiales. Estos muestran una clara señal estacional, puesto que las concentraciones son siempre mayores durante la primera parte del año (Müller-Karger y Varela, 1990; Müller-Karger y Aparicio, 1994).

Por otro lado, se observa que el desove en el norte del área de interés no presenta una evidente dispersión hacia el oeste, por lo que deben existir ciertos mecanismos de retención que puedan explicar la permanencia de huevos y larvas en la zona. Aunque la existencia de una contracorriente -orientada hacia el Este- de origen geoestrófico, claramente detectada en los primeros metros de profundidad según los registros directos de corrientes referenciados en este estudio, podrían ayudar a explicar el asunto, no debe ignorarse la posibilidad de atribuir ésto a la resuspensión de organismos del plancton. En este ultimo sentido, existen reportes bien documentados (Smetacek, 1985; Sambrotto *et al.*, 1986) que establecen la importancia de este factor en áreas de plataforma continental ancha y somera presentando la ocurrencia del fenómeno de surgencia costera.

## ■ Referencias

- APARICIO-CASTRO, R. 1986 — *Upwelling along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea: Physical characterization, variability and regional implications*. Master Thesis. Oceanography Department. Florida Institute of Technology. USA, 183 p.
- APARICIO-CASTRO, R., 1993 — *Meteorological and oceanographic conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea, 1951–1986*. En: Maul, G. (ed.) *Climatic Change in the Intra-American Sea*. Edward Arnold, Publisher, London: 100–114.
- APARICIO-CASTRO, R. 1994 — *Estudio Hidrodinámico y Meteorológico de la Costa de José como Apoyo al Proyecto Terminal de Embarque de Orimulsión*. Informe Técnico presentado a BITOR, PDVSA. 298 p.
- BAKUN, A., ROY, C. y CURY, Ph. 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.
- BALDA, F. A., 1974 — Ideas sobre la paleogeografía y paleología del Oriente y Occidente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13 (1–2): 87–106.
- 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.
- 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.
- FRÉON, P. y MENDOZA, J. (este volumen) — Síntesis del grupo de trabajo sobre la biología, explotación y aspectos ambientales de la sardina *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela.
- FUKUOKA, J., 1962 — Características de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 22 (63): 192–205.
- 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.
- GADE, H. G. 1961 — On some oceanographic observations in the south-eastern Caribbean Sea and the adjacent Atlantic Ocean with special reference to the influence of the Orinoco River. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 1 (2): 287–342.
- GINÉS, Hno. 1972 — *Carta pesquera de Venezuela*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Mon. 16, 328 p. + cartas.
- GORDON, A., 1967 — Circulation of

- the Caribbean Sea. *Jour. Geophys. Res.* 72 (24): 6207–6223.
- 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.
- KJERFVE, B., 1981 — Tides of the Caribbean Sea. *J. Geophys. Res.*, 86: 4243–4247.
- LJOEN, R. y HERRERA, L. 1965 — Some oceanographic conditions of the coastal waters of Eastern Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Cumaná*. 4 (1): 7–50.
- LÓPEZ, H., 1972 — *Distribución y abundancia estimada de huevos de la sardina (Sardinella anchovia) en la región oriental de Venezuela, 1968–1969*. Inf. Tec. No. 46, M.A.C., Caracas, 26 p.
- MICHAELOV, V. S., MELISHKO, V. P. y SCHVEVELEVA, G. I. 1969 — Estimation of the tides and tidal currents in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Trudy. Geos. Oceanogr. Inst.*, 96: 146–173.
- MOOERS, C. y ALLEN, J. S. 1973 — *Final report of the coastal upwelling ecosystems analysis summer 1973 theoretical workshop*. School of Oceanography, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 137 p.
- MÜLLER-KARGER, F. y APARICIO-CASTRO, R. 1994 — Mesoscale processes affecting phytoplankton abundance in the Southern Caribbean Sea. *Continental Shelf Research* 14 (2–3): 199–221 p.
- MÜLLER-KARGER, F., McLAIN, C. M., FISHER, T. R., ESAIAS, W. E. y VARELA R., 1989 — Pigment distribution in the Caribbean Sea: observations from space. *Prog. Oceanogr.* 23: 23–64.
- MÜLLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1990 — Infljo del Río Orinoco en el Mar Caribe: Observaciones con el CZCS desde el espacio. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 49–50 (131–134): 361–390.
- 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.
- OKUDA, T., GAMBOA, B. y GARCÍA, A. 1969 — Seasonal variation of hidrographic conditions in the Cariaco Trench. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente*. 8(1–2): 21–27
- 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.
- SAMBROTT, 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 south-east Bering Sea middle shelf. *Continental Shelf Research*, 5: 161–198.
- VARELA, R., CARVAJAL, F. y Frank MÜLLER-KARGER (este volumen) — El fitoplancton de la región nororiental de Venezuela.
- SMETACEK, V. 1985 — Role of sinking in diatom life-history cycles: Ecological, evolutionary, and geological significance. *Marine Biology*, 84: 239–251.
- 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*, Volume 4: 33–47.



# Índices de surgencia costera inducida por el viento para la región nororiental de Venezuela

**Rubén Aparicio Castro**

Oceanógrafo físico

**Rommel Contreras**

Estudiante

## ■ Introducción

La necesidad de cuantificar la influencia que los procesos físicos ejercen sobre el ambiente marino en el que se desarrolla la dinámica de poblaciones pesqueras de pequeños pelágicos de gran interés comercial para la región costera Nororiental de Venezuela, ha conducido a buscar los mecanismos esenciales del enriquecimiento del área y a identificar la surgencia costera como mecanismo esencial (Curl, 1960; Simpson, 1963; Simpson y Griffiths, 1967). Hoy en día, después del trabajo pionero de Bakun (1973), se considera que el transporte costa-fuera de Ekman es un óptimo indicador de la intensidad de la surgencia costera inducida por el viento (Sharp y Csirke, 1983; Larrañeta y Wyatt, 1989; Kawasaki *et al.* 1991; Payne *et al.*, 1992).

Una vez establecida la premisa de considerar el campo de vientos imperantes en la zona como mecanismo forjador de la surgencia y, en consecuencia, como parámetro de entrada en un cálculo numérico destinado a producir índices cuantitativos de la variabilidad temporal y espacial de este fenómeno, en este estudio se presenta una

discusión acerca de la generación de índices cuantitativos del proceso dinámico de la surgencia. Luego se continua con una revisión de la bibliografía respectiva, para después exponer la formulación en la que descansa la producción de los índices reportados en este trabajo.

### *Índices de surgencia : previos reportes en otras áreas*

La generación de índices cuantitativos de surgencia costera se ha visto influenciada marcadamente por la naturaleza de los mecanismos generadores del proceso.

Bakun (1973) trató el problema para la costa oeste de Norte América, región en la que el campo de vientos es el responsable de la surgencia costera observada. Los índices son generados a partir de una estimación del esfuerzo cortante del viento (wind stress) sobre la superficie del mar en localidades cercanas a la costa. A partir de tales estimaciones, el autor calcula el transporte de Ekman, y finalmente presenta la magnitud del componente costa-fuera de este parámetro como una indicación de la cantidad de agua, que desplazándose verticalmente desde el fondo del estrato de Ekman, reemplaza el agua superficial transportada mar afuera por la acción del viento. Así, en la región costera de los estados norteamericanos de Oregón y California, el dato básico de entrada a sus estimaciones numéricas es el campo local de vientos. Sin embargo, al notar que durante el periodo examinado (1964-1971) la distribución de las observaciones del viento en la región costera del Pacífico Nororiental no presentaba señales de homogeneidad espacial ni temporal, se aprovechó la relación existente para latitudes medias entre el campo de vientos y el campo de presión atmosférica para incrementar la cobertura espacial con datos de presión atmosférica. Finalmente, en la generación de sus índices mensuales, Bakun (op. cit.) utilizó vientos derivados del campo regional de presión atmosférica (vientos geostróficos) para el cálculo del transporte de Ekman.

Houghton y Mensah (1978), quienes trabajaron sobre el régimen de surgencia estacional observado en las costas de Ghana, en la región del Golfo de Guinea, no encontraron correlación entre los eventos de surgencia costera y el campo de vientos superficiales observado

desde estaciones meteorológicas locales ubicadas sobre el margen costero del continente. Por lo tanto, estimaron índices de surgencia costera usando registros directos de la temperatura superficial del agua. Para ello, consideraron como unidad arbitraria de intensidad del fenómeno el área cubierta por la curva de la temperatura observada y una recta interceptando el valor  $T = 24^{\circ}\text{C}$ , al cual consideraron un valor límite para separar la ocurrencia estacional del proceso de surgencia observado durante cada año. Más recientemente, índices del transporte de Ekman y de turbulencia inducida por el viento, en escala mensual, usando como dato de entrada registros de vientos obtenidos en localidades costeras de Perú, fueron reportadas por Mendo *et al.* (1987) y Bakun y Mendelsohn (1989), y en las costas occidentales de África por Cury y Roy (1991).

### *Campo local de vientos como parámetro para la generación de índices regionales*

Todos los reportes sobre la ocurrencia de surgencia costera en el margen Sur-Oriental del Mar Caribe invariablemente presentan al régimen imperante de vientos como el mecanismo responsable de este fenómeno.

Esto se ha fundamentado en la existencia de correlaciones negativas cualitativamente establecidas entre series de tiempo del componente paralelo a la costa del esfuerzo cortante del viento y de la temperatura del agua costera más superficial. Según Herrera y Febres (1975), estas correlaciones representan a nivel mensual una excelente comprobación del origen anemogénico del proceso por lo que recomiendan la posible evaluación del estado de la surgencia regional mediante el análisis de registros eólicos, lo cual podría conducir al diseño de modelos predictivos de fácil aplicación. Por otro lado, Aparicio (1986) encontró altamente significativa estadísticamente la probabilidad de que los parámetros transporte costa-fuera de Ekman y temperatura del mar costero superficial fuesen negativamente correlacionados linealmente, en dos localidades (La Guaira y Cumaná) del contorno costero de Venezuela.

Con relación a las variaciones temporales de la surgencia costera, el análisis a largo plazo del patrón local del esfuerzo cortante del viento a escala regional evidencia la existencia de una marcada per-

sistencia direccional, lo cual refleja el predominio de los vientos alisios del Este, implicando favorables condiciones durante todo el año para la ocurrencia de surgencia costera en la zona. La notable estacionalidad observada en la magnitud del campo de vientos, tal como ha sido descrita por Aparicio (este volumen), se refleja en las variaciones de la fortaleza del régimen de surgencia costera. Estas variaciones se manifiestan físicamente por el enfriamiento de las aguas superficiales, y presentan una etapa de alta intensidad correspondiente al trimestre febrero-marzo-abril (periodo de máximos vientos), y otra de mínima intensidad correspondiente al trimestre agosto – septiembre – octubre (periodo de mínimos valores en la actividad eólica).

En cuanto a las variaciones espaciales del fenómeno en la zona, éstas no han podido ser bien establecidas debido básicamente a la no existencia de un adecuado programa de monitoreo ambiental a largo plazo y en forma continua, así como de parámetros claves tales como temperatura del agua superficial.

A la hora de seleccionar el parámetro de entrada en un mecanismo numérico que libere como producto final un índice cuantitativo de la ocurrencia de surgencia costera en el margen Sur-Oriental del Mar Caribe, es necesario comparar las características del sistema de monitoreo de los dos parámetros claves que intervienen en el problema, bajo la relación causa-efecto; es decir, el campo local de vientos (causa) y el régimen de temperatura en el estrato más superficial del mar costero (efecto). Históricamente, en Venezuela, la detección de ambos parámetros se ha hecho desde tierra.

En el caso del campo de vientos, éste se ha registrado desde 1950 en estaciones meteorológicas costeras operadas por el Servicio de Meteorología de las Fuerzas Aéreas de Venezuela (SMFAV) como representante nacional de la World Meteorological Organization (WMO), bajo los standard de medición dictados por esta organización. Otras entidades venezolanas participando, a escala nacional, en esta recaudación de datos son la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Armada, la cual opera algunas estaciones meteorológicas sobre la extensa región insular del país, y la dirección de Hidrología y Meteorología (DHM) del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), con varias estaciones climatológicas sobre la región costera. Este conjunto de entidades, operando estaciones meteorológicas emplazadas sobre la región costero-insular del país,

garantizan continuidad en el monitoreo del régimen local de vientos a escala nacional. Sin embargo, no parece existir ninguna posibilidad en el futuro inmediato de conseguir registros eólicos continuos directamente sobre el mar en el área de interés, salvo a través de los buques de oportunidad, pero probablemente con una débil cobertura espacio-temporal.

Con respecto al régimen de temperatura superficial del mar costero de Venezuela, sólo se cuenta con información histórica recaudada por la División de Geodesia del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional (SAGECAN) del MARNR. Esta entidad opera la red de sensores del nivel relativo medio del mar en Venezuela desde 1945 y, en cada una de sus estaciones, recauda a nivel diario una lectura de la temperatura y densidad del agua más superficial, siguiendo las normativas dictadas por The United States Coast and Geodetic Survey. Lamentablemente, este proceso de mediciones ha sido interrumpido en la mayoría de las estaciones y, hoy en día, sólo en la localidad de La Guaira, sobre el sector central de la costa venezolana, se continua la recaudación diaria de la temperatura superficial del “agua de playa”.

En conclusión, una pobre cobertura espacial y una deficiente continuidad en los registros, así como una baja calidad del dato obtenido, prohíben que la temperatura superficial del “agua de playa” pueda ser considerada un parámetro de entrada a la hora de intentar cuantificar la ocurrencia de surgencia costera en el margen costero Nororiental de Venezuela.

Ante esta situación, no hay más alternativa que considerar el campo local de vientos como parámetro de entrada en la determinación de índices numéricos de la surgencia costera en la región que nos interesa.

## I Materiales y Métodos

De acuerdo a lo establecido en la sección anterior, los índices numéricos de la intensidad del proceso de surgencia costera inducida por el viento para la región Sur-Oriental del Mar Caribe, serán generados a través del cálculo del transporte superficial costa-fuera

de Ekman, para lo que se usará como parámetro de entrada el campo local de vientos detectado mediante estaciones climatológicas estándar ubicadas sobre el margen costero de interés.

La ecuación básica para calcular el transporte superficial de Ekman ( $E$ ) está dada por:

$$\vec{E} = \frac{1}{f} (\vec{\tau} \wedge \hat{k}) \quad (1)$$

donde:

$\vec{\tau}$  : vector esfuerzo cortante del viento superficial,

$\hat{k}$  : vector unitario dirigido verticalmente hacia la superficie del mar,

$f$  : Parámetro de Coriolis :

$$f = 2 \Omega \operatorname{sen} \varnothing$$

siendo :

$\Omega$  : velocidad angular de rotación de la tierra =  $7.66 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,

$\varnothing$  : latitud.

Resolviendo vectorialmente la ecuación (1), el transporte superficial costa-fuera de Ekman  $E_y$ , es decir el componente de  $E$  orientado meridionalmente, está dado por :

$$E_y = \frac{1}{f} \tau_x \quad (2)$$

siendo:

$\tau_x$  : componente zonal del esfuerzo cortante del viento superficial.

Para calcular  $\tau_x$  se toma en cuenta la ecuación :

$$\vec{\tau} = \rho_a C_D | \vec{V}_s | \vec{V}_s \quad (3)$$

donde:

$\rho_a$  : densidad del aire

$C_D$  : coeficiente de dragado

$\vec{V}_s$  : vector viento superficial.

La estimación numérica del esfuerzo cortante del viento según la ecuación (3) presenta cierto rango de incertidumbre, la cual está asociada al valor del parámetro coeficiente de dragado  $C_D$ . Este

coeficiente es una función de la velocidad del viento y de la estabilidad estática del aire.

La dependencia de  $C_D$  con la velocidad del viento ha despertado cierta polémica. Históricamente, la mayoría de los cálculos realizados con propósitos oceanográficos ha hecho uso de una función escalera de  $C_D$  con respecto a la intensidad del viento. Desde 1980, sin embargo, un conjunto de estudios (Smith, 1981; Large y Pond, 1981; Wu, 1982; Hsu, 1986) ha demostrado que el incremento de  $C_D$  con la velocidad del viento no es tan abrupto. Los resultados de Large y Pond (1981), en particular, fueron basados en el más extenso sistema de observaciones hechos en mar abierto. Estos investigadores concluyeron en que  $C_D$ , a una altura de referencia de 10 m sobre el nivel del mar y bajo condiciones de estabilidad neutral de la columna de aire suprayacente, es independiente de la estabilidad del aire y sufre un incremento con la velocidad del viento cuando éste es mayor de  $11 \text{ m s}^{-1}$ . Este resultado puede ser resumido en la siguiente ecuación:

$$10^3 C_{DN} = \begin{cases} 1,2 & ; 4 \leq U_{10} \leq 11 \\ 0,49 + 0,065 U_{10} & ; 11 \leq U_{10} \leq 25 \end{cases} \quad (4)$$

donde:

$C_{DN}$  : coeficiente de dragado en condiciones neutrales de la estabilidad del Aire,

$U_{10}$  : velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ) medida a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar.

En este trabajo se usará la ecuación (4) para la estimación numérica dada por la ecuación (3).

De esta manera, la formulación numérica para calcular los valores de  $\tau_x$ , a ser usados luego en la generación de los valores de  $E_Y$ , los cuales a su vez serán utilizados como índices de la intensidad de surgencia costera en nuestra zona de estudio, viene dada por:

$$\tau_x = \begin{cases} 0,00122 * 1,2 * 10^{-3} |\vec{V}_s| V_x & ; 4 \leq |\vec{V}_s| \leq 11 \\ 0,00122 * (0,49 + 0,0065 |\vec{V}_s|) * 10^{-3} |\vec{V}_s| V_x & ; 11 \leq |\vec{V}_s| \leq 25 \end{cases} \quad (5)$$

donde hemos asumido que la magnitud del viento ha sido detectada

a 10 m de altura, por lo que hemos reemplazado  $U_{10}$ , establecido en la ecuación (4), por  $|\vec{V}_s|$ , magnitud de la velocidad del viento superficial, tal como es recaudada en las estaciones meteorológicas costeras consideradas.

## ■ Resultados

Los valores medios mensuales del componente zonal del viento,  $V_x$ , (a lo largo de la costa y orientado de este a oeste) recaudados en las estaciones meteorológicas que aparecen señaladas en la figura 1, son entonces usados, mediante la ecuación (5), para generar series de tiempo del componente meridional del transporte superficial de Ekman,  $E_Y$ .

Los valores medios mensuales de  $E_Y$  así generados son considerados conceptualmente, en nuestra aproximación, como índices de surgencia costera inducida por el viento (*ISCIV*) para la región Nororiental de Venezuela.

En el Anexo I, por cada localidad considerada, se presenta la información tabulada de todos los índices previamente mencionados.

Las series de tiempo que muestran los valores mensuales de los índices de surgencia costera inducida por el viento y sus anomalías para la localidad de Cumaná (Fig. 2), reflejan la gran regularidad con que se presenta la alternabilidad estacional de la intensidad de los vientos alisios predominantes durante todo el año (máximos durante el bimestre marzo-abril y mínimos durante el bimestre septiembre-octubre). Además, se aprecia en la figura una clara tendencia al decrecimiento a largo plazo y una apreciable variabilidad interanual durante los primeros años de la década de los 70, resultando muy notable el debilitamiento del campo zonal de vientos registrados en esta localidad durante un periodo de 16 meses consecutivos, entre abril de 1971 y julio de 1972. Este debilitamiento genera una fuerte anomalía negativa de *ISCIV* (Fig. 2) que no aparece en la serie de  $|\vec{V}_s|$ , pues resulta esencialmente de un cambio en la dirección prevaleciente del viento del Este-Sureste al Norte-Noreste (Fig. 3).

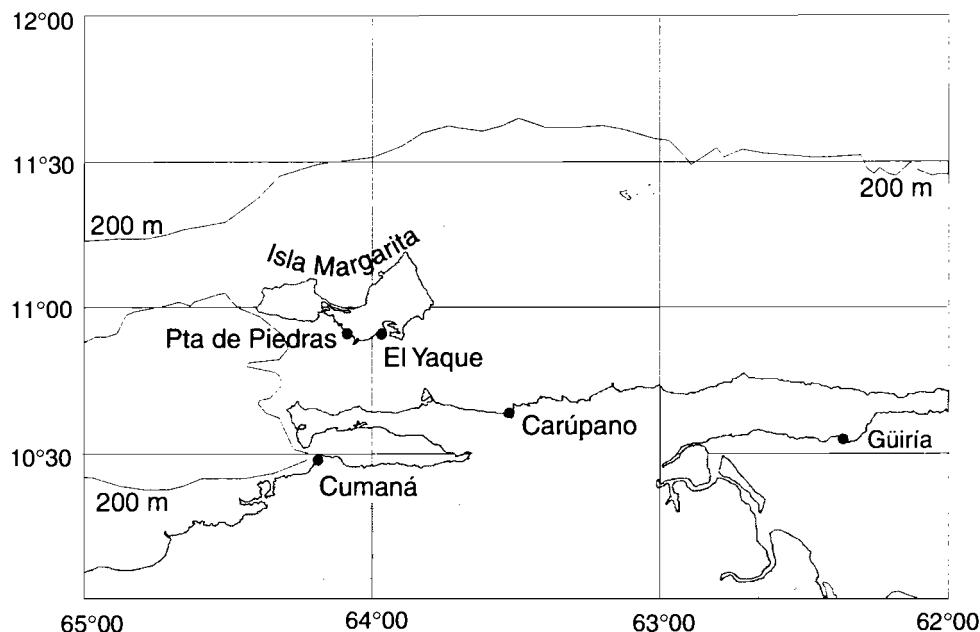


Figura 1

Localización relativa de las estaciones meteorológicas costeras (Cumaná, Edo. Sucre y El Yaque, Edo. Nueva Esparta) utilizadas en este estudio.

*Relative location of coastal meteorological stations (Cumaná, Sucre State and El Yaque, Nueva Esparta State) used in this study.*

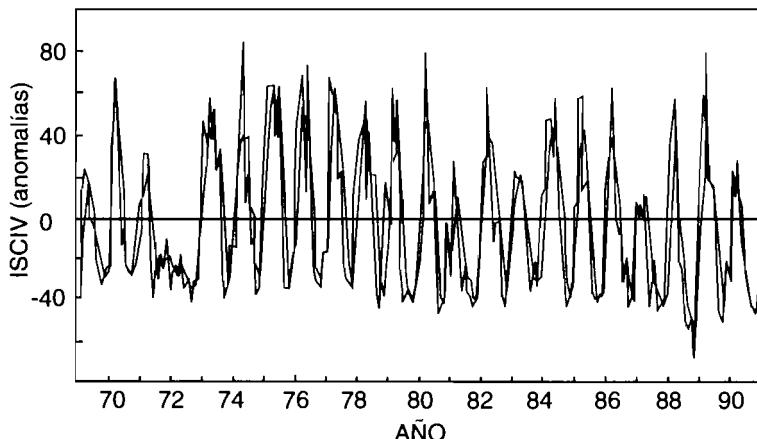


Figura 2

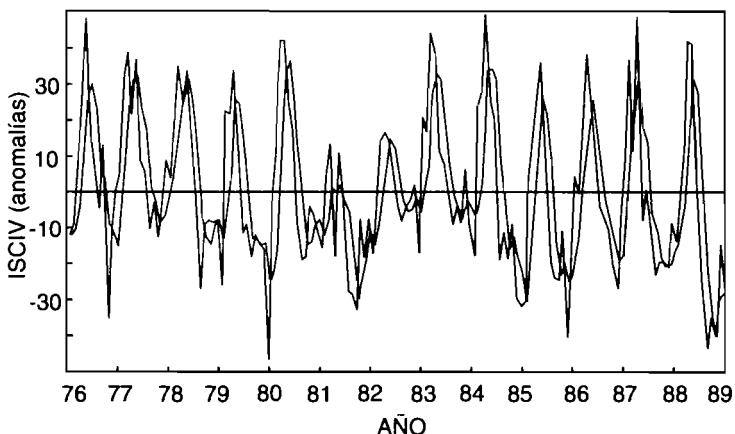
Serie de tiempo de las anomalías mensuales de los ISCIV para la localidad de Cumaná.

*Time series of wind induced coastal upwelling index monthly anomalies at Cumaná.*

Figura 3

Serie de tiempo de las anomalías mensuales de los ISCV para la localidad de El Yaque.

*Time series of wind induced coastal upwelling index monthly anomalies at El Yaque.*



La figura 4, para la localidad de El Yaque, revela también una accentuada regularidad en la alternabilidad de la ocurrencia de valores máximos y mínimos estacionales del *ISCV*, destacándose la anomalía negativa presente durante el extenso intervalo que va desde mediados de 1980 hasta finales de 1982. Al contrario del caso de la estación de Cumaná, la dirección promedio mensual de los vientos recaudados en la estación de El Yaque aparece sorprendentemente estable. No se aparta de los 90°, salvo de  $\pm 22^\circ$  en los años 1977, 1982 y 1986, lo que explica que las variaciones del *ISCV* están relacionadas esencialmente a la variabilidad de  $|\vec{V}_s|$  (Anexo 1; Tabla 2). Además, se evidencia muy débilmente la señal de decaimiento a largo plazo, visiblemente detectada para la localidad de Cumaná.

Estas diferencias de variabilidad interanual entre dos estaciones relativamente cercanas (50 km) se puede interpretar de distintas maneras. O bien las diferencias reflejan cambios espaciales reales en el campo de viento en la superficie del mar, o bien se debe atribuir a cambios a micro-escala, esencialmente ligados a la situación costera de las estaciones, o bien el método de estimación del promedio mensual de la dirección prevaleciente se hace de una manera imprecisa. Esta última posibilidad se ve reforzada por el cambio en el patrón de variabilidad de los datos direccionales de la estación de Cumaná a partir de 1988 (Fig. 4).

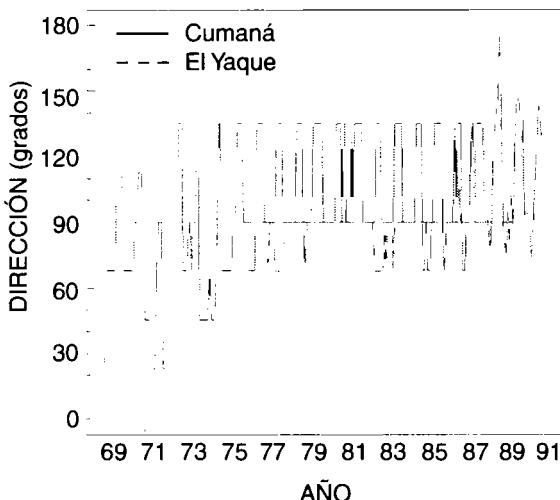


Figura 4

Serie de tiempo de la dirección promedio mensual de los vientos prevalecientes para las localidades de Cumaná y El Yaque, de enero de 1969 a noviembre de 1990 y de enero de 1976 a junio de 1989, respectivamente.

*Time series of the mean dominant wind direction at Cumaná and El Yaque, from January 1969 to November 1990 and from January 1976 to June 1989 respectively.*

## ■ Discusión

Considerando las bases teóricas asumidas en este estudio, la cuantificación de eventos de surgencia costera inducida por el viento, se encuentra limitada debido principalmente a la dependencia latitudinal de la escala temporal necesaria para el pleno desarrollo de un transporte de Ekman.

A partir del medio día pendular correspondiente a los polos, la escala temporal referida se incrementa con la latitud hasta alcanzar un día completo a  $30^{\circ}$  de latitud, aproximándose a tres (3) días a una latitud cercana a los  $10^{\circ}$  y haciéndose infinita en el Ecuador.

¿Significa esto que eventos de vientos en una escala temporal más corta al tiempo de desarrollo del transporte de Ekman en regiones cercanas al Ecuador, pueden ser de extrema importancia en el transporte de agua superficial anemogénicamente inducido?

En favor de esto último, puede citarse el estudio realizado por McCreary *et al.* (1989) de los efectos de intensos vientos (del orden de 20 m/s) dirigidos costa afuera, con una duración variable entre 3 y 10 días, sobre aguas costeras del Pacífico abarcando los Golfo de Tehuantepec y Papagayo, en la región sur de México y de Centro América, ubicados latitudinalmente entre  $10$  y  $15^{\circ}$  de latitud. El estudio ha evidenciado que mientras ocurren estos eventos eólicos (específicamente, durante el Invierno cuando se forman sistemas de

alta presión en el Golfo de México) una corriente ageostrófica dirigida costa afuera induce en aquellas aguas una apreciable surgencia costera con una marcada disminución del nivel del mar (del orden de los 20 cm) y de la temperatura superficial del mar (del orden de los 10°C).

Especificamente en nuestro caso, estando ubicada la zona de estudio a una latitud aproximada de 10°N resultaría de gran interés examinar el posible efecto de la ocurrencia de vientos meridionales orientados costa afuera y de cierta intensidad, en una escala temporal menor a tres días de duración, sobre el transporte local de agua superficial.

Sin embargo, la permanente ausencia de un gradiente de presión apreciable entre la sección norte del sector oriental del Mar Caribe y su sección sur (costa nororiental de Venezuela) implica la relativa inexistencia de eventos eólicos meridionales en nuestra región de estudio, similares a los analizados por McCreary *et al.* (1989) en la zona del istmo centro americano. Esto a su vez, es confirmado por la marcada persistencia direccional de los vientos locales – una de las principales características del sistema de vientos en la zona – ya mencionada en la parte introductoria de este trabajo.

En consecuencia, aunque no se presenta aquí un análisis del efecto local de los vientos meridionales costa afuera de corta duración, puede señalarse que es mínima la incidencia de estos vientos sobre el transporte de agua superficial en la región y en consecuencia sobre la surgencia costera local.

Los índices presentados en este estudio, debe enfatizarse, no reflejan surgencia costera producida por eventos eólicos que puedan ocurrir por debajo de nuestro límite de resolución temporal, es decir, de la escala mensual.

## Conclusión

Los índices mensuales de surgencia costera aquí presentados pueden ser aplicados en los estudios de variabilidad dinámica del margen costero Sur-Oriental del Mar Caribe, tanto en el ámbito de

la oceanografía como de la climatología regional. Las contradicciones aparentes entre índices procedentes de distintas estaciones costeras debería ser investigada a partir del análisis de datos físicos (temperatura), químicos (nutrientes) o biológicos (productividad primaria o secundaria) antes de ser incorporados al análisis de dinámica de poblaciones pesqueras de interés comercial para la zona, tal como es el caso de *Sardinella aurita*.

## ■ Referencias

- APARICIO-CASTRO, R. 1986 — *Upwelling along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea: physical characterization, variability and regional implications*. Master Thesis. Oceanography Department. Florida Institute of Technology. USA: 183 p.
- APARICIO-CASTRO, R. (este volumen) — Revisión de las características oceanográficas de la plataforma Nororiental de Venezuela.
- BAKUN, A. 1973 — *Coastal Upwelling Indices, West coast of North America, 1946–71* NOAA Technical Report NMFS SSRF, 67, 103 p.
- BAKUN, A. y MENDELSSOHN, R. 1989 — Alongshore Wind Stress, 1953–1984: Correction, Reconciliation and Update through 1986. In Pauly D., P. Muck, J. Mendo y I. Tsukayama (Eds.) *The Peruvian upwelling ecosystem: Dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings* 18: 77–81.
- CURL, H. 1960 — Primary production measurements in the north coastal waters of South America. *Deep-Sea Res.*, 7: 183–189.
- CURY, P. y ROY, C. (Eds), 1991 — *Pêcheries Ouest-Africaines: variabilité, instabilité et changements*. Paris, Orstom: 525 p.
- 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.
- HOUGHTON, R. y MENSAH, M. 1978 — *Physical Aspects and Biological Consequences of Ghanaian Coastal Upwelling*. In Boje R. y M. Tomczac (Eds.) *Upwelling Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin: 167–180.
- HSU, S. A. 1986 — A mechanism for the increase of wind stress (drag) coefficient with speed over water surfaces: A parametric model. *J. Phys. Oceanogr.*, 16: 144–150.
- KAWASAKI, T., TANAKA, S., TOBA, Y. and TANIGUCHI, A. (Eds), 1991 — *Long-term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment*. Pergamon Press, 402 p.
- LARRAÑETA, M. G. and WYATT, T. (Eds). 1989 — *International Symposium on long term changes in marine fish*

- populations, Vigo (Spain)* Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 554 p.
- LARGE, W. y POND, S. 1981 — Open Ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds. *J. Phys. Oceanogr.*, 11: 324–336.
- MCCREARY, J., LEE, H. y ENFIELD, D. 1989 — The response of the coastal ocean to strong offshore winds: With application to circulations in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo. *J. Mar. Research.*, 47: 81–109.
- MENDO, J., PIZARRO, L. y CASTILLO, S. 1987. Monthly turbulence and Ekman transport indexes, 1953–1985, based on local wind records from Trujillo and Callao, Perú. In Pauly, D. y I. Tsukayama (Eds.) *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change*. ICLARM Studies and Reviews, 15, 351 p.
- PAYNE, A. I. L., BRINK, K., MANN, H. y HILBORN, R. (Eds.), 1992 — Benguela Trophic Functioning. *S. Afr. J. mar. Sci.* 12: 1108.
- SIMPSON, J. G. 1963 — *Report to the Venezuelan government on the development of the Marine Fisheries Research Program*. FAO. EPTA Report 1606: 61 p.
- SIMPSON, J. G. y GRIFFITHS, R. C. 1967 — *Los recursos pesqueros de Venezuela y su explotación*. Ministerio de Agric. Cría. Rec. Expl. Pesq. 1 (5): 175–189.
- SHARP, G. D. y CSIRKE, J. 1983 — Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fisheries Report 291(1–3): 1224.
- SMITH, R. L. 1981 — A comparison of the structure and variability of the flow field in three coastal upwelling regions: Oregon, Northwest Africa and Peru. In Richards F. (Ed.) *Coastal Upwelling*, American Geophysical Union, Washington D.C.: 107–118.
- WU, J. 1982 — Wind stress coefficients over sea surface from breeze to hurricanes. *J. Geophysical Research*, 87 (C12): 974–9706.

## Anexo

### Tablas de índices de surgencia costera inducida por el viento y datos de entrada

#### *Appendix*

#### *Tables of wind induced coastal upwelling indexes and input data*

$ \bar{V} $	: media mensual de la magnitud de la velocidad del viento $ V $ $\text{m s}^{-1}$ . <i>mean monthly wind speed <math> V  \text{ m s}^{-1}</math>.</i>
$\phi$	: media mensual de la dirección del viento (grados). <i>mean monthly wind direction (degrees).</i>
$V_x$	: componente zonal del viento $\text{m s}^{-1}$ . <i>alongshore wind component <math>\text{m s}^{-1}</math>.</i>
$\tau_x$	: esfuerzo zonal cortante del viento en unidades de Pascal ( $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ). <i>wind stress in Pascal units (<math>\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}</math>).</i>
$E_y$	: transporte meridional de Ekman en unidades de Pascal. <i>offshore Ekman transport in Pascal units.</i>
<i>ISCIV</i>	: índices numéricos de surgencia costera inducida por el viento, transporte en $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ por 100 m de línea de costa. $ISCIV = E_y/1,025$ , donde 1,025 $\text{g cm}^{-3}$ es la densidad del agua de mar considerada promedio para la zona. <i>wind induced coastal upwelling indexes, transport in <math>\text{m}^3 \text{ s}^{-1}</math> per 100 m of coastline. <math>ISCIV = E_y/1,025</math>, where 1,025 <math>\text{g cm}^{-3}</math> is the mean sea water density in the area.</i>
<i>ANOM</i>	: anomalías de los <i>ISCIV</i> (desviaciones de los valores mensuales con respecto al valor promedio de toda la serie). <i>wind induced coastal upwelling index anomalies (monthly value deviations from series mean).</i>

AÑO	MES	$ V $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$E_y$	$ISCI\text{V}$
69	1	4,0	23	1,56	0,01	344,08	33,57
69	2	4,1	68	3,80	0,02	857,81	83,69
69	3	4,4	68	4,08	0,03	987,94	96,38
69	4	4,3	68	3,99	0,03	943,54	92,05
69	5	3,8	68	3,52	0,02	736,87	71,89
69	6	3,7	68	3,43	0,02	698,60	68,16
69	7	3,5	68	3,25	0,02	625,12	60,99
69	8	3,0	113	2,76	0,01	455,96	44,48
69	9	2,8	113	2,58	0,01	397,19	38,75
69	10	2,9	113	2,67	0,01	426,07	41,57
69	11	3,1	113	2,85	0,01	486,87	47,50
69	12	3,1	68	2,87	0,01	490,40	47,84
70	1	4,5	68	4,17	0,03	1.033,36	100,82
70	2	5,0	68	4,64	0,03	1.275,75	124,46
70	3	5,3	68	4,91	0,04	1.433,43	139,85
70	4	5,1	68	4,73	0,04	1.327,29	129,49
70	5	3,4	68	3,15	0,02	589,91	57,55
70	6	3,7	68	3,43	0,02	698,60	68,16
70	7	3,0	90	3,00	0,01	495,34	48,33
70	8	2,9	90	2,90	0,01	462,87	45,16
70	9	3,0	113	2,76	0,01	455,96	44,48
70	10	3,1	113	2,85	0,01	486,87	47,50
70	11	3,4	113	3,13	0,02	585,66	57,14
70	12	4,0	68	3,71	0,02	816,48	79,66
71	1	4,6	45	3,25	0,02	823,49	80,34
71	2	5,2	45	3,68	0,03	1.052,33	102,67
71	3	5,2	45	3,68	0,03	1.052,33	102,67
71	4	4,4	45	3,11	0,02	753,44	73,51
71	5	4,0	23	1,56	0,01	344,08	33,57
71	6	5,2	23	2,03	0,02	581,49	56,73
71	7	4,4	23	1,72	0,01	416,33	40,62
71	8	3,3	68	3,06	0,01	555,72	54,22
71	9	2,9	90	2,90	0,01	462,87	45,16
71	10	3,1	90	3,10	0,01	528,91	51,60
71	11	3,4	90	3,40	0,02	636,23	62,07
71	12	4,1	23	1,60	0,01	361,50	35,27
72	1	4,7	23	1,84	0,01	475,04	46,35
72	2	4,8	23	1,88	0,01	495,47	48,34
72	3	4,5	23	1,76	0,01	435,47	42,49
72	4	5,1	23	1,99	0,01	559,34	54,57
72	5	4,4	23	1,72	0,01	416,33	40,62
72	6	4,2	23	1,64	0,01	379,35	37,01
72	7	4,5	23	1,76	0,01	435,47	42,49
72	8	3,8	23	1,48	0,01	310,53	30,30
72	9	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
72	10	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
72	11	3,6	135	2,55	0,01	504,37	49,21
72	12	4,2	68	3,89	0,02	900,17	87,82
73	1	4,9	68	4,54	0,03	1.225,23	119,53

■ Tabla 1

Estación meteorológica de Cumaná : Lat. 10°26'N; Long. 66°59'W.

Cumaná meteorological station: Lat. 10°26'N; Long. 66°59'W.

Tabla 1 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$E_y$	$ISCIV$
73	2	4,6	68	4,27	0,03	1.079,79	105,35
73	3	4,9	90	4,90	0,04	1.321,45	128,92
73	4	4,5	90	4,50	0,03	1.114,51	108,73
73	5	5,0	68	4,64	0,03	1.275,75	124,46
73	6	4,2	90	4,20	0,03	970,86	94,72
73	7	4,4	90	4,40	0,03	1.065,53	103,95
73	8	3,4	135	2,40	0,01	449,89	43,89
73	9	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
73	10	3,2	45	2,26	0,01	398,51	38,88
73	11	3,9	45	2,76	0,02	591,93	57,75
73	12	3,9	45	2,76	0,02	591,93	57,75
74	1	4,7	45	3,32	0,02	859,69	83,87
74	2	4,9	45	3,46	0,02	934,41	91,16
74	3	4,9	45	3,46	0,02	934,41	91,16
74	4	5,6	68	5,19	0,04	1.600,30	156,13
74	5	4,5	45	3,18	0,02	788,08	76,89
74	6	5,1	45	3,61	0,03	1.012,24	98,76
74	7	3,9	45	2,76	0,02	591,93	57,75
74	8	3,5	68	3,25	0,02	625,12	60,99
74	9	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
74	10	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
74	11	3,4	68	3,15	0,02	589,91	57,55
74	12	4,4	68	4,08	0,03	987,94	96,38
75	1	4,9	68	4,54	0,03	1.225,23	119,53
75	2	5,2	68	4,82	0,04	1.379,85	134,62
75	3	5,2	68	4,82	0,04	1.379,85	134,62
75	4	5,2	68	4,82	0,04	1.379,85	134,62
75	5	4,7	68	4,36	0,03	1.127,25	109,98
75	6	5,0	90	5,00	0,04	1.375,94	134,24
75	7	3,9	90	3,90	0,02	837,12	81,67
75	8	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
75	9	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
75	10	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
75	11	3,6	135	2,55	0,01	504,37	49,21
75	12	3,3	90	3,30	0,02	599,36	58A7
76	1	4,6	90	4,60	0,03	1.164,60	113,62
76	2	4,8	90	4,80	0,03	1.268,07	123,71
76	3	5,3	68	4,91	0,04	1.433,43	139,85
76	4	4,1	68	3,80	0,02	857,81	83,69
76	5	5,4	68	5,01	0,04	1.488,03	145,17
76	6	4,4	68	4,08	0,03	987,94	96,38
76	7	3,6	68	3,34	0,02	661,35	64,52
76	8	3,4	135	2,40	0,01	449,89	43,89
76	9	3,2	135	2,26	0,01	398,51	38,88
76	10	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
76	11	3,8	135	2,69	0,01	561,97	54,83
76	12	3,8	135	2,69	0,01	561,97	54,83
77	1	4,3	90	4,30	0,03	1.017,65	99,28
77	2	5,1	90	5,10	0,04	1.431,53	139,66
77	3	5,0	68	4,64	0,03	1.275,75	124,46
77	4	5,0	90	5,00	0,04	1.375,94	134,24
77	5	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26

Tabla 1 – Contínua

AÑO	MES	$ V $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$Ey$	$ISCI/V$
77	6	4,2	90	4,20	0,03	970,86	94,72
77	7	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26
77	8	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
77	9	3,2	135	2,26	0,01	398,51	38,88
77	10	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
77	11	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
77	12	4,3	90	4,30	0,03	1.017,65	99,28
78	1	4,5	90	4,50	0,03	1.114,51	108,73
78	2	4,6	90	4,60	0,03	1.164,60	113,62
78	3	4,9	90	4,90	0,04	1.321,45	128,92
78	4	3,8	90	3,80	0,02	794,74	77,54
78	5	4,6	90	4,60	0,03	1.164,60	113,62
78	6	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
78	7	3,8	90	3,80	0,02	794,74	77,54
78	8	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
78	9	2,6	135	1,94	0,01	263,08	25,67
78	10	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
78	11	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
78	12	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26
79	1	3,7	68	3,43	0,02	698,60	68,16
79	2	5,0	90	5,00	0,04	1.375,94	134,24
79	3	4,5	90	4,50	0,03	1.114,51	108,73
79	4	4,9	90	4,90	0,04	1.321,45	128,92
79	5	3,5	90	3,50	0,02	674,21	65,78
79	6	2,8	135	1,98	0,01	305,11	29,77
79	7	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
79	8	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
79	9	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
79	10	2,8	135	1,98	0,01	305,11	29,77
79	11	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
79	12	3,2	90	3,20	0,01	563,58	54,98
80	1	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
80	2	4,4	90	4,40	0,03	1.065,53	103,95
80	3	5,3	90	5,30	0,04	1.546,01	150,83
80	4	4,4	90	4,40	0,03	1.065,53	103,95
80	5	3,8	90	3,80	0,02	794,74	77,54
80	6	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
80	7	2,9	90	2,90	0,01	462,87	45,16
80	8	2,5	135	1,77	0,01	243,23	23,73
80	9	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68
80	10	3,1	35	2,19	0,01	374,00	36,49
80	11	3,6	90	3,60	0,02	713,29	69,59
80	12	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
81	1	3,7	135	2,62	0,01	532,78	51,98
81	2	4,3	90	4,30	0,03	1.017,65	99,28
81	3	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26
81	4	3,3	90	3,30	0,02	599,36	58,47
81	5	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
81	6	3,3	90	3,30	0,02	599,36	58,47
81	7	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
81	8	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
81	9	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68

Tabla 1 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$Ey$	$ISCIV$
81	10	2,8	135	1,98	0,01	305,11	29,77
81	11	3,2	135	2,26	0,01	398,51	38,88
81	12	3,3	90	3,30	0,02	599,36	58,47
82	1	4,3	90	4,30	0,03	1.017,65	99,28
82	2	4,3	90	4,30	0,03	1.017,65	99,28
82	3	5,0	90	5,00	0,04	1.375,94	134,24
82	4	4,2	90	4,20	0,03	970,86	94,72
82	5	3,3	90	3,30	0,02	599,36	58,47
82	6	3,6	90	3,60	0,02	713,29	69,59
82	7	3,6	90	3,60	0,02	713,29	69,59
82	8	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
82	9	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68
82	10	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
82	11	3,4	90	3,40	0,02	636,23	62,07
82	12	3,7	90	3,70	0,02	753,46	73,51
83	1	4,2	90	4,20	0,03	970,86	94,72
83	2	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26
83	3	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26
83	4	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
83	5	3,5	90	3,50	0,02	674,21	6538
83	6	3,3	90	3,30	0,02	599,36	58,47
83	7	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
83	8	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
83	9	3,6	135	2,55	0,01	504,37	49,21
83	10	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
83	11	3,4	135	2,40	0,01	449,89	43,89
83	12	3,9	90	3,90	0,02	837,12	81,67
84	1	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
84	2	4,7	90	4,70	0,03	1.215,78	118,61
84	3	4,7	90	4,70	0,03	1.215,78	118,61
84	4	4,3	90	4,30	0,03	1.017,65	99,28
84	5	4,9	90	4,90	0,04	1.321,45	128,92
84	6	4A	90	4,10	0,02	925,18	90,26
84	7	3,4	90	3,40	0,02	636,23	62,07
84	8	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
84	9	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68
84	10	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
84	11	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
84	12	3,9	68	3,62	0,02	776,17	75,72
85	1	4,0	68	3,71	0,02	816,48	79,66
85	2	4,9	90	4,90	0,04	1.321,45	128,92
85	3	5,1	68	4,73	0,04	1.327,29	129,49
85	4	4,1	68	3,80	0,02	857,81	83,69
85	5	4,1	90	4,10	0,02	925,18	90,26
85	6	3,8	90	3,80	0,02	794,74	77,54
85	7	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
85	8	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
85	9	2,8	135	1,98	0,01	305,11	29,77
85	10	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
85	11	3,0	135	2,12	0,01	350,26	34,17
85	12	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
86	1	4,4	68	4,08	0,03	987,94	96,38

Tabla 1 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$E_y$	$ISCI\text{V}$
86	2	4,4	90	4,40	0,03	1.065,53	103,95
86	3	5,0	90	5,00	0,04	1.375,94	134,24
86	4	3,7	90	3,70	0,02	753,46	73,51
86	5	3,4	90	3,40	0,02	636,23	62,07
86	6	3,6	90	3,60	0,02	713,29	69,59
86	7	3,2	135	2,26	0,01	398,51	38,88
86	8	3A	90	3,10	0,01	528,91	51,60
86	9	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68
86	10	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
86	11	2,8	135	1,98	0,01	305,11	29,77
86	12	4,0	68	3,71	0,02	816,48	79,66
87	1	3,8	68	3,52	0,02	736,87	71,89
87	2	3,9	90	3,90	0,02	837,12	81,67
87	3	3,6	90	3,60	0,02	713,29	69,59
87	4	4,0	90	4,00	0,02	880,60	85,91
87	5	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68
87	6	3,1	135	2,19	0,01	374,00	36,49
87	7	3,1	90	3,10	0,01	528,91	51,60
87	8	2,6	135	1,84	0,01	263,08	25,67
87	9	2,7	135	1,91	0,01	283,71	27,68
87	10	2,8	135	1,98	0,01	305,11	29,77
87	11	2,9	135	2,05	0,01	327,30	31,93
87	12	3,3	135	2,33	0,01	423,81	41,35
88	1	4,4	93	4,39	0,03	1.064,07	103,81
88	2	4,6	91	4,60	0,03	1.164,42	113,60
88	3	4,9	91	4,90	0,04	1.321,25	128,90
88	4	4,0	79	3,93	0,02	864,42	84,33
88	5	3,1	80	3,05	0,01	520,88	50,82
88	6	3,1	115	2,81	0,01	479,36	46,77
88	7	2,3	129	1,79	0,01	226,27	22,07
88	8	2,2	141	1,38	0,00	167,64	16,36
88	9	2,8	147	1,52	0,01	235,01	22,93
88	10	2,3	175	0,20	0,00	25,38	2,48
88	11	3,0	14	1,93	0,01	318,40	31,06
88	12	3,5	91	3,50	0,02	674,11	65,77
89	1	4,1	78	4,01	0,02	904,96	88,29
89	2	4,6	76	4,46	0,03	1.130,00	110,24
89	3	5,3	95	5,28	0,04	1.540,12	150,26
89	4	4,1	82	4,06	0,02	916,18	89,38
89	5	4,1	103	3,99	0,02	901,47	87,95
89	6	4	89	4,00	0,02	880,47	85,90
89	7	3,1	121	2,66	0,01	453,37	44,23
89	8	2,7	144	1,59	0,01	235,83	23,01
89	9	2,6	147	1,42	0,01	202,64	19,77
89	10	2,6	138	1,74	0,01	248,95	24,29
89	11	3,2	114	2,92	0,01	514,86	50,23
89	12	3,2	137	2,18	0,01	384,36	37,50
90	1	4,2	93	4,19	0,03	969,53	94,59
90	2	3,9	94	3,89	0,02	835,08	81,47
90	3	4,3	94	4,29	0,03	1.015,17	99,04
90	4	3,6	88	3,60	0,02	712,85	69,55
90	5	3,2	74	3,08	0,01	541,75	52,85

Tabla 1 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$Ey$	$ISCI/V$
90	6	2,9	86	2,89	0,01	461,74	45,05
90	7	2,7	113	2,49	0,01	369,33	36,03
90	8	2,5	124	2,07	0,01	285,18	27,82
90	9	2,9	144	1,70	0,01	272,07	26,54
90	10	2,7	140	1,74	0,01	257,90	25,16
90	11	2,9	129	2,25	0,01	359,71	35,09
90	12	—	—	—	—	—	—

AÑO	MES	$ V $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$Ey$	$ISCI/V$
76	1	6,2	90,0	6,19	0,056	2.112,2	206,07
76	2	6,4	90,0	6,39	0,060	2.246,9	219,21
76	3	7,3	90,0	7,28	0,078	2.915,6	284,45
76	4	8,0	90,0	7,97	0,093	3.498,5	341,32
76	5	9,0	90,0	9,00	0,119	4.458,8	435,00
76	6	7,7	90,0	7,72	0,087	3.282,6	320,25
76	7	7,1	90,0	7,06	0,073	2.740,3	267,34
76	8	6,6	90,0	6,61	0,064	2.405,9	234,72
76	9	7,5	90,0	7,50	0,082	3.096,4	302,08
76	10	4,7	90,0	4,69	0,032	1.213,1	118,35
76	11	6,3	90,0	6,25	0,057	2.150,3	209,78
76	12	6,9	90,0	6,89	0,069	2.612,3	254,86
77	1	7,4	67,5	6,83	0,074	2.776,5	270,88
77	2	8,7	67,5	8,03	0,102	3.844,4	375,06
77	3	9,0	67,5	8,29	0,109	4.094,0	399,41
77	4	8,2	67,5	7,57	0,091	3.414,9	333,17
77	5	8,9	67,5	8,21	0,107	4.018,3	392,03
77	6	7,6	67,5	7,01	0,078	2.924,6	285,33
77	7	7,1	90,0	7,14	0,075	2.805,4	273,69
77	8	6,3	90,0	6,28	0,058	2.169,4	211,65
77	9	6,7	90,0	6,69	0,066	2.466,9	240,68
77	10	6,2	90,0	6,17	0,056	2.093,3	204,22
77	11	6,7	90,0	6,67	0,065	2.446,5	238,68
77	12	7,3	90,0	7,31	0,078	2.937,9	286,62
78	1	7,0	90,0	7,03	0,072	2.718,7	265,24
78	2	7,8	90,0	7,83	0,090	3.377,7	329,53
78	3	8,5	90,0	8,47	0,105	3.951,2	385,48
78	4	8,0	90,0	8,03	0,094	3.547,5	346,10
78	5	8,4	90,0	8,42	0,104	3.899,5	380,44
78	6	7,5	90,0	7,50	0,082	3.096,4	302,08
78	7	6,7	90,0	6,72	0,066	2.487,5	242,68
78	8	5,3	90,0	5,28	0,041	1.533,3	149,59
78	9	6,4	90,0	6,36	0,059	2.227,4	217,31
78	10	6,4	90,0	6,42	0,060	2.266,5	221,12
78	11	6,4	90,0	6,39	0,060	2.246,9	219,21
78	12	6,5	90,0	6,47	0,061	2.305,9	224,96
79	1	5,3	90,0	5,33	0,042	1.565,8	152,76
79	2	7,9	90,0	7,92	0,092	3.450,0	336,58
79	3	7,9	90,0	7,89	0,091	3.425,8	334,22
79	4	8,4	90,0	8,42	0,104	3.899,5	380,44
79	5	7,7	90,0	7,67	0,086	3.235,5	315,66
79	6	6,2	90,0	6,22	0,057	2.131,2	207,92
79	7	6,4	90,0	6,36	0,059	2.227,4	217,31
79	8	5,8	90,0	5,83	0,050	1.873,1	182,74
79	9	6,2	90,0	6,19	0,056	2.112,2	206,07
79	10	6,1	90,0	6,06	0,054	2.018,5	196,93
79	11	6,0	90,0	5,97	0,052	1.963,4	191,55
79	12	3,7	90,0	3,72	0,020	762,7	74,41

■ Tabla 2

Estación meteorológica de Punta de Piedras; Lat. 10°36'N; Long. 66°59'W.

Punta de Piedras meteorological station: Lat. 10°36'N; Long. 66°59'W.

Tabla 2 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$E_y$	$ISCI/V$
80	1	6,7	90,0	6,67	0,065	2.446,5	238,68
80	2	7,2	90,0	7,22	0,076	2.871,2	280,12
80	3	8,8	90,0	8,75	0,112	4.214,5	411,17
80	4	8,8	90,0	8,75	0,112	4.214,5	411,17
80	5	8,1	90,0	8,06	0,095	3.572,1	348,49
80	6	7,6	90,0	7,64	0,085	3.212,1	313,38
80	7	6,5	90,0	6,50	0,062	2.325,7	226,90
80	8	5,8	90,0	5,78	0,049	1.837,6	179,28
80	9	5,8	90,0	5,83	0,050	1.873,1	182,74
80	10	6,6	90,0	6,64	0,065	2.426,2	236,70
80	11	6,5	90,0	6,50	0,062	2.325,7	226,90
80	12	6,2	90,0	6,17	0,056	2.093,3	204,22
81	1	6,0	90,0	5,97	0,052	1.963,4	191,55
81	2	7,1	90,0	7,14	0,075	2.805,4	273,69
81	3	7,5	90,0	7,50	0,082	3.096,4	302,08
81	4	5,8	90,0	5,83	0,050	1.873,1	182,74
81	5	7,4	90,0	7,39	0,080	3.005,3	293,20
81	6	6,8	90,0	6,83	0,068	2.570,4	250,77
81	7	5,2	90,0	5,22	0,040	1.501,2	146,46
81	8	5,2	90,0	5,17	0,039	1.469,4	143,36
81	9	4,9	90,0	4,86	0,035	1.300,8	126,90
81	10	6,4	90,0	6,44	0,061	2.286,1	223,04
81	11	5,8	90,0	5,81	0,049	1.855,3	181,01
81	12	6,4	90,0	6,44	0,061	2.286,1	223,04
82	1	6,1	67,5	5,65	0,051	1.899,3	185,29
82	2	6,9	67,5	6,37	0,064	2.413,5	235,46
82	3	7,8	67,5	7,24	0,083	3.120,6	304,45
82	4	7,9	67,5	7,34	0,085	3.209,8	313,15
82	5	7,8	67,5	7,24	0,083	3.120,6	304,45
82	6	7,4	67,5	6,83	0,074	2.776,5	270,88
82	7	6,6	90,0	6,61	0,064	2.405,9	234,72
82	8	6,7	67,5	6,16	0,060	2.260,3	220,51
82	9	6,6	90,0	6,64	0,065	2.426,2	236,70
82	10	6,7	90,0	6,72	0,066	2.487,5	242,68
82	11	6,9	90,0	6,95	0,071	2.654,6	258,99
82	12	6,1	67,5	5,65	0,051	1.899,3	185,29
83	1	7,8	90,0	7,83	0,090	3.377,7	329,53
83	2	7,6	90,0	7,64	0,085	3.212,1	313,38
83	3	8,8	90,0	8,83	0,114	4.295,1	419,04
83	4	8,6	90,0	8,61	0,109	4.081,8	398,22
83	5	7,4	90,0	7,42	0,081	3.027,9	295,41
83	6	7,2	90,0	7,22	0,076	2.871,2	280,12
83	7	6,8	90,0	6,78	0,067	2.528,7	246,71
83	8	6,3	90,0	6,33	0,059	2.208,0	215,41
83	9	6,6	90,0	6,64	0,065	2.426,2	236,70
83	10	6,4	90,0	6,36	0,059	2.227,4	217,31
83	11	7,2	90,0	7,17	0,075	2.827,2	275,83
83	12	6,3	90,0	6,31	0,058	2.188,6	213,53
84	1	5,8	90,0	5,83	0,050	1.873,1	182,74
84	2	7,9	90,0	7,95	0,092	3.474,2	338,95
84	3	8,2	90,0	8,17	0,098	3.671,3	358,17
84	4	9,0	90,0	9,03	0,119	4.486,3	437,69

Tabla 2 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$E_y$	$ISCI\text{V}$
84	5	8,0	90,0	8,03	0,094	3.547,5	346,10
84	6	7,8	90,0	7,81	0,089	3.353,8	327,20
84	7	5,8	90,0	5,78	0,049	1.837,6	179,28
84	8	6,2	90,0	6,22	0,057	2.131,2	207,92
84	9	5,8	90,0	5,78	0,049	1.837,6	179,28
84	10	6,4	90,0	6,36	0,059	2.227,4	217,31
84	11	5,1	90,0	5,08	0,038	1.422,4	138,77
84	12	4,9	90,0	4,92	0,035	1.330,7	129,82
85	1	5,0	90,0	5,03	0,037	1.391,5	135,76
85	2	7,0	90,0	7,00	0,072	2.697,3	263,15
85	3	7,7	90,0	7,67	0,086	3.235,5	315,66
85	4	8,0	90,0	8,03	0,094	3.547,5	346,10
85	5	8,5	90,0	8,50	0,106	3.977,1	388,01
85	6	7,1	90,0	7,06	0,073	2.740,3	267,34
85	7	5,7	90,0	5,72	0,048	1.802,4	175,85
85	8	5,4	90,0	5,44	0,043	1.631,7	159,19
85	9	5,4	90,0	5,42	0,043	1.615,1	157,57
85	10	6,3	90,0	6,25	0,057	2.150,3	209,78
85	11	4,3	90,0	4,25	0,026	994,3	97,00
85	12	5,9	90,0	5,86	0,050	1.891,0	184,49
86	1	7,1	90,0	7,06	0,073	2.740,3	267,34
86	2	6,8	90,0	6,81	0,068	2.549,5	248,73
86	3	7,6	90,0	7,56	0,084	3.142,4	306,58
86	4	8,9	112,5	8,26	0,108	4.068,7	396,94
86	5	8,0	90,0	8,00	0,094	3.523,0	343,70
86	6	7,1	90,0	7,14	0,075	2.805,4	273,69
86	7	6,6	90,0	6,58	0,063	2.385,7	232,75
86	8	6,4	90,0	6,42	0,060	2.266,5	221,12
86	9	6,3	90,0	6,25	0,057	2.150,3	209,78
86	10	5,7	90,0	5,69	0,047	1.785,0	174,14
86	11	5,3	90,0	5,25	0,040	1.517,2	148,02
86	12	6,5	90,0	6,50	0,062	2.325,7	226,90
87	1	7,0	90,0	7,00	0,072	2.697,3	263,15
87	2	8,5	90,0	8,53	0,106	4.003,1	390,55
87	3	7,4	90,0	7,39	0,080	3.005,3	293,20
87	4	9,0	90,0	9,00	0,119	4.458,8	435,00
87	5	6,4	90,0	6,39	0,060	2.246,9	219,21
87	6	6,9	90,0	6,86	0,069	2.591,3	252,81
87	7	6,2	90,0	6,19	0,056	2.112,2	206,07
87	8	5,5	90,0	5,50	0,044	1.665,2	162,45
87	9	5,7	90,0	5,72	0,048	1.802,4	175,85
87	10	5,7	90,0	5,72	0,048	1.802,4	175,85
87	11	5,6	90,0	5,64	0,047	1.750,3	170,76
87	12	6,4	90,0	6,36	0,059	2.227,4	217,31
88	1	6,0	90,0	6,03	0,053	2.000,1	195,13
88	2	6,8	90,0	6,81	0,068	2.549,5	248,73
88	3	7,4	90,0	7,42	0,081	3.027,9	295,41
88	4	8,7	90,0	8,72	0,111	4.187,8	408,56
88	5	8,7	90,0	8,70	0,111	4.161,1	405,97
88	6	6,8	90,0	6,81	0,068	2.549,5	248,73
88	7	5,1	90,0	5,08	0,038	1.422,4	138,77
88	8	4,0	90,0	3,97	0,023	868,6	84,74

Tabla 2 – Contínua

AÑO	MES	$ \vec{V} $	$\emptyset$	$V_x$	$\tau_x$	$Ey$	$ISC/V$
88	9	4,7	90,0	4,69	0,032	1.213,1	118,35
88	10	4,3	90,0	4,25	0,026	994,3	97,00
88	11	6,0	90,0	6,03	0,053	2.000,1	195,13
88	12	5,1	90,0	5,11	0,038	1.438,0	140,29



# Comparación de datos de vientos costeros con vientos marítimos y temperatura superficial del mar en el nororiente de Venezuela

**Pierre Fréon**  
Ecólogo pesquero

**Ludovic Ans**  
Estudiante

## ■ Introducción

El sistema de vientos en la plataforma continental de Venezuela está gobernado por la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual tiene una estacionalidad bien marcada (Aparicio, este volumen). Entre noviembre y junio, la posición de la ZCIT, cerca del Ecuador, favorece el predominio de los vientos alisios de los sectores Este y Este-Noreste. Los estudios realizados en el oriente de Venezuela sobre régimen de vientos solamente usan datos de las estaciones meteorológicas costeras como fuente de datos (Trujillo, 1980; Herrera y Febres, 1975; Aparicio, 1993, entre otros). La única excepción es un estudio, a escala del mar Caribe, de concentración de pigmentos de clorofila a partir de datos de satélites en relación con datos de vientos obtenidos a partir de buques oceanográficos en 1977 (Müller-Karger *et al.*, 1989).

La representatividad de la situación del viento marítimo por medio de las estaciones costeras es siempre cuestionable, ya que diversos factores pueden sesgarla, tanto a nivel de la dirección como de la intensidad del viento (Bakun y Parrish, 1980). En el caso particular de la costa oriental de Venezuela, los cálculos de Índices de Surgencia Costera Inducida por el Viento (*ISCV*) utilizando las estaciones meteorológicas de Cumaná, Punta de Piedras y Carúpano, no indican una coincidencia muy buena a pesar de que las distancias entre estaciones es siempre menor de 100 km (Aparicio y Contreras, este volumen). Las discrepancias provienen tanto de diferencias en términos de intensidad del viento como de su dirección. En este volumen, Fréon *et al.* comparan datos anuales y estacionales de velocidad del viento en distintas estaciones del litoral venezolano, así como en estaciones de las islas ubicadas cerca o dentro de la plataforma del país. Sólo se encontraron algunas similitudes a nivel de las tendencias a largo plazo. Estos resultados tienen dos interpretaciones posibles: o bien existe realmente una variabilidad espacial en el régimen marítimo de los vientos a mediana escala, o bien los datos costeros no son representativos de las condiciones marítimas.

Con el objetivo de responder a esta interrogante, hemos estudiado los datos marítimos de buques de oportunidad en la plataforma continental de la parte oriental de Venezuela durante los últimos decenios. Estos datos de viento y temperatura superficial del mar (*TSM*) fueron tomados por distintos buques (esencialmente mercantes) durante sus viajes, y recopilados por distintas instituciones científicas. No se conoce estudios de largo plazo de este tipo en el Oriente de Venezuela. Solo Müller-Karger y Aparicio (1994) estudiaron variaciones de *TSM* y transporte en la zona durante el periodo 1979–1982.

## I Materiales y métodos

Los datos básicos de vientos de las estaciones meteorológicas costeras son idénticos a los analizados por Aparicio y Contreras, y Fréon *et al.* en este volumen, es decir: promedios mensuales de

velocidad y dirección en las estaciones de Cumaná, Punta de Piedras y El Yaque (ambas en la Isla de Margarita), Carúpano, Güiria, Tobago y Maiquetía. Todas las estaciones se ubican cerca de la costa, a una altura sobre el nivel del mar inferior a los 5 m, y la elevación del anemómetro con respecto al suelo es de 10 m. Sólo las cuatro primeras estaciones se encuentran ubicadas alrededor de la plataforma continental del área de estudio (Fig. 1). En el caso de los datos localizados en Punta de Piedras, se consiguió, para los años 1979–1980, datos horarios facilitados por la Fundación La Salle de Ciencias Naturales<sup>1</sup>, y analizados únicamente a nivel de promedios mensuales por Campo y Velásquez (1991).

Los datos de vientos marítimos y de temperatura superficial del mar proceden de dos archivos distintos, aunque utilizan la misma información básica (información de buques mercantes de oportunidad). Por lo tanto, la localización de dichos datos depende esencialmente de las rutas marítimas comerciales, tanto nacionales como internacionales. Por un lado, fue utilizado la base de datos COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) que agrupa en cinco CD-ROMs los datos mundiales desde 1854 hasta 1990 (Slutz *et al.*, 1985; Woodruff *et al.*, 1987; Mendelsohn y Roy, 1996). Sólo el período entre 1950–1990 fue utilizado en este estudio. Por otro lado, a partir de la base de datos NESDIS, se construyó un archivo de datos promediados por celdas de  $1^\circ \times 1^\circ$  usando un algoritmo que promedia los datos de 8 celdas vecinas a la celda central, por medio de una función “spline” (Da Silva *et al.*, 1994). En este caso el período de estudio es 1955–1989.

A partir de la base de datos COADS y del soporte lógico de Mendelsohn y Roy (1996) que permite promediar los datos por celdas de dimensiones múltiplos de  $1^\circ$ , fueron extraídos tres archivos agrupando datos de maneras distintas en función de la latitud para la información contenida entre  $62^\circ$  y  $65^\circ$  de longitud Oeste:

- **COADS-10-12** ( $10^\circ$ – $12^\circ$ N;  $62^\circ$ – $65^\circ$ W)
- **COADS-10-11** ( $10^\circ$ – $11^\circ$ N;  $62^\circ$ – $65^\circ$ W)
- **COADS-11-12** ( $11^\circ$ – $12^\circ$ N;  $62^\circ$ – $65^\circ$ W)

<sup>1</sup>Programa SIOCDE (Sistema de Información Oceanográfica de EDIMAR [Estación de Investigaciones Marinas de Margarita]) del Departamento de Oceanografía.

Como se puede apreciar en la figura 1, COADS-10-12 es la suma de los dos otros archivos, y sólo la zona de COADS-10-11 no sobrepasa los límites de la plataforma continental. Las variables

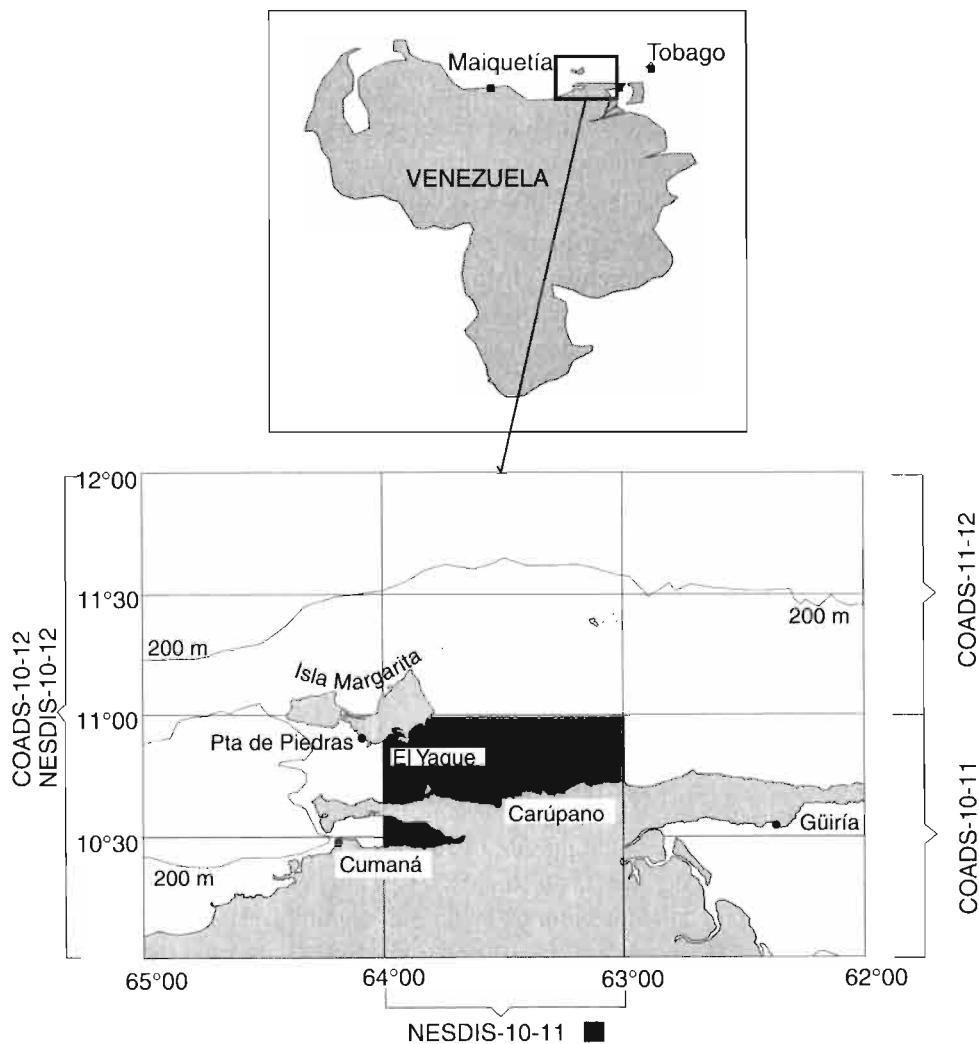


Figura 1

Localización de las siete estaciones meteorológicas costeras (incluyendo tres estaciones lejanas) y de las zonas correspondientes a los distintos archivos de datos de oportunidad.

*Location of the seven coastal meteorological stations (including three remote stations) and area corresponding to the various merchant ships data files.*

disponibles en los archivos fueron: temperatura superficial del mar (*TSM*), módulo de la velocidad del viento  $|V|$ , pseudo tensión zonal ( $P_x = V_x |V|$ ), tensión meridional ( $P_y = V_y |V|$ ) y presión atmosférica. Se estudiaron únicamente las dos primeras variables y la dirección del viento (a), recalculada a partir de  $V_x$  y de  $V_y$ . Se estudió también la relación entre *TSM* y  $P_x$ , dado que en la zona de estudio la tensión zonal es directamente proporcional al transporte de Ekman (mientras la velocidad del viento no sobrepase los  $11 \text{ m s}^{-1}$ ) por motivo de la orientación Este-Oeste de la línea de costa (Aparicio y Contreras, este volumen).

En el caso de los datos de vientos, se escogió la opción de procesar sólo las estimaciones a partir del estado de superficie del mar (escala de Beaufort) y de eliminar los datos obtenidos por anemómetros que sólo son abundantes en el último decenio. Esta opción permite eliminar los problemas de intercalibración entre los dos tipos de medición, y sobre todo evita introducir un sesgo en la tendencia de las series. Por este motivo algunos autores (Cardone *et al.*, 1990; Isemer y Hasse, 1991) suponen que parte de la tendencia general hacia el aumento de la velocidad del viento medida a bordo de buques mercantes, observada a nivel mundial, podría resultar del mayor número de observaciones obtenidas por anemómetros en años recientes.

Para eliminar los valores poco confiables se aplicó un filtro [C. Roy (com. pers.)], el cual consiste en eliminar los datos ubicados fuera del intervalo  $\pm 2,8$  s, donde s, representa la desviación estándar de todos los datos disponibles dentro una celda de  $2^\circ \times 2^\circ$  donde se ubica la zona escogida. Después de este filtrado, el número total de observaciones disponibles en el archivo COADS-10-12 en el período de tiempo 1950–1990 fue de 17.988 para los datos de vientos y de 15.905 para los datos de *TSM*, con promedios mensuales de 37 y 32 datos, respectivamente. El pico en el número de observaciones mensuales (hasta 175) de principios del año 1950, corresponde sin duda a una intensidad inusual de navegación, cuya razón histórica no fue investigada (Fig. 2a). En ambas series (viento y temperatura) se observa una clara tendencia decreciente en los últimos años en el número de datos, esencialmente debida al retraso en la actualización del archivo. En el sub-archivo COADS-10-11, solamente se encuentran 2.660 observaciones de temperatura y 1.786 de viento, con promedios mensuales de cinco y cuatro datos, respecti-

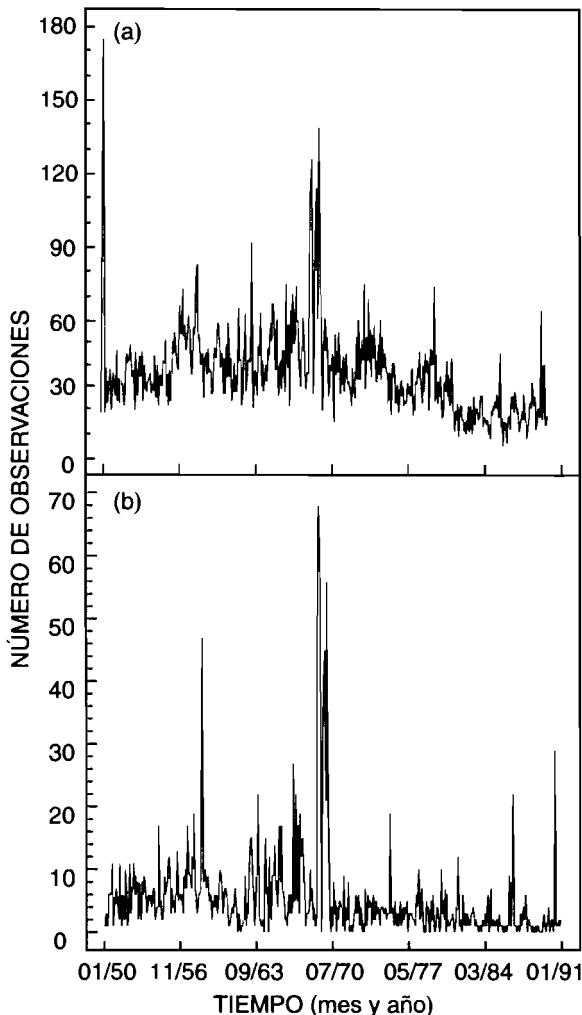
vamente (Fig. 2b). Por supuesto, los datos son más numerosos en el otro sub-archivo septentrional COADS-11-12 que, desafortunadamente, sobrepasa el límite de la plataforma continental.

A partir de la base de datos NESDIS nos fueron facilitados dos archivos (Servain, com. pers.):

-**NESDIS-10-12** ( $10^{\circ}$ – $12^{\circ}$ N;  $62^{\circ}$ – $65^{\circ}$ W), el cual abarca la misma zona que COADS-10-12,

■ Figura 2  
Series temporales mensuales  
del número de datos de  
temperatura de superficie del  
mar en los archivo COADS-10-12  
(a) y COADS-10-11 (b) (número  
de datos relativos al viento es  
en promedio 12% inferior al  
número de datos de  
temperatura).

*Monthly time series of the  
number of available sea surface  
temperature data in the  
COADS-10-12 (a) and  
COADS-10-11 (b) files. (the  
number of wind data is on  
average 12% lower than the  
number of temperature data).*



-NESDIS-10-11C ( $10^{\circ}$ – $11^{\circ}$ N;  $63^{\circ}$ – $64^{\circ}$ W), el cual está ubicado en la zona de mayor intensidad de surgencia costera, centrada sobre la longitud de Carúpano (Herrera y Febres, 1975).

En este último caso de una zona totalmente costera, es evidente que el algoritmo de la función “spline” ha usado esencialmente los seis cuadrados de COADS-10-12 (Fig. 1). De este modo se considera que los datos de NESDIS-10-11C son comparables con COADS-10-12 y, hasta un cierto nivel, con los datos de COADS-10-11. No se conoce para los archivos NESDIS el número de datos disponibles, tanto a nivel de los cuadrados estudiados como de los cuadrados vecinos usados por el algoritmo. No obstante, es cierto que el número de datos en NESDIS es superior al número en COADS, ya que en el primero no se eliminaron los datos correspondiente a mediciones por anemómetro. Sólo a nivel de los datos recientes pudieran presentarse diferencias en el grado de actualización de los diferentes archivos. Las variables disponibles en estos archivos fueron:  $T_{SM}$ , tensión zonal ( $T_x$ ), tensión meridional ( $T_y$ ) y las anomalías mensuales de estas tres variables sobre el periodo de observación. Hemos recalculado la dirección a y el módulo de la velocidad del viento ( $|V|$ ) de la manera siguiente. En primer lugar, a partir de  $T_x$  y  $T_y$  se estimaron las componentes zonal y meridional de la pseudo-tensión del viento ( $P_x$  y  $P_y$ ), considerando como constante  $\rho_a$  y  $C_D$  (Tabla 1). En segundo lugar, se estimaron las componentes zonal y meridional de la velocidad del viento ( $V_x$  y  $V_y$ ), a partir de las cuales se obtuvieron  $|V|$  y (a), según las fórmulas indicadas en la tabla 1.

Los métodos de análisis utilizados son convencionales: análisis de series cronológicas (gráficos estacionales, modelos ARIMA, correlaciones simples y cruzadas), modelos lineales y cálculo de coeficientes de correlación de Pearson. Los modelos ARIMA y lineales se usaron para una validación empírica de los datos. Con el objetivo de poder eliminar algunos valores de promedios mensuales, se estudió la distribución de los residuos de los modelos ARIMA (1,0,0;1,0,0) o (2,0,0;1,0,0) y de modelos lineales de la forma:

$$Y_{i,j} = a_i + b_j + \varepsilon_{i,j}$$

donde  $a_i$  es un coeficiente relativo del efecto año ( $i = 1950 \dots 1990$ ),  $b_j$  un coeficiente relativo del efecto mes ( $j = 1 \dots 12$ ) y  $\varepsilon_{i,j}$

Nombre de la variable o constante	Símbolo	Unidad	Formula en NESDIS	Modo de recálculo
Velocidad del viento (módulo)	$ V $	$\text{m s}^{-1}$	observación	$(V_x^2 + V_y^2)^{1/2}$
Dirección del viento	$\alpha$	grados	observación	$\cot(90 - \alpha) = V_y/V_x$
Velocidad del viento (componente zonal)	$V_x$	$\text{m s}^{-1}$	$\cos(\alpha)$	$P_x / (P_x^2 + P_y^2)^{1/4}$
Velocidad del viento (componente meridional)	$V_y$	$\text{m s}^{-1}$	$\sin(\alpha)$	$P_y / (P_x^2 + P_y^2)^{1/4}$
Pseudo stress (componente zonal)	$P_x$	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$	$V_x  V $	$T_x / \rho_a C_D$
Pseudo stress (componente meridional)	$P_y$	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$	$V_y  V $	$T_y / \rho_a C_D$
Tensión zonal	$T_x$	$\text{kg m}^{-1}$	$\rho_a C_D P_x$	Data base
Tensión meridional	$T_y$	$\text{kg m}^{-1}$	$\rho_a C_D P_y$	Data base
Densidad del aire	$\rho_a$	$\text{kg m}^{-3}$	función de $V$	1,2*
Coeficiente de dragado	$C_D$	sin	0,0012	0,0012

\*Considerado como constante dentro del rango de variación de  $V$  observado.

■ Tabla 1

Variables y coeficientes relativos al viento en NESDIS. La última columna indica como recalcular la dirección y el módulo de la velocidad del viento (no dado en el archivo) a partir de las tensiones zonal y meridional.

*Variables and coefficients related to wind in NESDIS. The last column indicates how to compute the direction and the module of wind velocity (not given in the data set) from the zonal and meridional windstress.*

el residuo. Las correlaciones simples fueron empleadas únicamente sobre datos promediados anualmente a fin de eliminar todo riesgo de falsa correlación debida únicamente a la estacionalidad existente entre todas las series analizadas. Sin embargo, hemos estudiado correlaciones cruzadas entre *TSM* y varios índices de surgencia costera con el fin de comparar el efecto de los distintos índices sobre la *TSM*, tanto a nivel de valores relativos de los coeficientes de correlación, como a nivel de los desfases observados.

## I Resultados

### *Validación empírica de los datos marítimos*

El examen visual de las series cronológicas de *TSM* del archivo COADS-10-12 sugiere un cambio en la amplitud de la estacionalidad de los datos a partir de 1980 (Fig. 3a), lo cual se puede relacionar con una disminución correspondiente en el número de observaciones mensuales. Este número se ubica en los alrededores de 20, pero puede bajar excepcionalmente hasta tres en los últimos años (Fig. 2a). No obstante, no se encontraron razones obvias para eliminar observaciones en toda la serie. La distribución de los residuos de los modelos lineales fue cercano a la normalidad y los pocos puntos ubicados fuera del intervalo de confianza de la distribución para  $p < 0,05$  no correspondía a los promedios mensuales con menos de 10 observaciones. Lo mismo se observó para los modelos ARIMA, aunque estos últimos presentaron residuos más elevados que los modelos lineales correspondientes. Se puede apreciar en la figura 4a que los valores más altos de residuos (representados por las barras verticales) quedan por debajo de la señal estacional (representada por las barras horizontales).

Este proceso de validación empírica fue repetido para los datos de vientos estudiados en el archivo COADS-10-12 (velocidad y dirección) con los mismos resultados, aunque en este caso los residuos fueron mayores (Fig. 3b y 4b). Los datos del archivo COADS-11-12, tanto de vientos como de *TSM*, fueron igualmente considerados como aceptables. Por el contrario, en los datos del archivo COADS-10-11 se encontraron muchos residuos elevados, sobre todo a partir de 1978 cuando el número de observaciones mensuales fue muy bajo (Fig. 2b). Además, a partir de esta fecha, muchos meses no presentaron observaciones (el 40% para la *TSM* y el 50% para los datos de vientos). Por lo tanto, el período del estudio fue limitado entre 1950 y 1977. Los datos de los archivos NESDIS-10-12 y NESDIS-10-11C presentan residuos mínimos debido al efecto de promedio con las celdas vecinas.

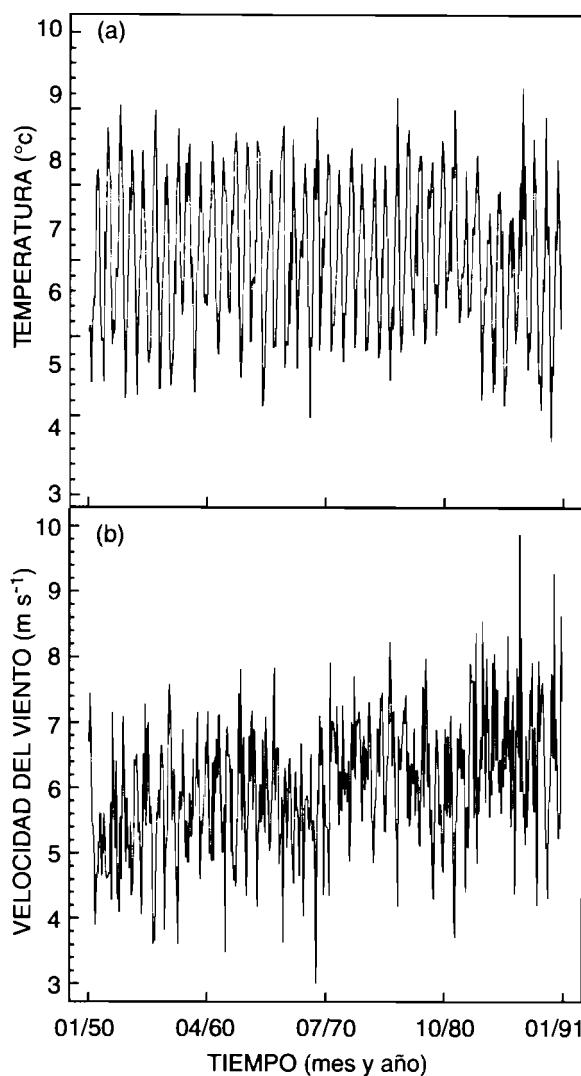


Figura 3  
Series temporales mensuales de temperatura de superficie del mar (a) y de velocidad del viento (b) en el archivo COADS-10-12

*Time series of monthly sea surface temperature (a) and wind speed (b) in the COADS-10-12 file.*

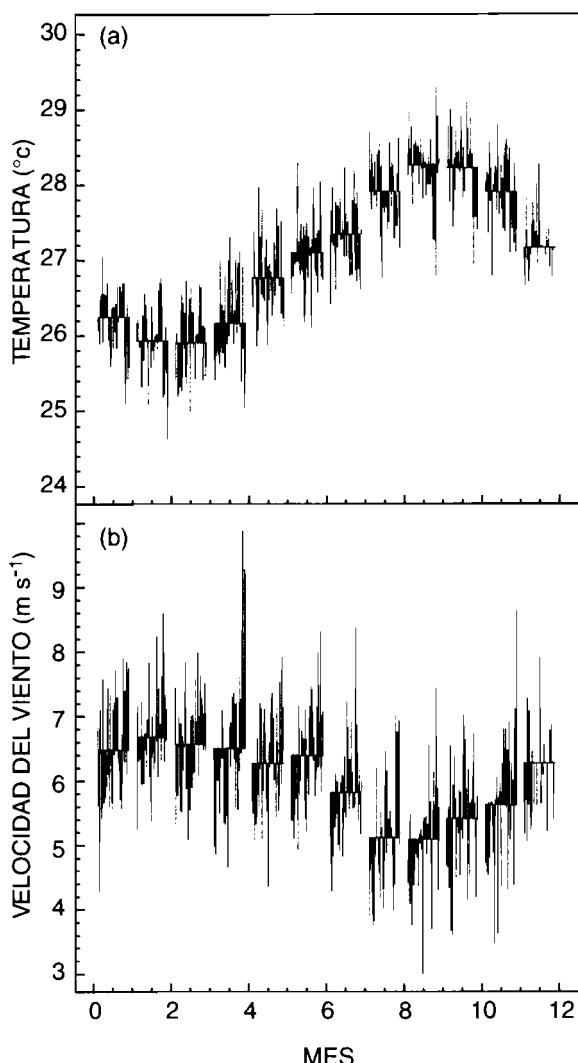


Figura 4

Estacionalidad de la temperatura de superficie del mar (a) y de la velocidad del viento (b) en el archivo COADS-10-12.

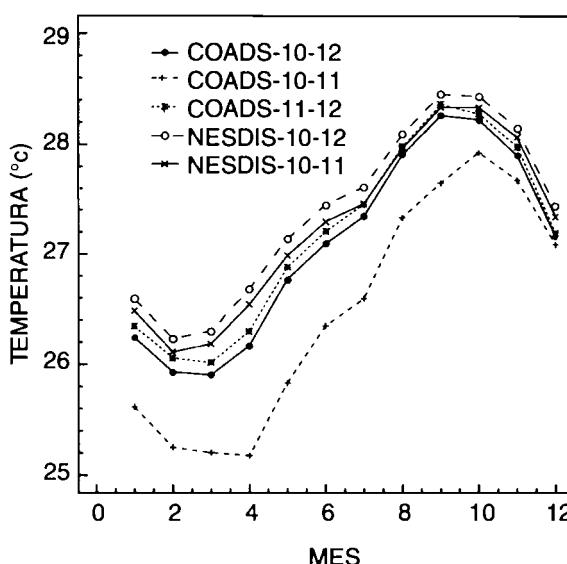
*Sea surface temperature (a) and wind speed (b) seasonal pattern in the COADS-10-12 file.*

## Temperatura superficial del mar

La señal estacional promedio (1950–1990) de *TSM* obtenida a partir del archivo COADS-10-12 quedó claramente marcada y correspondió a los conocimientos establecidos en la zona desde hace muchos años, tanto a partir de datos de buques oceanográficos como de datos costeros (síntesis en Aparicio, este volumen). El ciclo promedio presentó una gran regularidad, con valores mínimos en febrero-marzo ( $< 26^{\circ}\text{C}$ ) y valores máximos en septiembre-octubre ( $> 28^{\circ}\text{C}$ ). No obstante, la amplitud de la variación es menor que en el caso de datos costeros, probablemente por el hecho de incluir datos exteriores a la plataforma continental (zona oceánica y quizás Golfo de Paria). Los ciclos estacionales de todos los archivos procedentes de buques mercantes son muy parecidos entre si, a la excepción notable del archivo COADS-10-11 que siempre presenta valores promedios inferiores a los demás, especialmente en los cinco primeros meses del año donde la diferencia es del orden de un grado centígrado (Fig. 5). El hecho de haber eliminado los diez últimos años de la serie del archivo COADS-10-11 no puede sesgar mucho esta diferencia dado que las series no tienen tendencias interanuales definidas, y que la leve tendencia que existe es a favor de un sesgo que incrementaría aun más la diferen-

Figura 5  
Comparación de la estacionalidad de la temperatura de superficie del mar calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

*Comparison of the seasonal patterns of sea surface temperature calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).*



cia observada (Fig. 6). Este resultado se debe interpretar como la consecuencia de localizar la surgencia costera, como responsable de un gradiente positivo sur-norte en las *TSM*.

La variabilidad de los promedios anuales de *TSM* es relativamente marcada, con variaciones máximas del orden de 1,5°C entre dos años consecutivos, en particular cerca de los máximos locales (1958, 1969, 1981, 1983 y 1987). Los cinco archivos estudiados presentaron una fuerte coherencia temporal de la variabilidad relativa anual, aunque menos marcada para el archivo COADS-10-11, probablemente debido al bajo número de datos disponibles. Este último archivo confirma la persistencia a lo largo de los años de

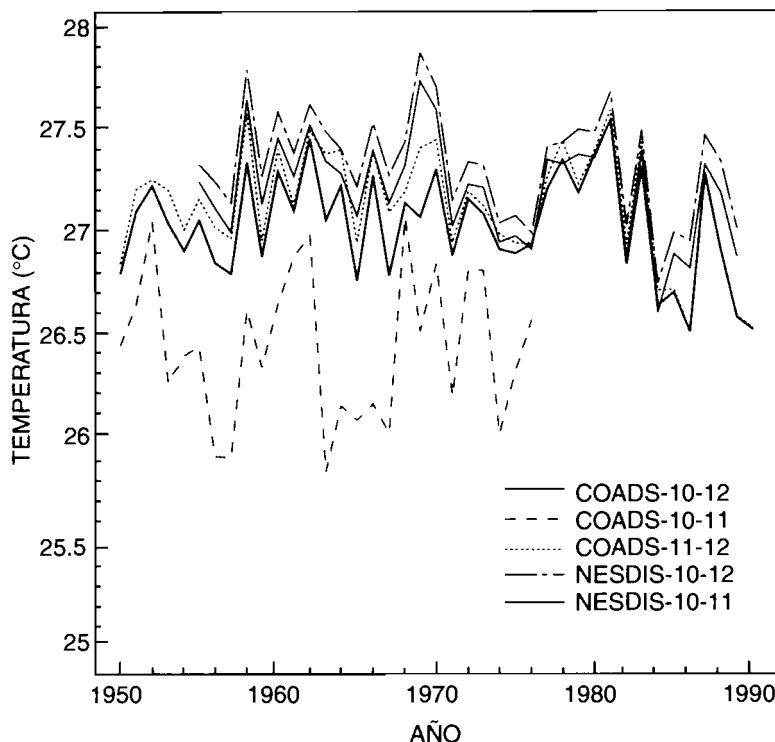


Figura 6

Comparación de las series temporales de temperaturas promedio anuales de superficie del mar calculadas a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

*Comparison of the yearly time series of sea surface temperature calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).*

temperaturas más frías en la parte más costera de la plataforma continental (Fig. 6). No obstante, la existencia de una segunda célula de convección en la parte externa de la plataforma continental sugerida por Jacques y Tréguer (1986) en el caso de plataformas anchas, no puede ser descartada definitivamente, dado el bajo nivel de resolución espacial de los datos marítimos estudiados en este trabajo.

### Datos de vientos marítimos

La señal estacional promedio (1950–1990) de velocidad del viento obtenida a partir del archivo COADS-10-12 presenta un máximo estable entre diciembre y junio, con valores cercanos a  $6,5 \text{ m s}^{-1}$ , mientras que el resto del año se observan valores más variables, bajando hasta  $5,1 \text{ m s}^{-1}$  (Fig. 7). A partir del archivo COADS-11-12 se obtiene un patrón estacional muy similar, mientras que con el archivo COADS-10-11 (1950–1980) se obtienen valores inferiores en más de  $1 \text{ m s}^{-1}$ . El archivo NESDIS-10-12 procura una señal superior a la obtenida en el archivo COADS-10-12, sobre todo

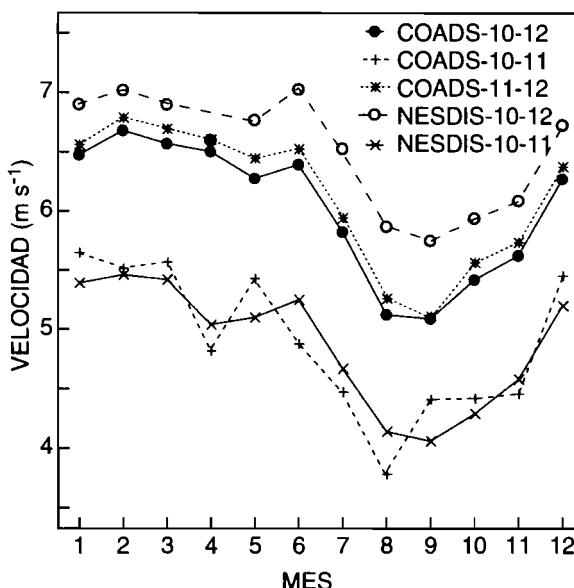


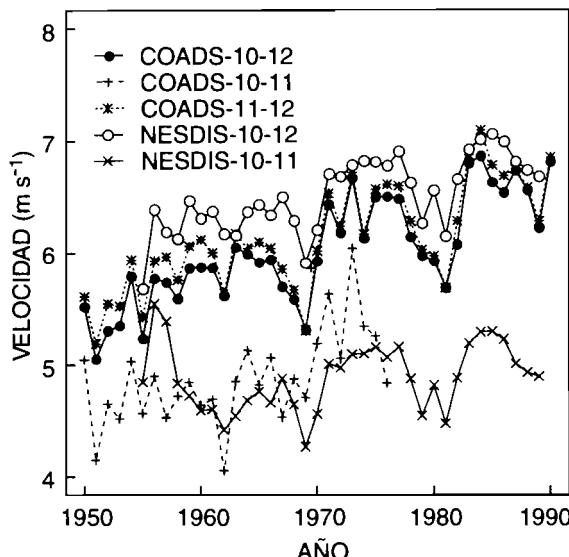
Figura 7  
Comparación de la estacionalidad de la velocidad del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

*Comparison of the seasonal wind speed patterns calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).*

durante el primer semestre donde esta diferencia sobrepase  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ ; mientras que los datos del archivo NESDIS-10-11C se parecen más a los datos de COADS-10-11. La mayor diferencia a nivel de la variabilidad inter-mensual se encontró a nivel del primer semestre donde el valor del mínimo local se observa en abril en los datos COADS-10-11 y NESDIS (10-11 y 10-12), mientras que en los otros dos archivos este mínimo local se observa en mayo.

Las series de promedios anuales de todos los archivos relativos a la velocidad del viento se caracterizaron por (Fig. 8):

- una coherencia global aceptable a pesar de las variaciones locales, en particular para el archivo COADS-10-11;
- una tendencia significativa al aumento (pendiente  $> 0$ ;  $p < 0,01$  en todos los archivos);
- un nivel de autocorrelación relativamente alto (ejemplo del archivo COADS-10-12:  $r = 0,72$  ( $p < 0,001$ ) con retraso de un año y  $r = 0,48$  ( $p < 0,001$ ) con retraso de dos años);
- una variabilidad a corto plazo (2–3 años) que puede alcanzar  $1 \text{ m s}^{-1}$ , en particular después de los mínimos locales (1955, 1969 y 1981);
- y por supuesto, diferencias de valores promedios entre los distintos archivos como ya se mencionó para la figura 7: los promedios



**Figura 8**  
Comparación de las series temporales de velocidad promedio anual del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

*Comparison of the yearly wind speed times series calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).*

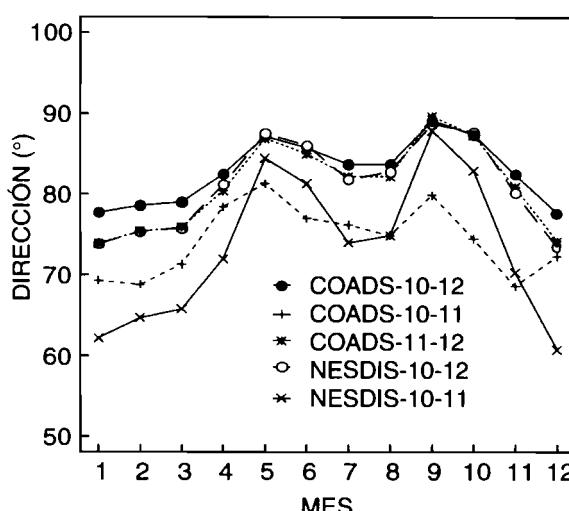
anuales en las zonas más costeras (archivos COADS-10-11 y NESDIS-10-11C) fueron siempre inferiores a los promedios anuales en las zonas norte o total. Este resultado refleja una realidad bien conocida sobre la influencia del gradiente meridional de los vientos alisios en estas latitudes (Wooster y Reid, 1963). El hecho de observar valores más altos en el archivo NESDIS-10-12 refleja más bien el efecto del promedio con celdas exteriores a la zona de estudio, especialmente al Norte.

El promedio mensual de la dirección del viento en los distintos archivos marítimos estudiados no revela variaciones de gran amplitud. El 98% de los valores de  $\alpha$  se ubican entre  $65^\circ$  y  $95^\circ$  en el archivo COADS-10-12 y entre  $60^\circ$  y  $100^\circ$  en el archivo NESDIS-10-12 (direcciones Noreste-Este y Este). La señal estacional promedio es poco marcada ( $60^\circ - 90^\circ$ ; Fig. 9), aunque significativa en el modelo lineal y se conforma con las observaciones de otros autores (Herrera y Febres, 1975; Müller-Karger *et al.*, 1989). Los cinco archivos estudiados presentan patrones estacionales muy similares. Sin embargo, los archivos de datos más costeros (NESDIS-10-11C y, en menor grado, COADS-10-11) presentan direcciones un poco más variables y levemente más norteñas ( $10^\circ$  de diferencia) que los demás archivos.

La variabilidad de los promedios anuales de  $\alpha$  en los cinco archivos

Figura 9  
Comparación de la estacionalidad de la dirección del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

*Comparison of the seasonal wind direction pattern calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).*



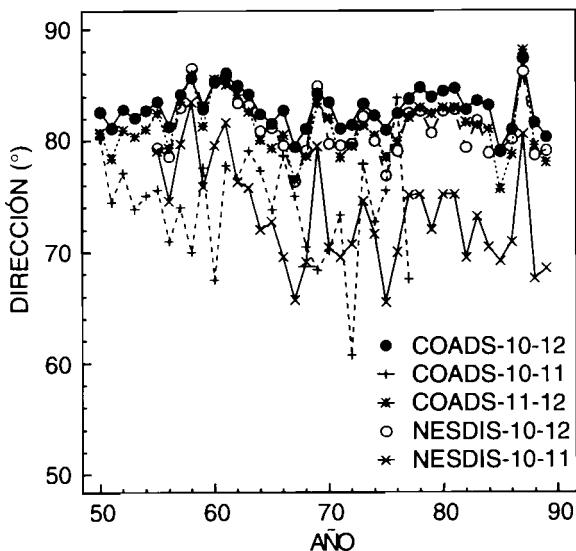


Figura 10  
Comparación de la estacionalidad de la dirección del viento calculada a partir de los archivos de datos marítimos estudiados (COADS y NESDIS).

*Comparison of the seasonal wind direction patterns calculated using merchant ship data files (COADS and NESDIS).*

marítimos son bastante similares entre si, a pesar de las diferencias de los valores promedios anteriormente mencionada (Fig. 10). Sólo el archivo COADS-10-11 presenta variaciones distintas a los demás archivos. Las amplitudes de los cambios interanuales de  $\alpha$  son solamente de 5–10°, aunque significativas y autocorrelacionadas. El valor máximo fue observado en el año 1987 (cerca de 88° para los archivos COADS-10-12 y NESDIS-10-12) mientras que el valor mínimo fue observado en el año 1972 en el archivo COADS-10-11.

### *Comparación entre datos de vientos costeros y marítimos*

Al igual que los datos marítimos de barcos mercantes, la velocidad mensual promedio del viento en las estaciones costeras también presentaron una marcada estacionalidad, a pesar de tener intensidades promedios muy variables según la localización (Fig. 11). Estas variaciones de intensidad no se pueden explicar por el efecto de la latitud de las estaciones, sino más bien por influencias locales (relieves, vegetación, etc.) que explicarían, por ejemplo, la gran

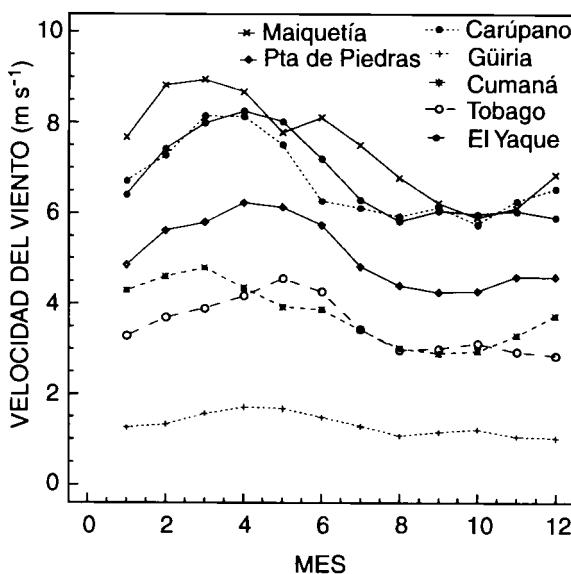


Figura 11  
Comparación de las estacionalidad de velocidad promedio anual del viento calculada a partir de los archivos de datos de las estaciones meteorológicas estudiadas.

*Comparison of the seasonal wind speed times series calculated using coastal meteorological stations data.*

diferencia entre dos estaciones cercanas (15 km) como Punta de Piedras y El Yaque. A la excepción de la estación de Tobago, cuyo ciclo estacional culmina en mayo, y secundariamente Güiria, el patrón general es globalmente parecido a los datos marítimos con dos estaciones bien marcadas. No obstante, un examen más detallado indica que la duración de la estación de vientos alisios fuertes es más larga en el caso de los datos marítimos (diciembre a junio) que en el caso de los datos costeros (febrero a mayo o junio). Además, en la mayoría de las estaciones costeras se observa una forma de señal estacional de tipo "sinusoidal", que contrasta con la relativa estabilidad de los valores de velocidad del viento en los archivos COADS-11-12 y COADS-10-12 entre diciembre y junio (comparar figura 7 y figura 9). El mínimo local, encontrado en abril en los archivos NESDIS-10-11C y NESDIS-10-12, no tiene equivalente en los archivos costeros. Sólo se puede especular que este mínimo local podría resultar de una diferencia entre la variabilidad estacional del número de datos disponibles en las distintas celdas utilizadas por el algoritmo de la función "spline".

Las series de valores promedios anuales de velocidad del viento en las estaciones costeras (número de años variable según las estaciones; figura. 12) no coinciden entre si, tanto en términos de

promedio general como de tendencia o de variaciones locales. Se debe subrayar particularmente la oposición entre la tendencia obviamente creciente de los datos de buques mercantes y la tendencia obviamente decreciente (Maiquetía), o levemente decreciente (Cumaná), o casi estable (El Yaque, Punta de Piedras) de las estaciones costeras. Sobretodo el comportamiento de la serie de Carúpano se distingue de las demás y presenta un cambio tan abrupto en la velocidad ( $5 \text{ m s}^{-1}$  entre 1981 y 1983), que *a priori* no se puede confiar en la representatividad de estos datos. La matriz de coeficientes de correlación entre todas las series de velocidad disponibles (Tabla 2) no indica relación entre los datos de Carúpano y los datos de las otras estaciones costeras. Sólo aparecen relaciones entre Punta de Piedras y Cumaná ( $p < 0,01$ ) y entre Punta de Piedras y El Yaque ( $p < 0,05$ ). Las series de valores promedios durante los dos meses de intensidad máxima de los alisios (marzo y abril) tampoco presentan patrones más coherentes entre Carúpano y la demás estaciones costeras (Fréon *et al.*, este volumen). Al contrario, los patrones de variabilidad interanual en los archivos marítimos presentan correlaciones significativas entre si ( $p < 0,01$ ). A nivel de las relaciones entre los datos marítimos y

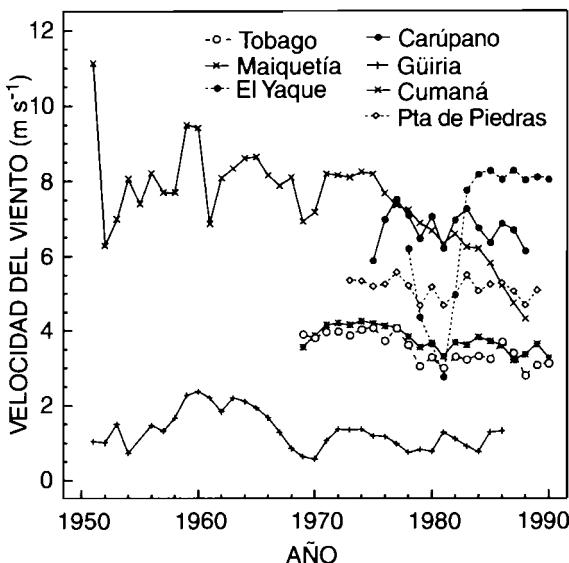


Figura 12  
Comparación de las series temporales de velocidad anual del viento calculada a partir de los datos de los archivos de las estaciones meteorológicas estudiadas.

Comparison of the yearly wind speed time series calculated using coastal meteorological stations data.

	Velocidad COADS-10-12	Velocidad COADS-10-11	Velocidad COADS-11-12	Velocidad NESDIS-10-12	Velocidad NESDIS-10-11	Velocidad El Yaque	Velocidad Pta de Piedras
Velocidad COADS-10-12	1,0000 (41)	***	***	***	***	-	-
Velocidad COADS-10-11	0,7506 (27)	1,0000 (27)	***	**	**	?	-
Velocidad COADS-11-12	0,9892 (41)	0,7183 (27)	1,0000 (41)	***	***	-	-
Velocidad NESDIS-10-12	0,9121 (35)	0,6133 (22)	0,9092 (35)	1,0000 (35)	***	-	**
Velocidad NESDIS-10-11	0,9287 (35)	0,6372 (22)	0,9271 (35)	0,9906 (35)	1,0000 (35)	-	***
Velocidad El Yaque	0,0985 (14)	- (2)	0,1562 (14)	0,2351 (14)	0,2967 (14)	1,0000 (14)	*
Velocidad Pta de Piedras	0,4555 (17)	0,6323 (4)	0,4679 (17)	0,6641 (17)	0,7307 (17)	0,6604 (14)	1,0000 (17)
Velocidad Carúpano	0,0661	0,3677	0,0582	0,0036	0,0009	0,0102	
Velocidad Cumaná	0,9010 (13)	?	0,8881 (13)	0,8750 (12)	0,8515 (12)	0,0444 (11)	0,4539 (12)
Temperatura COADS-10-12	0,8223	0,5029 (8)	0,0887 (22)	0,2763 (21)	0,3213 (21)	0,2415 (14)	0,6403 (17)
Temperatura COADS-10-11	0,0525	0,3250	0,0237	0,0111	0,0221	0,5105	0,0056
Temperatura COADS-11-12	-0,3051 (41)	-0,1969 (27)	-0,3527 (41)	-0,4241 (35)	-0,3858 (35)	0,1922 (14)	-0,0798 (17)
Temperatura NESDIS-10-12	0,4323	0,6057	0,3420	0,7096	0,7457	0,5105	0,7607
Temperatura NESDIS-10-11	0,0060	0,1468	0,0025	0,0003	0,0011	0,4326	0,8557

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$ ; ? menos de tres observaciones disponibles.

■ Tabla 2

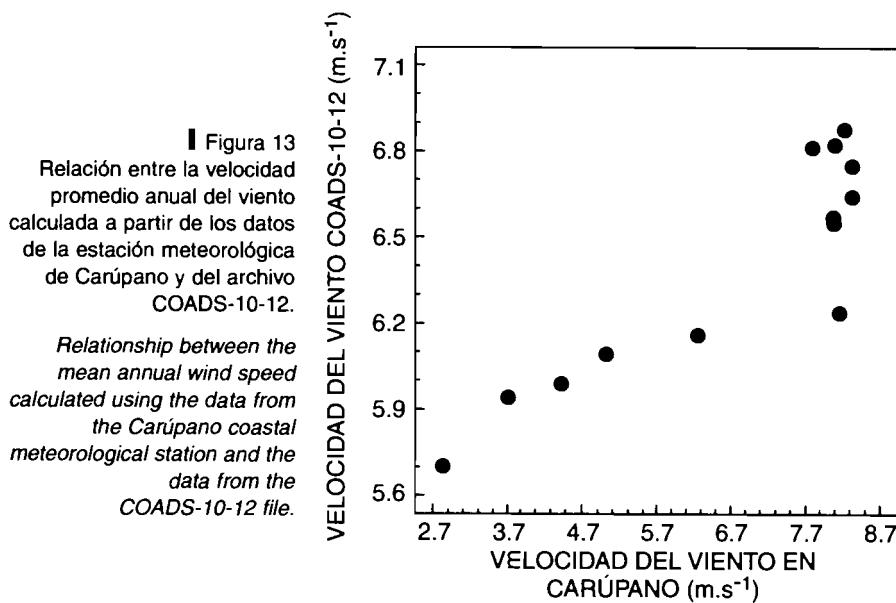
Matriz de correlación entre las distintas series de datos anuales de velocidad del viento y de la temperatura de superficie del mar (COADS, NESDIS y estaciones meteorológicas costeras).

Cifra superior: coeficiente de correlación; cifra intermedia entre paréntesis : número de observaciones; cifra inferior : probabilidad P.

	Velocidad Carúpano	Velocidad Cumaná	Temperatura COADS-10-12	Temperatura COADS-10-11	Temperatura COADS-11-12	Temperatura NESDIS-10-12	Temperatura NESDIS-10-11
Velocidad COADS-10-12	***	—	—	—	**	***	**
Velocidad COADS-10-11	?	—	—	—	—	—	—
Velocidad COADS-11-12	***	—	*	—	**	***	***
Velocidad NESDIS-10-12	***	—	*	—	***	***	***
Velocidad NESDIS-10-11	***	—	*	—	**	***	***
Velocidad El Yaque	—	—	—	?	—	—	—
Velocidad Pta de Piedras	—	**	—	—	—	—	—
Velocidad Carúpano	1,0000 (13)	—	*	?	*	—	—
Velocidad Cumaná	-0,0071 (13)	1,0000 (22)	—	—	—	—	—
Temperatura COADS-10-12	-0,6479 (13)	-0,0217 (22)	1,0000 (41)	***	***	***	***
Temperatura COADS-10-11	0,0166 ?	0,9236 (0)	0,5090 -0,2755 (8)	0,6206 (27)	1,0000 (27)	—	—
Temperatura COADS-11-12	-0,6536 (13)	-0,0032 (22)	0,9489 0,0000	0,3388 (27)	1,0000 (41)	—	*
Temperatura NESDIS-10-12	0,0154 -0,5738 (12)	0,9889 -0,3521 (21)	0,0000 .1175	0,4148 (22)	0,8994 (35)	1,0000 0,0000	***
Temperatura NESDIS-10-11	0,0511 -0,5565 (12)	0,0000 -2,965 (21)	0,8482 0,0000	0,4612 (22)	0,9094 (35)	0,9962 0,0000	1,000 (35)

\*\*\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$ ; ? less than three observations.

Correlation matrix between the different series of annual wind and sea surface temperature data (COADS, NESDIS and coastal meteorological stations. Upper number: correlation coefficient; middle number in brackets: number of observations; lower number: probability P.



datos de estaciones costeras, sólo se encuentran correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ), por un lado, entre los datos de la estación de Punta de Piedras y los dos archivos marítimos NESDIS y, por otro lado, de manera inesperada, entre los datos de la estación de Carúpano y todos los archivos marítimos (salvo COADS-10-11 que no tiene período de solapamiento con Carúpano). Como en cada uno de los casos las correlaciones fueron aplicadas sobre un limitado número de observaciones (17 para Punta de Piedras y 12 para Carúpano), se ha comprobado por un estudio de los residuos y de gráficos bivariados que estos resultados no son artefactos. De hecho, se observó que los ocho últimos valores elevados de la serie de Carúpano (1983–1990) se agrupan con los datos marítimos (Fig. 13) y estructuran fuertemente la relación. La coincidencia del aumento de velocidad del viento en ambas series a partir de 1981 podría dar más crédito a los valores extrañamente altos de Carúpano en los últimos nueve años de observación. No obstante, a escala mensual, se observa que el aumento en ambas series no coincide exactamente, siendo el de Carúpano más precoz y brutal que el aumento en las series de NESDIS-10-11C (Fig. 14). En consecuencia, se piensa que no se puede utilizar la serie de datos de

Carúpano mientras no se encuentre una explicación obvia del cambio ocurrido en 1982.

De manera general, la comparación entre los archivos marítimos y costeros indica una cierta similitud entre las direcciones promedios del viento, pero pocas coincidencias en los rangos de variación de estas direcciones. Por ejemplo, los promedios mensuales de  $\alpha$  varían entre  $85^\circ$  y  $90^\circ$  en El Yaque y Punta de Piedras, entre  $75^\circ$  y  $135^\circ$  en Cumaná y entre  $50^\circ$  y  $70^\circ$  en Carúpano (Campo y Velásquez, 1991; Aparicio y Contreras, este volumen), lo cual no coincide con las observaciones marítimas (Fig. 9). Esta diferencia se debe atribuir parcialmente al hecho de expresar  $\alpha$  en sector de dirección prevaleciente en los datos costeros, lo que subestima la variabilidad (1 sector =  $22,5^\circ$ ). A nivel interanual, no se encontró diferencias grandes en los valores de  $\alpha$  entre estaciones costeras, salvo entre Punta de Piedras y Cumaná durante el año 1972. Este año se singulariza en Cumaná por una dirección inusual de los vientos prevalecientes de dirección Noreste (Aparicio y Contreras, este volumen). A nivel de los archivos marítimos, esta anomalía de dirección en el año 1972 se encontró únicamente en el archivo marítimo COADS-10-11, lo que confirma su carácter local. En los datos de Carúpano, no fueron encontrados cambios interanuales del

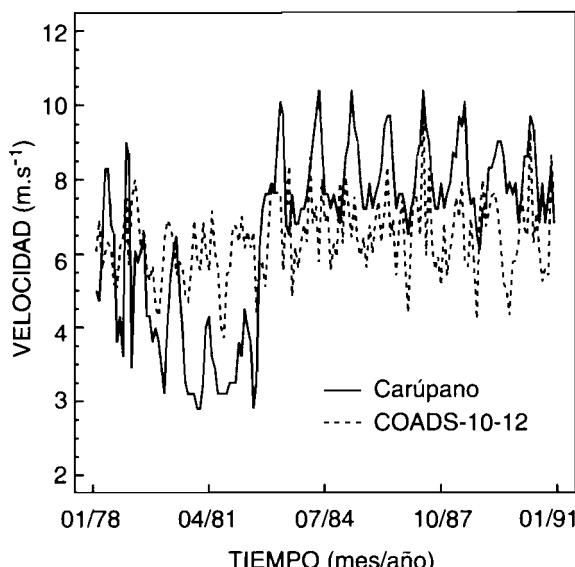


Figura 14  
Comparación entre la velocidad promedio mensual del viento calculada a partir de los datos de la estación meteorológica de Carúpano y los datos del archivo COADS-10-12 entre enero de 1980 y abril de 1986.

*Comparison of the monthly mean wind speed calculated using the data from the Carúpano meteorological station and from the COADS-10-12 file (January 1980 to April 1986).*

patrón estacional de dirección del viento, incluso durante el año 1982 que correspondió a un cambio abrupto en la velocidad. El año 1982 tampoco aparece como particular en las series de datos marítimos (Fig. 10).

### *Comparación entre datos de temperatura del mar y datos de vientos*

En las zonas de surgencia es bien conocido que existe una relación directa entre las fluctuaciones de la *TSM* y el transporte de Ekman, o con variables de vientos directamente ligadas a este transporte (tensión zonal en el caso de Venezuela). Esta relación generalmente presenta algunos días de desfase debido a la inercia de la masa de agua, lo que no se puede estudiar a partir de los datos mensuales. Haciendo un análisis de correlaciones cruzadas entre los promedios mensuales de *TSM* y  $P_x$  (componente Este del pseudo stress) en el archivo COADS-10-12, no se encontró desfase a escala mensual ( $r = 0,42$  sin desfase,  $r = 0,36$  con un mes de desfase negativo;  $p < 0,001$ ). Es interesante subrayar que el mismo estudio de correlaciones cruzadas usando  $P_y$  en lugar de  $P_x$ , arrojó coeficientes de correlación levemente superiores y con un desfase de un mes ( $r = 0,46$  sin desfase,  $r = 0,54$  con un mes de desfase negativo). Se obtuvo valores absolutos intermedios con  $|V|$  ( $r = -0,45$  sin desfase y  $-0,43$  con un mes de desfase negativo). Con los archivos NESDIS fueron obtenidos resultados similares, pero con valores superiores de los coeficientes de correlación (ejemplo del archivo NESDIS-10-12,  $r = 0,72$  para la relación entre *TSM* y  $|V|$  sin desfase). Para limitar el efecto de la sobreestimación de los coeficientes de correlación cruzada debida a la autocorrelación de las variables estudiadas, se analizaron las funciones de correlaciones cruzadas entre las anomalías de temperatura y las anomalías de tensión ( $T_x$  y  $T_y$ ) en los archivos NESDIS. Se encontró coeficientes de correlación cruzada significativos tanto con  $T_x$  ( $r = 0,49$  sin desfase) como con  $T_y$  ( $r = 0,35$  sin desfase,  $r = 0,37$  con un desfase de 4 meses, valores intermedios de  $r$  con desfase de dos y tres meses).

Al contrario de lo esperado, la serie de promedios anuales de *TSM* calculada a partir del archivo COADS-10-12, no está correlacionada significativamente con ninguna de las series anuales de variables

de vientos, tanto costeros como marítimos (Tabla 2). Se nota en particular que la tendencia al aumento de la velocidad del viento en los archivos de buques mercantes (pendiente = 0, 031;  $p < 0,01$ ; Fig. 8) no tiene como consecuencia una tendencia negativa significativa en los datos de *TSM* (pendiente =  $-0,004$ ;  $p > 0,05$ ; Fig. 6). Sólo se puede apreciar que la variabilidad local en las series anuales de *TSM* es generalmente máxima cuando los vientos presentan mínimos locales, como en el caso de los años 1962 o 1981, pero con excepciones notables, tal como en los años 1969 o 1986. En consecuencia, tampoco se encontró una relación significativa entre las dos series de datos después de eliminar las tendencias ( $r = -0,26$ ). Al contrario de los datos COADS, los datos anuales de temperatura NESDIS presentaron altos coeficientes de correlación con los datos de viento marítimos, tanto de NESDIS como de COADS, pero ninguna relación con los datos de viento de las estaciones costeras (Tabla 2). Esta diferencia entre los datos COADS y NESDIS proviene, por un lado, de una pendiente más baja en la serie de datos de velocidad (pendiente = 0,018;  $p < 0,01$  para el archivo NESDIS-10-12) y, por otro lado, de una pendiente negativa significativa (aunque débil) en los datos de *TSM* (pendiente =  $-0,004$ ;  $p < 0,05$  para el mismo archivo).

## ■ Discusión y conclusión

A nivel de la señal estacional, la comparación entre datos de velocidad del viento de origen marítimo y de origen costero revela un nivel general de coherencia, ya que se encuentran en ambos casos las dos grandes estaciones relativas al régimen general de los vientos alisios. Las diferencias observadas entre las dos fuentes de datos a nivel de la duración de la estación de alisios, más larga en el caso de los datos marítimos, puede ser interpretada como el resultado de una influencia terrestre. De hecho, estas diferencias fueron más grandes, tanto a nivel de la forma de la señal como de su promedio general, cuando se comparan las estaciones costeras más expuestas a los vientos de sector Este-Noreste (Punta de

Piedras, Carúpano, Maiquetía) con las más alejadas del centro de la zona de estudio (Güiria, Cumaná y Tobago). La estación del Yaque, por su ubicación en el medio de la zona de estudio y su posición favorable a los vientos dominantes, permite obtener datos promedio más próximos a los datos marítimos.

A nivel de la variabilidad interanual de  $IVI$ , se confirma la máxima coherencia entre los datos de origen marítimo y los datos de Punta de Piedras. El caso de la estación de Carúpano, que por su ubicación tiene potencialmente la posibilidad de presentar una coherencia con los datos marítimos, merece ser investigado más en detalle para encontrar una explicación racional al aumento de  $5 \text{ m s}^{-1}$  observado entre julio y septiembre de 1982. Es recomendable investigar tanto a nivel de la misma estación (eventuales cambios a nivel de los aparatos de medición, de su ubicación, del modo de computación de los datos) como de los eventuales cambios en sus inmediaciones (vegetación, construcciones) que pudieran influenciar la medición del viento.

A la hora de relacionar los datos biológicos y pesqueros con datos ambientales, se debe escoger entre datos de origen marítimo o costero. Conceptualmente el cálculo de un índice de surgencia costera a partir de los datos de viento de las estaciones meteorológicas del litoral tiene muchos riesgos de sesgo. Entre ellos se encuentra la interferencia de las brisas marinas (de tierra y de mar) con los vientos alisios. Estas brisas tienen usualmente una dirección perpendicular a la costa y un alcance en el mar localizado en la franja costera. Por lo tanto, es probable que no influyan mucho sobre el fenómeno de surgencia que es de mayor escala, pero al tomar en cuenta el cambio en la dirección del viento en cálculos de índices de surgencia costera, se puede sesgar altamente las estimaciones. En el caso de la estación de Punta de Piedras, se graficó la señal diaria de la velocidad del viento y de su dirección (promedio 1979–1980; Fig. 15). Se puede observar claramente un máximo de velocidad del viento entre 9:00 y 21:00. La dirección promedio es de sector Este con una leve fluctuación diaria, lo cual no sugiere una influencia predominante de la brisa marina. No obstante, se recomienda conseguir datos a nivel horario o tri-horario para estudiar este fenómeno en las demás estaciones, especialmente cuando están ubicadas en el continente, y, si fuere necesario, recalcular índices de surgencia eliminando los datos de vientos de los dos

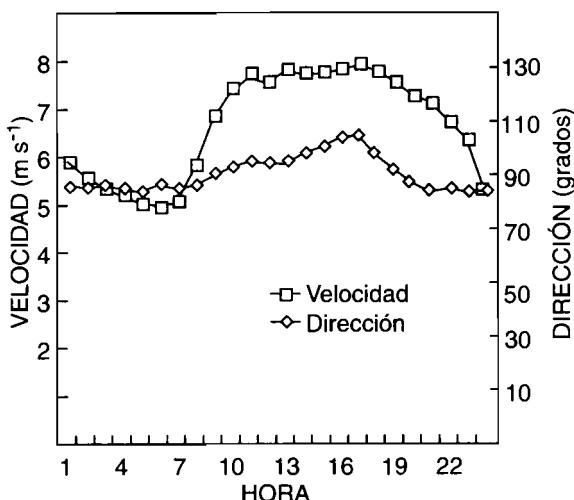


Figura 15  
Señal diaria de la velocidad y de la dirección del viento en la estación meteorológica de Punta de Piedras (periodo 1979-1980).

Daily wind speed and wind direction measurement at the Punta de Piedras meteorological station (from 1979 to 1980).

períodos de transición entre día y noche. Otra fuente de sesgo está representada por los obstáculos físicos que pueden modificar tanto la intensidad como la dirección del viento. Estos obstáculos pueden ser de pequeña escala (árboles, edificios, como en el caso de Punta de Piedras y Cumaná) o de mediana escala (relieve). Por último, en todas las estaciones estudiadas (al menos para los datos anteriores a 1985), los datos de dirección del viento no resultan de un verdadero promedio de todas las direcciones disponibles, sino de una estimación de las direcciones prevalecientes en cada mes. Se debe tomar en cuenta la variabilidad a corto plazo de la dirección del viento en el cálculo de los índices de surgencia. El hecho de observar fluctuaciones estacionales más grandes (aunque subestimadas) en algunas estaciones costeras que en los datos marítimos puede ser interpretado como producto de una influencia continental sobre estas estaciones.

Los datos de origen marítimo tienen otros inconvenientes, de los cuales el mayor es que no resultan de un plan de muestreo equilibrado, tanto en el tiempo como en el espacio. Esta situación se ve agravada por la falta de resolución espacial en los archivos (cuadrados de  $1^\circ \times 1^\circ$ ) que obliga a mezclar datos de la plataforma continental con datos de mar abierto. Por otra parte en este caso, para el cual fue necesario estudiar los últimos decenios, el número de observaciones mensuales disponibles fue limitado, lo cual puede

explicar parte del bajo nivel de coherencia entre datos marítimos y costeros. Por último, antes de confiar totalmente en los datos marítimos para el cálculo de un índice de surgencia costera, la falta de correlación entre los datos de vientos marítimos anuales en los archivos COADS y de los datos de *TSM* recogidos simultáneamente, tiene que ser explicada. El hecho de observar buenas correlaciones a nivel anual entre la *TSM* y  $|V|$  de los archivos NESDIS, puede ser interpretado como el efecto del promedio espacial de estos últimos datos (sugiriendo un cierto nivel de variabilidad espacial) o bien como el resultado de la integración de los datos anemométricos en estos archivos.

Como conclusión, debido a nuestra situación de conocimiento actual, no hay razón obvia para preferir los datos marítimos a los costeros para calcular un índice de surgencia. Fréon *et al.* (este volumen) calcularon un índice de surgencia costera promedio a partir de las series de velocidades promedio mensuales de las estaciones de Punta de Piedras y de Cumaná. El presente estudio sugiere que entre las dos, la serie de Punta de Piedras sería más representativa de la situación en la plataforma continental, tanto a nivel de la variabilidad de la velocidad del viento como de su dirección (Este-Noreste). Sin embargo, la estación de Cumaná puede ser más representativa de las zonas de pesca más protegidas y ubicadas más al sur, como el Golfo de Cariaco y la zona de Santa Fe, en las cuales el fenómeno de surgencia no necesariamente toma la forma de un transporte de Ekman convencional. Desafortunadamente, no se tienen datos de buques mercantes identificados en el golfo para comprobar esta hipótesis.

## ■ Agradecimientos

Se le agradecen cordialmente a J. Servain y C. Roy por facilitarnos los datos extraídos de los archivos NESDIS y COADS, y a J. Mendoza y T. Navarro por las mejoras en el texto.

## Referencias

- APARICIO-CASTRO, R. 1993 — Meteorological and oceanographic conditions along the southern coastal boundary of the Caribbean Sea, 1951–1986. In: Maul, G. (ed.) *Climatic Change in the Intra-American Sea*. Edward Arnold, Publisher, London: 104–114.
- APARICIO-CASTRO, R. y R. — Contreras (este volumen). Índices de surgencia costera inducida por el viento para la región nororiental de Venezuela.
- BAKUN, A. y PARRISH, R. H. 1980 — Environmental inputs to fishery population models for eastern boundary current regions. In: Sharp G.D. (rapporteur): 67–104. Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Intergovernmental Oceanographic Commission. Rep. 28, 323 p.
- CAMPO, M. y VELÁSQUEZ, F. R. 1991 — *Resumen climatológico de la estación meteorológica de Punta de Piedras, Estado Nueva Esparta, Venezuela; Período: 1966–1989*. Document Scientifique Pôle de Recherche Océanologique et Halieutique Caraïbe, 29, 79 p.
- CARDONE, V. J., GREENWOOD, J. G. y CANE, M. 1990 — On trends in historical marine wind data. *J. Climate*, 3: 113–117.
- DA SILVA, A. M., YOUNG, C. C. y LEVITUS, S. 1994 — *Atlas of Surface marine data 1994*, Vol. 2: *Anomalies of directly observed quantities*. NOAA Atlas NESDIS 7, U.S. Department of Commerce, NOAA, NESDIS.
- FRÉON, P., GUZMÁN R. y APARICIO, R. (este volumen) — Relaciones entre capturas, esfuerzo y afloramiento en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela
- ISEMER, H. J. y HASSE, L. 1991 — The scientific Beaufort equivalent scale: effect on wind statistics and climatological air-sea flux estimates in the North Atlantic Ocean. *J. Climate*, 4: 819–836.
- 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.
- JACQUES, G. y TRÉGUER, P. 1986 — *Ecosystèmes pélagiques marins*. Collection écologie, 19. Masson, Paris, 243 p.
- MÜLLER-KARGER, F. y APARICIO-CASTRO, R. 1994 — Mesoscale processes affecting phytoplankton abundance in the Southern Caribbean Sea. *Continental Shelf Research* 14 (2–3): 199–221.
- MÜLLER-KARGER, F., McLAIN, C. M., FISHER, T. R., ESAIAS, W. E. y VARELA R., 1989 — Pigment distribution in the Caribbean Sea: observations from space. *Prog. Oceanogr.* 23: 23–64.
- ROY, C. y MENDELSSOHN, R. 1996 — The development and the use of a climatic database for CEOS using the COADS dataset. In: *Global versus local changes in upwelling systems*. Durand, M.-H., Mendelsohn, R., Cury, P., Roy, C. y Pauly, D. (eds). Paris, Orstom: 27–44.
- 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.*

WOODRUFF, S.D., SLUTZ, R. J., JENNE, R. L. JOSEPH y STEURER, D. H. 1987 — Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 68: 1239–1250.

TRUJILLO, H. 1980 — *Fluctuaciones*

*de la velocidad y dirección de los vientos y su relación con las variaciones mensuales de las capturas y producción potencial de sardina (Sardinella anchovia).*

Informe Técnico Ministerio Agricultura y Cria 77, 26p.

WOOSTER, W. S. y REID, J. L., 1963 — *Eastern boundary currents. Vol. 2, The sea.* M.N. Hill (Ed), Wiley Interscience, 253–280.

# El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela<sup>1</sup>

**Ramón Varela**  
Ecólogo marino

**Flor Carvajal**  
Fitoplanctólogo

**Frank Müller-Karger**  
Oceanógrafo

## ■ Introducción

Lo que se conoce sobre el fitoplancton en el área de distribución de la sardina en el oriente de Venezuela es fragmentario. Aún tratándose de una región que capta la atención de varios investigadores desde hace más de 30 años. Para su estudio se han seguido varios procedimientos, aunque en pocas oportunidades se han aplicado simultáneamente, de tal manera que se ha obtenido una visión general basada en información parcial de la comunidad y su ecología. Los métodos usados son: estudios sobre la composición y abundancia de las especies (Margalef, 1965; Margalef y González, 1969; Hulbert, 1966; Halim, 1967; Ferraz-Reyes, 1977; 1989; Ferraz-Reyes y Fernández, 1990); análisis de clorofila para determinar la distribución de la biomasa, y muy escasas mediciones de producción primaria (Curl, 1960; Ballester y Margalef, 1965;

---

<sup>1</sup> Contribución nº 210, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle de Ciencias Naturales.

Morris *et al.*, 1981; Moigis y Bonilla, 1985; 1988; Ferraz-Reyes, 1987). Se cuenta además con imágenes de satélite (Coastal Zone Color Scanner: CZCS) que cubren amplias superficies del océano, mostrando la concentración y distribución de la clorofila y de otros compuestos con color en el mar (Muller-Karger *et al.*, 1989; Muller-Karger y Varela, 1988; 1990).

En este trabajo se trata de resumir la información disponible sobre el fitoplancton en el oriente de Venezuela y los procesos oceanográficos determinantes. Obviamente este tipo de estudio es de mucho interés en la distribución de los peces (Fiedler *et al.*, 1984; Montgomery *et al.*, 1986 Hammann *et al.*, 1988; Herron *et al.*, 1989; Butler *et al.*, 1989; Laurs, 1989).

## ■ Métodos

Los antecedentes para esta revisión se extraen de publicaciones y de reportes contenido datos inéditos de diversas campañas oceanográficas; según el procedimiento empleado en la obtención de la información se agrupan en tres secciones.

### *Composición y abundancia de las especies*

El trabajo más exhaustivo sobre la plataforma oriental se efectuó entre los años 1960 y 1965, luego los esfuerzos en este sentido han sido más modestos. Los resultados se encuentran en un informe de difusión limitada (Fundación La Salle, 1963, 1964, 1965). Margalef *et al.*, (1960) y Margalef (1965) publican parte de esa información, y la analizan de forma estadística para construir un modelo conceptual del ecosistema pelágico de la región (Margalef, 1967, 1969a, 1969b, 1972; Margalef y González, 1969). También, a principio de la década de los sesenta, otros investigadores se ocupan del tema en el Oriente de Venezuela, generando observaciones sobre el fitoplancton (Hulbert, 1963, 1966; Halim, 1967). En las dos siguientes décadas se han abordado pocos estudios sobre

taxonomía, densidad y distribución de especies del fitoplancton oceánico (La Barbera-Sánchez, 1984, 1993; Sánchez-Suárez, 1990).

En lo que respecta al Golfo de Cariaco, cuerpo de agua semicerrado incluido en la región Oriental, este ha sido bien estudiado por investigadores de la Universidad de Oriente, disponiéndose de los trabajos de Ferraz-Reyes (1976, 1977, 1987, 1989) Ferraz-Reyes *et al.* (1979, 1985, 1987) Mandelli y Ferraz-Reyes (1982) y Ferraz-Reyes y Fernández (1990). Otras fuentes tratan sobre el área atlántica, el Mar Caribe fuera de la plataforma continental y la cuenca Tuy-Cariaco, limítrofe al occidente (Takano, 1960; Hulbert y Guillard, 1968; Hargraves *et al.*, 1970; Ferraz-Reyes, 1983).

La técnica mayormente empleada en los anteriores trabajos es la de cámaras de sedimentación para fitoplancton, a excepción de Hulbert (1966) quién utiliza la centrifugación. Luego la cuantificación celular se realiza a través del microscopio óptico normal o el invertido. Previamente las muestras se obtienen por medio de redes de fitoplancton ejecutando pescas verticales, diagonales u horizontales y/o con botellas de muestreo "Nansen". Los resultados se expresan en forma de listados de especies y de densidades en número de células por mililitro.

### *Pigmentos clorofílicos y producción primaria*

Los primeros registros de pigmentos son coincidentes con los estudios iniciales mencionados anteriormente sobre la composición del fitoplancton. Ballester y Margalef (1965) hacen un análisis del fitoplancton en relación con la hidrografía y discuten los niveles de biomasa y producción primaria. Datos adicionales obtenidos posteriormente permanecen archivados en EDIMAR (Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fundación La Salle; Miró, 1969). Se dispone también de valores de clorofila y feopigmentos obtenidos durante ocho campañas entre 1984 y 1988 (Acosta, 1987). Bidigare *et al.* (1993) presentan un detallado estudio sobre el perfil de pigmentos y su composición, en una estación próxima a la plataforma continental, durante dos campañas del R/V Columbus Iselin en 1988. Mientras que las mediciones más recientes son de dos salidas sobre la plataforma continental frente a la Península de Paria en 1992 (EDIMAR, archivo).

Los datos de biomasa más abundantes corresponden a la superficie, en cambio los perfiles son escasos. Mucho más limitadas aún son las mediciones de producción primaria por métodos directos ( $^{14}\text{C}$ ) y deben considerarse tan solo como indicativas, por su carácter esporádico y puntual. No hay en este aspecto estudios extendidos en el tiempo, que disciernan variaciones espaciales superficiales o en la columna de agua y cambios estacionales. Sólo para el Golfo de Cariaco y el Golfo de Paria se dispone de estudios más detallados espacial y temporalmente, siendo las áreas mejor conocidas de la región (Hammer, 1967; Mandelli y Ferraz-Reyes, 1982; Moigis, 1986; Moigis y Bonilla, 1985, 1988; Ferraz-Reyes, 1987; Bonilla *et al.*, 1993). También hay algunas mediciones en aguas oceánicas externas a la plataforma (Curl, 1960; Yentsch, 1965; Morris *et al.*, 1981).

Para obtener la concentración de clorofila se emplean en general técnicas espectrofotométricas (Richards y Thompson, 1952; Lorenzen, 1967; Strickland y Parsons, 1972). En cambio, sólo Yentsch (1965) y Morris *et al.* (1981) utilizan la técnica fluorométrica (Yentsch y Menzel, 1963). Los únicos datos obtenidos por cromatografía (HPLC) son los recientemente publicados por Bidigare *et al.* (1993).

La mayoría de las mediciones para estimar la producción primaria realizadas en la región utilizan la técnica del  $^{14}\text{C}$  (Steeman-Nielsen, 1952, 1959). En los trabajos pioneros de Richards (1960) y Curl (1960) se emplean estimaciones indirectas de la producción primaria para obtener los valores de carbono fijado, basadas en el agotamiento del fosfato y en la medición de luz y clorofila

### *Imágenes de satélite, “Coastal Zone Color Scanner” CZCS*

Para el oriente de Venezuela se dispone de imágenes del sensor CZCS ya procesadas para mostrar campos de pigmentos en el mar (Muller-Karger *et al.*, 1989 y Muller-Karger y Varela, 1988, 1990). El CZCS detecta cambios en el color del agua relacionados con la concentración de pigmentos clorofílicos, que a su vez es indicador directo de la biomasa de fitoplancton. De las imágenes también se pueden inferir detalles de los procesos oceanográficos que pro-

ducen los patrones de dispersión del fitoplancton en la región. Se registran así la magnitud de la influencia de la surgencia costanera, la extensión de las plumas de los ríos en el mar, la transparencia, las corrientes, los remolinos y el desplazamiento de las aguas superficiales. Estos datos también permiten examinar la dinámica de la hidrografía de la región, incluyendo el movimiento de frentes marinos.

El material satelital que se posee comprende desde finales de 1978 hasta diciembre de 1982, 1979 y 1980 son los años con mayor cantidad de imágenes. Hay unas pocas que se corresponden con años posteriores hasta 1986, cuando se desactivó el satélite.

Un limitante de la técnica se refiere a que el sensor y los algoritmos usados en el procesamiento, proveen un estimado de los pigmentos presentes en los primeros metros superficiales. Pero por otra parte, se tiene la ventaja que esta información es sinóptica proporcionando una visión cuantitativa e instantánea muy detallada de áreas extensas, que sería imposible de obtener por métodos tradicionales en oceanografía.

Las imágenes corregidas y cartografiadas en proyección Mercator Universal Transversa, están disponibles en formato digital y en fotografía (diapositivas), donde la concentración de “pigmentos” (clorofila a + feopigmentos + gelbstoffe -sustancias orgánicas amarillas-) en  $\text{mg m}^{-3}$  se muestra con un código de falsos colores. Se utilizaron 39 imágenes que cubren un área de  $2,56 \times 10^6 \text{ km}^2$ , pero también hay 149 subescenas más detalladas de  $184,9 \times 10^3 \text{ km}^2$  del sector suroriental del mar Caribe.

## ■ Resultados y discusión

Los resultados de la cuantificación del fitoplancton obtenidos por cualquiera de los métodos conviene agruparlos hasta alcanzar una visión quasi-sinóptica, para facilitar la comprensión del conjunto de causas que provocan dichos resultados. A gran escala la distribu-

ción del fitoplancton es el resultado de procesos no conservativos (crecimiento, consumo, hundimiento de células) que se detectan en forma de manchas coherentes que son desplazadas y moldeadas por las corrientes y los factores atmosféricos. A pequeña escala la abundancia de fitoplancton está muy ligada a la disponibilidad de los nutrientes en las inmediaciones de la célula, pero esto también está directamente relacionado a gran escala con la dinámica de las masas de agua, tanto horizontales como verticales (surgencias-hundimientos) y a la influencia terrestre como la descarga de los ríos. Todos estos fenómenos están presentes en la región bajo estudio.

### *Diferenciación espacial*

Al analizar el material disponible se percibe que la región presenta características muy heterogéneas, moldeadas por las influencias antes indicadas, que actúan en diferente momento y con variable intensidad. Sin embargo, es posible encontrar regularidades y delimitar dentro de la región varias áreas (A1 . . . A6) de forma similar a lo propuesto por Margalef (1965).

#### **Área A1**

En el oriente de Venezuela hay dos áreas donde el fitoplancton se presenta en concentraciones relativamente elevadas. Una de ellas se designa en la figura 1 como A1, que ocupa la costa norte de Sucre y rodea la isla de Margarita, en cierta forma ésta es coincidente con la denominada zona MACCTE (área comprendida entre Margarita, Cumaná, Carúpano, Los Testigos; Ginés, 1975). Allí la biomasa está regulada por la surgencia inducida por los vientos alisios. La otra área es A2 donde la presencia de una mayor biomasa de fitoplancton se atribuye a la influencia de la descarga del río Orinoco, estando vinculada al régimen de lluvias. Ambas áreas se expanden o contraen en forma alterna bajo un ciclo anual: la surgencia domina desde los primeros meses del año hasta junio, mientras que la influencia del río prevalece aproximadamente de junio hasta diciembre.

En el área A1 los máximos ocurren o se generan siempre cerca de las costas, en particular en el sector de La Esmeralda hasta Punta

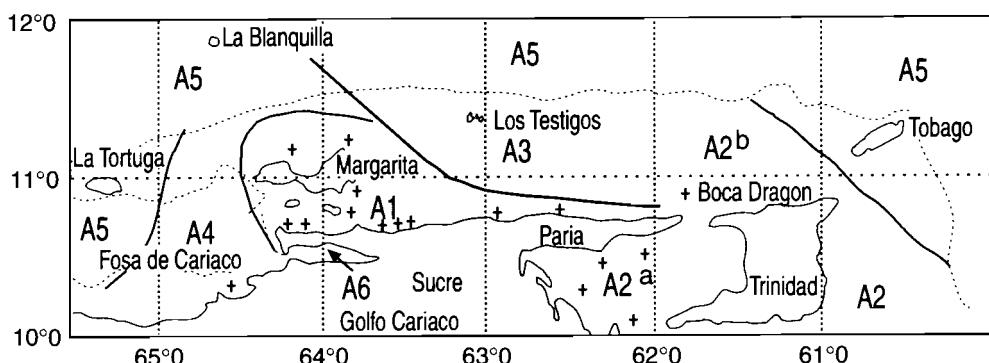


Figura 1

División por áreas (A1...A6) de la plataforma nororiental de Venezuela, con el fin de indicar las diferencias encontradas al analizar el fitoplancton de la región (las cruces indican donde son frecuentes máximos de biomasa). Los límites no muestran la variabilidad estacional (adaptado de Margalef, 1965).

Division per areas (A1...A6) of the northeastern Venezuelan shelf, in order to indicate differences observed in phytoplankton characteristics (crosses indicate maximum observed density). Limits do not show the seasonal variability (adapted from Margalef, 1965).

Taquién (Sucre) y en menor grado al norte de la Isla de Margarita (Fig. 1 y 2). La expansión y contracción de esta área viene regulada por la intensidad de los vientos alisios del ENE-E, los cuales inducen surgencia de aguas frías en las costas, que luego se dispersan por efecto Ekman y las corrientes marinas hacia el N, NW y W (Aparicio y Contreras, este volumen). Estas aguas productivas soportan un fitoplancton donde dominan las diatomeas (*Nitzschia delicatissima*<sup>2</sup>, *N. seriata*, *Rhizosolenia delicatula*, *Rh. stolterfothii*, *Asterionella japonica*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus* y otras diatomeas de pequeño tamaño; *Thalassiosira*). Se destaca la presencia de varias especies de *Chaetoceros* siendo

<sup>2</sup> Las especies que dominan en número de células son *Nitzschia* spp. que forman colonias en cadenas, cuya identificación precisa no es aún conocida. *N. delicatissima* es posiblemente un complejo de especies. *N. seriata* y *N. pungens* han sido regularmente reportadas en la región; las tres especies pueden fácilmente confundirse en los contajes.

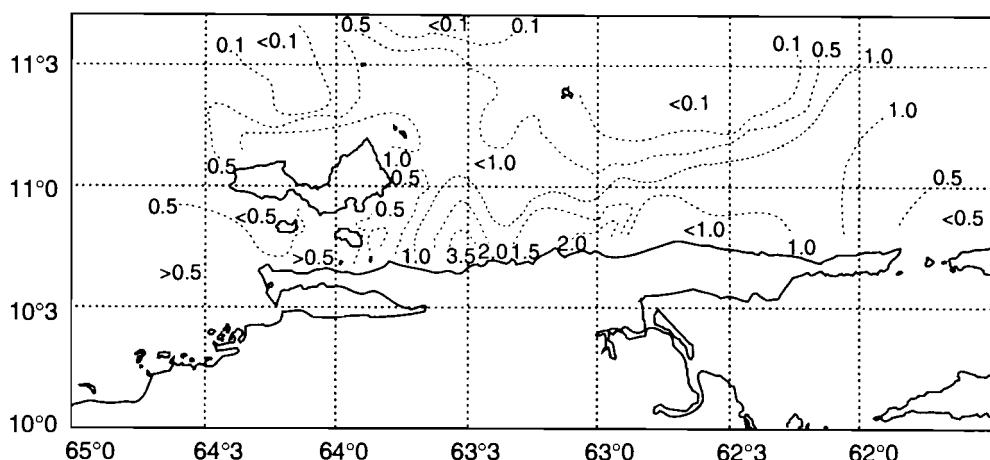


Figura 2

Distribución de la concentración de clorofila a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en superficie en el NE de Venezuela, registrado durante la campaña ECOVEN II en mayo de 1985.

Surface distribution of chlorophyll a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) concentration in NE Venezuela, recorded during ECOVEN II survey in May 1985.

las más abundantes *Ch. socialis*, *Ch. curvisetus*, *Ch. decipiens* y *Ch. fragilis* características de aguas de surgencia. También son frecuentes las cocolitoforales (*Coccolithus* sp.) mostrándose en ocasiones entre las especies dominantes. Los dinoflagelados son por lo general poco abundantes, a excepción de formas pequeñas de *Peridinium* típicas de zonas de surgencia, al igual que el silicoflagelado *Ebria tripartita*. El fitoplancton aquí es eminentemente superficial, con la mayor densidad en los primeros 20 metros y con máximos que alcanzan  $300 \text{ cel ml}^{-1}$ , pero se han registrado en ocasiones hasta  $2.600 \text{ cel ml}^{-1}$ . Los máximos de concentración de clorofila son del orden de  $8 \text{ mg m}^{-3}$  en superficie (valores integrados promedio:  $20 \text{ mg m}^{-2}$ ). Las mediciones de asimilación del carbono señalan que la producción primaria es alrededor de  $1.500 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , pero valores extremos llegan a  $3.200 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Durante el primer semestre del año, toda el área puede presentar una elevada concentración de fitoplancton y una expansión hacia el norte y el occidente influyendo en las áreas A3 y A4 colindantes (Fig. 3).

Es evidente, según los resultados obtenidos mediante los diversos métodos de evaluación, que el área A1 es el centro regulador de la

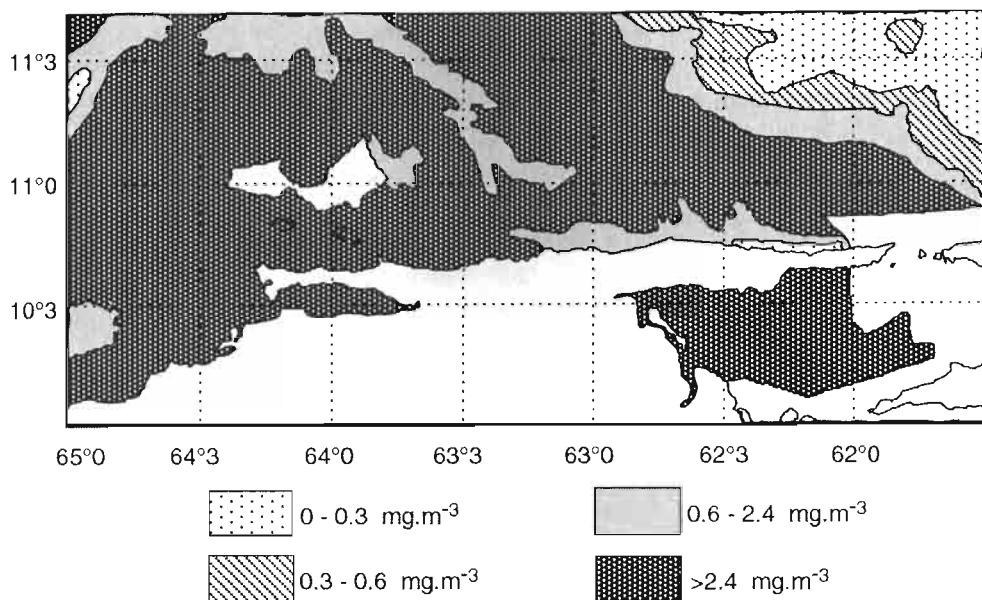


Figura 3

Mapa de distribución de pigmentos en el nororiente de Venezuela, basado en una imagen del CZCS obtenida el 13 de marzo de 1980.

*Distribution of pigments in northeastern Venezuela, based on CZCS image obtained on March 13, 1980.*

producción de fitoplancton en la plataforma continental y sus límites coinciden bastante bien con el área de desove y de máxima abundancia de la sardina (Huq, este volumen; Cárdenas, este volumen).

## Área A2

Hacia el oriente, en el área A2, donde la influencia del río Orinoco es más notoria, es evidente que hay una continuidad en la distribución de biomasa entre las aguas al norte de Boca de Dragón y las del Golfo de Paria, apreciable en las imágenes de satélite (Muller-Karger y Varela, 1990) y también en los análisis de clorofila en el mar (EDIMAR, datos de archivo). No obstante, se aprecian diferencias entre el sector caribeño y el Golfo de Paria cuando se estudia la composición de las especies, la distribución de las manchas de plancton y los niveles de producción. En el Golfo de Paria el

fitoplancton suele presentarse en forma de mosaicos o manchas casi siempre alejadas de la costa e inmerso en aguas turbias, aunque su producción es bastante elevada (Margalef, 1965; Moigis y Bonilla, 1985; 1988, Bonilla *et al.*, 1993). En relación a la composición de las especies, Margalef (1965) señala dos comunidades algo diferentes a uno y otro lado de Boca de Dragón, ya que en el Golfo se encuentran especies características de aguas neríticas (*Skeletonema costatum*, *Ditylum brightwelli*, *Coscinodiscus jonesianus*); mientras que al norte del estrecho aparecen además especies pelágicas y típicas de aguas de surgencia con muchas diatomeas, de los géneros *Nitzschia*, *Rhizosolenia* y *Chaetoceros*. En la figura 1 estas dos subáreas se señalan como A2a y A2b en función de la diferente composición específica. Las especies *Skeletonema costatum* y *Thalassionema nitzschiooides* son dominantes en ambos sectores. La diferencia radica en que en el Golfo son más numerosos *Exuviaella baltica*, *Cyclotella caspia*,

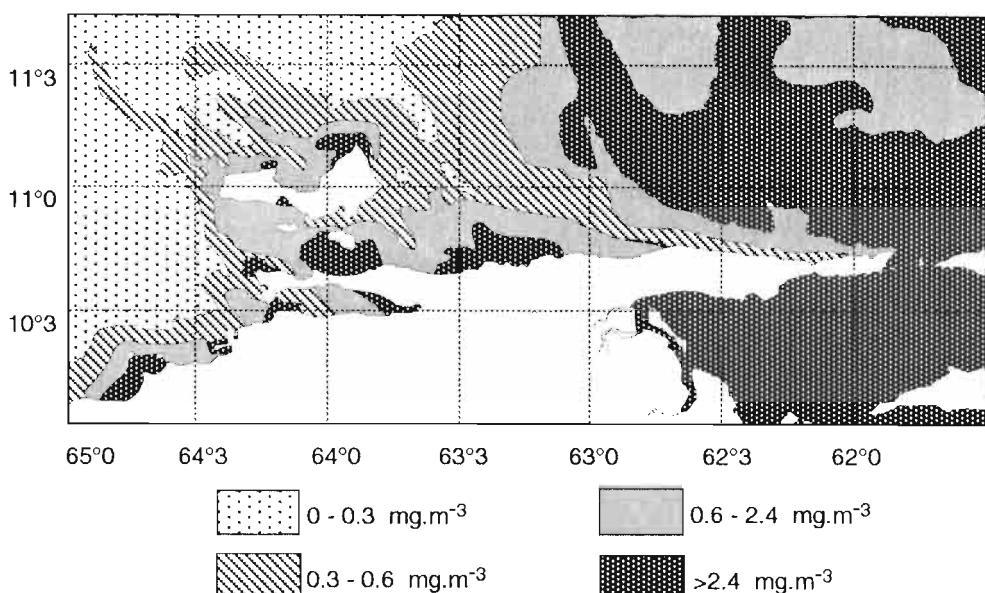


Figura 4

Concentración de pigmentos captados por el CZCS el 28 de septiembre de 1979.

*Pigment concentrations recorded by CZCS on September 28, 1979.*

*Trichodesmium thiebautii* y *Coccolithus pelagicus* y hacia el Caribe dominan, además de *Nitzschia delicatissima*, *N. seriata* y *N. pungens*; *Chaetoceros socialis*, *Rhizosolenia stolterfothi* y *Rh. setigera*.

El área A2 se expande notablemente durante la época de máximo gasto del río Orinoco, llegando a afectar extensas áreas del Caribe oriental (Muller-Karger y Varela, 1988; Muller-Karger *et al.*, 1989). Conviene señalar que A2 se define claramente en las imágenes de satélite (Fig. 4) pero las concentraciones son menores en los mapas sinópticos de clorofila basados en mediciones químicas (Fig. 5) al compararlas con las estimaciones del CZCS, usando los algoritmos de aplicación universal. Esto puede deberse a la propia influencia fluvial, pues entre los elementos que se transportan además del fitoplancton están presentes la materia en suspensión (tripton) y la materia orgánica disuelta, que dan color al agua. Las características físicas (mayor temperatura y baja salinidad) hacen que estas aguas superficiales sean menos densas que las del Mar Caribe circundante sobre las cuales se esparcen. El movimiento de estas aguas mezcladas es en dirección WNW a NNW (Herrera y

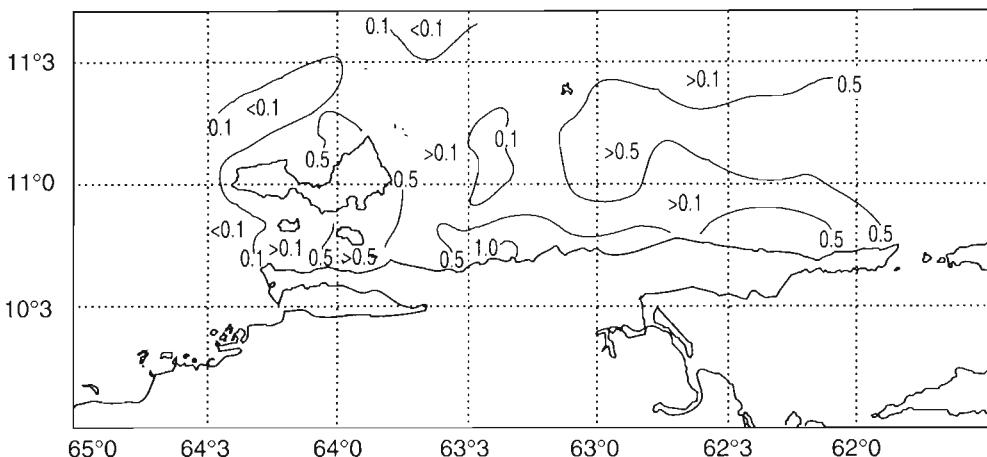


Figura 5

Distribución de la concentración de clorofila *a* ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en superficie en el NE de Venezuela, registrado durante la campaña ECOVEN III en octubre de 1985.

*Surface distribution of chlorophyll a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) concentration in NE Venezuela, recorded during ECOVEN III survey in October 1985.*

Febres, 1975; Pelegrí y Padrón, 1986; Monente, 1992). Según la época del año la pluma del río Orinoco se orienta en diferente grado hacia el NW, dependiendo de la intensidad del viento y de la corriente que proviene del Atlántico. Cuando los alisios y la corriente geostrófica aumentan su intensidad, la pluma se desplaza hacia la Isla de Margarita, pero encontrándose antes con las aguas de surgencia que se alejan de las costas. Cuando la descarga del Orinoco alcanza su máximo en agosto-octubre el agua se esparce hacia el NNW-N alejándose de la plataforma continental, en esta época tanto el viento como la corriente han disminuido en intensidad (Fig. 4).

El área A2, al igual que A1, presenta valores altos tanto de clorofila como de producción, pudiendo alcanzar hasta  $8 \text{ mg m}^{-3}$  en superficie (integración promedio:  $15 \text{ mg m}^{-2}$ ) y  $3.000 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , aunque se han captado valores superiores (Moigis y Bonilla, 1985, 1988; Bonilla *et al.*, 1993). La densidad del fitoplancton, aunque muy variable, muestra máximos frecuentes alrededor de  $300 \text{ cel ml}^{-1}$ . Las mayores densidades registradas son del orden de  $5.700 \text{ cel ml}^{-1}$  en aguas superficiales del Golfo de Paria.

### Área A3

El área indicada como A3 es de transición entre A1 y A2; las concentraciones de clorofila son por lo general más bajas, y cuando aumentan (hasta  $1,5$  ó  $2 \text{ mg m}^{-3}$  en superficie) ello es producto de la expansión de las otras dos áreas limítrofes. Aquí no se han observado núcleos con altas concentraciones, el contorno de las isoplejas señala que se trata de un área de dispersión o de hundimiento de la biomasa producida por la surgencia en la costa o a causa del efecto fluvial situado al este (Fig. 2 y 5). La producción promedio medida se encuentra entre  $220$  y  $750 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

La composición en especies del área A3 es semejante a la presente en A2b y refleja una transición con el área inmediata al oeste A1, de la que se diferencia por la mayor ocurrencia de *Skeletonema costatum* y en la menor densidad de las especies *Chaetoceros decipiens*, *Rhizosolenia delicatula*, *Asterionella japonica*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiosira* sp. y *Peridinium trochoideum*. Margalef (1965) atribuye estas diferencias a las propiedades químicas (nutrientes) de ambas áreas y no a sus salinidades.

Tomando en cuenta los datos oceanográficos y las imágenes de satélite, esta área de características variables y de transición entre un régimen fluvial y otro de surgencia parece verse afectada en superficie por tres tipos de masas de agua: unas frías y densas al sur (A1); otras más cálidas y menos densas al este (A2) y por último, lo que se puede considerar aguas en condiciones intermedias menos productivas de carácter oceánico que rodean a las anteriores (A5). El efecto que esto tiene sobre el fitoplancton se refleja claramente en las imágenes de satélite. En la figura 6 se observa un espacio amplio de baja concentración entre las áreas de concentración más elevada, este espacio puede hacerse muy estrecho si la pluma del Orinoco toma una trayectoria que se aproxima hacia la costa (Fig. 3 y 7). En varias de las imágenes aparece este rasgo, una franja de concentración relativamente más baja de trazo sigmoidal, cuya posición varía poco, y que se indica en la figura 1 por la línea gruesa que separa A1 de A3. No hay referencias previas que indiquen la

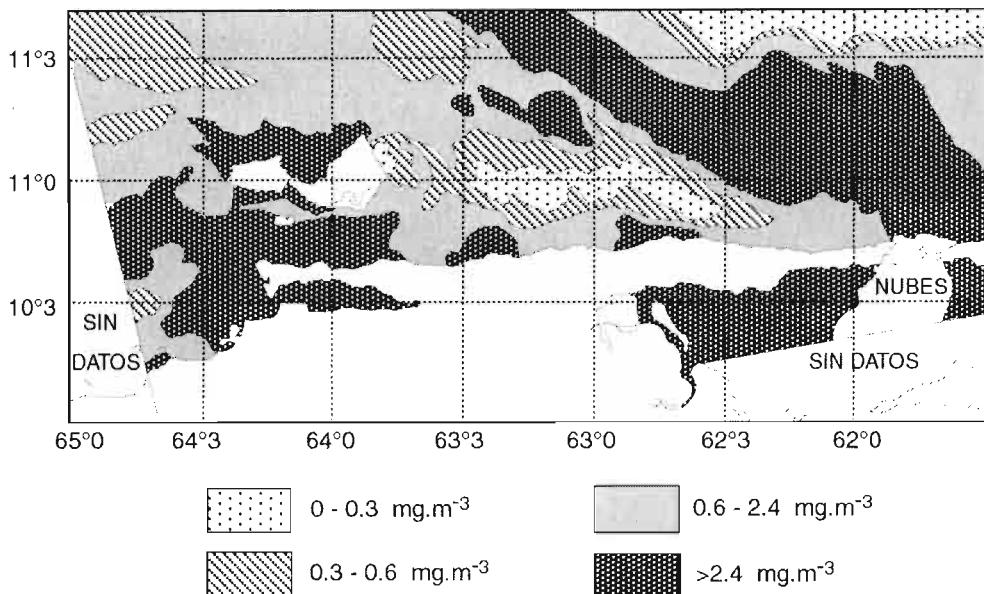


Figura 6

Concentración de los pigmentos registrada el 16 de diciembre de 1979 con el CZCS en el nororiente de Venezuela.

*Pigment concentrations in northeastern Venezuela recorded by CZCS on December 16, 1979.*

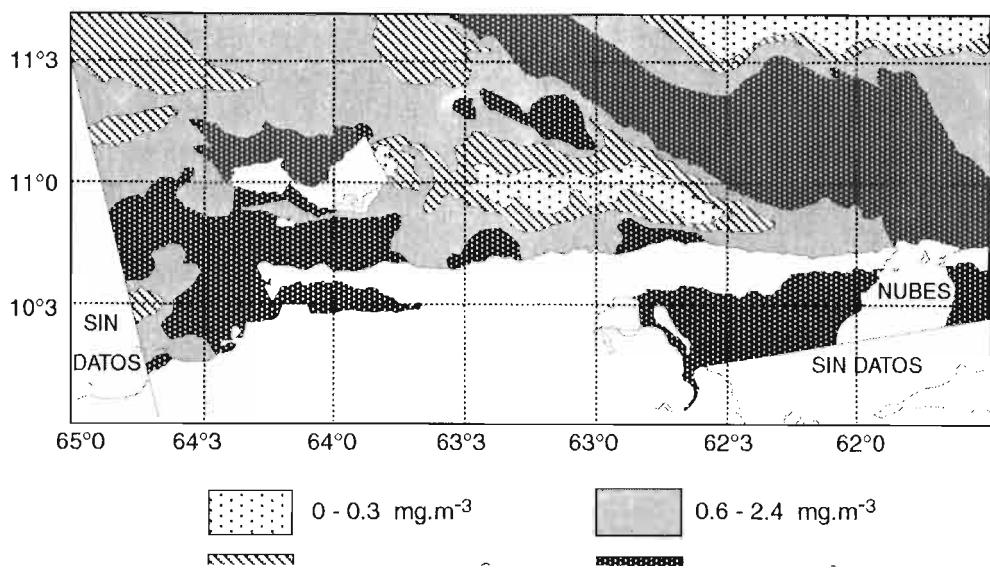


Figura 7

Distribución de los pigmentos el 15 de enero de 1980 captados por el CZCS en el nororiente de Venezuela.

*Pigment concentrations in northeastern Venezuela recorded by CZCS on January 15, 1979.*



Figura 8

Imagen del satélite CZCS mostrando los niveles de concentración de pigmentos clorofílicos (fecha 28 diciembre 1979). La gráfica a la derecha indica los valores de cada pixel a lo largo del transepto que corta la pluma del río Orinoco.

*CZCS satellite image showing pigment concentrations on December 28, 1979. The graph on the right indicates pixel values along transect that cuts through the Orinoco river plume.*

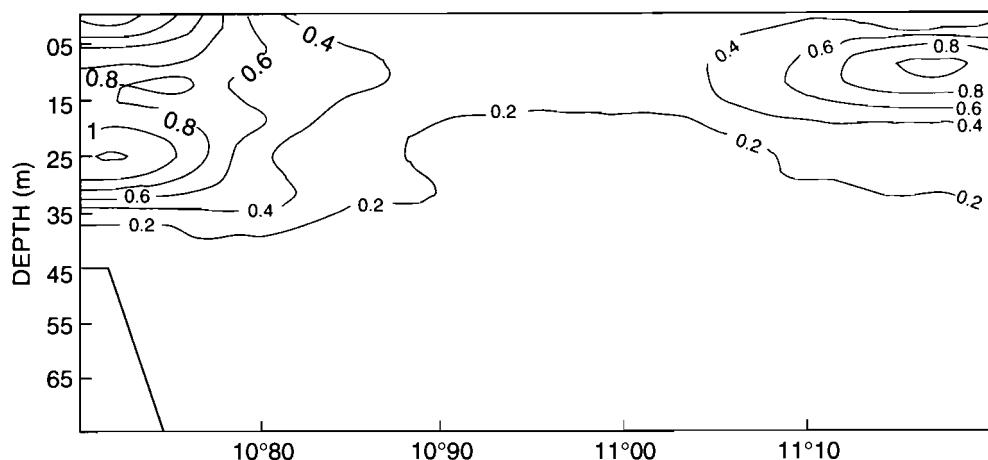


Figura 9

Perfil vertical de distribución de la clorofila a, a lo largo  $62^{\circ}22'48''W$  en septiembre de 1991. La latitud se expresa en el sistema decimal.

Vertical profile of chlorophyll a distribution along  $62^{\circ}22'48''W$  in September 1991. Latitude is expressed in decimal system.

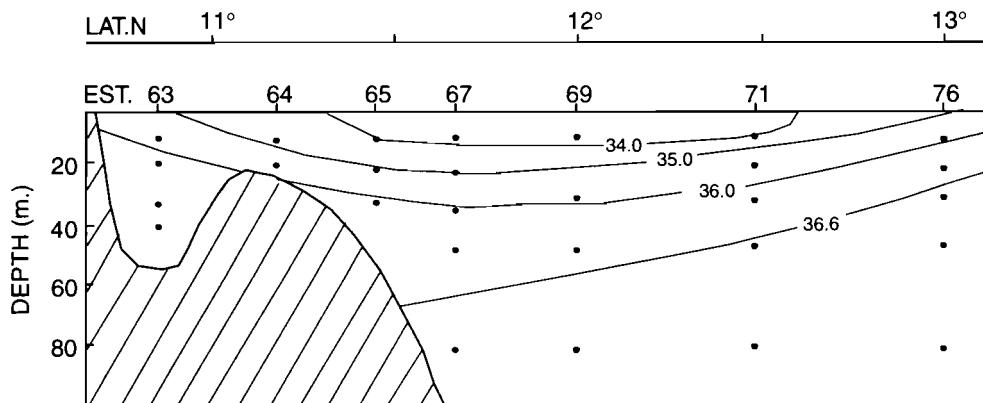


Figura 10

Perfil de salinidad en el NE de Venezuela a lo largo del meridiano  $62^{\circ}00'W$ , registrado durante la campaña LS-7501 en septiembre de 1975. Los puntos representan la toma de muestra.

Salinity profile in NE Venezuela along  $62^{\circ}00'W$ , recorded during LS-7501 survey in September 1975. Dots represent samples.

presencia de un frente en este lugar, pero es evidente en las imágenes de satélite (Fig. 8). Revisando los datos de campañas oceanográficas se encuentra también una franja de baja concentración entre dos focos de producción, uno costero y el otro situado mar afuera (Fig. 9). Es posible que allí exista además del frente de pigmentos un frente de densidad, formado por la surgencia de aguas densas al sur que descienden bajo una masa de agua menos densa (Fig. 10). Definir ese frente requerirá de futuros estudios.

### Área A4

En el área A4, hacia el occidente, se produce una dispersión de la biomasa del fitoplancton generada en A1. Existe por una parte un transporte de material orgánico y nutrientes provenientes del este y a la vez un foco de producción activa a lo largo de la costa de Unare a Cumaná, situada en la entrada al Golfo de Cariaco (García *et al.*, 1983). Este concepto no ha cambiado desde los primeros estudios

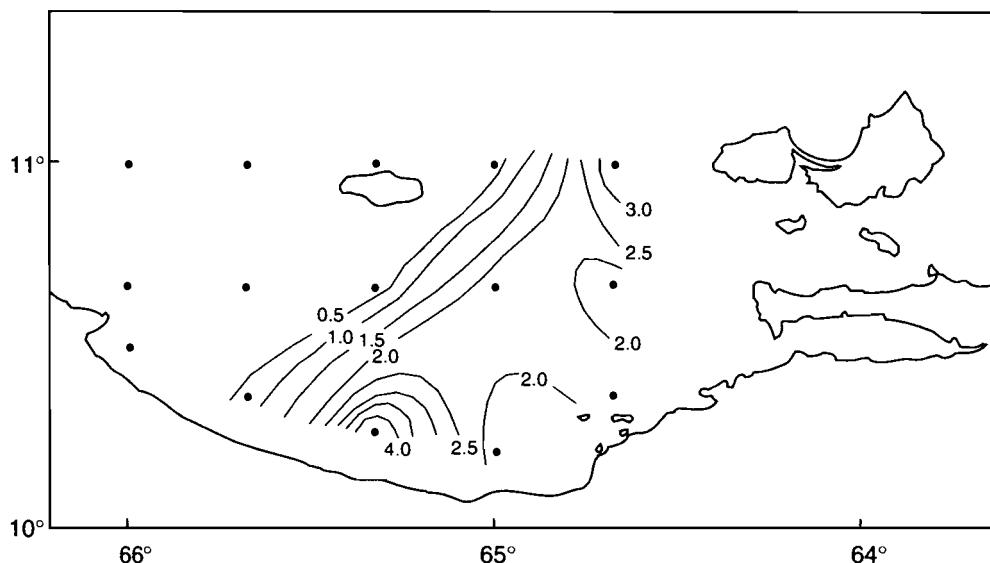


Figura 11

Distribución horizontal de la biomasa fitoplánctonica ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en el mes de marzo de 1982 a 10 m de profundidad, en la Cuenca Tuy-Cariaco (Tomado de Ferraz-Reyes, 1983).

Horizontal distribution at 10 m depth of phytoplanktonic biomass ( $\text{mg m}^{-3}$ ) in the Cariaco-Tuy Basin during March 1982 (From Ferraz-Reyes, 1983).

que atribuyen la anoxia en la Fosa de Cariaco al aporte orgánico del área productiva de Margarita (Richards, 1975). La concentración de clorofila disminuye hacia el oeste, particularmente en superficie (Fig. 11) y en los perfiles se observa que el máximo se hunde a un nivel subsuperficial a 20–50 m (Ferraz-Reyes, 1983).

En el área A4 ocurren una serie de especies de aguas fértils junto con otras de aguas más pobres. Las diatomeas son dominantes, siendo aquí las mismas que para el área A1 (*Nitzschia delicatissima*, *N. seriata*, *N. closterium*, *Thalassiosira subtilis*, *Rhizosolenia fragilissima* y *Leptocylindrus danicus*). Es necesario destacar que los cocolitoforales son el segundo grupo en número y los dinoflagelados son más frecuentes aquí que en las áreas situadas más al este; con representantes de los géneros *Mesoporus*, *Prorocentrum*, *Glenodinium*, y *Exuviaella*, que son en ocasiones muy abundantes. La densidad celular disminuye en relación a la registrada en A1: el máximo de organismos ( $150 \text{ cel ml}^{-1}$ ) se encuentra entre los 10 y 25 m de profundidad, aunque en ocasiones se pueden dar afloramientos cerca de las costas mayores a  $3.000 \text{ cel ml}^{-1}$ . Los máximos valores superficiales de clorofila son de  $4 \text{ mg m}^{-3}$  (promedio integrado  $25 \text{ mg m}^{-2}$ ). La producción media es entre 300 y  $1.000 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , y el valor máximo registrado es de  $3.100 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

## Área A5

Rodeando a las áreas descritas anteriormente y designadas como A5 (Fig. 1) se encuentran aguas que contienen un fitoplancton que es típico del ambiente oceánico tropical. La frontera entre A5 y las otras áreas es difícil de definir en detalle, pues se dispone de muy poca información y además es muy variable, siguiendo los procesos de expansión y contracción de A1 y A2. Puede considerarse como límite frecuente el borde de la plataforma continental, aunque al oeste y sur de la isla La Tortuga, y entre Trinidad y Tobago las aguas suelen mostrar la mayor parte del tiempo un fitoplancton con características oceánicas, con una biomasa pobre y una diversidad elevada. En A5 son raras las mediciones superiores a  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$  de clorofila en superficie. Los máximos, situados alrededor de 50 m, no suelen superar los  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ , al igual que la densidad celular, la cual se muestra baja en relación a las anteriores áreas, alcanzando pocas veces más de  $100 \text{ cel ml}^{-1}$ . Por el contrario, la diversidad de especies es la más alta de la región. Entre las especies dominantes se

encuentra un gran número de diatomeas, cianofíceas y cocolitoforales (*Nitzschia delicatissima*, *N. seriata*, *N. closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Trichodesmium thiebautii*, *Coccolithus huxley*). De las especies características de esta área destacan diatomeas grandes de los géneros *Rhizosolenia* y *Hemiaulus* y la especie *Chaetoceros coactatus*, y un gran diversidad de dinoflagelados de los géneros *Ceratium*, *Dinophysis*, *Pyrocystis*, *Oxytoxum* y *Pyrophacus*.

### Área A6

En el área A6 se incluye sólo al Golfo de Cariaco, por ser un cuerpo de agua semicerrado con características peculiares. Se trata de una bahía con dos capas de circulación. Durante la época de los alisios, se produce una circulación que trae aguas subsuperficiales de la Fosa de Cariaco, que entran por la capa inferior fertilizando el Golfo, mientras las aguas superficiales en giro ciclónico dejan el Golfo por la capa superior. Esta situación se revierte cuando los vientos pierden intensidad y en consecuencia las aguas se empobrecen. El viento y diferencias de densidad son los factores más determinantes en la hidrografía y en la distribución de la biomasa del fitoplancton, la cual es relativamente elevada durante todo el año, aunque con máximos durante el primer semestre, hasta  $10 \text{ mg m}^{-3}$  en superficie (integración promedio:  $40 \text{ mg m}^{-2}$ ). Por otra parte, la distribución muestra casi siempre una mayor biomasa en el sector oriental. La distribución en julio (Fig. 12 a), con un marcado gradiente hacia el sector oriental, aparece con frecuencia en la época de más estabilidad; mientras que en junio (Fig. 12 b) se observa una elevada concentración en la costa sur, posiblemente por efecto de la surgencia, y en febrero (Fig. 12 c) las mayores concentraciones aparecen en el centro del Golfo. El Golfo de Cariaco es muy productivo, llegándose a registrar  $4.600 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (promedio de  $1.600 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) (Moigis, 1986; Ferraz-Reyes, 1987, 1989). Aunque el viento, al igual que en el área A1, es la causa que actúa en la fertilización de las aguas, el Golfo está muy rodeado por masas de tierra, funcionando por ello de forma diferente al ecosistema pelágico de la plataforma, sujeto a difusión periférica (Margalef, 1969a).

La composición por especies que a continuación se presenta está basada en el trabajo de Ferraz-Reyes (1977). En la parte central y

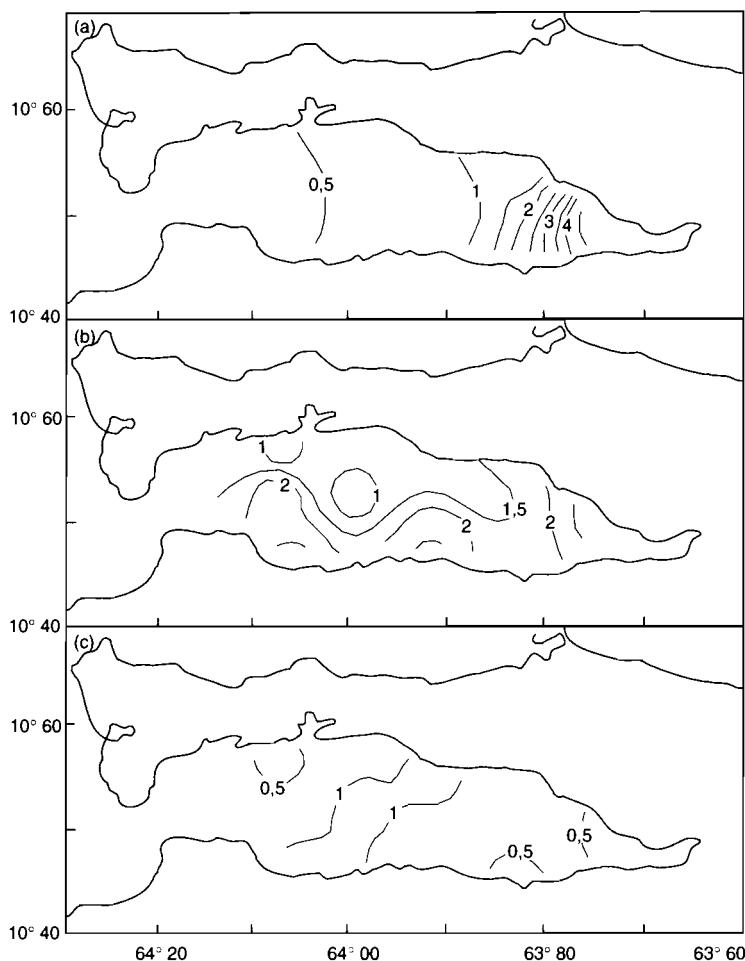


Figura 12

Distribución superficial de la clorofila *a* ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en el Golfo de Cariaco: (A) en julio de 1988, (B) en junio de 1989 y (C) en febrero de 1990. La distribución en (A) con un marcado gradiente hacia el sector oriental, aparece con frecuencia en la época de más estabilidad. Mientras que en (B) se observa una elevada concentración en la costa sur, posiblemente por efecto de la surgencia, y en (C) las mayores concentraciones aparecen en el centro del Golfo.

*Surface distribution of chlorophyll a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) in the Gulf of Cariaco: (A) in July 1988, (B) in June 1989 and (C) in February 1990. The chlorophyll distribution in (A), with a marked gradient in the eastern sector, is frequently observed during periods of high stability. In contrast, the situation in (B) is characterized by a high concentration along the southern coast, possibly due to the upwelling. In (C), major concentrations are observed in the central part of the gulf.*

occidental del Golfo y durante los primeros meses del año dominan las diatomeas *Nitzschia seriata*, *Leptocylindrus danicus* y *Cyclotella sp.* En cambio, en el sector oriental las diatomeas más frecuentes son *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros decipiens*, *Cylindrotheca closterium*, *Leptocylindrus danicus* y *Eucampia zoodiacus*. Además, *Exuviaella baltica* es en general el dinoflagelado más numeroso. En el mes de mayo la diatomea *Nitzschia seriata* es la especie dominante en todo el Golfo. Mientras que en julio, en el centro y al occidente, dominan la diatomea *Leptocylindrus danicus* y en todo el Golfo son abundantes varias especies de *Gonyaulax*. La aparición de dinoflagelados, arriba mencionada, coincide con el período de transición entre la surgencia y la estabilización de las aguas, estos organismos se hacen presentes en toda el área y comienzan a disminuir en densidad a partir del mes de septiembre-noviembre. Resaltan entre las especies más importantes *Peridinium trochoideum*, *Gymnodinium album*, *Gonyaulax polygramma*, *Exuviaella baltica*, *Peridinium minusculum*, *Ceratium furca* y *C. buceros*. Una composición distinta se presenta en el extremo más oriental del Golfo en los primeros meses del año, ya que las especies dominantes son diferentes en su mayoría que en el resto del Golfo (*Achnantes sp.*, *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. decipiens*, *Rhizosolenia imbricata* y *Rh. stolterfothii* y los dinoflagelados *Cyrodinium fission*, *Peridinium trochoideum* y *Ceratium furca*). Luego en esta zona durante abril, mayo y junio predomina la diatomea *Pleurosigma sp.* y el dinoflagelado *Exuviaella baltica*.

Las variaciones interanuales en la composición, biomasa y producción del fitoplancton en el Golfo de Cariaco pueden ser muy marcadas (Ferraz-Reyes, 1987; Ferraz-Reyes y Fernández, 1990). Aunque la época de mayor producción siempre es el primer semestre del año, con marcada proliferación de diatomeas, que luego declinan, haciéndose los dinoflagelados el grupo proporcionalmente más importante.

La densidad de organismos del fitoplancton puede llegar a ser considerable, en particular durante eventos de mareas rojas (ver más adelante). Concentraciones moderadas son del orden de 250 a 400 cel  $\text{ml}^{-1}$  y elevadas las que superan 1.000 cel  $\text{ml}^{-1}$ , con máximos de 4.300 cel  $\text{ml}^{-1}$  (Margalef, 1965; Ferraz-Reyes, 1987; Ferraz-Reyes y Fernández, 1990).

## Golfo de Santa Fe

Al oeste del Golfo de Cariaco y próxima a Puerto La Cruz, se encuentra una región de orografía y tectónica compleja que dió origen, además de varias islas, a la Bahía de Mochima, la ensenada de Tigrillo y el Golfo de Santa Fé, este último es un lugar de concentración de la sardina, que soporta una importante pesquería (Guzmán *et al.*, este volumen). Sobre el fitoplancton de este Golfo, sólo se cuenta con datos parciales en tesis o informes internos de difusión limitada (Breeuwer, 1977).

Al igual que en el Golfo de Cariaco, el ciclo del fitoplancton sigue en el Golfo de Santa Fé la secuencia surgencia-estabilidad. Se muestra un máximo de fitoplancton durante el primer semestre del año, dominado por las diatomeas (los máximos superan las  $1.000 \text{ cel ml}^{-1}$ ) y un mínimo entre agosto y noviembre (menor de  $100 \text{ cel ml}^{-1}$ ) donde los dinoflagelados adquieren una proporción mayor. En el trabajo de Breeuwer (1977) se definen dos áreas, pues las características del fitoplancton en el interior del Golfo son diferentes a las aguas adyacentes. Se atribuyen estas diferencias en la composición y la mayor fluctuación temporal en densidad y proporción de las especies a la protección física del Golfo, a la menor profundidad y a la mayor influencia de las aguas de escorrentía de las lluvias. La biomasa de fitoplancton parece ser menor que en el Golfo de Cariaco, mas no se dispone de datos sobre la cantidad de clorofila y la producción primaria. Las especies más abundantes son *Thalassiosira excentrica*, *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros* sp. *Rhizosolenia delicatula*, *Rh. stolterfothii*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum* entre las diatomeas. Mientras que *Dinophysis caudata*, *Gonyaulax polygramma*, *G. catenata*, *Porocentrum micans*, *Ceratium furca* y *Peridinium trochoideum* destacan entre los dinoflagelados.

## Dinámica temporal

En el Oriente de Venezuela, la biomasa del fitoplancton es relativamente alta cerca de la costa y en buena parte de la plataforma continental durante todo el año, al compararse con las aguas más oceánicas del Mar Caribe. Se observa, sin embargo, que existen

amplias fluctuaciones de un año a otro, en cuanto a cantidad de biomasa presente, pero no en los patrones de distribución. En consecuencia la abundancia del recurso es muy variable de un año a otro, en cambio las áreas más productivas son siempre las mismas.

La sucesión de las especies fitoplanctónicas en toda la región comienza con el enriquecimiento en nutrientes de las aguas superficiales, originando una proliferación de pequeños flagelados y diatomeas. Continúa la sucesión al disminuir el efecto de la surgenicia, con la aparición de diatomeas de mayor tamaño y un aumento en las poblaciones de dinoflagelados, mostrándose entonces una diversidad de especies alta. Aparecen primero las diatomeas *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica*, *Thalassiosira subtilis*, *Cyclotella caspia* y *Exuviaella baltica*, además de varias especies de *Chaetoceros* y de *Rhizosolenia*. Luego prosiguen diatomeas más grandes como *Rhizosolenia setigera*, y también varias especies de *Nitzschia* y de cocolitofóridos, con un aumento en la proporción de dinoflagelados como *Ceratium furca*, *Amphidinium acutissimum* y diversos *Peridinium*. En el extremo occidental, que cubre el área A4 y parte de A5, la sucesión se inicia con el aumento en el número de organismos (*Nitzchia*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*; y los dinoflagelados *Prorocentrum*, *Exuviaella* y *Glenodinium*; además de diversas especies de cocolitofóridos). Luego disminuye la densidad celular y ocurre un aumento de la diversidad, encontrándose una variedad de especies de pequeños flagelados y de los dinoflagelados *Prorocentrum* y *Ceratium*.

La sucesión del fitoplancton muestra a su vez una amplia diversidad de especies, unas típicas de mares templados y de zonas de surgenicia, otras son propias de mares tropicales, pobres en nutrientes. Esto hace del fitoplancton de la región un recurso alimenticio variado para los siguientes niveles tróficos.

## ***Fenómenos geológicos***

Opiniones recientes (Kimberley, 1989) indican que el fenómeno geológico de exhalación de compuestos volátiles de la corteza ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  en menor proporción) puede estar actuando también como promotor en el desarrollo del fitoplancton, ya que arrastran

elementos nutritivos. El fenómeno de exhalación se conoce en amplios sectores de la plataforma continental, y en la Fosa y el Golfo de Cariaco, y ocurre a través de las múltiples fallas existentes en la región. La presencia de un porcentaje significativo de glauconita en los sedimentos superficiales, asociados a fosforitas, evidencian el arrastre de compuestos de hierro y fósforo con las exhalaciones. Los fluidos llegan a la superficie por bombeo sísmico, en eventos ocasionalmente violentos, produciendo resuspensión del sedimento marino. Pero es posible también que el flujo sea lento y persistente, lo que podría tener un efecto a largo plazo sobre la disponibilidad de nutrientes, particularmente del fósforo. La importancia relativa de este fenómeno en la producción de la región es desconocida y aún difícil de estimar. Ciertos sucesos ocasionales, como mortandades de peces sofocados por sedimentos o gases tóxicos y algunos casos de mareas rojas, podrían estar relacionados con la resuspensión de sedimentos por exhalación. En algunas ocasiones se han observado mortandades de peces con sedimentos en las agallas (como el ocurrido al noreste de Margarita, en mayo de 1987) sin indicio alguno del efecto de fitotóxicos. Se conoce que en ésta y en anteriores oportunidades estos peces fueron consumidos por los pobladores sin problema alguno (Kimberley, 1989).

### *Mareas rojas*

En lo referente a la presencia del fenómeno de marea roja en la región, cabe señalar que ocurre con frecuencia en el Golfo de Cariaco, pero también se ven afectadas por el fenómeno las aguas costeras de Sucre, desde Araya hasta el Golfo de Paria, y al oriente y norte de Margarita. Se indica a la estación seca como la más favorable para su ocurrencia, y en relación con la surgencia que activa el crecimiento del fitoplancton. Pero algunas también se producen durante la época lluviosa de más estabilidad (Mazparrote, 1967, 1970; Hammer, 1968; Ferraz-Reyes *et al.*, 1979, 1985; Reyes-Vásquez *et al.*, 1979, 1991; La Barbera-Sánchez *et al.*, 1991a y b).

Las causas que favorecen la formación de estas agrupaciones de microalgas son una compleja combinación de factores, cuya comprensión es aún parcial y limitada. Los “blooms” de diatomeas,

producidos por la surgencia a causa de los vientos durante el primer semestre del año, pueden derivar hacia densidades elevadas de dinoflagelados, pero también la escorrentía terrestre de las lluvias y la estabilidad o calma en el mar pueden provocar la aparición de marea roja durante el segundo semestre del año. Otros factores que coadyuvan favorablemente son, frentes, giros y corrientes marinas, los accidentes costeros y de batimetría (Ferraz-Reyes *et al.*, 1979).

Los dinoflagelados es el grupo más estudiado y más implicado en este fenómeno, en cambio, las diatomeas y otros grupos como agentes que pueden producir mareas rojas, son menos conocidos en la región. En varias ocasiones los organismos del fitoplancton se han encontrado como causantes de mortandades en peces e invertebrados marinos por asfixia, producto de la oclusión de las agallas o por agotamiento del oxígeno disuelto. Entre los peces, la sardina es una especie que puede verse afectada (Mazparrote, 1967, 1970). Las densidades de organismos que se alcanzan durante una marea roja es muy elevada, de 6.000 a 10.000 cel  $\text{ml}^{-1}$ , pero a densidades menores pueden aparecer sus efectos, en particular si la especie es tóxica.

Un aspecto importante a destacar son las mareas rojas de carácter tóxico, que han llegado a producir casos graves de intoxicaciones en humanos. En los estudios fitotoxicológicos en el nororiente venezolano, se encuentran ciertas características que se podrían llamar constantes, según la localidad. En la costa norte del Estado Sucre, las mareas rojas tóxicas son sucesos no cíclicos, de corta duración y que generalmente está restringido al periodo de lluvias; mientras que en el Golfo de Cariaco existe periodicidad, duran más tiempo, y además se pueden presentar tanto en época de lluvias como en la sequía (La Barbera-Sánchez *et al.*, 1991a).

Las especies dinoflageladas que se han registrado como causantes de mareas rojas tóxicas son: *Protogonyaulax tamarensis* (= *Alexandrium tamarensis*), *Protogonyaulax catenella*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense*, *Noctiluca scintillans*, *Cochlodinium* sp., *Gonyaulax cf. soussa*, *Gonyaulax monilata* y otras especies de *Gonyaulax* y *Alexandrium* no identificadas (Ferraz-Reyes *et al.*, 1985; La Barbera-Sánchez *et al.*, 1991a, 1991b; Reyes-Vásquez *et al.*, 1979, 1991). El tipo de intoxicación que se ha reconocido en la región hasta el momento es el envenenamiento paralítico produci-

do por moluscos o PSP (“Paralytic Shellfish Poison”), y en menor escala se han dado desórdenes gastrointestinales pero no atribuibles al envenenamiento diarreico o DSP (“Diarrheic Shellfish Poisoning”).

### *Conclusión y recomendaciones*

Se observan en la región dos procesos que favorecen el crecimiento del fitoplancton. Estos son, la surgencia de aguas profundas y la descarga del río Orinoco, y cuyas épocas de máxima influencia se alternan en un ciclo anual. Ante factores tan diferentes y variables, el fitoplancton muestra a su vez una diversidad elevada al considerar toda la región, encontrándose especies tropicales, templadas, neríticas eurihalinas y oceánicas. El análisis en términos temporales de los datos históricos demuestra que existen amplias fluctuaciones de un año a otro en cuanto a la biomasa fitoplanctónica, en cambio los patrones de distribución no son tan variables.

El fitoplancton es con frecuencia abundante a lo largo de la costa norte del Estado Sucre y alrededor de la Isla de Margarita. Allí se pueden apreciar máximos de biomasa que actúan como focos cerca de la costa y que se dispersan mar afuera. Esto está asociado a las aguas densas y frías impulsadas por la surgencia. En el área del Delta y el Golfo de Paria también se encuentra una elevada concentración, pero formando extensas manchas entre aguas mezcladas con escaso plancton. Si se toman en cuenta únicamente los datos químicos disponibles (nutrientes), ésta región debería ser mucho más productiva que el área de Margarita, pero teóricamente la turbidez del agua, que reduce la zona fótica, limita la producción. Una parte de los nutrientes disponibles aquí deben exportarse con el movimiento del agua hacia el Mar Caribe, al norte y noroeste de Boca de Dragón.

Los focos de producción señalados, contribuyen a promover la producción de las áreas oceánicas del Caribe suroriental. Así, el gradiente de concentración, que es máximo cerca de la costa, se difunde hacia el norte, noroeste y oeste, conducido por efecto del viento y las corrientes. También se observa que los máximos costeros de

biomasa superficial (0–10 m) se hunden hacia el norte y el oeste hasta alcanzar profundidades de 50 m en aguas fuera de la plataforma que siempre son más transparentes (Bidigare *et al.* 1993).

La producción primaria sostenida en la plataforma nororiental puede considerarse del orden de 600 a 1.000 mg C m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>. Esto es comparable a la de surgencias importantes en otros lugares del Océano (Finenko, 1978) y es del doble al triple al compararla con otras áreas costeras del Caribe (Muller-Karger *et al.*, 1989). Las mediciones directas de la producción aún son muy escasas, siendo necesarias más determinaciones. No hay estudios directos sobre la transferencia de biomasa y energía a los siguientes niveles tróficos, pero el análisis de pigmentos puede dar una primera aproximación al respecto. En la región Oriental se encuentra en proporción importante los feopigmentos (30–50% del total de pigmentos), lo que indica que las poblaciones de fitoplancton se ven sometidas a un intenso pastoreo. Es posible inferir también que la tasa de consumo es muy acelerada. Por lo tanto, buena parte de la producción debe transferirse a los siguientes niveles tróficos en poco tiempo, es decir la tasa de renovación debe ser alta, lamentablemente sobre esto no hay ninguna medición directa.

En el futuro, los estudios sobre el fitoplancton de la región oriental deben ir enfocados hacia estaciones permanentes, ubicadas en lugares claves pero accesibles a los laboratorios, con el fin de producir datos en series de tiempo con una frecuencia por lo mínimo mensual, donde se registren simultáneamente parámetros físicos, químicos y biológicos, como mediciones de pigmentos, producción primaria y taxonomía. Esto sería de suma utilidad para establecer de forma convincente la relación entre la sucesión y los cambios hidrográficos. Es muy necesario hacer una revisión precisa de las especies presentes, usando microscopía electrónica. Muy especial cuidado se debe poner en las formas de pequeño tamaño y flageladas pertenecientes a diferentes fila, cuya identificación no se ha hecho todavía o sin la suficiente precisión. El adiestramiento de personal técnico y la elaboración de guías de identificación ajustadas a la zona geográfica es básico para desarrollar las líneas de investigación referentes al plancton. El uso de sensores remotos es hoy una técnica al alcance, y los estudios en este sentido deben continuar por la ventaja que ofrecen en la determinación de la distribución sinóptica del fitoplancton.

## ■ Agradecimientos

Los autores dedican este trabajo al personal de EDIMAR que en muchas oportunidades trabajaron en la toma de muestras y análisis de las mismas, o que se preocuparon por valorar y conservar los datos. Contribuyeron a incrementar con su esfuerzo los conocimientos sobre el fitoplancton de la región: José A. Monente, Joaquín Buitrago, César Rodríguez, Juan Luís Rodríguez, Efigenio Gil, Fernando Lárez, Fresdo Velásquez, Noel Marcano, Juan Capelo y Juan Salazar.

Le agradecemos a Lic. M.Sc. Amelia La Barbera el habernos facilitado el material bibliográfico más reciente sobre mareas rojas.

## I Bibliografía

- 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.
- APARICIO CASTRO R. y CONTRERAS R. (este volumen) — *Indices de surgencia costera inducida por el viento para la region nororiental de Venezuela*.
- BALLESTER, A. y MARGALEF, R., 1965 — Producción Primaria. Estudios sobre el ecosistema pelágico del NE de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 25(70, 71 y 72): 209–221.
- BIDIGARE, R., ODRUSEK, 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.
- BONILLA, J., SENIOR, W., BUGDEN, J., ZAFIROU, 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.
- BREEUWER, J. A. 1977 — Estudio taxonómico y distribución del fitoplancton del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes, durante los años 1973 y 1974. Tesis de grado de la Universidad de Oriente. 120 p.
- BUTLER, M., SPEIGHT, C. y MCCOURT, M., 1989 — *Remote sensing as an aid to fishery management and contingency planning in the Caribbean*. In: Waugh, G. y Googwin, M. (eds.): 208–217. Proceedings of the 39th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Bermuda, November 1986. South Carolina 1989.
- CÁRDENAS, J. J. (este volumen) — Distribución y cuantificación de la biomasa ictíca del mar venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por métodos hidroacústicos
- CURL, H. 1960 — Primary production measurements in the north coastal waters of South America. *Deep Sea Res.* 7: 183–189.
- 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* N°200: 347–362.
- FERRAZ-REYES, E. 1983 — Estudio del fitoplancton en la cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. de Oriente*, 22(1–2): 111–124.
- 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 fitoplancótica 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., REYES-VASQUEZ, G. y BRUZUAL, I. 1979 — Dinoflagellate blooms in the Gulf of Cariaco, Venezuela. In: Taylor, D. y Seliger H. (eds.), *Toxic Dinoflagellate blooms*: 155-160. Elsevier, New York. 505 p.
- FERRAZ-REYES, E., REYES-VASQUEZ G. y DE OLIVEROS, A. 1985 — Dinoflagellates of the genera *Gonyaulax* and *Protogonyaulax* in the Gulf of Cariaco, Venezuela. p. 69-72. In: Anderson, D. M., White, A. W., y Baden, D. G., eds., *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier: New York. 561 p.
- 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.
- FIELDLER, P., SMITH, G. y LAURS, M. 1984 — Fisheries applications of satellite data in the eastern north Pacific. *Mar. Fish. Rev.* 46(3): 1-13.
- FINENKO, Z. Z. 1978 — Production in plant populations. In: Kinne, O. *Marine Ecology* vol. IV.: p. 13-71. John Wiley y Sons: London.
- FUNDACIÓN LA SALLE, 1963-1965 — *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. Vol. I 343 p. (1963), Vol. II 414 p. y Vol. III 432 p. (1964), Vol. IV 473 p. (1965).
- GARCÍA, A., BONILLA, J. y BENITEZ, J.
- 1983 — Condiciones hidroquímicas en las aguas superficiales de la cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez.* Univ. de Oriente. 22(1-2): 87-101.
- GINES, Hno. 1975 — Los recursos vivos del mar Venezolano. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 35(100): 5-67.
- GUZMÁN, R., FRÉON, P. y MENDOZA, J. (este volumen) — La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: periodo 1973-1989.
- HUO, M. F. (este volumen) — Recopilación de los conocimientos biológicos de *Sardinella aurita* (Val.) en Venezuela.
- HALIM, J. 1967 — Dinoflagellates of the south-east Caribbean Sea (east-Venezuela). *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 52(5): 701-755.
- HAMMANN, G., BAUMGARTNER, T. y BADAN-DANGON, A. 1988 — Coupling of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. *CalCOFI Rep.*, 29: 102-109.
- HAMMER, L. 1967 — Die Primärproduktion 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.
- HARGRAVES, P., BRODY, R. y BURKHOLDER, P. 1970 — A study of phytoplankton in Lesser Antilles region. *Bull. Mar. Sci.* 20 (2): 331-349.
- HERRERA, L. FEBRES, G. 1975 — Kinematics of the wind-generated velocity field in the surface waters off eastern Venezuela, Caribbean Sea. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez.* Univ. Oriente, 14(2): 165-186.

- HERRON, R., LEMING, T. y LI, J. 1989 — Satellite-detected fronts and butterfish aggregations in the northeastern Gulf of Mexico. *Cont. Shelf Res.* 9(6): 569–588.
- 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.
- HULBURT, E. y GUILLARD, R. 1968 — The relationship of the distribution of the diatom *Skeletonema tropicum* to temperature. *Ecology*. 49(2): 337–339.
- KIMBERLEY, M. 1989 — Exhalative origins of iron formations. *Ore Geol. Rev.* 5: 13–145.
- LA BARBERA-SÁNCHEZ, A. 1984 — *Estudio taxonómico del orden Pendiniales 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., HALL, S. y FERRAZ-REYES, E. 1991a — *Alexandrium* sp., *Gymnodinium catenatum* and PSP in Venezuela. pp. 69–72. In: Smayda, T. y Shimizu, Y. (Eds.) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier Pub. Co. Inc., New York.
- LA BARBERA-SÁNCHEZ, A., REYES-VASQUEZ, G., CABELO, A. y FERRAZ-REYES, E. 1991b — Assessment of mussel toxicity caused by dinoflagellates in the Gulf of Cariaco, Venezuela from 1980–1988. *Revue Intern. d'Oceanographie Médicale* 101–104: 176–180.
- LAURS, M. 1989 — Applications de la télédétection satellitaire au germon du Pacific nord Thunnus alalunga (Bonaterre). *FAO Document technique sur les pêches* n°302: 87–97.
- LORENZEN, C. 1967 — Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343–346.
- MANDELLI, E. y FERRAZ DE REYES, E. 1982 — Primary production and phytoplankton dinamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67(1): 85–95.
- MARGALEF, R. 1965 — Composición y distribución del fitoplancton. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 25(70, 71 y 72): 141–207.
- MARGALEF, R. 1967 — Correlaciones entre parámetros oceanográficos del Caribe. *Inv. Pesq.* 31(1): 1–15.
- MARGALEF, R. 1969a — El ecosistema pelágico del mar Caribe. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 29(82): 5–36.
- MARGALEF, R. 1969b — Diversidad del fitoplancton de red en dos áreas del Atlántico. *Inv. Pesq.* 33(1): 275–286.
- MARGALEF, R. 1972 — Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe. *Inv. Pesq.* 36(2): 241–264.
- MARGALEF, R.; CERVIGON F. y G. YEPEZ. 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. y GONZÁLEZ B. 1969 — Grupos de especies asociadas en el

- fitoplancton del mar Caribe (NE de Venezuela). *Inv. Pesq.* 33(1): 287–312.
- 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.
- MIRO, 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 Paria, 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 Paria, Venezuela, durante la estación seca. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. Oriente*. 27 (1–2): 105–116.
- MONENTE, J. 1992 — Contribución del Río Orinoco a la formación de las aguas superficiales del Caribe. *Interciencia*. 17 (2): 105–111.
- MONTGOMERY, D., WITTENBERG-FAY, R. y AUSTIN, R. 1986 — The applications of satellite-derived ocean color products to commercial fishing operation. *J. Mar. Tech. Soc.* 20(2): 72–86.
- 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 nº3): 179–201.
- MULLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1990 — Infljo del río Orinoco en el mar Caribe: observaciones con el CZCS desde el espacio. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 49 y 50 (131–134): 361–390.
- MULLER-KARGER, F., MCCLAIN, C., FISHER, T., ESAIAS, W. y VARELA, R. 1989 — Pigment distribution in the Caribbean Sea: observations from space. *Prog. Oceanogr.* 23: 23–64.
- PELEGRI, J. y PADRON, D. 1986 — Algunas características del régimen de corrientes en la plataforma continental al norte de la Península de Paria. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venez. Univ. Oriente*, 26(1–2): 35–53.
- REYES-VÁSQUEZ, G., E. FERRAZ-REYES y E. VASQUEZ 1979 — *Toxic dinoflagellate blooms in northeastern Venezuela during 1977*. In: Taylor, D.; Seliger, H. y Lewis, C., *Toxic Dinoflagellate blooms*: 191–194. Elsevier, New York. 505 p.
- REYES-VÁSQUEZ, G., FERRAZ-REYES, E. Y LA BARBERA-SÁNCHEZ, A. 1991 — *Occurrence of Pyrodinium bahamense* in Venezuelan coastal waters. *Revue Intern. d'Oceanographie 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: 163-182.
- RICHARDS, F. 1975 — The Cariaco Basin (Trench). *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 13: 11-67.
- 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.
- SÁNCHEZ-SUÁREZ, I. G. 1990 — Three new Coccolithophorids (Haptophyta) from the South-Eastern Caribbean Sea: *Cycloolithella ferrazae* sp. nov., *Syracospaera florida* sp. nov. *Syracospaera tumularis* sp. nov. *Acta Cien. Venez.* 41: 152-158.
- 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 areas. *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.
- TAKANO, H. 1960 — Plankton diatoms in the eastern Caribbean Sea. *J. Ocean. Soc. Japan* 16(4): 24-28.
- 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.

# Relaciones tróficas y flujo de biomasa en la plataforma continental del Oriente venezolano: importancia de la sardina *Sardinella aurita*

**Jeremy Mendoza**  
Biólogo pesquero

## Introducción

La producción biológica marina en la plataforma del norte de Sudamérica está altamente correlacionada con la surgencia costera inducida por el viento en la estación seca (noviembre-mayo) y la influencia de los ríos en la estación húmeda (junio-octubre). Los aportes terrígenos más importantes están asociados con los ríos Orinoco y Magdalena, así como también con el amplio sistema estuarino del Lago de Maracaibo-Golfo de Venezuela. Los eventos de surgencia más importantes en la región se presentan en las costas colombianas del noroeste de la Península de la Guajira, la costa occidental de la Península de Paraguaná y, especialmente, a lo largo de las costas del nororiente de Venezuela (Longhurst y Pauly, 1987; Muller-Karger y Varela, 1988). Estos sistemas sostienen importantes pesquerías de recursos demersales y pelágicos.

La Plataforma del nororiente de Venezuela (Fig. 1) se encuentra entre los  $62^{\circ}\text{O}$  –  $66^{\circ}\text{O}$  y  $10^{\circ}\text{N}$  –  $11^{\circ}30'\text{N}$ . La plataforma se estrecha abruptamente al oeste de  $66^{\circ}\text{W}$  y se puede considerar como prácti-

camente inexistente a  $66^{\circ}30'W$  en la provincia central marítima de Venezuela. La máxima amplitud de la plataforma nororiental de alrededor de 110 km se observa entre tierra firme y el norte de la Isla de Margarita. Esta amplia plataforma continua hacia el este en aguas de Trinidad y Tobago, pero el régimen hidrológico es modificado por la mayor influencia del río Orinoco y menor ocurrencia del fenómeno de surgencia. Los fondos son de naturaleza variable con predominancia de sedimentos fangosos, provenientes de la pluma del Orinoco, en la costa norte de la Península de Paria. En el Banco de la Tortuga, desde las islas de Los Testigos hasta Cabo Codera en el límite occidental, predominan los fondos arenosos con numerosas áreas de fondos duros. Al sur de la Fosa de Cariaco y en el Golfo de Cariaco los fondos fangosos son de nuevo más abundantes.

Los recursos pelágicos de la región son explotados fundamentalmente por pescadores artesanales. Las especies más importantes, entre otras, son la sardina (*Sardinella aurita*), los carites (*Scomberomorus cavalla* y *Scomberomorus brasiliensis*), la cabañas (*Euthynnus alleteratus* y *Sarda sarda*). Los recursos de-

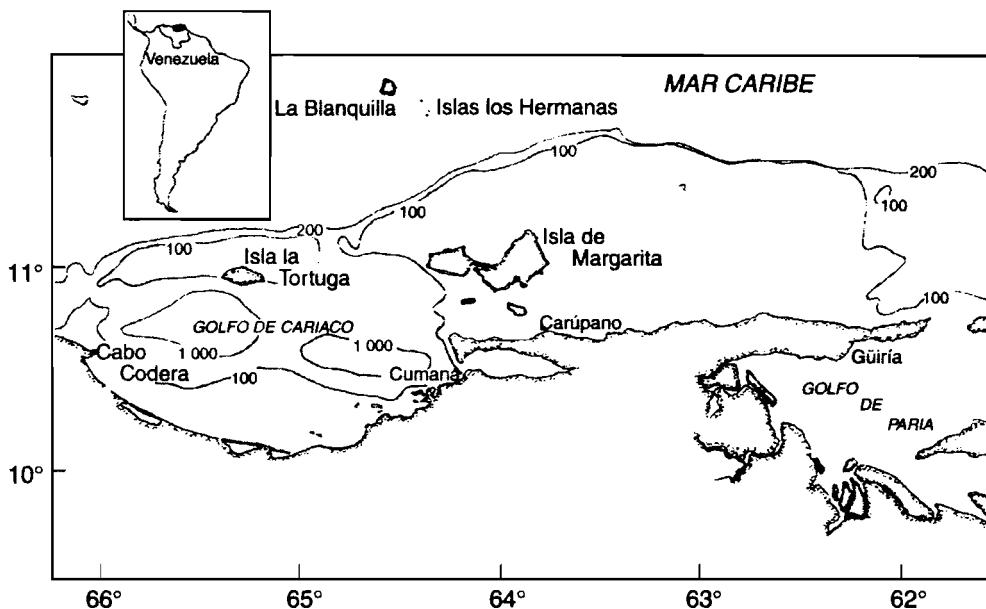


Figura 1  
Área de estudio

Study area

mersales son explotados por pescadores artesanales y embarcaciones de arrastre camaronero del tipo Florida. Las especies más importantes son los camarones (*Penaeus* spp.), corocoros (Familia Haemulidae), pargos (Familia Lutjanidae), meros y cunas (Familia Serranidae), moluscos (cefalópodos y bivalvos) y diferentes especies de la familia Sciaenidae.

A nivel mundial, la mayor parte de los estudios en biología pesquera han analizado los recursos pesqueros marinos utilizando el enfoque monoespecífico (Bevertón y Holt, 1957; Ricker, 1975). Aún cuando desde un inicio se admitió la necesidad de incorporar variables ambientales e interacciones entre especies (Smith, 1988), no es sino recientemente que se han desarrollado modelos pertinentes (Andersen y Ursin, 1977; Laevastu y Larkins, 1981; Walsh, 1981; Pauly y Murphy, 1982; Polovina, 1984). Algunos de estos modelos son altamente exigentes en cuanto a requerimientos de datos y son, por lo tanto, de aplicabilidad limitada, especialmente en países tropicales en desarrollo.

Polovina (op. cit.) desarrolló un modelo trófico sencillo de compartimientos al equilibrio conocido como ECOPATH, en el cual un ecosistema es dividido en grupos de especies y, dado un conjunto de parámetros como datos de entrada, estima biomasa promedio anual, producción anual promedio de biomasa y consumo anual de biomasa para cada uno de los grupos de especies. Estos grupos se definen en función de la similaridad de sus parámetros vitales, hábitat común y similitud de la dieta o régimen alimentario. Este enfoque fue posteriormente ampliado por Pauly *et al.* (1993) y Christensen y Pauly (1992a, 1992b).

Considerando la necesidad de mejorar la comprensión del funcionamiento de la red trófica en la plataforma del oriente venezolano, he considerado de utilidad recolectar la información disponible con el objeto de estimar un presupuesto preliminar de biomasa para esta importante región marina. Este análisis es particularmente relevante si se considera que no existen antecedentes de estudios de modelización de esta naturaleza para la mencionada región. La mayor parte de los estudios a escala regional han sido enfocados a describir la fauna ictiológica (Cervigón, 1966) y las características generales del sistema en el contexto pesquero (Ginés, 1972).

## I Materiales y Métodos

En el presente estudio el modelo ECOPATH II (Christensen y Pauly, 1992a, 1992b) ha sido aplicado con el fin de obtener una descripción, en equilibrio dinámico, del ecosistema de plataforma del oriente de Venezuela. En primer lugar se presentará un breve esquema del modelo y luego las diferentes técnicas y fuentes de datos utilizados para satisfacer los requerimientos del mismo.

### *El Modelo ECOPATH II*

Tal como lo señalan Pauly *et al.* (1993) y Christensen y Pauly (1992a, 1992b) el modelo ECOPATH II se deriva del programa ECOPATH de Polovina y Ow (1983) y Polovina (1984).

Básicamente el enfoque consiste en modelizar un ecosistema utilizando un sistema de ecuaciones lineales simultáneas (una por cada (grupo de) especie (s) *i*):

*Producción de (i) – toda depredación sobre (i) – pérdidas no depredatorias de (i) – exportación de (i) = 0, para todas las (i).*

o, en otros términos:

$$B_i P_i / B_i - \sum (B_j Q_j / B_j D C_{ji}) - P_i / B_i (1 - E E_i) - E X_i = 0 \quad (1)$$

donde,

$B_i$  = biomasa de (*i*)

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

$E E_i$  = la Eficiencia Ecotrófica es la parte de la producción de (*i*) que va hacia la depredación, capturas y exportaciones a otros sistemas.

$B_j$  = biomasa del depredador (*j*)

$Q_j / B_j$  = Cociente consumo/biomasa del depredador (*j*)

$D C_{ji}$  = es la fracción en peso de la presa (*i*) en la dieta promedio del depredador (*j*)

$E X_i$  = suma de las capturas de (*i*) más emigración a otros sistemas adyacentes.

## *Fuentes de Datos y Técnicas de Estimación de Parámetros*

### **Estimaciones de Biomasa**

Evaluaciones hidroacústicas y campañas de pesca de arrastre han sido utilizadas en la última década para estimar la biomasa de peces e invertebrados en esta región (Gerlotto y Elquezabal, 1986; Ginés y Gerlotto, 1988; Anon., 1989). La biomasa global aparentemente se ha mantenido relativamente estable alrededor de  $1,4 \times 10^6$  t. El informe presentado por el Institute of Marine Research, Bergen, Noruega (Anon., 1989), resultado de 4 prospecciones realizadas en el año 1988, presenta datos relativamente detallados para los grupos más importantes de especies demersales y pelágicas. Las estimaciones de biomasa fueron transformadas a  $t \text{ km}^{-2}$  utilizando un valor de  $30.000 \text{ km}^2$  para el área de la plataforma (Ginés, 1972; Anon., 1989).

### **Cocientes Producción/Biomasa**

Se utilizó la información suministrada por el Servicio Autónomo de los Recursos Pesqueros y Acuicultorales (SARPA) del Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) para estimar la mortalidad por pesca. Es decir:  $F = Y/B$

La mortalidad natural ( $M$ ) fue estimada utilizando la ecuación empírica de Pauly (1980):

$$\ln M = -0,0152 - 0,279 \ln L_\infty + 0,6543 \ln K + 0,463 \ln T \quad (2)$$

donde  $L_\infty$  y  $K$  son parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y  $T$  representa la temperatura media ambiental. Para esta última variable, se tomó el valor de  $24^\circ\text{C}$  (Ginés, 1972).

Finalmente, el cociente  $P/B$  (es decir  $Z$  bajo supuestos de equilibrio dinámico) fue estimado a partir de  $F + M$ . En los casos en que no fue posible aplicar esta metodología se tomaron datos disponibles en la bibliografía especializada.

### **Cocientes Consumo/Biomasa**

Los cocientes consumo/biomasa por grupos de especies fueron obtenidos a partir de la ecuación empírica de Palomares y Pauly (1989):

$$\ln Q/B = -0,1775 - 0,2018 \ln W_{\infty} + 0,6121 \ln T + 0,5156 \ln A + 1,26 F \quad (3)$$

donde,

$W_{\infty}$  = peso asintótico en gramos.

$T$  = temperatura media ambiental (24°C)

$A$  = cociente de aspecto de la aleta caudal (calculado a partir de fotografías en Ginés (1972) y dibujos en Cervigón (1966)

$F$  = variable del tipo de alimentación (= 0 en carnívoros y 1 en herbívoros)

### **Composición de la Dieta**

Una importante cantidad de trabajos se ha realizado en la región sobre el régimen alimentario de numerosas especies, particularmente como trabajos de grado de la Universidad de Oriente. La mayor parte de estos trabajos son de naturaleza cualitativa. Sin embargo, MacDonald y Green (1983) demostraron que hay un elevado nivel de redundancia en las diferentes variables utilizadas en el análisis de los contenidos estomacales. No obstante, es necesario hacer un esfuerzo de discernimiento cuando la distribución de tallas de la presas cubren un amplio rango. Además, en muchos de los estudios realizados, los peces son agrupados como un ítem único en la dieta. Considerando la poca selectividad específica en la alimentación de muchos peces tropicales, se utilizaron los estimados de biomasa y las características generales del hábitat para repartir el consumo de especies de peces como ítems de presa. En algunos casos, cuando no había estudios locales de contenido estomacal o la información se consideró insuficiente, se utilizó información disponible en fuentes bibliográficas.

### **Eficiencia Ecotrófica**

No había información disponible referente a esta variable. Se asumió para la mayor parte de los grupos que las eficiencias ecotróficas

eran mayores de 0,9 e inferiores a 1. En esta etapa se asumió un valor conservador para el fitoplancton de 0,75.

## Producción Primaria

La producción primaria en la región fue intensamente estudiada en la década de 1960 (Curl, 1960; Ballester y Margalef, 1965; Hammer, 1967; Ginés, 1972). Los valores promedios observados en el Golfo de Cariaco fueron de aproximadamente  $1,800 \text{ mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . Al norte de la Península de Araya y al norte y noroeste de la Isla de Margarita los valores promedios observados fueron del orden de  $500\text{--}600 \text{ mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . Al norte de la Península de Paria y alrededor de las islas de Los Testigos se observaron valores promedios de aproximadamente  $360 \text{ mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . Al norte de la Fosa de Cariaco, en los alrededores de la Isla de La Tortuga, los valores medios fueron relativamente bajos de aproximadamente  $280 \text{ mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . Mientras que en las aguas costeras al sur de la Fosa de Cariaco no se realizaron observaciones. En base a esta información se estimó un valor medio total ponderado de  $450 \text{ mg C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  para la totalidad de la plataforma continental de la región. Se estimó un 20% adicional para la producción primaria bentónica y la de aguas costeras al sur de la Fosa de Cariaco. Un factor de conversión de  $0,06 \text{ g C} = 1 \text{ g peso húmedo}$  (Walsh, 1981) fue utilizado para la transformación de las observaciones. El valor de entrada de la producción primaria total del sistema fue estimado en  $3.300 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ .

## Grupos de Especies

El modelo incluyó un total de 16 grupos y reposa en gran medida sobre la parte explotada del ecosistema. Por lo tanto, 12 de estos grupos son explotados comercialmente, entre los cuales 10 corresponden a grupos de peces. Los cuatro grupos restantes fueron: fitoplancton, zooplancton, productores bentónicos y detrito.

## Cazones

Las especies más importantes en este grupo están representadas por *Mustelus canis*, *Mustelus higmani* y *Rhizoprionodon porosus*. La

primera de ellas presentó la abundancia relativa más alta en las campañas de prospección y fue, por lo tanto, considerada como representativa del grupo. La biomasa total fue estimada en 2.800 tm y las capturas se estimaron en 500 t año<sup>-1</sup>.

La longitud máxima reportada para *M. canis* es de 1.500 mm (Compagno, 1984). Por lo tanto,  $L_{\infty}$  fue aproximado utilizando  $L_{max}/0,95$  (Pauly, 1983), lo que resultó en un valor de 158 cm. Un valor conservador de  $K = 0,24$  fue estimado en función de información suministrada para especies de *Mustelus spp.* por Francis (1981). El valor  $Q/B = 4,5$  fue tomado de Polovina (1984). La composición de la dieta para este grupo fue estimada según la información reportada en Russo (1975) y Gómez y Bashirullah (1984).

### **Escómbridos y Picúas**

El grupo está conformado por los escómbridos *Scomberomorus cavalla*, *Euthynnus alleteratus* y *Sarda Sarda*, y por las picúas *Sphyraena guachancho* y *Sphyraena picudilla*. El carite (*S. cavalla*) fue tomado como representante del grupo. La biomasa del grupo de especies fue estimada en 16.000 t y las capturas en 5.500 t año<sup>-1</sup>.

Los parámetros de crecimiento fueron obtenidos de Beaumariage (1973). La información sobre régimen alimentario para este grupo se obtuvo de Etchevers (1976), Anon. (1983a), Torres (1986) y Bashirullah y Acuña (1984).

### **Pargos y Meros**

Este grupo está compuesto por miembros de las familias Lutjanidae (esencialmente, *Lutjanus*, spp., *Pristipomoides macroptalmus* y *Rhomboplites aurorubens*) y Serranidae. Durante las campañas de prospección los lutjánidos fueron el grupo predominante. *Rhomboplites aurorubens* fue seleccionado como representante del grupo. La biomasa fue estimada en 22.600 t y las capturas en 5.250 t año<sup>-1</sup>.

Los parámetros de crecimiento fueron obtenidos de Grimes (1976). La composición de la dieta fue estimada según los trabajos de Garcia y Bashirullah (1976), Grimes (1979), Anónimo (1983b), Munro (1983) y Lorenzo (1985).

## Calamares

Las especies dominantes son *Loligo plei* y *Loligo pealei*. La biomasa fue estimada en 8.000 t y las capturas en 1.600 t año<sup>-1</sup>.

Los parámetros de crecimiento y la mortalidad natural se obtuvieron de Pauly (1985). El cociente *Q/B* se estableció sobre la base de una ingestión diaria de 10% del peso corporal (Amaratunga, 1983). Este último autor también suministra información sobre los hábitos alimenticios de estas especies.

## Carángidos

Este grupo contiene diversas especies, entre las que podemos mencionar: *Trachurus lathami*, *Decapterus* spp., *Chloroscombrus chrysurus*, *Selar crumenophthalmus* y *Selene* spp. La biomasa fue estimada en 200.000 t y las capturas en 9.200 t año<sup>-1</sup>. El cataco (*T. lathami*) representó más del 85% de la biomasa y fue seleccionado como representante del grupo.

Los parámetros de crecimiento fueron estimados en base a la información suministrada por Munro (1983), Rodríguez (1987) y Widodo (1988).

El régimen alimenticio fue establecido de acuerdo a los trabajos de Anon. (1983b) y Munro (1983).

## Cachorreta

La única especie del grupo está representada por la cachorreta *Scomber japonicus*. La biomasa total fue estimada en 24.000 t y las capturas en 600 t año<sup>-1</sup>.

La longitud máxima observada durante las prospecciones fue de 30 cm;  $L_{\infty}$  fue calculado utilizando  $L_{max} / 0,95$  (Pauly, 1983). El índice de performance del crecimiento  $\Phi'$  (Munro y Pauly, 1983) fue estimado en base a datos en Morales-Nin (1988), lo cual permitió establecer un valor del coeficiente  $K$ .

En la región no se han realizado estudios de contenido estomacal de esta especie. Datos de Muck y Sánchez (1987) fueron utilizados para estimar el vector de dieta para *S. japonicus*.

### **Sciánidos**

Este grupo contiene principalmente especies del género *Cynoscion* y al roncador (*Micropogonias furnieri*). Esta última especie fue seleccionada como representante del grupo. La biomasa fue estimada en 6.900 t y las capturas en 2.800 t año<sup>-1</sup>.

Los parámetros de crecimiento se tomaron de Rodríguez (1986). La información de composición de la dieta fue obtenida de Moreno (1985), Ruiz (1985) e Isaac (1988).

### **Corocoros**

Este grupo contiene especies de la familia Haemulidae, principalmente *Haemulon* spp. y *Orthopristis ruber*. La biomasa fue estimada en 14.300 tm y las capturas en 3.840 t año<sup>-1</sup>. El cherechere *Haemulon steindachneri* fue seleccionado como representante del grupo.

Los parámetros de crecimiento fueron estimados por Barreto (1990). El contenido estomacal de especies del grupo ha sido estudiado por González (1981), Guzmán (1989) y Barreto (1990).

### **Bagres**

Las especies más importantes son *Bagre marinus* y *Cathorops spixii*. Esta última especie fue tomada como representante del grupo.

La biomasa fue estimada en 11.400 t y las capturas en 2.170 t año<sup>-1</sup>. Los parámetros de crecimiento fueron estimados por Etchevers (1978). La composición de la dieta fue estimada en base al trabajo de Arias y Bashirullah (1984).

### **Otros Peces Demersales**

Este es un grupo sumamente heterogéneo de especies de peces demersales. Las familias más abundantes son Mullidae, Priacanthidae, Sauridae, Sparidae, Gerreidae, etc. La biomasa fue estimada en 25.400 t y las capturas en 25.000 t año<sup>-1</sup> lo cual probablemente sobreestima el valor de *F*. El salmonete *Mulloidichthys martinicus* (Mullidae) fue elegido como representante del grupo.

Los parámetros de crecimiento se estimaron de Munro (1983). La

composición de la dieta de este grupo fue establecida tentativamente según los estudios de Vásquez (1977), Fradique (1981), Fernández (1982), Munro (1983), Granado (1985) y Franco (1987).

### **P**equeños Pelágicos

Este grupo contiene clupéidos y engráulidos. La sardina *Sardinella aurita* representó mas del 80% de la abundancia global del grupo. La biomasa fue estimada en 1.000.000 t y las capturas en 80.000 t año<sup>-1</sup>.

Los parámetros de crecimiento y de mortalidad natural provienen de los estudios de Mendoza *et al.* (este volumen) y Fréon (1988). Los datos de composición de la dieta fueron obtenidos de Anónimo (1984), Huq (1984), Parra y León (1984) y Medina-Gaertner (1988).

### **B**entos Heterotrófico

Este grupo contiene todos los invertebrados bentónicos incluyendo camarones y cangrejos. Las capturas fueron estimadas en 20.400 t. El valor del cociente  $P/B = 3$  fue tomado de Polovina (1984). Un vector de dieta tentativo fue aproximado del conocimiento general de los hábitos alimentarios de invertebrados bentónicos (Barnes, 1974) y de los datos de Polovina (1984).

### **Z**ooplancton

Este grupo contiene también los estados larvarios de peces. Segundo Polovina (1984) el cociente  $P/B$  se estableció en 40 y el vector de dieta se basó en fitoplancton y algo de canibalismo.

### **F**itoplancton

El cociente  $P/B$  se estableció en 70 (Polovina, 1984) y la Eficiencia Ecotrófica en 0,75.

### **P**roductores Bentónicos

El valor de 12,5 del cociente  $P/B$  fue tomado de Polovina (1984).

## Detrito

No hubo información disponible sobre la biomasa de este componente en el área bajo estudio. Se utilizó la relación empírica establecida por Pauly *et al.* (1993) para obtener un estimado de este parámetro:

$$\log D = 0,954 \log PP + 0,863 \log E - 2,41 \quad (4)$$

donde  $D$  es biomasa del detrito en  $\text{g C m}^{-2}$ ,  $PP$  es la producción primaria en  $\text{g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  y  $E$  es la profundidad de la capa eufótica. Los valores de entrada fueron estimados en 182,5 para la producción primaria y 40 para la profundidad de la capa eufótica.

Para todos los grupos de consumidores la asimilación se fijó en 80% del consumo, según los trabajos de Winberg (1956) en peces.

## Resultados y Discusión

La tabla 1 presenta valores de entrada y estimaciones de biomasa, capturas y tasa instantánea de mortalidad por pesca para los diferentes grupos de especies.

En la mayor parte de los casos se utilizó los estimados de biomasa promedio obtenidos en las cuatro prospecciones hidroacústicas y de área de barrido realizadas en 1988 (Anon. 1989). Los estimados por hidroacústica se refieren a pequeños pelágicos, carángidos, cachorreta y escómbridos y picúas; la composición por especies fue determinada por medio de arrastres pelágicos. Naturalmente, la selectividad del arte por especies y por tallas puede introducir sesgos importantes en lo que se refiere a la composición real por especies. Es difícil determinar en qué forma los resultados pueden estar sesgados, aunque el informe antes mencionado considera que la abundancia de cachorreta y escómbridos y picúas puede haber sido sobreestimada debido a sus relativamente altas capturabilidades.

Para la mayoría de los grupos demersales la biomasa estimada por área de barrido probablemente represente un subestimado si se considera que la capturabilidad se estableció en un valor igual a 1. El único cambio importante realizado en los datos suministrados fue el de duplicar la biomasa del grupo de los cazones, ya que en el mencionado informe se consideró que el estimado representaba una subestimación fuerte debido a la naturaleza pelágica del grupo.

Por otro lado, las estadísticas pesqueras de capturas en Venezuela son de baja calidad, especialmente en el caso de las pesquerías artesanales costaneras. Varios estudios en la región nororiental

Grupo	Biomasa	Capturas	<i>F</i>
Cazones	0,082	0,017	0,21
Escóbridos y Picias	0,550	0,183	0,33
Pargos y Meros	0,750	0,175	0,23
Carangidos	6,670	0,307	0,05
Cachorreta	0,800	0,020	0,02
Calamares	0,267	0,053	0,20
Otros Demersales	0,850	0,833	0,98
Bagres	0,380	0,072	0,19
Corocoros	0,480	0,128	0,27
Esclénidos	0,230	0,093	0,40
Pequeños Pelágicos	33,300	2,667	0,08
Zooplancton	8,160	—	—
Bentos Heterotrófico	13,400	0,680	0,05
Fitoplancton	45,000	—	—
Prod. Bentónicos	11,200	—	—
Detrito	135,000	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>257,119</b>	<b>5,228</b>	

#### ■ Tabla 1

Biomassas ( $t \text{ km}^{-2}$ ), capturas ( $t \text{ km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) y tasa instantánea de mortalidad por pesca ( $F$ ;  $\text{año}^{-1}$ ) para los diferentes grupos de especies en la plataforma del nororiente de Venezuela.

*Biomass ( $t \text{ km}^{-2}$ ), catches ( $t \text{ km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ) and fishing mortality ( $F$ ;  $\text{year}^{-1}$ ) for the different groups of species on the continental shelf of Venezuela*

(Mendoza *et al.*, 1987; Mendoza y Fréon, 1991a, 1991b) indican que las estadísticas oficiales pueden subestimar las capturas en más del 100%. Por lo tanto, varios ajustes empíricos fueron necesarios para tomar en cuenta las deficiencias de los datos. Globalmente se agregó un 50% a las estadísticas oficiales de captura por parte de pescadores artesanales. Este ajuste relativamente leve se hizo considerando que los estimados de biomasa no cubrían el rango de 0 – 20 m de profundidad y, como se mencionó anteriormente, que la mayor parte de los recursos demersales están subestimados. Por otra parte, las estadísticas de captura de las pesquerías de arrastre de camarones y peces son de mejor calidad. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta los descartes de especies no comerciales de peces e invertebrados (básicamente, los grupos de otros demersales y bentos heterotrófico), los cuales pueden representar entre dos y tres veces las cantidades desembarcadas.

Naturalmente, los errores en los estimados de biomasa y capturas se reflejarán sobre el valor del coeficiente de mortalidad por pesca. Desafortunadamente, en este momento no hay estimaciones independientes para realizar comparaciones con los resultados obtenidos. Los valores particularmente bajos estimados para carángidos, cachorreta y pequeños pelágicos pueden explicarse por el leve nivel de explotación al que están sometidos estos recursos. Sin embargo, en líneas generales, no hay razones para pensar que los resultados presentados no son aproximaciones razonables al valor de este parámetro.

Los valores de biomasa presentados para los grupos de fitopláncton, zoopláncton, productores bentónicos y bentos heterotrófico son estimaciones al equilibrio calculados por el modelo ECOPATH II. Los valores obtenidos para los compartimientos del fitopláncton y zoopláncton son comparables a observaciones realizadas en la zona (Ferraz-Reyes, 1983; Urosa, 1983). A nuestro conocimiento, no hay valores publicados para autotrofos y heterotrofos bentónicos en el área de la plataforma. Sin embargo, el valor estimado para el bentos heterotrófico es comparable a biomassas observadas en la plataforma tropical del occidente del Golfo de Guinea (Longhurst, 1959, en Longhurst y Pauly, 1987), la cual está sometida a variaciones ambientales similares a las del área de estudio. Adicionalmente, la biomasa detrital obtenida a través de la ecuación empírica de Pauly *et al.* (1993) es una aproximación

Especie	$L_{\infty}$ (cm)	$W_{\infty}$ (g)	$K$ (año $^{-1}$ )	$M$ (año $^{-1}$ )
<i>M. canis</i>	158,0	—	0,24	0,22
<i>S. cavalla</i>	110,0	9.411	0,21	0,23
<i>R. aurorubens</i>	62,6	2.982	0,26	0,26
<i>T. lathami</i>	53,9	478	0,40	0,40
<i>S. japonicus</i>	31,6	416	0,54	0,58
<i>L. plei</i>	23,0	207	0,95	1,50
<i>M. martinicus</i>	30,0	459	0,40	0,94
<i>C. spixii</i>	33,9	622	0,34	0,43
<i>H. steindachneri</i>	34,9	586	0,20	0,30
<i>M. turnieri</i>	68,0	3.144	0,18	0,23
<i>S. aurita</i>	27,4	201	1,20	1,10

■ Tabla 2

Parámetros de crecimiento y mortalidad natural sobre la base anual para especies representativas de los grupos en la plataforma del oriente Venezolano.

*Growth parameters and natural mortality on an annual basis for representative species of the different species group on the continental shelf of northeastern Venezuela.*

razonable al valor de este parámetro en la región (W. Senior, Dpto. de Oceanografía, Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, com. pers.).

La tabla 2 presenta los estimados de los parámetros de crecimiento y mortalidad natural para las especies representativas de los diferentes grupos en este estudio. Es importante subrayar que la mayor parte de los parámetros de crecimiento, a excepción de *S. aurita*, *C. spixii* y *H. steindachneri*, fueron obtenidos de estudios realizados en otras áreas tropicales y subtropicales. Desafortunadamente, los estudios de edad y crecimiento realizados en el área de estudio son relativamente poco numerosos. Por otro lado, trabajos por Heald y Griffiths (1967) y González (1985) en escamas y otolitos de *S. aurita*, respectivamente, y lecturas de otolitos del cataco (*T. lathami*) por Rodríguez (1987) no fueron incluidos, principalmente porque los relativamente bajos valores de  $K$  obtenidos por estos autores condujeron a estimados de producción incompatibles, como se verá más adelante, con la presión depreda-

Grupo	P/B	Q/B	EE
Cazones	0,40	4,5	0,83
Escómbridos y Picúas	0,57	5,9	0,83
Pargos y Meros	0,49	5,6	0,87
Carangidos	0,45	7,6	0,93
Cachorreta	0,60	9,0	0,91
Calamares	1,70	36,5	0,96
Otros Demersales	1,92	8,4	0,92
Bagres	0,62	7,2	0,93
Corocoros	0,57	6,7	0,95
Esciénidos	0,64	4,9	0,92
Pequeños Pelágicos	1,13	9,8	0,93
Bentos Heterotrófico	3,00	12,5	0,97
Zooplancton	40,00	279,9	0,97
Fitoplancton	70,00	0,0	0,75
Prod. Bentónicos	12,50	0,0	0,61

■ Tabla 3

Producción/Biomasa (P/B; año<sup>-1</sup>) y Consumo/Biomasa (Q/B; año<sup>-1</sup>) en t km<sup>-2</sup> y Eficiencia Ecotrófica (EE) por grupos de especies en la plataforma del nororiente Venezolano.

*Production/Biomass (P/B; year<sup>-1</sup>) and Consumption/Biomass (Q/B; year<sup>-1</sup>) in t km<sup>-2</sup> and trophic efficiency (EE) by group of species on the continental shelf on northeastern Venezuela.*

toria ejercida sobre estos grupos. Por lo tanto, el modelo tambien es de utilidad para examinar fuertes discrepancias en los parámetros de entrada.

La tabla 3 presenta los estimados de los cocientes P/B y Q/B, así como tambien los estimados de la Eficiencia Ecotrófica (EE). El cociente P/B para la mayor parte de los grupos depende de los estimados de F y M, por lo tanto los errores y limitaciones mencionados en la estimación de estos parámetros serán sumados en el estimado de producción. Como se mencionó anteriormente, los cocientes Q/B para la ictiofauna se calcularon utilizando la

ecuación empírica de Palomares y Pauly (1989) y son comparables, para la mayor parte de los grupos en este estudio, a los resultados presentados por estos autores y Pauly (1989) para diferentes grupos de peces tropicales y de aguas templadas. Sin embargo, los estimados obtenidos para los grupos de pargos y meros y otros demersales pudiesen sobreestimar el consumo. Esto se explicaría, fundamentalmente, por el relativamente alto cociente de aspecto ( $A$ ) de las aletas caudales de las especies representativas seleccionadas para estos grupos, *Rhomboplites aurorubens* y *Mulloidycthys martinicus*, respectivamente. Los valores presentados para el zooplancton y el bentos heterotrófico son estimaciones del modelo y concuerdan con los valores obtenidos por Polovina (1984).

Los valores de la Eficiencia Ecotrófica ( $EE$ ) se mantuvieron deliberadamente elevados, entre 0,8 y 1 para la mayor parte de los grupos de especies. Es razonable asumir que la mayor parte de la producción en un sistema explotado será depredada o explotada. Esto naturalmente no será necesariamente así en el caso de los depredadores de los niveles tróficos más altos. En el caso que nos ocupa, los depredadores más altos incluidos soportan un nivel elevado de capturas y, adicionalmente, sufren una depredación no cuantificada por parte de especies oceánicas de túnidos y grandes tiburones, los cuales no fueron incluidos debido a la ausencia de datos adecuados y por la naturaleza nerítica del área de estudio. Por lo tanto, los estimados de esta variable se mantuvieron entre 0,8 y 1. El valor de 0,75 retenido para el fitoplancton puede considerarse como un valor conservador para este parámetro. Walsh (1983) determinó en cierto número de sistemas marinos templados y tropicales que la exportación de la producción planctónica al detrito era de 50% o más. Sin embargo, tomando en cuenta el período relativamente prolongado de surgencia de mediana intensidad en la plataforma del oriente venezolano, parece razonable asumir que la producción primaria pelágica es utilizada más eficientemente. Esta premisa está parcialmente sustentada por el hecho que los cocientes Carbono/Nitrogeno en los sedimentos de la región muestran un importante componente de origen terrígeno (Bonilla-Ruiz *et al.*, 1985). El valor de 0,61 estimado por el modelo para los productores bentónicos puede considerarse un sobreestimado si sólo se considera a las macrofitas (Christensen y Pauly, 1992a). No obstante, hay seguramente una importante producción por microal-

Presa	Depredador												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Cazones	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Escómbrid.	0,03	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Pargos/Mer	0,06	0,01	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Carangidos	0,15	0,10	0,08	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. Cachorreta	—	0,06	0,01	—	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—
6. Calamar	—	0,02	0,02	—	—	0,02	—	—	0,01	—	—	—	—
7. O. Demersal	0,06	0,00	0,03	—	—	—	0,05	0,01	0,05	0,02	—	—	—
8. Bagres	0,02	0,01	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9. Corocoros	0,02	0,01	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Esciénido	0,07	0,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11. Pelágicos	0,25	0,74	0,40	0,37	0,39	0,41	0,18	0,26	0,23	0,20	—	—	—
12. Zooplanc.	—	—	—	0,50	0,59	0,46	0,06	0,11	0,10	0,10	0,56	0,04	0,05
13. Bентos	0,32	0,02	0,40	0,10	—	0,11	0,62	0,58	0,61	0,68	—	—	0,13
14. Fitoplanc.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,44	0,95	0,20
15. Pr. Bентos	—	—	—	—	—	—	0,08	0,02	—	—	—	0,01	0,37
16. Detrito	—	—	—	—	—	—	0,02	0,02	—	—	—	—	0,25

■ Tabla 4

Matriz de composición de la dieta para los grupos de especies en el nororiente de Venezuela (la composición de la dieta suma uno verticalmente).

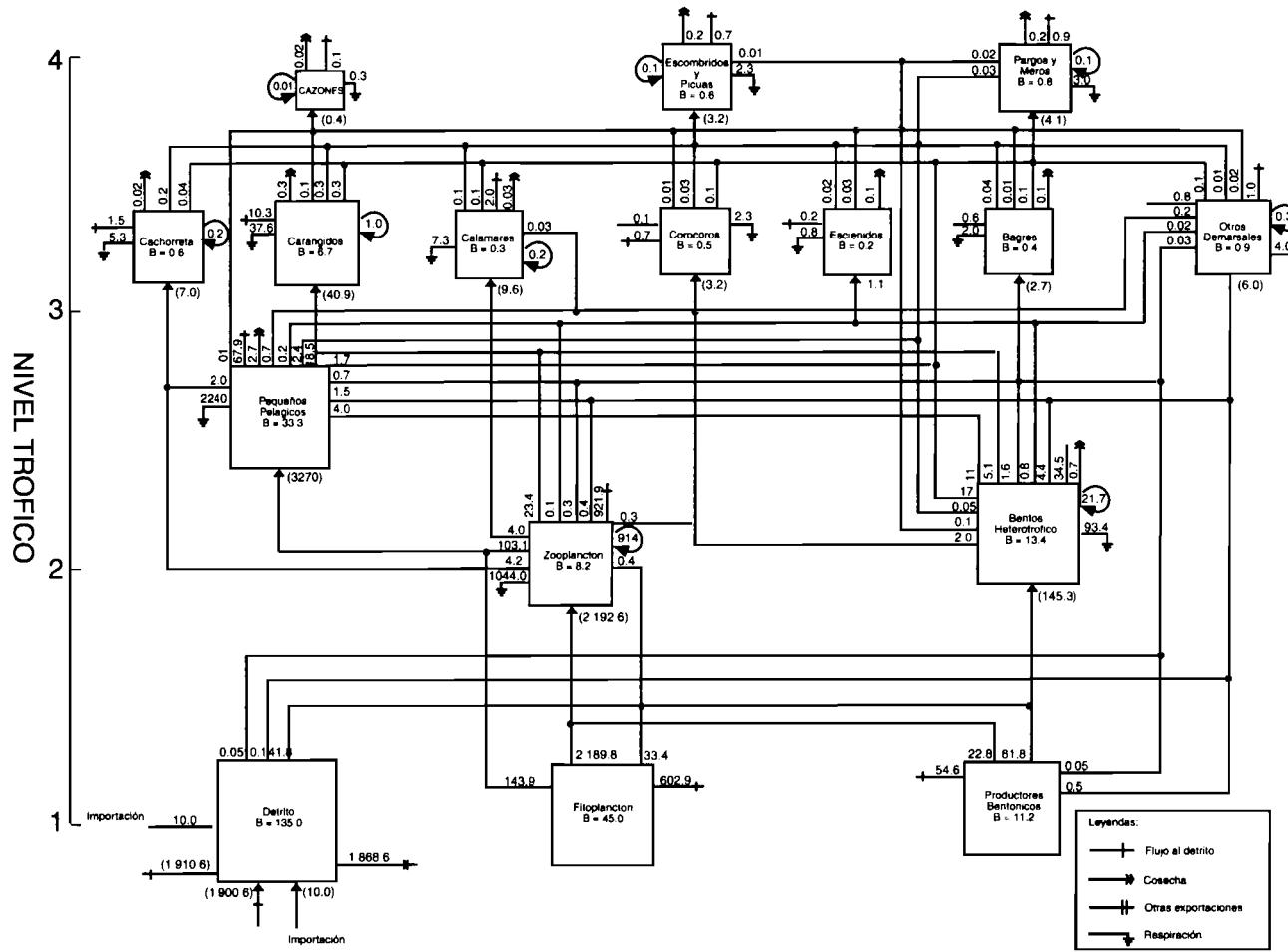
*Matrix of diet composition of the major species group on northeastern Venezuela (the sum of diet composition equal one in each column).*

gas bentónicas sobre las cuales la presión depredatoria es sin duda mucho mayor. Finalmente, la baja Eficiencia Ecotrófica del componente detrito (0,03) indica que existe un alto nivel de exportación hacia el sedimento.

La tabla 4 muestra la matriz de dieta para los diferentes compartimientos del sistema estudiado. Como ya se mencionó, la mayor parte de los estudios de composición de la dieta en la región han sido de naturaleza cualitativa. Por lo tanto, fue necesario ajustar empíricamente a valores cuantitativos (en peso) de composición de dieta. Básicamente, una vez determinados los valores iniciales de composición de dieta, el enfoque consistió en ajustar los vectores individuales para satisfacer los límites preestablecidos de Eficiencia Ecotrófica y demás parámetros de entrada. Afortunadamente, no fue necesario modificar sustancialmente los valores iniciales de consumo porcentual. En la mayor parte de los casos, ajustes menores del orden entre 0,5 % y 5% fueron utilizados para satisfacer los parámetros de entrada del modelo. Sin embargo, los vectores de dieta por grupo de especies deben ser considerados solamente como indicadores de preferencias alimentarias y no en términos absolutos.

La tabla 5 presenta algunos parámetros importantes del sistema estimados por el modelo. Detalles de los procedimientos de cálculo de estos parámetros pueden encontrarse en Christensen y Pauly (1992 a).

Como podía esperarse, la mayor parte del consumo de biomasa está asociado con los compartimientos pelágicos: zooplancton, pequeños pelágicos y, en menor grado, carángidos. Existe también un importante consumo de biomasa por parte del bentos heterotrófico. Estos cuatro componentes consumen alrededor del 75% de la producción del sistema y contribuyen alrededor del 40% del flujo al detrito. Adicionalmente, algunos grupos de relativamente baja biomasa, tales como calamar, cachorreta y otros demersales, juegan un papel importante en el consumo de la producción del sistema. La mayor parte del consumo asimilado es respirado, especialmente en el caso de los carángidos, cachorreta y calamares. Esto se refleja en los valores relativamente bajos de la Eficiencia Neta (*EN*) para estos grupos, los cuales, sin embargo, parecen razonables considerando su naturaleza particularmente activa, la baja producción de carángidos y cachorreta (asociados a los bajos niveles de



**Figura 2**  
Flujos de biomasa en el nororiente de Venezuela

### *Biomass flows in northeastern Venezuela*

Grupo	CI	AS	RS	FD	EN
1. Cazones	0,37	0,29	0,26	0,08	0,11
2. Escómbridos	3,27	2,61	2,30	0,71	0,12
3. Pargos/Meros	4,20	3,36	2,99	0,89	0,11
4. Carangidos	50,70	40,56	37,56	10,34	0,08
5. Cachorreta	7,22	5,78	5,30	1,49	0,09
6. Calamar	9,75	7,80	7,34	1,97	0,06
7. Otros Demersales	7,10	5,68	4,05	1,56	0,23
8. Bagres	2,73	2,19	1,95	0,56	0,11
9. Corocoros	3,21	2,56	2,29	0,65	0,10
10. Esciénidos	1,13	0,90	0,75	0,24	0,16
11. Peq. Pelágicos	327,01	261,60	223,98	67,91	0,15
12. Bentos Heterot.	167,00	133,60	93,40	34,51	0,30
13. Zooplancton	2.284,00	1.827,20	1.500,80	465,15	0,18
14. Fitoplancton	—	—	—	802,92	—
15. Prod. Bentonico	—	—	—	54,78	—

■ Tabla 5

Estimados de Consumo de Alimento (CI), Asimilación (AS), Respiración (RS), Flujo al Detritus (FD) y Eficiencia Neta (EN) por grupo de especies en el sistema de plataforma del oriente venezolano. Todos los valores, exceptuando EN, se expresan en  $t \text{ km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ .

*Estimates of food intake (CI), assimilation (AS), respiration (RS), flow to detritus (FD) and net efficiency (EN) per species group in the northeastern Venezuela shelf. All values, except (EN), are in  $t \text{ km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ .*

explotación) y el alto valor del cociente Consumo/Biomasa ( $Q/B$ ) de calamares. Los demás valores de EN para los componentes restantes se ubican dentro de los límites comúnmente aceptados (Jones, 1982; Polovina, 1984).

La figura 2 presenta los flujos de biomasa tal como fueron estimados por el modelo ECOPATH II. Como era de esperarse la mayor parte de la producción y la biomasa están contenidas en el dominio pelágico. El flujo más importante está determinado por la interacción entre fitoplancton, zooplancton, pequeños pelágicos y carángidos. En el dominio bento-demersal la mayor parte de la producción y biomasa está asociada con el detrito, productores bentónicos y el bentos heterotrófico.

La biomasa total estimada, sin incluir el detrito, fue de  $122 \text{ t km}^{-2}$  de la cual 78% correspondió a los componentes pelágicos y 22% a los componentes demersales y bentónicos. La producción total de biomasa fue de alrededor de  $3.700 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , de la cual 95% fue pelágica. Adicionalmente, existe una cantidad no despreciable de acoplamiento demerso-pelágico. El consumo de producción pelágica por los componentes bentónicos y demersales fue de aproximadamente  $66 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , esencialmente fitoplancton, zooplancton y pequeños pelágicos. En la dirección opuesta el consumo fue de aproximadamente  $45 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , fundamentalmente bentos heterotrófico.

En este estadio los resultados deben tomarse como una aproximación preliminar de las interacciones que ocurren al interior del sistema. Es importante señalar que el modelo es incompleto en el sentido que los depredadores de nivel más alto (tales como tiburones y atunes) y la avifauna no fueron incluidos por falta de datos adecuados y en el caso de los primeros por su limitado papel en este ambiente nerítico. Muy probablemente, el impacto mayor de estos grupos sería sobre el compartimiento pelágico (en particular pequeños pelágicos y carángidos) y sobre los grupos de cazones, escómbridos y pargos y meros. Sin embargo, considero que los flujos presentados en la figura 2 no serían alterados significativamente, excepto quizás por los relativamente altos niveles de canibalismo en los grupos de carángidos y cazones que se requirieron para balancear el sistema de ecuaciones.

Otra limitación se le puede atribuir al hecho que las importaciones y exportaciones (excepto las capturas) no son conocidas. No obstante, los estimados de biomasa (Anon., 1989) para diferentes grupos de especies de áreas adyacentes son más de un orden de magnitud menores que en el área de estudio. Por lo tanto, como primera aproximación, se partió de la premisa que las interacciones con sistemas adyacentes eran despreciables.

El modelo ECOPATH también permite estimar importantes parámetros (Tabla 6) para determinar el nivel de madurez de un sistema y la comparación sobre la misma base de diferentes sistemas (Christensen y Pauly, 1992a).

El flujo total a través del sistema es igual a la suma de todos los flujos (consumo, exportaciones, respiración, flujo al detrito) en un

Suma total del consumo	2.868
Suma de las exportaciones	1.417
Suma de flujos respiratorios	1.883
Suma de flujos al detrito	1.454
Flujo total en el sistema	7.621
Producción Primaria/Respiración	1.752
Producción Neta del Sistema	1.417
Producción Primaria/Biomasa	27
Biomasa/Flujo Total	0,016
Biomasa Total	122,1
Capturas Totales	5,2
Indice de Conectancia	0,32

■ Tabla 6

Estadísticas sumariales del ecosistema de plataforma del oriente venezolano. Flujos son en  $t \text{ km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ .

*Summary statistics of the northeastern Venezuela shelf ecosystem. Flows are in  $t \text{ km}^{-2} \text{ year}^{-1}$ .*

ecosistema. El valor de  $7.621 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$  obtenido para la plataforma del oriente venezolano determina un ecosistema de dimensiones intermedias en términos de flujo por unidad de área al compararse con datos presentados por Pauly *et al.* (1993). Una cantidad importante de este flujo está asociado a las entradas al detrito y su posterior exportación al sedimento.

Las otras estadísticas sumariales, las cuales expresan en cierta medida el grado de madurez de un sistema, presentan una imagen algo ambigua. Por un lado, el relativamente bajo valor del cociente producción primaria/respiración y el valor relativamente alto del índice de conectancia indican un cierto grado de madurez del sistema. Por otro lado, los relativamente alto valores de la producción neta del sistema y el cociente producción primaria/biomasa y el relativamente bajo valor del cociente biomasa/flujo total son indicadores de un sistema inmaduro. Sin excluir los posibles errores y limitaciones del conjunto de datos, esta aparente ambigüedad puede explicarse por ciertas características propias de

Fuente	Ascendencia		Estabilidad		Capacidad	
	Flujo	%	Flujo	%	Flujo	%
Importación	20,8	0,1	75,8	0,3	96,6	0,4
Interno	4.025,7	15,9	11.811,8	46,5	15.837,4	62,4
Exportación	3.858,0	15,2	156,1	0,6	4.014,1	15,8
Respiración	2.158,2	8,5	3.274,3	12,9	5.432,6	21,4
<b>Total</b>	<b>10.062,7</b>	<b>39,6</b>	<b>15.318,0</b>	<b>60,4</b>	<b>25.380,7</b>	<b>100</b>

■ Tabla 7

Índices de flujo sistémicos en el ecosistema de plataforma del oriente venezolano.

*Network flow indices as determined by the ECOPATH II model for the north-eastern Venezuela shelf ecosystem.*

este ecosistema. 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 7) basados en la teoría desarrollada por Ulanowicz (1986, en Christensen y Pauly 1992a y 1992b). A pesar del hecho que el sistema está condicido 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.

El modelo también estima el nivel trófico global de las pesquerías, el cual en este caso se ubica en 3,80, es decir al mismo nivel que los grupos de cazones y escómbridos y picúas. Su eficiencia bruta (capturas totales/producción primaria) se estimó en 0,0016. Adicionalmente, la producción primaria estimada para sostener el ecosistema fue de  $3.290 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , la cual compara favorablemente con el valor de entrada de  $3.300 \text{ t km}^{-2} \text{ año}^{-1}$ .

Finalmente, es evidente en la base de datos que el componente pelágico (especialmente, pequeños pelágicos, carángidos y cachorrera) está sometido a un bajo nivel de explotación por parte de las pesquerías. La existencia de una importante biomasa subexplotada

de especies pelágicas, tal como ha sido determinada por medios hidroacústicos en los últimos 10 años (Gerlotto y Elquezabal, 1986; Ginés y Gerlotto, 1988; Anónimo 1989), es generalmente reconocida por las comunidades científicas, gubernamentales y empresariales en Venezuela.

El interés se ha enfocado sobre el posible incremento de la producción de la sardina *Sardinella aurita*. Sin embargo, hay bastante preocupación sobre los efectos que esto pudiera tener sobre el funcionamiento del sistema y la explotación de otras especies (Anónimo 1990). Considerando las necesidades sociales y económicas de la sociedad venezolana, es necesario comprender el posible efecto del aumento de la explotación sobre el funcionamiento del sistema. Algunas manipulaciones sencillas de los datos de entrada indica que las capturas de pequeños pelágicos puede incrementarse de aproximadamente 50% sin alterar el equilibrio del sistema, básicamente aumentando la eficiencia ecotrófica de este grupo. Otro resultado observable al realizar estas manipulaciones es el aumento del flujo al detrito debido a la disminución de la presión depredatoria sobre los organismos planctónicos.

El modelo ECOPATH tambien contiene una rutina para el análisis del impacto trófico mixto de las variaciones de biomasa de los diferentes grupos (Christensen y Pauly, 1992a). Como cabía esperar, los resultados (Tabla 8) indican que los pequeños pelágicos son el componente explotado, cuyas variaciones de biomasa tiene el mayor efecto sobre los demás grupos. Este efecto es particularmente marcado en el caso de los depredadores más altos de la cadena, especialmente para escómbridos y picúas y los calamares, los cuales representan especies de elevado interés económico. Por otra parte, es interesante constatar que la disminución de la biomasa de pequeños pelágicos tiene un efecto positivo sobre la producción de biomasa del mismo grupo, al reducirse la competencia intraespecífica. Adicionalmente, el mayor impacto de las variaciones de biomasa del grupo de los carángidos se hace sentir sobre el mismo grupo (canibalismo) y sobre los pequeños pelágicos. Estos resultados indican, dentro de las limitaciones del modelo, que la estrategia más adecuada para explotar el sistema sería de incrementar simultáneamente la explotación sobre los pequeños pelágicos y los carángidos. Esta estrategia permitiría minimizar, bajo el supuesto de constancia de los vectores de dieta, el efecto del incremento de

Grupos Impactados																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	-0,07	-0,01	-0,01	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,06	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	-0,09	-0,06	-0,02	-0,07	-0,02	-0,00	-0,05	-0,03	-0,05	-0,01	0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,02
3	0,03	0,00	-0,06	-0,02	-0,05	-0,02	-0,03	-0,13	-0,10	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,00	0,01	0,00	0,02
4	0,08	-0,02	0,00	-0,14	-0,04	-0,05	-0,03	-0,06	-0,05	-0,05	-0,14	0,01	-0,04	0,00	0,02	0,00	-0,04
5	-0,00	0,02	0,01	-0,01	-0,07	-0,01	-0,00	-0,01	-0,01	-0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,01
6	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,06	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01
7	-0,02	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00	-0,01	-0,11	-0,02	0,00	-0,04	-0,01	0,00	-0,04	-0,00	0,02	0,00	0,13
8	0,01	0,01	0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,00	0,01	0,00	0,01
9	0,01	0,00	0,01	-0,00	-0,00	-0,02	-0,06	-0,01	-0,02	-0,02	-0,00	0,00	-0,01	-0,00	0,01	0,00	0,01
10	0,06	-0,00	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	0,00	-0,01	-0,00	0,00	0,00	0,01
11	0,15	0,54	0,22	0,19	0,16	0,22	0,01	0,11	0,08	0,02	-0,14	-0,15	0,00	0,06	0,03	0,00	0,49
12	-0,01	0,10	-0,01	0,27	0,34	0,27	-0,06	-0,01	-0,02	-0,05	-0,09	-0,44	-0,14	-0,39	-0,05	0,00	0,04
13	0,28	-0,02	0,26	0,04	-0,03	0,06	0,30	0,33	0,36	0,39	-0,03	-0,01	-0,35	-0,01	-0,39	0,00	0,15
14	0,15	0,31	0,18	0,35	0,38	0,36	0,05	0,15	0,14	0,10	0,44	0,47	0,09	-0,34	-0,17	0,00	0,30
15	0,14	-0,01	0,13	0,02	-0,01	0,03	0,21	0,18	0,18	0,19	-0,02	0,00	0,32	-0,01	-0,19	0,00	0,08
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	-0,17	-0,18	-0,13	-0,01	0,01	-0,02	-0,22	-0,06	-0,12	-0,21	-0,01	0,00	0,01	-0,00	-0,01	0,00	-

- 1. Cazones
- 2. Escómbridos y Picúas
- 3. Pargos y Meros
- 4. Carángidos
- 5. Cachorreta
- 6. Calamares
- 7. Otros Demersales
- 8. Bagres
- 9. Corocoros
- 10. Esciénidos
- 11. Pequeños Pelágicos
- 12. Zooplancton
- 13. Bentos Heterotrofo
- 14. Fitoplancton
- 15. Productores Bentónicos
- 16. Detrito
- 17. Pesquerías

■ Tabla 8

Matriz de Impactos Tróficos Mixtos en la plataforma del oriente de Venezuela. El efecto en la tabla representa incrementos en la biomasa de los grupos impactantes (columna de la izquierda), las disminuciones de biomasa tienen un efecto relativo de la misma magnitud en sentido contrario.

*Mixed trophic impact matrix for the northeastern Venezuela shelf. The effect in the table represents biomass increments of impacting groups (left column), decreases in biomass of impacting groups have an effect of the same magnitude in the opposite sense.*

la explotación de los pequeños pelágicos, en particular de la sardina, sobre los componentes del sistema de elevado valor económico y social.

En conclusión el modelo ECOPATH es una herramienta útil para la comprensión del funcionamiento y el manejo de ecosistemas. En una situación de información limitada como la estudiada se obtuvo una imagen coherente del área de la plataforma del oriente de Venezuela. Evidentemente se requiere más investigación para el mejoramiento de los datos de entrada, con el objeto de sustentar o desechar los resultados obtenidos en esta fase inicial. Se espera que en el futuro las investigaciones pesqueras en la región incorporen requerimientos del modelo y retroalimentación interdisciplinaria, con el fin de complementar el enfoque tradicional. La combinación del enfoque tradicional y el de un modelo sencillo como éste, permitiría tomar en consideración los aspectos interespecíficos en el manejo de un importante recurso pesquero como la sardina en el oriente venezolano, sin imponer exigencias demasiado elevadas en los limitados recursos humanos y materiales.

## ■ Agradecimientos

Deseo expresar mi gratitud al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas por el apoyo brindado a través del proyecto S1-2126. Igualmente al Dr. Villy Christensen y al Dr. Daniel Pauly del International Center for Living Aquatic Resource Management (ICLARM) por la colaboración prestada en el desarrollo del presente trabajo.

## I Referencias

- ALLEN, K. R. 1971 — Relation between Production and Biomass. *J. Fish. Res. Board Can.* 28: 1573-1581.
- AMARATUNGA, T. 1983 — *The role of cephalopods in the marine ecosystem*, p. 379-412. In: J. F. Caddy (ed.) *Advances in assessment of world cephalopod resources*. FAO Fish. Tech. Pap. 231.
- ANDERSEN, K. P. y E. URSIN, 1977 — A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing, with accounts of phosphorus circulation and primary production. *Medd. Dansk. Fish. Havunders.* 7: 319-435.
- ANÓNIMO. 1983a — Fishery Management Plan. Final environmental impact statement. *Regulatory impact review. final regulations for coastal migratory pelagic resources (mackerels) in Gulf of Mexico and South Atlantic region. Gulf of Mexico Fisheries Management Council*, Tampa, Florida.
- ANÓNIMO 1983b — *Source document for the snapper-grouper fishery of the south Atlantic region*. South Atlantic Fisheries Management Council, Charleston, South Carolina.
- ANÓNIMO 1984 — *Estudio de la biología, ecología y pesquería de la sardina, Sardinella aurita, de la región nororiental de Venezuela*. Convenio MAC-UDO. Informe Final Vol. II.
- ANÓNIMO 1989 — Surveys of the fish resources in the shelf areas between Surinam and Colombia 1988. *Inst. Mar. Res.*, Bergen, Norway.
- ANÓNIMO 1990 — Resultados de los talleres sobre la pesca en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General Sectorial de Pesca y Acuicultura. Caracas.
- APARICIO, R., (este volumen) — Revisión de las características oceanográficas de la plataforma Nororiental de Venezuela.
- ARIAS, A. y BASHIRULLAH, A. K. M. 1984 — Estudios biológicos del bagre cuinché *Cathorops spixii* en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Hábitos alimenticios de juveniles. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 23 (1 y 2): 195-200.
- BALLESTER, A. y MARGALEF, R. 1965 — Producción primaria. Estudios sobre el ecosistema pelágico del N.E. de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 25: 39-137.
- BARNES, R. D. 1974 — *Invertebrate zoology*. 3rd Edition. W.B. Saunders Co., Philadelphia. 870 p.
- BARRETO, M. A. 1990 — *Alimentación, edad y crecimiento del cherechere Haemulon steindachneri de la costa del edo. Sucre, alrededores de las islas Margarita y Los Testigos*, Tesis de Maestría, Universidad de Oriente, Cumaná.
- BASHIRULLAH, A. K. M. y ACUÑA, A. 1984 — Análisis del contenido estomacal del carite pintado *Scomberomorus brasiliensis* (Collette, Russo y Zavala-Camins, 1978) en el oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 27 (1/2): 117-122.
- BEAUMARIAGE, D. S. 1973 — Age, growth and reproduction of king mackerel *Scomberomorus cavalla* in Florida. Fla. *Mar. Res. Publ.* No. 1. 45 p.

- BEVERTON, R. J. H. y HOLT, S. 1957 — On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Inv. Minist. Agric. Fish. Food*, U. K. 19. 533 p.
- BONILLA-RUIZ, J., MARQUEZ, Y. P. y GAMBOA, B. R. 1985 — Características geoquímicas en núcleos de sedimentos de la región nororiental y Río Orinoco — Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 24 (1 y 2): 43–61.
- CARDENAS, J. (este volumen) — Distribución y cuantificación de labiomasa ictica del mar nororiental Venezolano, con enfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos.
- CÁRDENAS, J., SILVA J. y MENDOZA, J. 1991 — Evolución de la flota pesquera artesanal marítima del Nororiente Venezolano entre los años 1984 y 1990. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, Vol. 51 (135–136): 145–157.
- CERVIGÓN, F. 1966 — Los Peces marinos de Venezuela. 2 vols. Fund. La Salle de Cienc. Nat. Caracas, Venezuela, 951 p.
- CHRISTENSEN, V. y PAULY, D. 1992a — A Guide to the ECOPATH II software system (Version 2.1). *ICLARM Software* 6: 71 p.
- CHRISTENSEN, V. y PAULY, D. 1992b — ECOPATH II — a software for balancing steady state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Modelling* 61: 169–185.
- COMPAGNO, L. J. V. 1984 — FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part. 2. Carcharhiniformes. *FAO Fish. Synopsis* 4 (2): 251–655.
- CURL, H. Jr. 1960 — Primary production and measurements in the north coastal waters of South America. *Deep Sea Res.* 7: 183–189.
- ETCHEVERS, S. 1974 — Variaciones morfométrico-merísticas, biología y tamaño mínimo del stock de sardina en el nororiente de Venezuela. *Bol. Cient. Tec. (MAC)*, S.R.M. 1 (3): 82 p.
- ETCHEVERS, S. 1976 — Incidencia de clupeoideos en la alimentación de las cabañas: *Euthynnus alleteratus* y *Auxis thazard* en la costa noreste de Margarita. LAGENA. Cumaná.
- ETCHEVERS, S. 1978 — Contribution to the biology of the sea catfish, *Arius spixii* south of Margarita Island, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 28 (2): 381–385.
- FERNÁNDEZ, M. 1982 — *Morfología del tubo digestivo y análisis del contenido estomacal de la catalana Priacanthus arenatus en el oriente de Venezuela*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Oriente, Cumaná.
- FERRAZ-REYES, E. 1983 — Estudio del fitoplancton en la cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 22 (1 y 2): 111–124.
- FRADIQUE, J. 1981 — *Algunos aspectos de la sistemática y contenido estomacal de Archosargus unimaculatus*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Oriente, Cumaná.
- FRANCIS, M. P. 1981 — Von Bertalanffy growth rates in species of *Mustelus* (Elasmobranchii: Triakidae). *Copeia* 1: 189–192.
- FRANCO, L. 1987 — *Alimentación y reproducción de la lisa Mugil curema del Golfo de Cariaco, Venezuela*. Tesis de Maestría, Univ. de Oriente, Cumaná.
- FRÉON, P. 1988 — *Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Paris, Orstom, Etudes et Thèses, 287 p.

- GARCÍA, P. y BASHIRULLAH, A. K. M. 1976 — Biología del pargo *Lutjanus griseus* de la isla de Cubagua, Venezuela, p. 193–205. En Mem. del II Simp. latinoamer. Oceanogr. Biol., Univ. de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- GERLOTTO, F. y ELQUEZABAL, X. 1986 — Evaluation des ressources halieutiques du plateau continental venezuelien par echo-intégration: résultats préliminaires. *Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst.* 37: 67–77.
- GINÉS Hno. (ed.) 1972 — Carta pesquera de Venezuela. 1. Áreas del nororiente y Guyana. Monogr. No. 16, Fund. La Salle de Cienc. Nat. Caracas, Venezuela. 319 p.
- GINÉS, Hno. y GERLOTTO, F. 1988 — EcoinTEGRACIÓN y pesca sardinera. 10 años de investigación en EDIMAR. I Congreso IberoAmericano y del Caribe. Boletín de Resumenes. Fund. La Salle Cienc. Nat. Caracas.
- GÓMEZ, E. y BASHIRULLAH, A. K. M. 1984 — Relación longitud peso y hábitos alimenticios de *Rhizoprionodon porosus* (Carcharhinidae) en el oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 23 (1 y 2): 49–54.
- GONZÁLEZ, L. W. 1981 — Regimen alimenticio del corocoro *Orthopristis ruber* en las zonas adyacentes a la isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 20 (1 y 2): 23–32.
- GONZÁLEZ, L. W. 1985 — Determinación de edad y crecimiento de la sardina *Sardinella aurita* de la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. UDO 24 (1 y 2): 111–128.
- GRALL, C. 1984 — *A study of the biology of the spanish sardine, Sardinella aurita, in Florida waters.* M.S. Thesis, Univ. of Miami: 107 p.
- GRIMES, C. B. 1976 — *Certain aspects of the life history of the vermillion snapper Rhomboplites aurorubens from North and South Carolina waters.* University of South Carolina. PhD dissertation.
- GRIMES, C. B. 1978 — Diet and feeding ecology of the vermillion snapper *Rhomboplites aurorubens* from North Carolina and South Carolina waters. *Bull. Mar. Sci.* 29 (1): 53–61.
- GUZMÁN, R. 1989 — *Aspectos biológicos y pesquería del corocoro Orthopristis ruber, en el área de la isla de Margarita y norte del edo. Sucre.* Tesis de Maestría. Universidad de Oriente, Cumaná
- HAMMER, L. 1967 — *Die primarproduktion im Golf von Cariaco (ost Venezuela).* Int. Rev. Gesamt. Hydrobiol. 52: 757–768.
- 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.
- HUQ, M. F. 1984 — Alimentación de dos especies de anchovetas *Anchoa lyolepis* y *Anchoa lamprotaenia* del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 23 (1 y 2): 149–156.
- HUQ, M. F. (este volumen) — Estado del conocimiento biológico pesquero de la Sardina (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) en el oriente de Venezuela
- ISAAC, V. J. 1988 — Synopsis of biological data on the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri*
- GRANADO, A. 1985 — *Aspectos biológicos del sapo bocón Amphycithys cryptocentrus de las islas de Margarita y Cubagua, Venezuela.* Tesis de Maestría, Universidad de Oriente, Cumaná.

- (Desmarest, 1823). *FAO Fish. Synop.* 150. 35 p.
- JOHNSON, A. G. y VAUGHT, R. N. 1986 — *Species Profile of Spanish Sardine (Sardinella aurita)*. NOAA Tech. Memo., NMFS-SEFC-187: 82 p.
- JONES, R. 1982 — Ecosystems, food chains and fish yields, p. 195–239. In: D. Pauly y G. I. Murphy (eds.) *Theory and management of tropical fisheries*. ICLARM Conf. Proc. 9, 360 p.
- LAEVASTU, T. y LARKINS, H. A. 1981 — *Marine fisheries ecosystem, its quantitative evaluation and management*. Fishing News Books, Farnham, UK, 162 p.
- LONGHURST, A. R. 1959 — Benthos densities off tropical West Africa. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 25:21–28.
- LONGHURST, A. R. y PAULY, D. 1987 — *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, San Diego, California. 407 p.
- LÓPEZ, H. 1972 — Distribución y abundancia estimada de huevos de la sardina (*Sardinella anchovia*) en la región oriental de Venezuela, 1968–1969. Proy. MAC-PNUD-FAO, *Inf. Tec.* 46: 1–27.
- LORENZO, D. T. 1985 — *Aspectos biológicos del pargo cebal (Lutjanus analis) de la Isla de Margarita, Venezuela*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Oriente, Cumaná.
- MACDONALD, J. S. y Green, R. H. 1983 — Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 635–637.
- MEDINA - GAERTNER, M. 1988 — Relation entre l'alimentation des poissons et le zooplankton de la baie de Dakar (Senegal). *Inves. Pesq.* 52 (2): 155–191.
- MENDOZA, J. y FREON, P. 1991a — Producción y esfuerzo de pesca en Porlamar, Isla de Margarita durante 1986. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. Vol. 51 (135–136): 129–144.
- MENDOZA, J. y FREON, P. 1991b — Producción y esfuerzo de pesca de la flota artesanal costanera en Juangriego, Isla de Margarita, durante los años 1983, 1985 y 1986. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. Vol. 51 (135–136): 144–160.
- MENDOZA, J., GONZÁLEZ, J. y FRÉON, P. 1987 — La Pesca artesanal del Nororiente Venezolano: Esfuerzo de pesca potencial y aspectos socio-económicos. Actas de la Conferencia Internacional de la Pesca, Université du Quebec a Rimouski, 10–15 Agosto 1986. Vol. II: 1087–1099.
- MORALES-NIN, B. 1988 — Crecimiento de *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) (*Pisces: Scombridae*) y *Sardinops sagax* (Jenyns, 1923) (*Pisces: Clupeidae*) en aguas ecuatorianas. *Inves. Pesq.* 52 (4): 483–500.
- MORENO, N. 1985 — *Sistemática, distribución y hábitos alimenticios de juveniles de la Familia Sciaenidae en algunas playas de la Isla de Margarita, Venezuela*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Oriente, Cumaná.
- MUCK, P. y SÁNCHEZ, G. 1987 — The importance of mackerel and horse mackerel predation for the Peruvian anchoveta stock (a population and feeding model), p. 276–293. In: D. Pauly y Y. Tsukayama (eds) *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*. ICLARM Stud. Rev. 15, 351 p.
- MÜLLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1988 — Variabilidad de la biomasa de fitoplankton en el Mar Caribe. I Congreso Iberoamericano y del Caribe. *Bol. Resumenes*. Fund. La Salle Cienc. Nat. Caracas, Venezuela.

- MUNRO, J. (Ed.) 1983 — *Caribbean coral reef fishery resources*. ICLARM Stud. Rev. 7, 276 p.
- MUNRO, J. y PAULY, D. 1983 — A simple method of comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte, 1 (1): 5–6.
- PALOMARES, M. L. y PAULY, D. 1989 — A multiple regression model for predicting the food consumption of marine fish populations. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 40: 259–284.
- PARRA, B. y LEÓN, J. R. 1984 — Análisis del contenido estomacal y hábitos alimenticios de la camiguana *Anchoa parva* (Engraulidae) del Golfo de Cariaco, Edo. Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 23 (1 y 2): 3–13.
- PAULY, D. 1980 — On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 (2): 175–192.
- PAULY, D. 1985 — Population dynamics of short lived species with emphasis on squids. *NAFO Sci. Coun. Stud.* 9: 143–154.
- PAULY, D. 1989 — Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. *J. Fish Biol.* 35 (Suppl. A): 11–20.
- PAULY, D. y MURPHY, G. I. (Eds.) 1982 — *Theory and management of tropical fisheries*. ICLARM Conf. Proc. 9, 360 p.
- PAULY, D., SORIANO-BARTZ, M. L. y PALOMARES, M. L. 1993 — Improved construction, parametrization and interpretation of steady-state ecosystem models, p. 1–13. In: V. Christensen y D. Pauly (eds.) *Trophic models of aquatic ecosystems*. ICLARM Conf. Proc. 26, 390 p.
- 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. D. 1983 — ECOPATH: a user's manual and program listings. National Marine Fisheries Service, NOAA, Honolulu. *Adm. Rep. No. 83*. 46 p.
- RICKER, W. E. 1975 — Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191: 382 p.
- RODRÍGUEZ, J. 1987 — *Aspectos biológicos y pesquería del cataco Trachurus lathami en el oriente de Venezuela*. Tesis de Maestría. Universidad de Oriente, Cumaná.
- RODRÍGUEZ, M. S. de S. 1968 — Edad e crescimento de cururucu *Micropogon furnieri*, en las aguas cearences. *Arq. Estad. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceara* 8 (1): 7–14.
- RUIZ, L. 1985 — *Sistemática y hábitos alimenticios del roncador Micropogonias furnieri en la costa norte del edo. Sucre, Venezuela*. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente. 137 p.
- RUSSO, R. A. 1975 — Observations on the food habits of leopard sharks (*Triakis semifasciata*) and brown smoothhounds (*Mustelus henlei*). *Calif. Fish. Game* 61 (2): 95–103.
- 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. *Ser. Rec. y Explot. Pesq. (MAC)* 1 (2): 39–84.
- SMITH, T. D. 1988 — Stock assessment methods: the first fifty years. In: J. Gulland (Ed.) *Fish Population Dynamics*: 1–33. Wiley Interscience, New York.
- TORRES, A. 1986 — *Aspectos biológicos del carite lucio (Scomberomorus cavalla) del norte*

- del edo. Sucre, Venezuela. Tesis de Maestría. Universidad de Oriente, Cumaná.
- ULANOWICZ, R. E. 1986 — *Growth and development: ecosystem phenomenology*. Springer-Verlag, New York. 203 p.
- UROSA, L. J. 1983 — Distribución del zooplancton en la Cuenca Tuy-Cariaco, área de posible actividad petrolera en Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 22 (1 y 2): 125–143.
- VARELA, R., CARVAJAL, F. y MULLER-KARGER, F. (este volumen) — El Fitoplancton de la Plataforma Nororiental de Venezuela.
- VASQUEZ, N. 1977 — *Aspectos biológicos de la mojarra Diapterus plumieri de la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Oriente, Cumaná.
- WALSH, J. J. 1981 — A carbon budget for overfishing off Peru. *Nature* (London) 290: 300–304.
- WALSH, J. J. 1983 — Death in the sea: enigmatic phytoplankton losses. *Prog. Oceanogr.* 12 (1): 1–86.
- WIDODO, J. 1988 — Population biology of Russell's scad (*Decapterus russelli*) in the Java Sea, Indonesia. In S.C. Venema, J.M. Christensen y D. Pauly (eds.) *Contributions to tropical fisheries biology*. FAO Fish. Rep. 389: 308–323.
- WINBERG, G. G. 1956 — *Rate of metabolism and food requirements of fishes*. Transl. Fish. Res. Board Can. 253. 202 p.



# Bio-ecología de la sardina

---

## *Bio-ecology of sardine*

sección 2.2  
section 2.2



# Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) en el Oriente de Venezuela

**Molla Fazlul Huq**  
Biólogo pesquero

## ■ Introducción

La sardina *Sardinella aurita* está distribuida en el Atlántico, desde el sur-oeste de África hasta el sur de España y en el Mediterráneo. También se encuentra desde la costa este de América del Norte hasta el sur de Brasil. En el Indo Pacífico se localiza en el área sur de China, Malasia y alrededores del Archipiélago de Indonesia. En la mayoría de estas regiones esta especie es explotada por importantes pesquerías, fundamentalmente artesanales. Así mismo, las poblaciones importantes de *S. aurita* se encuentran en zonas de sur- gencia costera.

El recurso sardinero de Venezuela representa la pesquería más importante del país en aguas jurisdiccionales, en cuanto a volumen de producción se refiere. Se captura en la región nororiental y en zonas exclusivamente costeras, constituyendo la principal fuente de materia prima para la elaboración de conservas de consumo popular y la producción de harina de pescado. También se consume en fresco y a veces es utilizada como carnada para la pesca de otras especies pelágicas o demersales. Este recurso representa una

importante fuente de empleo en las diferentes fases de captura, procesamiento y comercialización.

El objetivo del presente trabajo es el de recopilar las informaciones biológicas disponibles sobre la sardina en Venezuela, de tal forma que constituya una fuente de información para todos aquellos que trabajan con este recurso.

## I Identidad

Meek e Hildebrand (1925) describieron por primera vez la sardina de Venezuela como *Clupanodon pseudohispanicus*; Weibezahn (1951 y 1955), entre otros, precisó la ubicación taxonómica de la sardina en Venezuela. Martín y González (1960a) probaron que *Clupanodon* y *Sardinella* son un mismo género, más adelante la describen como *Sardinella anchovia*. Cervigón (1966) identificó la especie como *S. brasiliensis*. Whitehead (1973) la señaló como *S. aurita* Valenciennes y sugirió que *S. brasiliensis* en su migración norteña entra a la costa oriental de Venezuela. Heald y Griffiths (1967), basados en los tipos de escamas, señalaron que de manera estacional entra al Golfo de Cariaco una sardina diferente que podría ser otra especie, y que se han observado ejemplares de dos especies estrechamente relacionadas, *S. pinnulas* y *S. brasiliensis*. Esta observación fue defendida por Jiménez y Calderón (1979), quienes opinaron que posiblemente exista un stock heterogéneo de sardina. Etchevers (1974), basándose en el estudio de la variación del número de branquispinas en la sardina venezolana, concluyó que resulta aventurado pensar que las diferencias locales han sido producidas por la presencia de dos especies en las muestras, aunque tal posibilidad no pudo ser totalmente descartada. Huq y Rodríguez (1988) opinaron que en el Golfo de Cariaco, podrían existir dos grupos de sardinas que alcanzan la primera madurez sexual a diferentes tallas, un grupo mínimo sedentario y un grupo principal migratorio. Según Fisher (1978), *S. aurita* y *S. brasiliensis* se distinguen por las formas de las branquispinas, siendo éstas ligeramente planas en la primera y fuertemente curvadas en la segunda.

Montero (1981), en base del análisis de 33 a 45 loci genéticos de 11 proteínas de *S. aurita* y *S. brasiliensis* capturadas en el Golfo de Cariaco, encontró que ellas comparten todos los fenotipos electroforéticos para cada una de las enzimas analizadas, lo que indica una similitud genética de un 100%; por eso concluyó que *S. aurita* y *S. brasiliensis* son una misma especie, lo que se acepta hoy en día como la hipótesis más probable. Las diferencias arriba mencionadas pudiesen explicarse por la plasticidad fenotípica de la especie en relación a las variaciones del medio ambiente.

## ■ Distribución

Cervigón (1964) y Simpson y González (1967) señalaron que en Venezuela la especie se distribuye de una manera discontinua y cerca de la costa, desde el Golfo de Venezuela hasta Cabo Tres Puntas en el Oriente de Venezuela, siendo más abundantes en el Golfo de Cariaco y áreas adyacentes, y en la costa sur y sur-este de la Isla de Margarita; también se encuentran en las islas oceánicas como el Archipiélago de Los Roques e Isla Blanca. Martín y González (1960b) indicaron que las concentraciones más importantes se observan desde el Golfo de Santa Fé hasta la Península de Paria. Según Etchevers (1974), la sardina parece congregarse primordialmente en zonas cercanas a la costa, donde los fenómenos de surgencia producidos por los vientos locales son más intensos. Durante prospecciones acústicas realizadas por Odegard *et al.* (1971a,b), las principales zonas de concentración de cardúmenes ocurrieron entre los meses de enero y abril en el Golfo de Cariaco, en las afueras de Porlamar y Pampatar en la Isla de Margarita, así como al norte de la Península de Araya y entre Coche y Cubagua. La presencia de cardúmenes en áreas alejadas de la costa fue mínima. Estas agregaciones de peces, aunque no fueron identificadas, pueden atribuirse en un porcentaje apreciable a clupeídos, debido a la forma de los trazos registrados en los ecogramas. Gerlotto y Elguezabal (1986), Gerlotto y Ginés (1988), Anónimo (1989) y Cárdenas (este volumen) realizaron evaluaciones hidroacústicas en

el oriente de Venezuela, estableciendo el tamaño de la población en el orden de las 800.000 t y precisando la distribución espacial, tanto en extensión como en profundidad. Esta repartición cubre la mayor parte de la plataforma nororiental con mayores concentraciones en las áreas de surgencia ubicadas en el Golfo de Cariaco, costa norte de la Península de Araya y alrededores de la Isla de Margarita. En cuanto a la distribución vertical se encontró que una fracción importante del stock no era vulnerable a los artes de superficie en un momento determinado.

Trujillo (1978) estudió la distribución y la abundancia de la sardina mediante reconocimiento aéreo, logrando detectar la presencia de cardúmenes comerciales hasta una distancia de 30 millas de la costa. No encontró sardina en aguas oceánicas. Montesinos *et al.* (1976) informaron sobre la distribución y abundancia de juveniles de sardina en el oriente venezolano. Por lo general, la abundancia de juveniles es mayor en las regiones del Golfo de Cariaco, Golfo de Santa Fé y norte de la Península de Araya (Fréon *et al.*, este volumen).

Trujillo (1976) observó que el comportamiento migratorio de esta especie está asociado con los vientos alisios reinantes, y que durante esa época los ejemplares adultos se encuentran cerca de la costa, mientras que las larvas y juveniles se encuentran en aguas protegidas comprendidas entre Bahía de Mochima y Puerto la Cruz.

## ■ Explotación

### *Captura*

Heald y Griffiths (1967) señalaron que la pesquería de la sardina representa entre el 30 y 40% de la captura total anual del país. Simpson y Griffiths (1967) observaron variaciones interanuales en los desembarques de sardina en Venezuela entre 23.400 t y 43.800 t, entre 1959 y 1966. Griffiths y Simpson (1972) analizaron las capturas anuales hasta el año 1971 y observaron que se habían estabi-

lizado alrededor de 40.000 t desde 1963, debido a la accesibilidad relativamente limitada del recurso a los métodos de pesca. Etchevers (1974) indicó que la captura de la sardina se había establecido a un nivel aproximado de 40.000 t anuales a partir de 1964, igual a lo señalado por Griffiths y Simpson (1972). Trujillo (1977) demostró que la Estadística de Pesca Oficial del MAC registra menos cantidad de sardina de la que en realidad se desembarca. Según sus propias estimaciones, entre 1966 y 1975 el error en las cifras habría variado entre 2% y 85% con respecto a la captura anual declarada por la industria.

La FAO (1979) señaló que las pesquerías marítimas venezolanas presentan una declinación a partir del año 1972, e indicó que para 1993 no habría suficiente sardina en estas aguas para mantener las actuales industrias. Las causas que pueden haber motivado esta baja de sardina no se pudieron identificar claramente. Nascimiento y Rojas (1971) opinaron que las capturas del recurso sardinero sufren variaciones interanuales, las cuales, hasta ahora, no han sido explicadas satisfactoriamente.

Simpson y Griffiths (1971) han señalado que las máximas capturas de sardina en el Golfo de Cariaco ocurren durante la época principal de afloramiento. Griffiths y Simpson (1972) destacaron que las áreas de afloramiento más comunes, más fuertes y más persistentes, son también las áreas de mayor actividad pesquera; estas áreas son el Golfo de Cariaco, la costa occidental de la Península de Araya, la costa sur, este y norte de la Isla de Margarita, y la costa noroccidental de la Península de Paria. Vale subrayar que las áreas de pesca solamente cubren una fracción del área de repartición de la población por las limitaciones del sistema de pesca (Fig. 1).

Trujillo (1980) estudió las fluctuaciones de la velocidad y dirección de los vientos y su relación con las variaciones mensuales de las capturas, determinando una relación negativa entre las capturas mensuales de la sardina cerca de la costa y la intensidad del viento en la zona de pesca. Además, anotó que las mejores capturas se producen cuando los vientos del primer cuadrante (ENE, NE y NNE) disminuyen su intensidad, cediendo su lugar a los vientos del cuarto cuadrante (ESE, SE y SSE) del orden de los  $3,54 \text{ m s}^{-1}$ . Griffiths y Simpson (1972) encontraron una marcada correlación entre la captura anual en el Golfo de Cariaco y la duración del período en que la temperatura media mensual estaba por debajo de  $24^{\circ}\text{C}$ .

Simpson y Griffiths (1971) opinaron que la captura de sardina está parcialmente determinada por factores económicos, toda vez que sostiene a una industria conservera sustancial. Esto puede explicar porqué la captura muestra una relación poco definida con el medio ambiente.

El carácter altamente variable de las capturas anuales se confirmó más recientemente (Anónimo, 1990), pues los valores extremos observados durante la ultima década fueron de 16.000 t en 1980 y de 80.000 t en 1988.

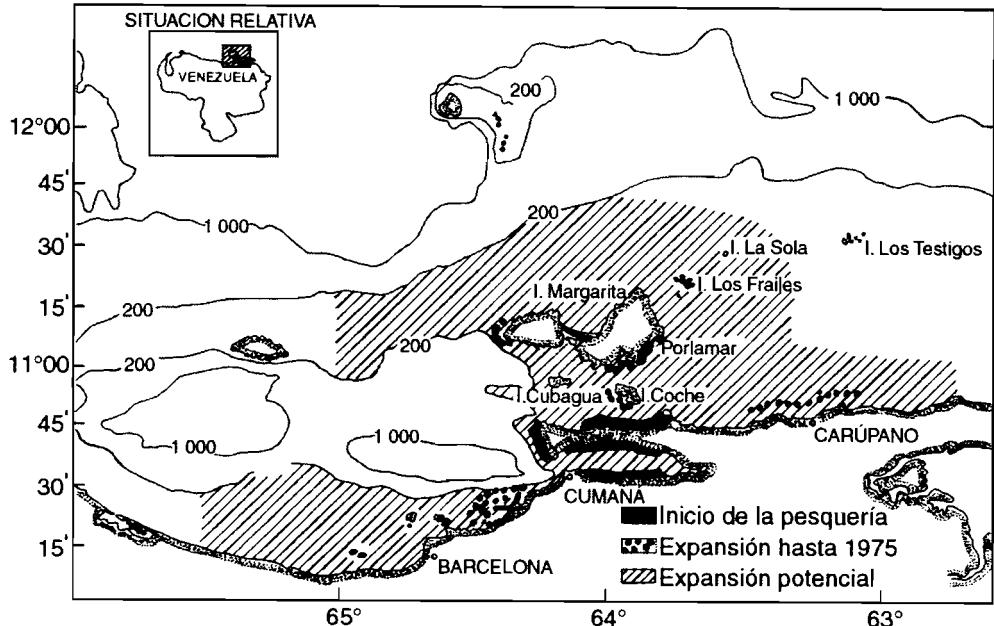


Figura 1

Área de explotación actual y potencial de la sardina *S. aurita* en Venezuela basada en prospecciones aéreas (adaptado de Trujillo, 1978).

*Actual and potential exploitation area of spanish sardine *S. aurita* in Venezuela, based on aerial surveys (adapted from Trujillo, 1978).*

*Black areas: initial exploitation; Dotted areas : fishery expansion until 1975; areas: potential fishery expansion.*

## *Artes y operaciones de pesca*

Según Méndez-Arocha (1963), Ginés (1972) y Trujillo (1977), la pesquería actual de la sardina es una actividad de tipo artesanal, de escasa mecanización y de mucho esfuerzo físico. Las faenas de pesca se llevan a cabo con chinchorros, redes tipo “beach seine”, los cuales no cierran por la parte inferior, son de dimensiones hasta de 360–720 m de largo y 36–54 m de alto. Su manejo requiere un gran número de personas (20–30) y embarcaciones. Las capturas se realizan en el día y muchas veces durante la noche, en zonas próximas a la costa hasta una distancia de 4,5 millas náuticas aproximadamente.

La pesca obtenida en lugares alejados del litoral o en sitios de fondos muy escabrosos, se traslada o “remolca” con dos o más embarcaciones hacia zonas abrigadas, en donde el chinchorro puede permanecer calado varios días con el cardumen en su interior, hasta que se le retire la captura.

Cuando la embarcación se dispone a cargar la sardina para llevarla a la fábrica, se separa una parte del cardumen encerrado mediante una red de cerco de reducido tamaño o “tipure”, el cual se acerca a la embarcación-transporte. Al completarse la faena de carga de la sardina, ésta se transporta en hielo a la fábrica donde se descarga mediante una bomba absorbente. Es de vital importancia que la sardina se mantenga viva en el interior del chinchorro, ya que la espera, carga y transporte puede durar varios días. Factores tales como: abundancia estacional, oferta-demanda y capacidad de bodega de las embarcaciones, hacen que el acarreo de la pesca requiera mucho tiempo, en detrimento de los ingresos del pescador (inmovilización del arte de pesca y dificultad de control del volumen de venta).

## *Manejo y regulaciones de la pesquería*

Según Clark *et al.* (1979), en 1973 se fijó un reglamento que adopta como talla mínima los 15 cm de longitud total para la captura de sardina, con ciertos márgenes porcentuales de peces más pequeños en una calada (menos de 30% de peces inferiores a 15 cm; menos de 10% de peces inferiores a 12 cm). No existiendo ninguna regulación sobre artes, áreas o épocas de pesca de la sardina (Gaceta

Oficial No. 30283, 18 dic. 1973). Recomendaciones adicionales para el manejo de esta pesquería pueden encontrarse en Fréon y Mendoza (este volumen).

### *Migraciones y movimientos locales*

El único trabajo reportado sobre marcaje de sardina para conocer su migración se efectuó en el Golfo de Cariaco, en dos ocasiones y con 5.000 ejemplares marcados en cada una. Los resultados de la recaptura indicaron que la sardina se mueve aproximadamente seis millas durante uno a 14 días (FAO, 1963).

Etchevers (1974) indicó que el conocimiento que se tiene de los diversos aspectos de la biología de la sardina permite delinear, en

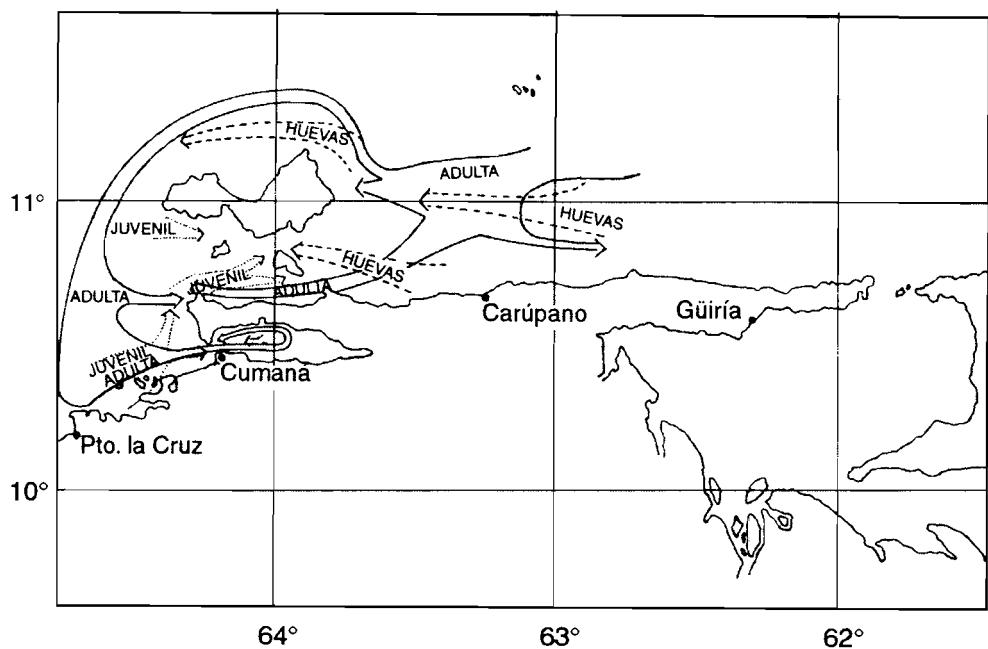


Figura 2  
Esquema de la posible migración de la sardina *S. aurita*  
en el oriente de Venezuela (según Etchevers, 1974).

*Possible migratory pattern of spanish sardine *S. aurita*  
in eastern Venezuela (from Etchevers, 1974).*

forma tentativa, los principales movimientos en sus diversos estadios de desarrollo (Fig. 2). La mayor parte de la reproducción tendría lugar entre Carúpano, Coche y el noreste de Margarita. La corriente arrastraría los huevos y las larvas hacia el oeste-noroeste, permitiendo la concentración de juveniles en el área triangular comprendida entre el Golfo de Santa Fé, sur de Margarita y el Golfo de Cariaco. A medida que las sardinas crecen en tamaño, se produciría un desplazamiento gradual hacia el este, donde posteriormente participan en el proceso reproductivo. Finalmente, al alcanzar una talla de 20 cm, se produciría en ella uno o una combinación de los fenómenos siguientes:

- Un fuerte incremento en su mortalidad natural.
- Una disminución notable en su tendencia a agruparse en cardúmenes.
- Cambiaría de hábitat, haciéndose inaccesible a los artes de pesca actuales.

## ■ Biometría

### *Relación longitud-peso*

La relación longitud-peso de la sardina ha sido determinada por varios autores (Tabla 1), encontrándose generalmente una diferencia de la relación longitud-peso entre los sexos (Heald y Griffiths, 1967; Etchevers, 1974; D'Souse, 1981; García *et al.* 1985b; Caldera, 1988; Oropeza, 1984; Bruzual, 1984; González, 1984 y Huq y Rodríguez, 1988).

Los juveniles de las sardinas de las costas orientales de Venezuela presentaron un crecimiento alométrico mayorante (García *et al.* 1985b, Oropeza 1984, Caldera, 1988, Bruzual 1984). En los adultos de los alrededores de Margarita, Coche y Cubagua, y Norte de las penínsulas de Paria y Araya, se encontró un crecimiento isométrico (D'Souse, 1981; Oropeza, 1984, García *et al.* 1985b y Caldera, 1988), mientras que en los Golfo de Cariaco y Santa Fé se obtuvo un crecimiento alométrico mayorante (Bruzual 1984).

Adultos	Juveniles	Autor(es)
$P = 7,85 \cdot 10^{-4} Lt^{2,91}$	–	Heald y Griffiths (1967)
$P = 4,9776 \cdot 10^{-5} Lt^{3,107}$	–	Etchevers (1974)
$Log P = -5,52 + 3,35 Log Lst$	–	D'Souse (1981)
$P = 1,21 \cdot 10^{-6} Lst^{3,52}$	$P = 1,97 \cdot 10^{-6} Lst^{3,42}$	Bruzual (1984)
$P = 3,98 \cdot 10^{-6} Lt^{3,16}$	–	González (1984)
$P = 1,02 \cdot 10^{-5} Lst^{3,10}$	$P = 5,2 \cdot 10^{-7} Lst^{3,75}$	García <i>et al.</i> (1985b)
$P = 3,9902 \cdot 10^{-6} Lst^{3,22}$	–	Huq y Rodriguez (1988)
$P = 6,66 \cdot 10^{-6} Lst^{3,19}$	$P = 9,23 \cdot 10^{-7} Lst^{3,64}$	Caldera (1988)

Lt = Longitud total  
 Lst = Longitud estándar

■ Tabla 1

Relación entre la longitud (en cm) y el peso (en g) encontradas por varios autores para la Sardina en Venezuela.

*Length-weight relationship for eastern Venezuela spanish sardine according to various authors.*

## Factor de condición

Tanto el factor de condición ( $k$ ) como el factor de condición relativo ( $k_n$ ) fueron analizados por varios autores (Tabla 2), quienes indicaron que existen diferencias entre juveniles y adultos, entre sexos, y entre los meses del año.

k		$k_n$		Autores
Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles	
1,57	1,17	0,99	1,02	Bruzual (1984)
2,12	1,83	1,00	1,03	Oropeza (1984)
1,65	1,33	0,99	1,05	García <i>et al.</i> (1985b)
–	–	1,00	–	Huq y Rodriguez (1988)
1,68	1,47	0,99	1,03	Caldera (1988)

■ Tabla 2

Factor de Condición de la sardina en Venezuela: ( $k$  = factor de condición;  $k_n$  = factor de condición relativo).

*Condition factor of spanish sardine in eastern Venezuela ( $k$  = condition factor;  $k_n$  = relative condition factor).*

## ■ Edad y crecimiento

### *Crecimiento en talla*

La edad y crecimiento se ha determinado utilizando escamas (Heald y Griffiths, 1967), distribución de las frecuencias de tallas (Haugen, 1969) y los otolitos (González, 1984). Haugen (1969) hizo un análisis de 25.246 ejemplares entre los años 1964 y 1968, provenientes de las costas nororientales de Venezuela, señalando que las sardinas del Golfo de Cariaco son de mayor talla que las del norte de la Península de Araya y sureste de la Isla de Margarita, y que la del norte de la Península de Paria presentan una talla media considerablemente mayor.

Heald y Griffiths (1967) señalaron valores de  $L_{\infty} = 241,5$  mm y  $K = 0,725$  usando el método de Ford-Walford. Haugen (1969) estimó a 163,5 mm la talla a los dos años y 205,1 mm a los tres años siguiendo progresiones modales. González (1984) encontró que existe una correlación entre el incremento del radio total del otolito ( $Rt$ ) y la longitud total del pez ( $L_t$ ), en ambos sexos, encontrando la ecuación  $Rt = 0,21183 + 0,00691 L_t$ ;  $r = 0,976$ . Este autor estimó los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de von Bertalanffy a partir de los radios promedios de los anillos hialinos por grupos de edad. La utilización del método gráfico de Ford-Walford dió como resultado  $L_{\infty} = 260$  mm y  $K = 0,288$ , mientras que con el método numérico de ajuste directo de la ecuación de von Bertalanffy el resultado fue:  $L_{\infty} = 273,87$  mm,  $K = 0,252$  y  $t_0 = +1,665$ . La tabla 3 resume los resultados de los estudios de edad y crecimiento de la sardina de Venezuela.

Las hembras alcanzaron mayor talla que los machos según Heald y Griffiths (1967) y González (1984), mientras Etchevers (1974) encontró que no hay diferencias significativas entre las longitudes de machos y hembras ( $t = 0,07$ ;  $p = 0,05$ ).

MÉTODO	EDAD	AUTORES		
		Heald y Griffiths (1967)	Haugen (1969)	González (1984)
Longitud téorica; ecuación von Bertalanffy	1	138	—	(M) 115, (H) 120
	2	168	164	(M) 140, (H) 135
	3	180	—	(M) 170, (H) 165
	4	192	205	(M) 185, (H) 190
	5	203	—	(M + H) 215
Longitud al día de captura	1	(M)-137, (H) 138	135 en 1964; 150 en 1967	151
	2	(M) 166, (H) 167	180 en 1967; 175 en 1969	180
	3	(M) 177, (H) 180	—	205
	4	—	—	226
	5	—	—	—
Longitud preteritas	1	138	—	133
	2	167	—	165
	3	180	—	192
	3	—	—	208
	5	—	—	—

■ Tabla 3

Resultados de estudios de edad y crecimiento de la sardina, *Sardinella aurita* de Venezuela (M = Macho, H = Hembra).

*Results of age and growth studies of spanish sardine Sardinella aurita in Venezuela.*

### Composición por grupos de edades de las capturas

Heald y Griffiths (1967) señalaron que los individuos de dos años de edad representaron el 45,6% de la captura de 1959, las sardinas de uno y tres años estuvieron representadas casi por el 21%, mientras que las sardinas de cuatro y cinco años formaron una porción muy pequeña de las capturas. Las sardinas de la clase cero no fueron capturadas por la pesca comercial. González (1984) informó que el grupo 1<sup>+</sup> (machos 64,58%; hembras 56,99%), constituyó el grupo más grande de la captura experimental, los grupos 0<sup>+</sup> (machos 6,25%, hembras 23,12%), 2<sup>+</sup> (machos 18,75%; hembras 7,53%) y 3<sup>+</sup> (machos 9,38%; hembras 10,21%), estuvieron representados aproximadamente en la misma proporción. Sardinas del grupo 4<sup>+</sup> (machos 1,04%; hembras 1,61%) y 5<sup>+</sup> (hembras 0,54%) estuvieron representadas por pocos ejemplares, siendo las hembras más numerosas que los machos, igual a lo reportado por Heald y Griffiths (1967).

## *Crecimiento en peso*

González (1984) encontró que la ecuación de crecimiento en peso según el modelo de von Bertalanffy, fue:

$$P_t = 200,689 e^{-[0.252(t + 1,665)]^{3,16}}. \quad (1)$$

El coeficiente de crecimiento ( $K$ ) permitió determinar el crecimiento relativo instantáneo entre dos edades: 0,68 entre uno y dos años; 0,48 entre dos y tres años y 0,26 entre tres y cuatro años (González, 1984).

## **■ Sistema digestivo**

La mayoría de los siguientes resultados sobre el sistema digestivo se extraen a partir de los trabajos de García *et al.* (1985a), Caldera, 1988, Oropeza (1984), Bruzual, (1984) y Ramírez *et al.* (1987).

### *Aparato branquial*

El aparato de filtración de *S. aurita* presenta numerosas y largas branquispinas y cuatro pares de arcos branquiales; las branquispinas varían en su tamaño y forma. La mayor capacidad de filtración la presentan los adultos, lo cual se podría explicar por el número mayor de branquispinas. Igualmente se encontró que el número de branquispinas está relacionado con la longitud estándar del pez, ya que aumenta a medida que el pez crece; el número varía entre 72 y 365.

La longitud del primer arco branquial es muy variable, entre 10 y 51 mm, y aumenta significativamente con la longitud estándar del pez. Por lo tanto, el espacio interbranquispina es variable, entre 1,08 y 1,72 mm, y se incrementa significativamente con la longitud standard del pez.

## Tracto digestivo

El tracto digestivo está formado por la cavidad buco-faríngea, el esófago, el estómago de paredes muy delgadas y lisas, siendo constreñido en la región pilórica. Esta región presenta una masa de ciegos pilóricos, y a continuación se encuentra el intestino que desemboca en el ano.

Se han encontrado ocasionalmente anomalías del tracto digestivo. Ejemplares de sardina fueron examinados de todas las costas orientales, desde el Golfo de Santa Fé hasta Cabo Tres Puntas, incluyendo las islas de Coche, Cubagua y Margarita. El 2% de los estómagos provenientes del Golfo de Cariaco presentaron anomalías en el tracto digestivo, tanto en juveniles como en algunos adultos, se observó a nivel del esófago que las paredes se hallaban bastante distendidas, presentando pequeños puntos de color blanquecino que podían ser observados a simple vista y por encima de la superficie externa. Otra de las malformaciones encontradas se presentó en la región fúndica y pilórica, observándose con mayores dimensiones que las normales y con paredes más delgadas. Es de notar que Huq (1984) encontró malformaciones en los estómagos de las anchovetas (*Anchoa spp.*) del Golfo de Cariaco.

El número de ciegos pilóricos en la especie es variable y aumenta significativamente con la longitud estándar del pez; en los juveniles tuvo un rango entre 126 y 156; en los adultos osciló entre 105 y 193.

El índice intestinal de *S. aurita* varía entre 0,78 y 1,36, indicando que la especie a menores tallas es carnívora, y a medida que crece se convierte en omnívora. Mientras que, el índice del tubo digestivo de *S. aurita* varió entre 1,28 y 1,98, es decir que aumenta significativamente a medida que el pez crece, indicando que la especie tiene hábitos omnívoros para todas las tallas. Como veremos a continuación, esta aparente contradicción refleja mas bien las limitaciones de estos índices para el estudio de los hábitos alimenticios.

## Contenido estomacal

El índice de repleción muestra una relación inversa altamente significativa con la longitud estándar del pez, lo que indicaría que

las tallas menores tienden a presentar una mayor llenura. Esto se observó en diversas áreas del oriente venezolano, excepto en los Golfos de Santa Fé y Cariaco, donde no existió tal relación. No obstante, se puede generalizar que tanto el índice de repleción como el de vacuidad de *S. aurita* varía entre juveniles, adultos, sexos, espacio y tiempo.

*S. aurita* presenta una dieta omnívora con tendencia zooplanctónica en tallas menores (Fig. 3). En general se alimenta de organismos del plancton, con un amplio margen de tallas y formas, dependiendo de la distribución y abundancia de organismos del plancton (Fig. 4 y 5). Presenta una alimentación filtradora y no selectiva, teniendo además la particularidad de ser, más que todo, oportunista.

Los adultos de *S. aurita* consumen como alimentos principales dinoflagelados, diatomeas y copépodos; como alimentos secundarios, las microalgas, larvas de decápodos, bivalvos, copépodos, cirrípedos, ostrácodos, anfípodos, huevos de copépodos, de peces, cápsulas ovígeras y espermatóforos de moluscos. Los alimentos accidentales son: cladóceros, gasterópodos, apendiculados, foraminíferos, quetognatos, tintínidos, larvas de anélidos y poliquetos.

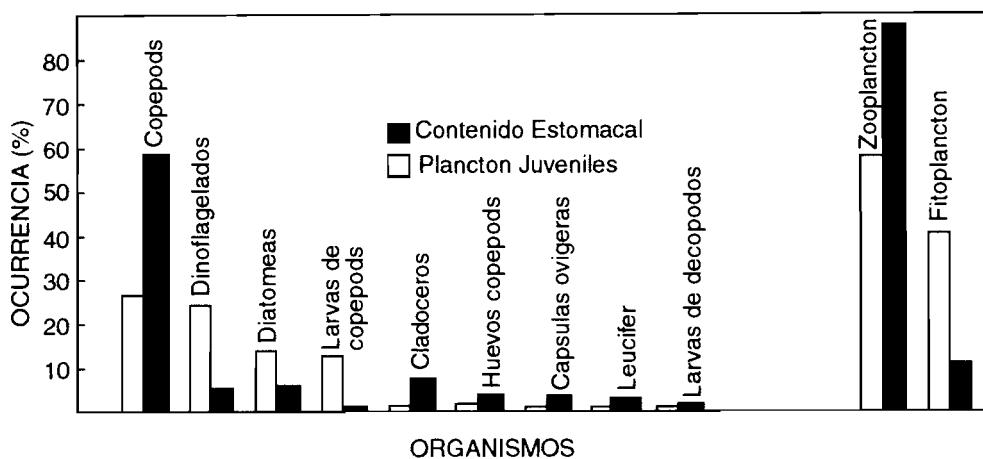


Figura 3

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

Comparison of plankton occurrence (%) in the environment and in juvenile spanish sardine *S. aurita* stomachs (from Oropeza, 1984).

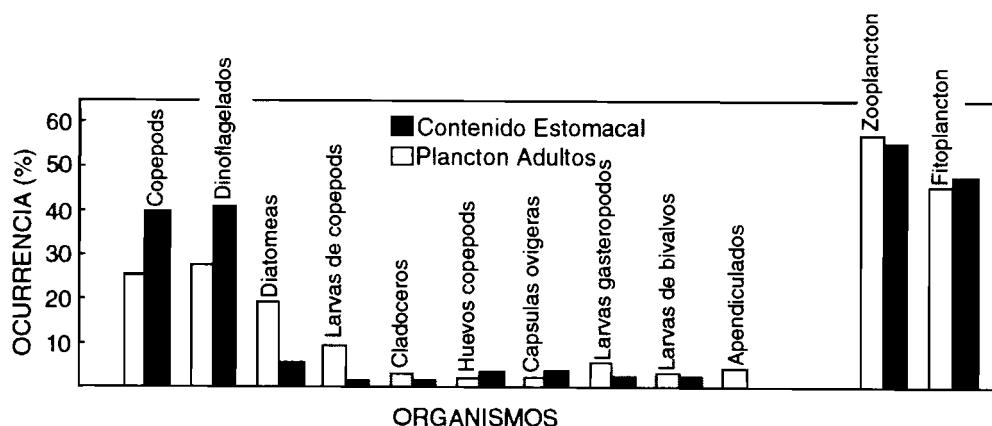


Figura 4  
Comparación del contenido de plancton en el medio ambiente y en el estómago de los adultos de la sardina *S. aurita* (según Oropeza, 1984).

Comparison of plankton occurrence (%) in the environment and in adult spanish sardine *S. aurita* stomachs. (from Oropeza, 1984).

Los alimentos principales de los juveniles son copépodos, diatomeas y dinoflagelados; mientras que los secundarios son huevos de copépodos y peces, cladóceros, cirrípedos, microalgas, anfípodos, larvas de ostrácodos, decápodos, bivalvos, espermáto-

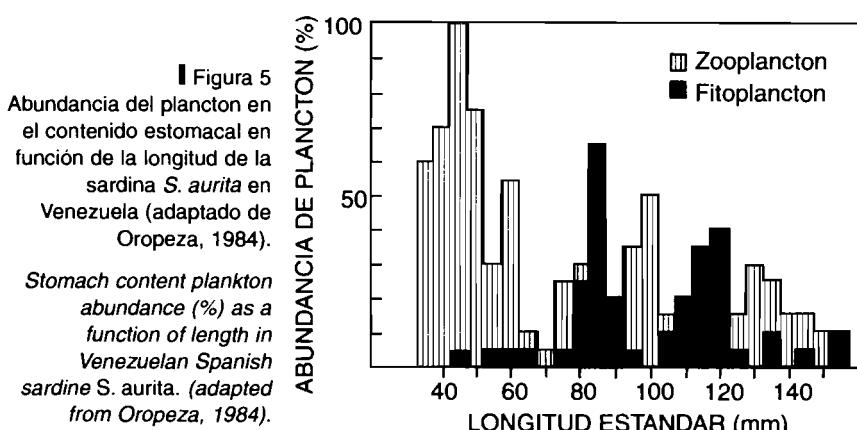


Figura 5  
Abundancia del plancton en el contenido estomacal en función de la longitud de la sardina *S. aurita* en Venezuela (adaptado de Oropeza, 1984).

Stomach content plankton abundance (%) as a function of length in Venezuelan Spanish sardine *S. aurita*. (adapted from Oropeza, 1984).

foros y cápsulas ovígeras. Los alimentos accidentales son larvas de gasterópodos, bivalvos, misidáceos, peces, huevos de peces y apendiculados (Bruzual, 1984; Caldera, 1988, García *et al.*, 1985a, y Oropeza, 1984).

## I Reproducción

El conocimiento sobre la reproducción de la sardina en Venezuela se basa en los trabajos de: Schmidt (citado por la FAO, 1963), entre julio y agosto de 1956 en el Golfo de Cariaco; Peterson (1958), entre agosto de 1956 hasta julio de 1957; Simpson (citado por la FAO, 1963), desde julio de 1959 hasta diciembre 1962; Simpson y González (1967), sobre las primeras etapas de la vida de las sardinas; Figuera (1967), sobre la fecundidad de las sardinas del Golfo de Cariaco; López (1972), sobre las áreas de desove; Reyes (1981) estudió algunos aspectos reproductivos; Ramírez y Huq (1986) estudiaron el área de desove en el Golfo de Cariaco; Huq y Rodríguez (1988) realizaron observaciones sobre el área de desove, entre la Península de Araya, Coche y Cubagua; D'Souze (1981) estudió los aspectos de la energética reproductiva, y Etchevers (1974) hizo un recuento de los trabajos anteriores con sus propias conclusiones.

### *Descripción de las góndadas y óvulos*

Los ovarios son de color rosado y los testículos de color blancuzco. Los óvulos son esféricos y de color amarillo pálido, la parte vitelina es opaca al microscopio y presenta una membrana delgada y translúcida.

El ovario en estadio IV presenta una distribución de frecuencia polimodal, es decir con óvulos en diferentes grados de desarrollo. Con respecto al diámetro de los óvulos ováricos, existen las variaciones siguientes: 0,80–1,1 mm (Simpson y González, 1967); 0,28–0,84 mm (Figuera, 1967); 0,55 mm (Reyes, 1981);

0,25–0,57 mm (Huq y Rodríguez, 1988) y 0,2–0,5 mm (Ramírez y Huq, 1986). Los últimos autores, opinaron que el diámetro de los óvulos es independiente de la longitud estándar y el peso del pez, y que el diámetro promedio de huevos desovados fue de 1,17 mm, similar a lo encontrado por Simpson y González (1967), Figuera (1967), Etchevers (1974), Reyes (1981) y Huq y Rodríguez (1988).

### *Proporción de sexos*

Reyes (1981) encontró que la proporción sexual en la población total de *S. aurita* no difiere de la relación 1:1, esta misma proporción también fue reportada por Ramírez y Huq (1986), Huq y Rodríguez (1988) y Simpson (citado por la FAO, 1963). Sin embargo, estos resultados no reflejan la variabilidad de la proporción de sexos por clases de talla. Se ha podido observar que, debido a una tasa de crecimiento más alta de las hembras o a una diferencia de mortalidad entre sexos, la proporción de hembras es más elevada en los grupos de edad mayores.

### *Talla de primera madurez sexual*

Schmidt (citado por la FAO, 1963) señaló que la madurez sexual se alcanza a los 195 mm. Ramírez y Huq (1986) señalaron que esta especie alcanza la madurez sexual a los 169 mm. Simpson (citado por la FAO, 1963) encontró que la sardina sexualmente madura más pequeña media 134 mm. Etchevers (1974) indicó que la longitud a la cual el 50% de las hembras maduran por primera vez ( $L_{50}$ ) corresponde al intervalo entre 170–200 mm de longitud estándar; este intervalo también fue reportado por Reyes (1981). D'Souza (1981) encontró que la especie alcanza la madurez sexual a los 115 mm, Huq y Rodríguez (1988), en base a un análisis de 11 años de datos (1956–1965), opinaron que  $L_{50}$  varió anualmente entre 166 y 247 mm  $L_t$ , con un promedio de 184 mm  $L_t$ . A partir de 96.346 observaciones recolectadas entre 1956 y 1989 en todas las áreas de pesca, Fréon *et al.* (este volumen) estimaron a 150 mm el valor de  $L_0$  y a 197 mm el valor de  $L_{50}$ .

Es probable que el carácter contradictorio de estos resultados refleja, por un lado, una heterogeneidad en la definición de la madurez

sexual según los autores y, por otro lado, una variabilidad espacio temporal en la misma. Esta variabilidad tiene un efecto mayor cuando el número de ejemplares analizado es limitado, como en el caso de algunos de los trabajos previamente reportados.

## *Fecundidad*

Figuera (1967) señaló que el número de huevos desovados encontrado durante el estudio fue de 1.783 huevos/hembra y que el número de óvulos/g de pez, varió entre 295 y 665. Reyes (1981) encontró que la fecundidad varió entre 17.120 y 60.800 óvulos por hembra, siendo la fecundidad media 32.975 y la fecundidad relativa 681 óvulos por gramo de pez; Ramírez y Huq (1986) encontraron que la fecundidad media fue de 18.567 huevos y que el número de huevos por gramos de pez varió entre 158 y 385 huevos, con un promedio de 222. Huq y Rodríguez (1988) encontraron que la fecundidad promedio fue de 41.299, con variaciones de 17.509 a 70.687, y que la fecundidad relativa promedio fue de 522 óvulos por gramos de pez, con una variación de 300 a 871. Se observó una relación lineal positiva entre el número de óvulos y el peso, y una relación logarítmica entre el número de óvulos y la longitud del pez (Figuera, 1967; Reyes, 1981, Ramírez y Huq, 1986; Huq y Rodríguez, 1988).

## *Época de desove*

La época de desove de *S. aurita* se ha determinado en base al desarrollo ovárico y a través de la recolección de huevos. En el primer caso, Peterson (1958) mostró que el desove tiene lugar por lo menos desde noviembre hasta junio, con un máximo en enero. Mientras que Reyes (1981) señaló que el desove ocurre en dos períodos: uno de noviembre a febrero y otro de mayo a junio.

Los estudios realizados a través de la recolección de huevos han producido resultados variables. Simpson y González (1967) indicaron que el desove es continuo en el Golfo de Cariaco durante todo el año, aunque la mayor parte se efectúa entre diciembre y abril, con un máximo entre enero y febrero. Además, en los análisis

sis de las muestras obtenidas durante los estudios del plancton, hechos a lo largo de la Costa Norte de la Península de Araya, se demostró la existencia de huevos de sardinas durante septiembre, noviembre, diciembre, enero, marzo y abril. López (1972) señaló que el desove se efectúa desde noviembre a junio, siendo más intenso entre diciembre y abril. Ramírez y Huq (1986) señalaron que el mayor número de huevos desovados se encontró entre diciembre y enero.

A partir de un estudio más extenso se ha verificado que estas diferencias corresponden tanto a la variabilidad natural del desove en esta especie como a las variaciones en la intensidad y la distribución espacio temporal del muestreo (Fréon *et al.*, este volumen).

## Áreas de desove

Peterson (1958) señaló como áreas de desove al Golfo de Cariaco, Península de Araya, costa de Santa Fé, norte de Cubagua y sureste de Coche. Simpson (citado por la FAO, 1963) consideró la distribución de los huevos, especialmente las de las primeras fases embrionarias, e identificó las siguientes áreas de desove: la costa norte del Golfo de Cariaco, la costa norte de la Península de Araya, los alrededores de la Isla de Coche, la zona entre el norte de la Isla de Cubagua y sur de la Isla de Margarita, y la Costa Oriental de Margarita.

López (1972) indicó que las zonas de desove de mayor intensidad son: costas norte y sur de Margarita, los alrededores de las Islas de Coche y Cubagua, y la zona entre los  $62^{\circ}40'W$  y  $65^{\circ}20'W$ , hasta 15 millas fuera de la costa del estado Sucre (Fig. 6). Las zonas de menor o baja frecuencia de aparición de huevos fueron las costas de Santa Fé, las islas de Los Testigos, la parte norte del Golfo de Paria, la costa sur del Golfo de Cariaco y la costa nororiental de la Península de Paria. La deposición de huevos de sardina en el Golfo de Cariaco está limitada a su costa norte pero con muy poco valor. Ramírez y Huq (1986) informaron que el Golfo de Cariaco no tenía significación en el desove, aún cuando habían encontrado huevos desovados en la costa norte. Huq y Rodríguez (1988) informaron que se puede considerar los golfos de Cariaco y de Santa Fé como zona de alimentación, crecimiento y maduración de la sardina, pero

no de desove principal. Además, señalaron al área comprendida entre el suroeste de la isla de Coche y el norte de la Península de Araya como área principal y efectiva del desove de la sardina.

El área y época de desove de la sardina también son aprovechadas por otras especies, especialmente por las anchovetas. Simpson (1965) encontró que parte de la costa norte de la Península de Araya es el área de desove de la rabo amarillo *Cetengraulis edentulus*, y que su época de desove coincide con la de la sardina. Huq (1983, 1986, 1990) opinó que varias especies del engráulidos de género *Anchoa* desovan en la época y en el área de desove secundario de la sardina en el Golfo de Cariaco. Rodríguez *et al.* (1989) encontraron en el área comprendida entre la costa norte de la Península de Araya y las Islas de Coche y Cubagua, que tanto la

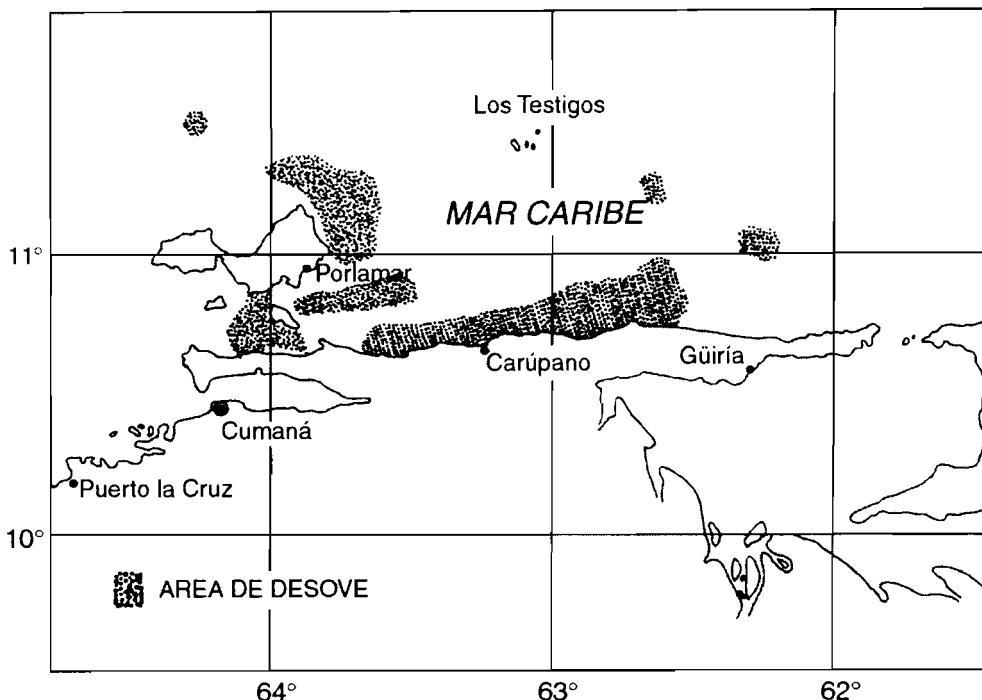


Figura 6  
Área de desove de la sardina en el oriente de Venezuela  
(modificado de López, 1972).

Spanish sardine *S. aurita* spawning area in eastern Venezuela  
(modified from López, 1972).

sardina como los engráulidos utilizan esta área para su desove. Marín *et al.* (1990), en base a los estudios del ictioplancton en la mencionada área, encontraron que los meses de septiembre y octubre de 1989 fueron los de mayor intensidad, y que los meses de enero, febrero y junio de 1990 son los de menor incidencia larval de sardina y anchovetas.

## ■ Referencias

- ANÓNIMO. (1989) — Surveys of the fish resources in the shelf areas 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 Cria. Dirección General Sectorial de Pesca y Acuicultura, Caracas, 60 p.
- BRUZUAL, M. J. 1984 — *Aspectos alimenticios de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes, 1847, (Pisces: Clupeidae) de los Gólfos de Cariaco y Santa Fé, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grado. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela, 146 p.
- CALDERA, M., 1988 — *Aspectos Alimenticios de Sardinella aurita Valenciennes, 1947 (Pisces: Clupeidae) de la Región Noroccidental de la Península de Araya y alrededores de las Islas de Coche y Cubagua, Venezuela*. Tesis Lic. Biología, UDO, Cumaná. 123 p.
- CALDERA, M., Huq, M. F. e 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 enfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos.
- CERVIGÓN, F. 1964 — *Los peces marinos de Venezuela del orden perciformes y la pesca en Venezuela*. Tesis de doctorado Univ. Barcelona, 506 p.
- CERVIGÓN, F. 1966 — Los peces marinos de Venezuela. *Est. Inv. Mar. Fund. La Salle*, Caracas, Venezuela, Tomo I, 436 p.
- CLARK, W., GINÉS, A. y SALAZAR, H. 1979 — *Pesquería artesanal marítima: sardina*. Políticas de Desarrollo Pesquero, Proy. Ven/78/006. Documentos sinópticos de unidades de Pesquería, MAC-PNUD-FAO. Tomo III D.S.P. 4: 28-37.
- D'SOUSE, G. E. 1981 — *Aspectos de la energética reproductiva del pez migratorio Sardinella aurita* Clupeidae. Trab. Grado. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela, 99 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.
- F.A.O. 1963 — *Development of the marine fisheries research program. Report to the Goverment of Venezuela*. Expanded program of Technical Assistance 1606, 61 p.
- F.A.O. 1979 — *Políticas de desarrollo pesquero*. FAO Ven/78/006. Tomo Informe Técnico: P. 54–56. Ministerio de Agricultura y Cría, Venezuela, 78 p. y anexos.
- 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.
- FISHER, W. (ed). 1978 — *FAO species identification sheets for fishery purposes, Western Central Atlantic, Fishing Area – 31.*, Rome UNDP/FAO, Vol. II, p. var.
- FRÉON, P., EL KHATTABI M., MENDOZA J. y GUZMÁN, R. (este volumen) — Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de *Sardinella aurita* en las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera.
- GARCÍA, O., Huq, 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.
- GARCÍA, O., RAMÍREZ, I. y Huq, M. F. 1985b — Relación longitud-peso y factor de condición de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 de la Isla de Margarita. *Bol. Inst. Oceanogr.* 24 (1-2): 23–30.
- GERLOTTO, F. y X. ELGUEZABAL. 1986 — *Evaluation des ressources halieutiques du plateau continental vénézuélien par écho-intégration: résultats préliminaires*. *Proc. Gulf. Carrib. Fish. Inst.* 37: 67–77.
- GERLOTTO F. y Hno. GINES 1988 — Diez años de ecointegración en EDIMAR referida a la sardina del oriente venezolano (*Sardinella aurita*). *Memorias del Congreso Ibero americano y del Caribe, Punta de Piedras, Venezuela, mayo 1988. Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, sup., 3(XLVII): 311–324.
- GINÉS, Hno. 1972 — *Carta pesquera de Venezuela*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Mon. 16, 328 p. + cartas.
- GONZÁLEZ, L. W. 1984 — *Determinación de la edad y crecimiento de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes 1847 (Pisces: Clupeidae) de la región Nor-Oriental de Venezuela*. Trab. Grado. Mag. Scient. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela, 76 p.
- GRIFFITHS, R. C. y SIMPSON, J. G. 1972 — *Evaluación de los actuales niveles de explotación de los recursos pesqueros de Venezuela*. Ministerio de Agric. Cría. Serie Recur. Explot. Pesq. 2 (5): 1–52.
- HAUGEN, C. W. 1969 — *Crecimiento y edad de la sardina Sardinella sp. de las costas nororientales de Venezuela*. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, Fund. La Salle, Margarita, Venezuela, Contribución 34: 72–83.
- HEALD, E. J. y GRIFFITHS, R. C. 1967 — La determinación, por medio de la lectura de escamas, de la edad de la sardina, *Sardinella anchovia*, del Golfo de Cariaco, Venezuela Oriental. *Ser. Rec. Exp. Pesq.* Ministerio de Agric. y Cría, Venezuela, 1(10): 375–446.
- HUQ, M. F. 1983 — *Aspectos de la biología de las camiguanas Anchoa lyolepsis, Anchoa lamprotaenia y*

- Engraulis eurystole (*Pisces: Engraulidae*) del Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo presentado como requisito parcial para ascender a la categoría de Prof. Titular. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela, 174 p.
- Huq, M. F. 1984 — Alimentación de las especies de anchovetas, *Anchoa lyolepis* y *Anchoa lamprotaenia* (Hildebrand, *Pisces: Engraulidae*) del Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr.* 23 (1-2): 149-156.
- Huq, M. F. 1986 — *Distribución de adultos y huevos de las camiguanas (Pisces: Engraulidae) del Golfo de Cariaco, Venezuela*. Acta Científica Venezolana, vol. 37 (Supl. 1), p. 16.
- Huq, 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. 39 (Supl. 1), p. 228.
- Huq, M. F. 1990 — *Variación e integración entre poblaciones desovantes de la sardina, Sardinella aurita y las anchovetas (Fam. Engraulidae) en la zona Norte del Edo. Sucre y las Islas de Coche y Cubagua, Venezuela*. Acta Científica Venezolana, vol. 41 (Supl. 1), p. 96.
- JÍMENEZ, C. y A. CALDERÓN. 1979 — *Sardina, arenque, Sardinella anchovia. Políticas de Desarrollo Pesquero*. Proy. Ven/78/006. Documentos sinópticos de especies., MAC-PNUD-FAO., Tomo II, 3: 15-21.
- 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. Pesque. MAC-PNUD-FAO. Ministerio de Agric. y Cría, Venezuela. *Inf. Téc.* 46: 1-27.
- MARÍN, E., FLORES, C. O., RODRÍGUEZ, J. y HUQ, M. F. 1990 — *Variación estacional de larvas de clupeídos y engráulidos al Norte de la Península de Araya, Venezuela, en el periodo* Acta Científica Venezolana, vol. 41 (Supl. 1), p. 96.
- MARTÍN, S. F. y GONZÁLEZ, G. G. 1960a — *Notas acerca de la taxonomía de la sardina, Clupanodon pseudohispánicus (Poey)*, de Venezuela. In: *Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related species*, ed. por H. Rosa y Jr. G. Murphy, Vol. 3: 1043-1050.
- MARTÍN, S. F. y GONZÁLEZ, G. G. 1960b — *Observaciones y notas sobre la explotación de la sardina Clupanodon pseudohispánicus (Poey) en Venezuela*. In: *Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related species*, ed. por H. Rosa y Jr. G. Murphy, Vol. 3: 855-876.
- MEEK, S. E. y HILDEBRAND, S. F. 1925 — *The marine fishes of Panama. Field Mus. Nat. Hist. Publ. Zool. Ser. 226* (15): 331-707.
- MÉNDEZ-AROCHA, A. 1963 — *La pesca en Margarita*. Monografía N°7, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela, 192 p.
- 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.
- MONTESINOS, H., SALAZAR, L. y SALAZAR, J. 1976 — *Distribución y abundancia de juveniles de sardina Sardinella anchovia en el Oriente de Venezuela*. Acta Cient. Ven. XXII Con. Anual AsoVAC. 27 (1), 23 p.

- NASCIMENTO, U. F. y ROJAS, B. 1971 — Aspectos económicos de la industria conservera, harinera y camaronera de Venezuela. Proy. Inv. Des. Pesq. MAC-PNUD-FAO. Ministerio de Agric. y Cría, Venezuela. *Inf. Téc.* 20, 52 p.
- ODEGAARD, J. A. 1971a — *Prospecciones hidroacústicas en el Oriente de Venezuela desde Enero hasta Abril de 1971*. Proy. Inv. Des. Pesq., MAC-PNUD-FAO. Ministerio de Agric. y Cría, Venezuela. *Inf. Téc.* 32, 23 p.
- ODEGAARD, J. A. 1971b — *Prospecciones hidroacústicas en el Oriente de Venezuela desde mayo hasta agosto de 1971*. Proy. Inv. Des. Pesq., 11p.
- MAC-PNUD-FAO. Ministerio de Agric. y Cría, Venezuela. *Inf. Téc.* 33.
- OROPEZA, A. A. 1984 — *Aspectos alimenticios de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes 1847 (Pisces: Clupeidae) de la costa norte de la Península de Paria, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela, 128 p.
- PETERSON, C. L. 1958 — *Informe al Gobierno de Venezuela sobre la evaluación de sus recursos pesqueros marinos*. Rep. FAO/ETAP 754, 32 p.
- RAMÍREZ, I. y Huq, 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., Huq, 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. Segundo Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. Lima, Perú, 160 p.
- REYES, D. 1981 — Aspectos reproductivos de *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae); Trab. Grad. Lic. Biol. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela, 56 p.
- RODRÍGUEZ, J., Huq, M. F. y MARIÑ, B. 1989 — *Distribución y abundancia de huevos de anchovetas (Fam. Engraulidae) entre las Islas de Coche, Cubagua y el Norte del Estado Sucre, Venezuela*. Acta Científica Venezolana, vol. 41 (Supl. 1), p. 89.
- SIMPSON, J. G. 1965 — *Estudios de las primeras etapas de desarrollo de la Rabo Amarillo Centengraulis edentulus (Cuvier) en el Oriente de Venezuela*. Ministerio de Agric. y Cría. Direc. Inves. Serie Biol. 1 (1): 1-28.
- 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. Ministerio de Agric. y Cría. *Rec. Expl. Pesq.* 1 (2): 37-93.
- SIMPSON, J. G. y GRIFFITHS, R. C. 1967 — Los recursos pesqueros de Venezuela y su explotación. Ministerio de Agric. Cría. *Rec. Expl. Pesq.* 1 (5): 175-189.
- SIMPSON, J. G. y GRIFFITHS, R. C. 1971 — Afloramiento y producción biológica en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Ministerio Agric. Cría. *Rec. Expl. Pesq.* 2 (1): 1-23.
- 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.
- TRUJILLO, H. 1980 — Fluctuaciones de la velocidad y dirección de los vientos y su relación con las variaciones mensuales de las capturas y producción potencial de sardina *Sardinella anchovia*. Ministerio de Agric. y Cría. *Informe Téc.*, 77: 1-26.
- WEIBEZAHN, F. H. 1951 — Contribución al conocimiento de los Clupeidos en Venezuela. *Bol. Pesca.* Caracas. (3): 21.
- WEIBEZAHN, F. H. 1953 — Lista de los nombres comunes y científicos de los peces, crustáceos y moluscos en la pesca comercial de Venezuela. *Bol. Pesca.* Caracas. 4.
- WEIBEZAHN, F. H. 1955 — Lista de los peces de las costas de Venezuela. *Bol. Mus. de Ciencias Nat.* 1 (3-4): 225-257.
- WHITEHEAD, P. J. 1973 — The Clupeoid fishes of the Guianas. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.) suppl.*, 5: 1-227.

# Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de *Sardinella aurita* de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera<sup>1</sup>

**Pierre Fréon**

Ecólogo pesquero

**Mustafa El Khattabi**

Estudiante

**Jeremy Mendoza**

Biólogo pesquero

**Ramón Guzmán**

Biólogo pesquero

## Introducción

La pesquería de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) en el oriente de Venezuela es de carácter estrictamente artesanal, utilizando pequeñas embarcaciones y redes de cerco. Las operaciones

---

<sup>1</sup> Esta contribución es la traducción al castellano del artículo publicado por Fréon *et al.* (1997) en la revista *Marine Biology*. Solo se agregaron tres apéndices.

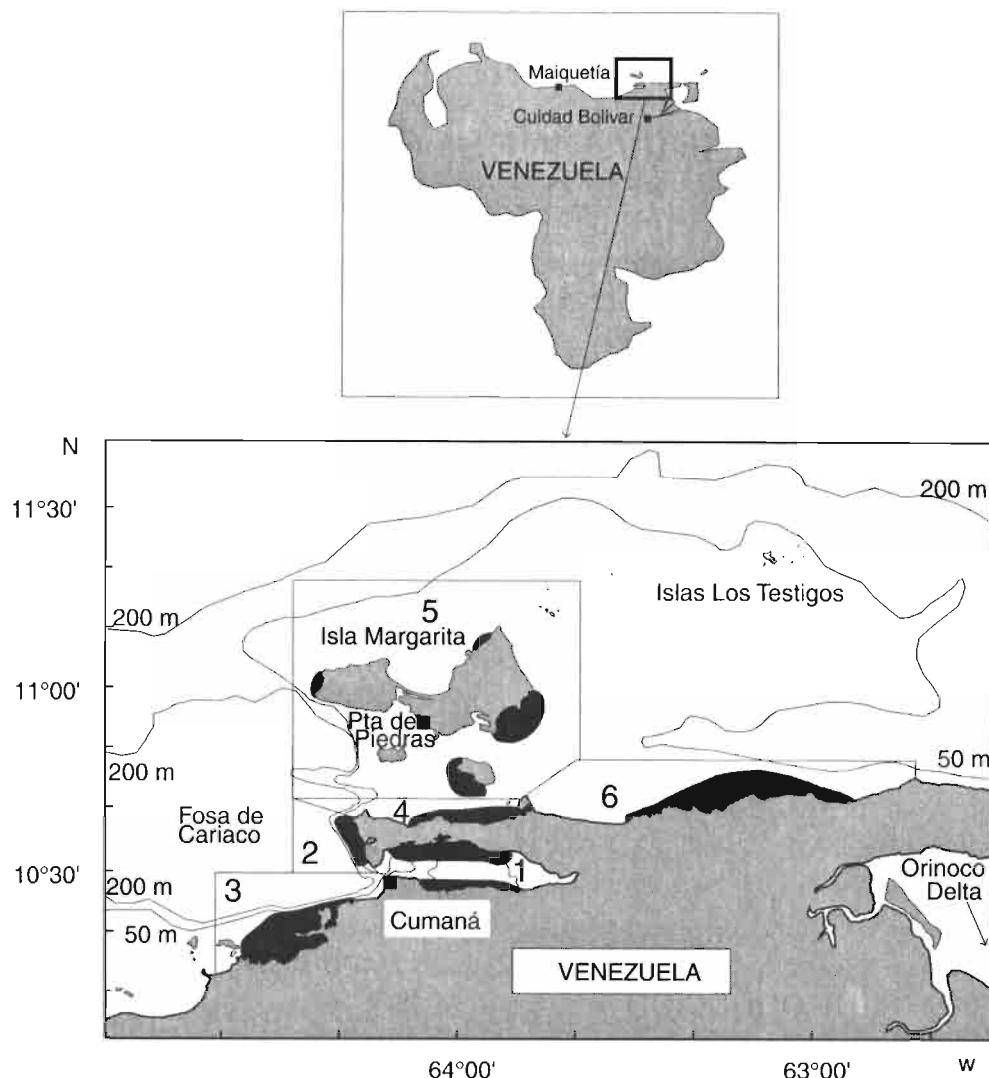


Figura 1

Localización de los placeres de pesca (áreas en negro) en seis sectores geográficos (1 Golfo de Cariaco; 2 Araya oeste; 3 Santa Fe; 4 Araya norte; 5 Margarita; 6 Carúpano) ubicadas en el área principal de la población en Venezuela.

*Locations of fishing grounds (black areas) in six fishing sectors (1 Cariaco Gulf; 2 West Araya; 3 Santa Fe; 4 North Araya; 5 Margarita; 6 Carúpano) situated in main area of distribution of Venezuelan population (<50 m depth)*

de pesca se restringen a un estrecho cinturón costero que raras veces excede cinco millas náuticas, cubriendo una pequeña porción, sobre fondos someros inferiores a 50 m, del área total de distribución del stock (Fig. 1). A finales de la década de 1980 la captura total estuvo alrededor de 50.000 t (Guzmán *et al.* este volumen). La plataforma presenta una orientación en sentido este-oeste a lo largo del margen suroriental del Mar Caribe. Esta orientación, el régimen de vientos alisios y la compleja topografía de la plataforma (cabos, valles submarinos y bancos costa afuera) favorecen la presencia de eventos de surgencia de enero a junio (Herrera y Febres, 1975). Hay un elevado influjo de agua de la descarga del Orinoco, estimado en  $36.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de valor promedio anual (Monente, 1990), con niveles máximos en agosto y septiembre. El efecto combinado de la surgencia costera inducida por el viento en la estación seca y del aporte de los ríos en la estación húmeda genera niveles relativamente altos de producción primaria, altamente variables en el espacio y el tiempo, con valores máximos de  $3 \text{ g C m}^2 \text{ d}^{-1}$  en áreas de surgencia costera hasta valores mínimos de  $0,2 \text{ g C m}^2 \text{ d}^{-1}$  costa afuera de las principales fuentes de surgencia (Varela *et al.*, este volumen).

Si bien los rasgos biológicos mayores de *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela son relativamente bien conocidos, la revisión realizada por Huq (este volumen) demostró la ausencia de conocimientos sobre algunos aspectos importantes del ciclo de vida de la especie en esta región. Aunque hay datos disponibles sobre el crecimiento y la alimentación (Huq, op. cit.), la estrategia reproductiva, su variabilidad interanual en relación a cambios ambientales y el esquema reproductivo son relativamente poco conocidos y, por lo tanto, investigados en este estudio. Hay consenso general que los criaderos se presentan en la parte sur del área de distribución (golfos de Cariaco y Santa Fe), los cuales sirven también como áreas de retención. Sin embargo, de acuerdo a diversos estudios contrapuestos revisados por Huq (op. cit.) las áreas de criadero efectivamente se presentan en el sur o, al contrario, en el área del norte expuesta a los vientos alisios y al transporte costa afuera. Esto contrasta con los estudios de Parrish *et al.* (1983) y de Bakun y Parrish (1990) sobre la ecología reproductiva de pequeños pelágicos costeros, quienes demostraron que la reproducción ocurre en áreas y períodos en los cuales la turbulencia y el transporte costa afuera son bajos, es decir, condiciones que favorecen la sobre-

vivencia larval. Sus análisis estuvieron fundamentados en diferentes casos de importantes áreas de surgencia de margen oceánico oriental y un caso de margen occidental (sur de Brasil) referente a *S. aurita*. ¿Son compatibles estas características de la especie descritas por Huq en el nororiente de Venezuela con lo reportado por Parrish *et al.* (1983) y Bakun y Parrish (1990), y con lo propuesto por Roy *et al.* (1992) sobre la ventana ambiental óptima para el reclutamiento ( $5 \text{ m s}^{-1} < \text{velocidad del viento} < 6 \text{ m s}^{-1}$ )?

El período de reproducción de *Sardinella aurita* es también objeto de alguna controversia, aun cuando la mayor parte de las investigaciones (revisadas por Huq, este volumen) indican mayor actividad de desove entre noviembre y febrero, es decir, aproximadamente seis meses después del final del período de surgencia. En los peces la maduración de las gónadas requiere una gran cantidad de energía y, por lo tanto, generalmente ocurre durante o justo después del período del año favorable a la alimentación (Hoar 1969; Woodhead 1960; Potts and Wootton 1984; Wootton 1992). ¿Cómo puede entonces *S. aurita* equilibrar su presupuesto energético si se reproduce principalmente en la estación menos productiva en el oriente de Venezuela? ¿Puede esto explicarse por el influjo de nutrientes provenientes del Río Orinoco en la época de lluvias de julio a octubre? En pequeños pelágicos, el desarrollo de las gónadas es generalmente responsable de un incremento en la condición de los individuos. En Senegal y Costa de Marfil, por ejemplo, Camarena (1986) y Le Loeuff *et al.* (1993), respectivamente, encontraron una relación positiva sin desfase temporal entre cambios en el índice gonadosomático y el factor de condición de *S. aurita*. Morimoto (1991) reportó lo mismo para la sardina japonesa *Sardinops melanostictus*. ¿Puede *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela almacenar grasas durante la estación de surgencia para reproducirse posteriormente?

En este trabajo tratamos de responder a las interrogantes arriba expuestas utilizando una combinación de datos biológicos y ambientales. Numerosos ejemplos de la literatura han mostrado que el análisis de los estadios de madurez sexual, distribuciones de frecuencias de tallas y factor de condición revelan aspectos importantes de la reproducción y alguna información sobre migraciones. Una cantidad poco usual de datos disponibles, conjuntamente con técnicas de análisis multivariado, nos han permitido proponer algunas respuestas a las preguntas anteriormente señaladas.

## ■ Materiales y métodos

### *Datos biológicos*

Datos del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) del Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela,

Año	N1	N2
56	440	440
57	437	437
58	1.004	1.004
59	746	746
61	1.246	1.246
62	687	687
63	942	942
64	1.115	1.115
65	1.105	1.105
66	1.065	1.065
67	5.664	5.664
68	4.145	4.145
69	1.010	1.010
71	1.793	1.920
72	1.372	1.372
73	2.142	2.142
75	2.050	2.146
76	5.087	5.087
77	6.827	8.716
78	2.069	2.954
79	1.587	4.853
81	2.379	2.579
82	7.260	8.229
83	4.982	5.182
84	5.167	5.167
85	5.471	5.571
86	7.067	7.067
87	5.725	5.825
88	4.984	4.984
89	2.946	2.946
Total	88.514	96.346

■ Tabla 1

Número de observaciones anuales en el conjunto de datos: N1 todas las variables, N2 todas las variables, exceptuando peso.

*Number of yearly observations in the data set: N1 all variables, N2 all variables except weight.*

	Mes												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOTAL
Sexo													
Machos	2.838	3.471	4.284	3.280	4.802	5.248	4.533	4 686	5.233	4.200	3.645	1.838	48.058
Hembras	2.804	3.381	4.016	3.289	4.865	4.686	4.636	4 782	5.426	4.373	3.712	1.868	47.838
Inmaduros*	0	37	94	0	49	42	0	0	0	28	85	117	452
Sector	1	995	1.855	2.377	1.841	3.280	3.939	2.781	2 472	2.661	1.842	1.770	26.909
2	1.069	998	1.103	867	1 179	413	735	606	1.644	885	723	771	10.993
3	2.294	2.113	2.979	1.101	702	1.071	1.682	1 189	1.093	811	1.120	601	16.756
4	199	300	244	119	660	340	660	1 588	1.406	1.334	892	480	8.222
5	824	1.445	1.518	2.451	3.739	3.627	3.142	3 128	3.403	3.025	2.347	785	29.434
6	259	178	173	190	156	586	169	485	452	704	590	90	4.032
TOTAL	5.640	6.889	8.394	6.569	9.716	9.976	9.169	9 468	10.659	8.601	7.442	3.823	96.346

\* individuos jóvenes, sexo indeterminado

■ Tabla 2

Número de observaciones mensuales para todas las variables, exceptuando peso, por sexo y sector de pesca.

*Number of monthly observations for all variables except weight, by sex and fishing sector.*

para el período entre julio de 1956 y septiembre de 1989, fueron utilizados en este estudio. Muestras de 60 a 100 individuos de *Sardinella aurita* provenientes de uno o varios lances fueron obtenidos mensualmente durante el desembarque en plantas procesadoras. Se registró un total de 96.346 observaciones individuales distribuidas irregularmente sobre el período de estudio (Tabla 1), con mayor número de observaciones disponibles en los años más recientes (posteriores a 1973). En algunos años no se realizaron actividades de muestreo (1960, 1970, 1974 y 1980), debido a limitaciones de personal o a la ausencia de operaciones de pesca. Los muestreos provenían de seis sectores geográficos: Golfo de Cariaco, Araya oeste, Santa Fe, Araya norte, Margarita y Carúpano (Fig. 1, Tabla 2).

Para cada individuo la información registrada fue: fecha y sector de captura, longitud total en mm, peso en g, sexo y estadio de madurez sexual. Sin embargo, los datos de peso solamente estuvieron disponibles para 88.514 individuos (92% del total de observaciones). La observación macroscópica de las gónadas permitió separar los individuos en machos, hembras e inmaduros y definir ocho estadios de madurez sexual para machos y hembras, según Simpson y González (1967). Resumidamente, los estadios del 0 al 3 corresponden a juveniles, los estadios 4, 5 y 6 están próximos al comienzo o final de la reproducción y el estadio 7 corresponde a la reabsorción de huevos<sup>2</sup>.

Se establecieron regresiones lineales trimestrales entre los logaritmos de los valores de longitud y peso. Se eliminaron del conjunto de datos los individuos que aparecieron fuera del intervalo de confianza del 99% en cada trimestre, asumiendo la presencia de un error de transcripción o de medición del peso. Luego de aplicar este filtro empírico se retuvieron 88.364 observaciones completas en el conjunto de datos.

<sup>2</sup> Según Simpson y González (1967), "estadio 0 = ovarios cilíndricos, translúcidos y alargados alrededor de 2 mm de ancho; 1 = más vascularizados y de un ancho de 2.5 a 3 mm; 2 = ovarios todavía mayormente translúcidos, con coloración anaranjada-roja, ocupan alrededor de la mitad de la cavidad corporal inocupada y contienen algunos huevos pequeños opacos; 3 = ovarios ocupan casi dos terceras partes de la cavidad corporal inocupada y contienen numerosos huevos opacos; 4 = ovarios ocupan la totalidad de la cavidad corporal inocupada; 5 = maduros : los huevos son transparentes y fácilmente expulsados con una ligera presión; 6 = recientemente desovados; 7 = ovario flácido y los huevos restantes están siendo reabsorbidos".

## Factor de condición

Se utilizó 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):

$$CF_i = 100 W_i / Wst_i = 100 W_i / a L_i^b, \quad (1)$$

donde:

$W_i$  = peso total individual observado;

$Wst_i$  = peso total individual teórico;

$Wst_i = a L_i^b$ , donde  $L_i$  = longitud individual, y  $a$  y  $b$  son constantes de la relación longitud-peso  $W = a L^b$  ajustada por regresión funcional.

El procedimiento de estimación y los resultados se presentan en el Apéndice 1.

Un muestreo desigual en el espacio y el tiempo limita el uso de análisis de series de tiempo. En tales casos, estimados no sesgados de la medias por sector, mes o año pueden obtenerse por medio del modelo lineal generalizado (GLM, McCullag y Nelder 1989; SAS Institute Inc. 1989). La media corregida (“media poblacional esperada” o “LSmeans”) estimada por el método de mínimos cuadrados representa un estimador no sesgado del factor de condición para un área y tiempo determinados. La ecuación del modelo es:

$$CF_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + g L_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l}, \quad (2)$$

donde  $m$  es una constante,  $a, \dots, f$  son parámetros dependientes de los “efectos principales” relacionados a las variables de  $año_i$ ,  $mes_j$ ,  $sector_k$  (variables de clase), respectivamente, y sus interacciones,  $g$  es el parámetro relacionado con la covariada  $L$  observada en el año  $i$ , mes  $j$ , sector  $k$  con  $l$  repeticiones, y  $\varepsilon$  es el residuo. En un primer análisis los individuos fueron separados por sexo, pero en vista de la similaridad de los resultados obtenidos, éstos fueron subsiguentemente agrupados.

## Estadios de madurez sexual

Debido a la escasez de observaciones sobre góndadas 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 describir los individuos maduros de ambos sexos (vale agregar que los estadios 5 y 6 siguen el mismo patrón estacional que el estadio 4, aunque este último es más abundante: 7,3%). La proporción de estos tres estadios combinados en las distribuciones de frecuencias de tallas (número de individuos por intervalo de clase de 1 cm) permitió estimar la longitud de primera madurez ( $Lm_{00}$ ) y la longitud promedio de madurez sexual ( $Lm_{50}$ ).

Un índice reproductivo (*REPROD*) fue estimado a partir de los individuos de tallas mayores que  $Lm_{00}$  (92. 834 individuos). *REPROD* es el cociente de los individuos en estadios reproductivos al número total de individuos de tallas mayores que  $Lm_{00}$ . En vista de la similaridad de los resultados se agruparon ambos sexos. Puesto que *REPROD* es una proporción se intentó ajustar un modelo logístico, ya que la distribución teórica es una binomial, utilizando la función de enlace “logit” (McCullag y Nelder 1989; procedimiento GENMOD, SAS Institute Inc. 1993). El modelo inicialmente retenido incluía las mismas interacciones que la Ecuación (2); no obstante el soporte lógico SAS no fue capaz de asignar suficiente memoria para ajustar este modelo debido al elevado número de interacciones. Solamente fue posible ajustar un modelo sin interacciones relativas al año:

$$E(REPROD_{i,j,k,l}) = f(x) = f(m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e L_{i,j,k,l}), \quad (3)$$

donde  $f(x) = \exp(x)/(1+\exp(x))$ , la función logística;  $m$  es una constante;  $a, b, c, d$  son parámetros dependientes respectivamente en los efectos principales  $B$ - $año_i$  (“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;  $e$  = parámetro relacionado con la covariada  $L$  observada en el  $Año i$ ,  $Mes j$ ,  $Sector k$ , con  $l$  repeticiones. También se ajustó un modelo generalizado de la misma forma que la Ec. (2) por aproximación de la distribución binomial por una distribución normal:

$$REPROD_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + g L_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (4)$$

## *Variables ambientales*

Datos de velocidad y dirección del viento de las estaciones meteorológicas costeras de Cumaná (período 1969 a 1989) y Punta de Piedras en la Isla de Margarita (período 1972 a 1989) fueron tomados de Aparicio y Contreras (este volumen) para la primera estación y de Campo y Velásquez (1991) para la segunda. Primero se consideró utilizar el transporte de Ekman estimado por Aparicio y Contreras (op. cit.) como un índice de surgencia. Sin embargo, imágenes satelitales muestran afloramientos de fitoplancton no sólo en aquellas partes de la línea de costa orientada a lo largo del eje del viento (en concordancia con la teoría de Ekman), sino también en otras áreas (Müller-Karger y Varela 1990). Esto está relacionado con la compleja topografía submarina (islas y bancos) de la región y a la existencia de un mecanismo particular en el Golfo de Cariaco, en el cual el agua superficial es transportada hacia afuera del mismo por los vientos predominantes y, subsecuentemente, reemplazada por aguas frías y ricas en nutrientes provenientes de la vecina Fosa de Cariaco (Richards 1960; Okuda *et al.* 1978). Por lo tanto, hemos estimado un segundo índice de surgencia independiente de la dirección del viento. Para ello, se estimó la velocidad media del viento en cada estación meteorológica. La estación de Cumaná está más influenciada por el efecto de la masa continental que la estación de la Isla de Margarita, especialmente con relación a los vientos alisios del noreste predominantes (Fig. 1). En consecuencia, la media anual de la velocidad del viento es  $2 \text{ m s}^{-1}$  más baja que la obtenida en la isla de Margarita (Aparicio y Contreras, este volumen). Este segundo índice de surgencia calculado es la media anual de las anomalías positivas de ambas estaciones, bajo la hipótesis simplificadora que los vientos promedios no intervienen significativamente en el proceso de enriquecimiento. Este índice mostró cambios temporales similares a los del transporte de Ekman (puesto que los vientos de velocidad más alta que el promedio provienen generalmente del este), exceptuando el año 1972 en la estación de Cumaná (Aparicio y Contreras, op. cit.). Finalmente, datos de viento de la estación meteorológica de Maiquetía (Fig. 1) fueron también utilizados, ya que cubren un período más largo (1956 a 1989) que las demás estaciones.

Se utilizaron registros del nivel mensual de las aguas en Ciudad

Bolívar como un indicador de la descarga del Río Orinoco. Este registro existe desde principios de siglo y fue tomado de Aparicio (este volumen).

### ***Análisis multivariado***

Se realizó un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) sobre la mayor parte de las variables disponibles, seguido de una clasificación jerárquica sobre los cuatro primeros ejes. Puesto que los resultados obtenidos del ACM se ajustaron a los obtenidos por los métodos antes mencionados, éstos se presentan junto a la metodología utilizada en el Apéndice 3.

## **■ Resultados**

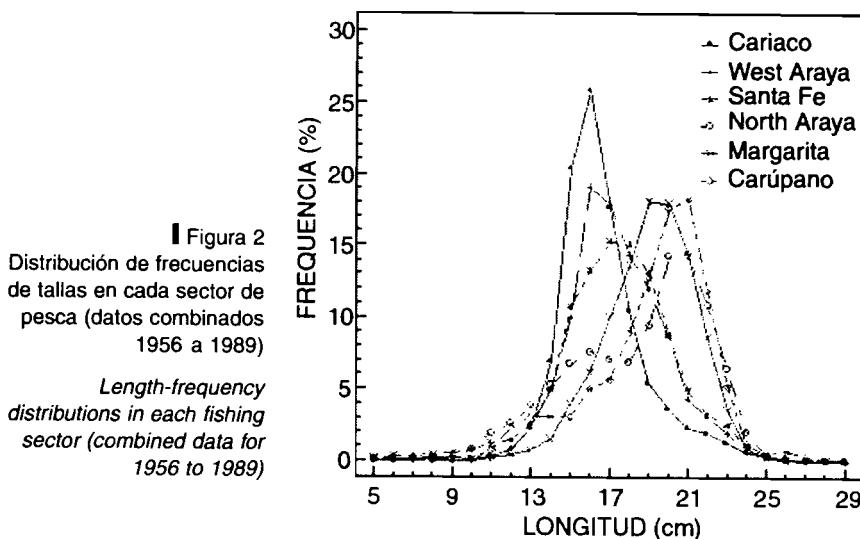
### ***Proporción sexual y longitud a la primera madurez***

La proporción sexual de todas las muestras de *Sardinella aurita* no fue estadísticamente diferente de la unidad ( $s = \text{no de hembras/no de machos} = 0,995$ ;  $\chi^2 = 0,50$ ;  $p = 0,48$ ), pero varió en función de la longitud (Apéndice 2).

La reproducción comienza a 15 cm ( $Lm_{00}$ ) y alrededor de 50% de los individuos están maduros a 20 cm ( $Lm_{50} = 19,7$  cm; Apéndice 2).

### ***Variabilidad espacial y temporal en longitud***

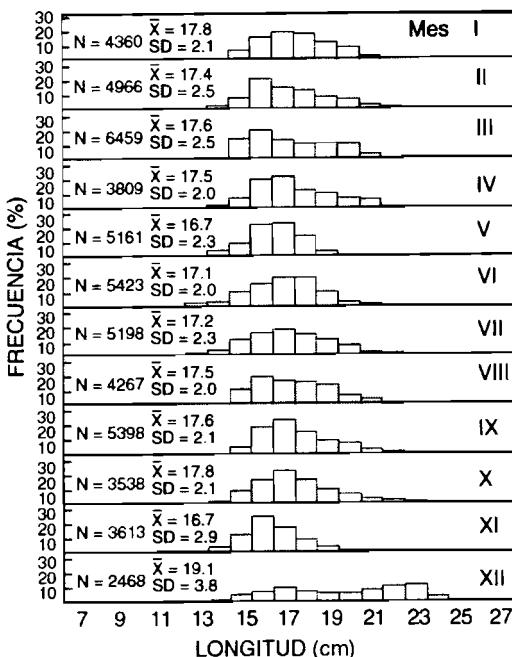
Las distribuciones de frecuencias de tallas como función de los sectores geográficos presentaron un gradiente norte-sur (Fig. 2). En el Área Sur (sectores del golfo de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) las longitudes modales estuvieron entre 16 cm y 18 cm, mientras que en el Área Norte (sectores de Araya norte, Isla de Margarita y



Carúpano) se encontraron entre 19 cm y 21 cm. Sin embargo, el rango de las distribuciones fue amplio en todos los sectores ( $10 \text{ cm} < L < 24 \text{ cm}$ ), y ciertos sectores del Área Norte (Araya norte y Carúpano) mostraron frecuencias bimodales, en las cuales la moda secundaria (13 cm a 16 cm) incluía clases de longitud que eran más pequeñas o iguales a las modas primarias en el área del sur.

Se presentó estacionalidad en la abundancia relativa de individuos  $> 19 \text{ cm}$  en el Área Sur, con un mínimo de mayo a junio y un máximo en diciembre (Fig. 3a). La estacionalidad observada fue fuerte, como lo exemplifica la presencia de una moda a 22 cm en diciembre; sugiriendo inmigración en vez de crecimiento, el cual es relativamente lento a esta longitud ( $0,5 \text{ cm mes}^{-1}$ ). Sin embargo, no fue evidente una tendencia compensatoria en la abundancia relativa de individuos  $> 19 \text{ cm}$  en la distribución de frecuencias de tallas en el Área Norte (Fig. 3b).

(a)



(b)

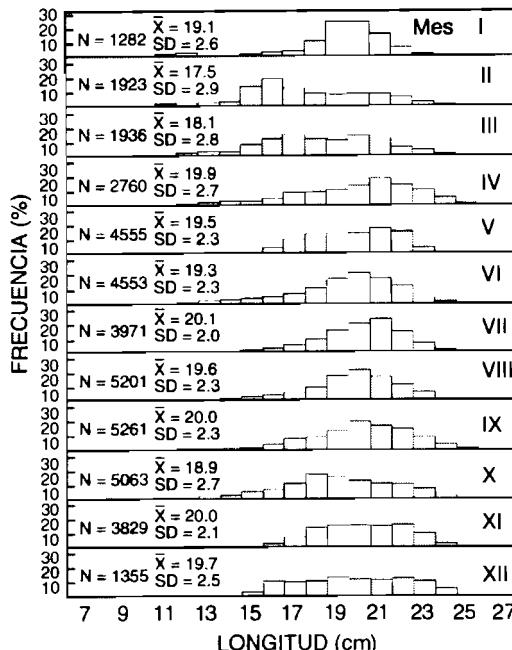


Figura 3  
Distribución mensual de frecuencias de talla en los sectores del Área Sur (sectores del Golfo de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) (a) y del Área Norte (sectores de Araya norte, Margarita y Carúpano) (b), durante el período 1956–1989.

*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.*

### *Variabilidad espacial en el factor de condición e índice reproductivo*

Una regresión del tipo funcional arrojó los siguientes valores para la relación longitud-peso, donde b es significativamente mayor que 3 ( $p < 0.001$ ; Apéndice 1):

$$W = (1.0377 \cdot 10^{-6}) L^{3.399}, \quad r = 0.98. \quad (5)$$

Los Modelos Lineales Generalizados (Ecuaciones 2 y 4) explicaron 49% de la varianza total en el factor de condición y 32% de la del índice reproductivo, respectivamente; todos los efectos e interacciones fueron significativos ( $p < 0,0001$ ; Tablas 3 y 4). En ambos casos, la interacción entre año y mes fue la que más contribuyó a la suma de cuadrados (SS), pero dado el elevado número de grados de libertad correspondiente (df), el valor de los cuadrados medios fue relativamente pequeño y similar al de las otras interacciones. El

Fuente de variación	df	SS	MS	F
Modelo	(422)	522,4	1,2380	198,6*
Error	(87.939)	548,3	0,0062	—
Total Corregido	(88.361)	1.070,7	—	—
Año	(29)	54,86	1,8916	303,4*
Mes	(11)	7,45	0,6777	108,7*
Sector	(5)	11,75	2,3499	376,9*
Mes.Sector	(53)	19,25	0,3633	58,3*
Año.Mes	(247)	122,18	0,4947	79,3*
Año.Sector	(71)	67,28	0,9476	152,0*
Longitud	(1)	27,1	27,1082	4 347,7*

\* $p < 0,001$

■ Tabla 3

Fuentes de variabilidad del factor de condición entre 1956 y 1989 resultantes del ajuste del modelo lineal generalizado (2). df: grados de libertad. F: test de Fisher.

*Sources of condition factor variability between 1956 and 1989 resulting from the fit of general linear model (2). df: degree of freedom. F: Fisher's test.*

valor más alto de los cuadrados medios, en ambos casos, se relacionó con la longitud (la única variable cuantitativa, por lo tanto  $df = 1$ ), seguido por el año y sector para el factor de condición y por el año y mes para el índice reproductivo. El esquema de muestreo fue desafortunadamente demasiado desequilibrado para tomar en cuenta todas las interacciones en el estimado del "LSmeans". Hemos, por lo tanto, ajustado los siguientes modelos, los cuales permitieron estimar los "LSmeans" por sector, año y mes, pero que no permitieron estudiar en detalle las interacciones relativas al año:

$$CF_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + gL_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l}, \quad (6)$$

$$REPROD_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + fL_{i,j,k,l} + \varepsilon_{i,j,k,l}, \quad (7)$$

donde la notación es idéntica a la de las ecuaciones (2) y (4), respectivamente. Estos dos modelos generales explican 29% y 21%

Fuente	df	SS	MS	F
Modelo	(439)	25.005.563	56.960	98*
Error	(92.395)	53.483.522	579	—
Total Corregido	(92.834)	78.489.085	—	—
Sector	(5)	105.932	21.186	37*
B-año	(34)	2.041.177	60.035	104*
Mes	(11)	936.850	85.168	147*
Mes.sector	(55)	990.458	18.688	32*
B-año.mes	(246)	6.087.250	24.745	43*
B-año.sector	(83)	1.882.520	22.681	39*
Longitud	(1)	1.955.555	1.955.555	3.378*

\* $p < 0,001$

■ Tabla 4

Fuentes de variabilidad en el índice reproductivo entre 1956 y 1989 resultantes del ajuste del modelo lineal generalizado (4) (B-año biológico, es decir, período de 12 meses entre agosto del año en curso y julio del año siguiente).

*Sources of variability in reproductive index between 1956 and 1989 resulting from fit of general linear model (Eq. 4) (B-year biological year, i.e. 12 months period between August of current year and July of following year).*

Criterio para evaluar la bondad de ajuste ( $df = 92.834$ )		
Criterio	Valor	F
Desviación	39.152,5	0,4062
Pearson $\chi^2$	75.329,3	0,7816
Log verosimilitud	-19.576,2	-
Estadísticas de verosimilitud		
Fuente	$df$	$\chi^2$
B-año	(33)	5.518,9*
Mes	(11)	1.147,9*
Sector	(5)	319,4*
Mes-sector	(55)	2.605,9*
Longitud	(1)	5.792,9*

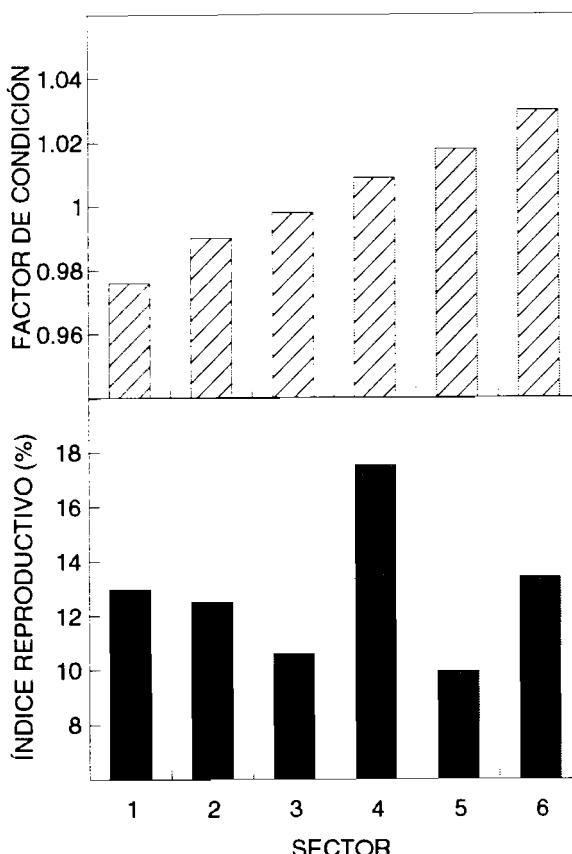
\* $p < 0.0001$

■ Tabla 5

Estadísticas principales de la regresión logística aplicada a la Ec. (3) relativa al índice reproductivo entre 1956 y 1989 (*B-año* = año biológico, es decir, período de 12 meses entre agosto del año en curso y julio del año siguiente).

*Main statistics of logistic regression applied to Eq. (3) relative to reproductive index between 1956 and 1989  
(B-year = biological year, that is the 12 month period between August of the current year and July following year).*

de la varianza total, respectivamente. En la regresión logística (Ec. 3) todos los criterios para evaluar la bondad de ajuste son significativamente diferentes de 1 ( $p < 0,001$ ), y todos los efectos son significativos de acuerdo a los valores de sus  $\chi^2$  (Tabla 5). La contribución relativa de las variables independientes y los promedios predictivos por *Sector*, *B-año* y *Mes* de las ecuaciones (3) y (7) son similares. Los promedios corregidos del factor de condición distinguen al Área Sur, donde los valores no exceden de uno, del Área Norte donde son mayores que la unidad (Fig. 4). Esta diferenciación no se presenta para el índice reproductivo, ya que los dos valores extremos corresponden a sectores del Área Norte: 18% para Araya norte y 10% para Margarita.



**Figura 4**  
Factor de condición e índice reproductivo en función de los sectores de pesca (promedios predictivos 1956–1989)

Condition factor and reproductive index as a function of fishing sector (LSmeans of combined data for 1956 to 1989)

### *Variabilidad temporal en el factor de condición y la surgencia*

A pesar de su pequeña amplitud (0,97 a 1,07), el factor de condición mostró una clara variabilidad estacional, con un máximo en agosto y un mínimo en diciembre-enero (Fig. 5). Se trató de relacionar esta variabilidad con las dos fuentes de producción en la región: surgencia costera y descarga del río Orinoco. El incremento del factor de condición en febrero empezó justo después del inicio de la surgencia costera y, como era de esperarse, una serie de vientos fuertes acompañó este aumento hasta junio. Pero fue después de este período que el factor de condición alcanzó sus máximos valores, de julio a octubre, correspondiendo a la estación

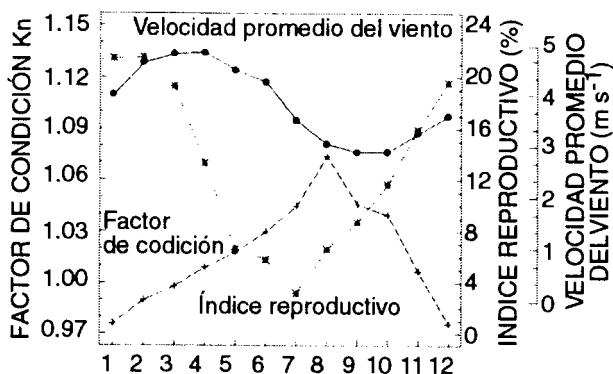


Figura 5

Cambios mensuales en la velocidad del viento en Cumaná y Punta de Piedras (ver Fig. 1) de 1972 a 1989, del factor de condición e índice reproductivo de 1956 a 1989 (promedios predictivos de datos anuales)

*Monthly changes in mean wind speed in Cumaná and Punta de Piedras (see Fig. 1) from 1972 to 1989, and in condition factor and reproductive index from 1956 to 1989 (LSmeans of yearly data combined)*

de lluvias y descarga máxima del río Orinoco (Aparicio, este volumen).

Ya que la mayor parte de los fenómenos biológicos y ambientales son estacionales, buscamos la confirmación de la relación entre fuentes de producción y factor de condición por medio del análisis de tendencias anuales. La variabilidad interanual del factor de condición (0,91 a 1,08) fue superior al rango de variación estacional (Fig. 6). Noté que la tendencia a la disminución desde 1977 ocurrió cuando el muestreo era regular e intensivo (excepto para los años 1979 y 1980). Esta tendencia es similar a la observada para los dos índices de surgencia obtenidos de las estaciones meteorológicas en el área ( $r = 0,52$  y  $0,49$ ;  $p < 0,05$ ). La serie de vientos más larga de la estación meteorológica de Maiquetía, la cual se ubica alrededor de 300 km al oeste de la zona de estudio, presenta una tendencia aun más marcada y, por lo tanto, altamente correlacionada con la serie del factor de condición ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ). Sin embargo, los valores significativos de  $r$  se presentan sencillamente por la similitud de las tendencias en el factor de condición y el

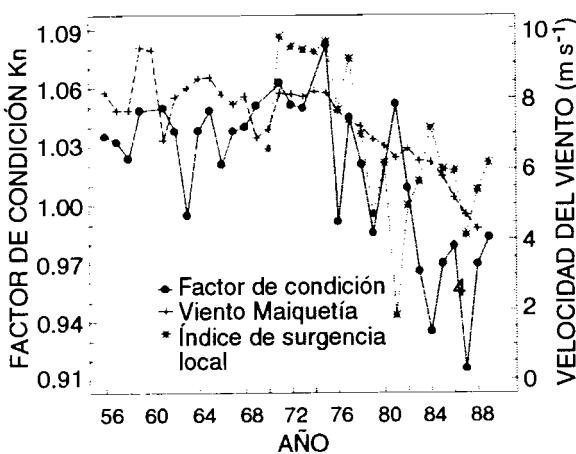


Figura 6  
Cambios en el factor de condición medio (promedios predictivos 1956 a 1989), velocidad del viento en Maiquetía (1956 a 1989) y segundo índice de surgencia local (ver texto) para el nororiente de Venezuela (1975 a 1989)

Changes in average condition factor (LS means 1956 to 1989), wind speed at Maiquetía (1956 to 1989) and second local upwelling index (see text) for northeastern Venezuela (1975 to 1989)

índice de surgencia, pero no reflejan el hecho que los mínimos y máximos puntuales de las dos series no se corresponden. No se encontraron relaciones de tipo lineal o no-lineales entre el factor de condición y la descarga del río Orinoco

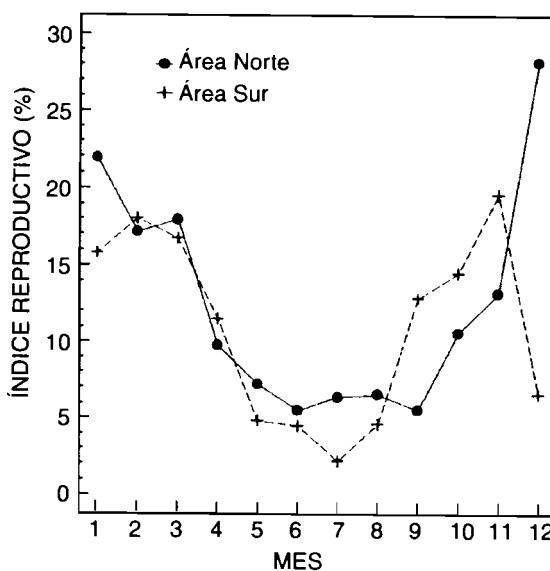
### *Variabilidad temporal en el índice reproductivo y el índice de surgencia*

El período reproductivo de *Sardinella aurita* mostró una fuerte estacionalidad. Se extendió desde noviembre a mayo, es decir de cinco a seis meses después del máximo del factor de condición, cuando más del 16% de los individuos mayores que 15 cm estaban en estadios de madurez 4, 5 o 6 (Fig. 5). Un análisis detallado por sectores geográficos reveló una considerable variabilidad espacial y temporal. El pico de diciembre a enero se debió esencialmente a individuos del Área Sur. Por otra parte, la reproducción en el Área Norte disminuyó marcadamente en diciembre (Fig. 7). Adicionalmente, el aparentemente extenso período reproductivo enmascara la fuerte variabilidad interanual (aunque para análisis específicos del "Lsmeans" de la interacción B-año-mes se tuvo que agrupar los seis sectores, inicialmente utilizados en la ecuación (4), en las dos Áreas (Sur y Norte) para evitar un modelo desequilibrado; resultados

Figura 7

Cambios mensuales en el índice reproductivo en Área Sur (sectores de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) y Área Norte (sectores Araya norte, Carúpano y Margarita) de los placeres de pesca (promedios predictivos para datos combinados 1956-1989)

*Monthly changes in reproductive index in Southern Area (Cariaco, west Araya and Santa Fe sectors) and Northern Area (north Araya, Carúpano and Margarita sectors) of fishing grounds (LSmeans of combined data for 1956 to 1989)*

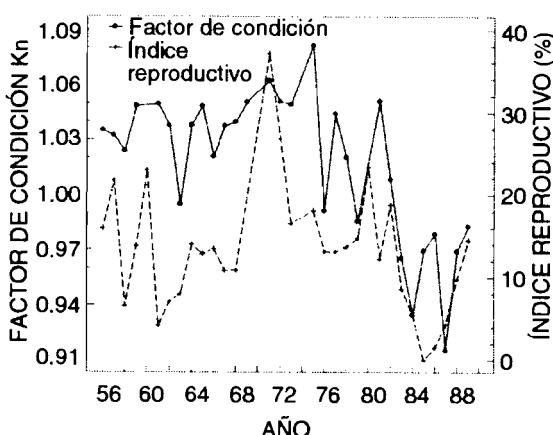


no mostrados). La duración del período reproductivo varía en función del año y puede ser temprano o tardío. Hemos tratado sin éxito de caracterizar los años tempranos o tardíos por variaciones paralelas en el factor de condición, índice de surgencia y/o descarga del Orinoco. Aun cuando se encontró una correlación significativa entre el factor de condición y el índice reproductivo anual (Fig. 8;

Figura 8

Comparación de cambios en el factor de condición promedio (enero a diciembre) e índice reproductivo promedio (sobre el "año biológico"; ver leyenda de la Tabla 3) de 1956 a 1989 (promedios predictivos)

*Comparison of changes in mean condition factor (January to December) and mean reproductive index (over the "biological year"; see legend to Table 3) from 1956 to 1989 (LSmeans)*



$r = 0,56$ ;  $p < 0,002$ ), ésto refleja esencialmente la similitud entre las tendencias de las series correspondientes y no relaciones a corto plazo. En paralelo a la relación previamente mencionada entre factor de condición y velocidad del viento en Maiquetía, el índice reproductivo y la velocidad del viento en Maiquetía también parecen estar relacionados, pero en este caso el coeficiente de correlación es menor ( $r = 0,47$ ;  $p < 0,01$ ).

Los cambios estacionales en la longitud promedio durante el período reproductivo mostraron diferencias entre sectores. Para individuos en estadios de madurez 4, 5 y 6 (Fig. 9) hubo diferencias significativas entre las áreas Sur y Norte solamente durante los

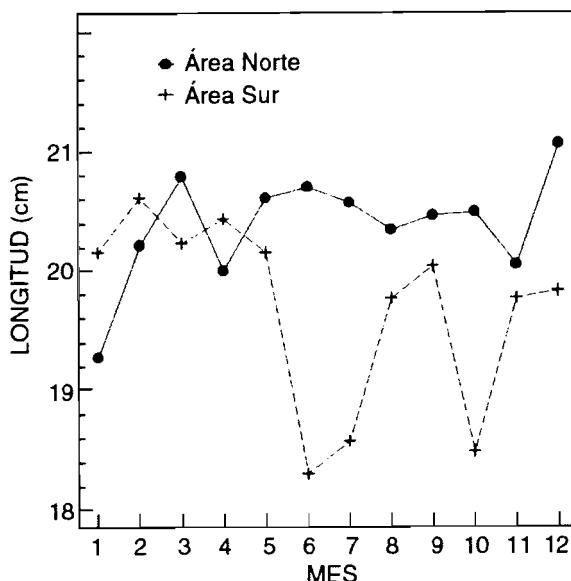


Figura 9

Cambios mensuales en la longitud promedio de los estadios de madurez 4, 5 y 6 entre enero y diciembre en Área Sur (sectores de Cariaco, Araya oeste y Santa Fe) y Área Norte (sectores Araya norte, Carúpano y Margarita) de los placeres de pesca (promedios predictivos de datos combinados 1956 a 1989)

*Monthly changes in mean length of Maturity Stages 4, 5 and 6 between January and December in Southern Area (Cariaco, west Araya and Santa Fe sectors) and Northern Area (north Araya, Carúpano and Margarita sectors) areas (LS means of combined data for 1956 to 1989)*

meses de junio a julio, cuando la reproducción es mínima, y en octubre. Durante el período reproductivo, las longitudes promedios difirieron solamente de un cm entre el norte y el sur. Este resultado contrasta con las amplias diferencias en longitud promedio observada entre sectores cuando se considera la población en su totalidad (Fig. 2).

## ■ Discusión

### *Ciclo de vida*

La amplia distribución de jóvenes reclutas (Fig. 2) e individuos maduros (Fig. 4) indica que las zonas de criadero de *Sardinella aurita* en Venezuela no se restringen al área sur, en contraste con la hipótesis prevaleciente reportada por Huq (este volumen). No obstante, individuos mayores que 19 cm fueron abundantes en el área del sur solamente durante el período reproductivo (Fig. 3), lo cual sugiere fuertemente la ocurrencia de una migración reproductiva del norte al sur durante diciembre-enero. Esto se confirma por la similitud de la longitud promedio de los individuos reproductores sobre la totalidad de la región durante la estación de máxima reproducción (Fig. 9). En consecuencia, de lo anteriormente expuesto se puede proponer el siguiente ciclo de vida. En primer lugar, la reproducción ocurre fundamentalmente de noviembre a marzo. En el área del sur la estación reproductiva es corta con un pico generalmente en diciembre, e involucra individuos jóvenes que se han desarrollado en esta área durante su primer año de vida e individuos más viejos que han migrado rápidamente del área del norte. La migración de los individuos jóvenes hacia el área del norte ocurre después de su primera reproducción, probablemente a partir del mes de febrero, cuando los individuos más viejos regresan después de su corta migración reproductiva hacia el área sur (un esquema similar fue propuesto por Boëly *et al.* (1982) para la misma especie en el Senegal). En el área del norte la reproducción

se extiende por un período de tiempo mayor y los datos promediados revelan dos picos próximos (noviembre y febrero). Estos resultados son confirmados por el análisis multivariado (Apéndice 3).

En el área del sur, la irregularidad del desove en combinación con la relativa abundancia de individuos jóvenes sugiere que hay un reclutamiento significativo procedente de la reproducción que ocurre en el área norte. No conocemos por medio de cuales mecanismos (transporte pasivo de huevos y larvas o migración activa de juveniles) y a que edad ocurre el reclutamiento a los criaderos del sur.

La mayor limitación de nuestro análisis yace en la naturaleza desequilibrada del diseño muestral y en la presencia de interacciones espaciales y temporales en el factor de condición y el índice reproductivo (esta limitación fue parcialmente corregida por los estimados de "Lsmeans"). En cuanto se refiere al ciclo de vida de *Sardinella aurita*, la limitación mayor proviene del uso de artes de pesca comercial que submuestrearon las clases de tallas pequeñas, especialmente inferiores a 14 cm. Adicionalmente, la cobertura espacial estuvo limitada a ciertas áreas de pesca costeras, mientras que cruceros hidroacústicos (Cárdenes, este volumen) y muestreos de huevos (López 1972) han mostrado que durante ciertos años una fracción importante de la población, especialmente individuos grandes, pueden presentarse en los límites norte y este del área de distribución. Finalmente, puesto que el índice reproductivo es la proporción de individuos cercanos a la reproducción en relación con los individuos potencialmente aptos a reproducirse ( $L_i > Lm_{00}$ ), independientemente de la abundancia absoluta del primero (información no disponible), este índice puede presentar un sesgo.

### *Estrategia reproductiva*

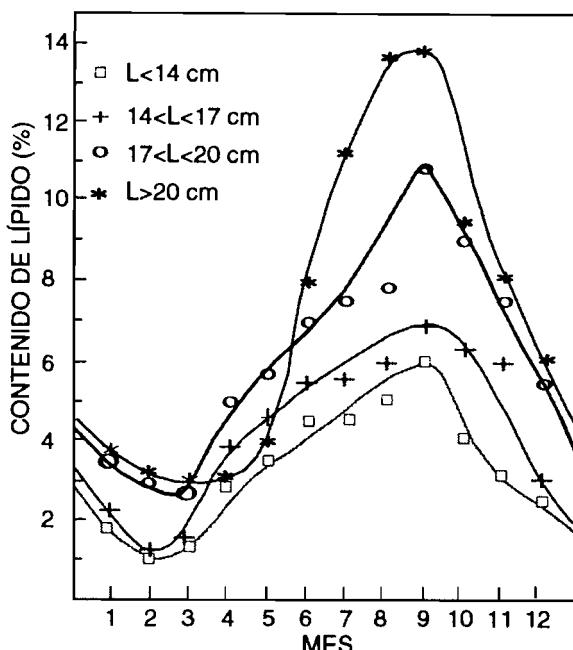
*Sardinella aurita* en esta región presentó una fuerte alometría positiva y una proporción de sexos próxima a la unidad y balanceada, en concordancia con reportes previos para esta especie (Fontana y Pianet 1973; Boëly 1978; Fontana 1981; Huq, este volumen).

Un incremento importante del índice gonadosomático durante el período reproductivo debería incrementar el valor del factor de condición. Curiosamente, en el área de estudio, el pico reproducti-

vo no coincidió con el máximo del factor de condición, que se presenta cinco meses antes, sino con el mínimo. El incremento sostenido en el factor de condición de enero a junio puede deberse a una acumulación de reservas energéticas asociada con la alta productividad relacionada con la surgencia. La persistencia de los altos valores del factor de condición hasta octubre es difícil de explicar en el contexto de un presupuesto energético balanceado, especialmente el marcado incremento de julio a agosto. Probablemente esté relacionado con el enriquecimiento en nutrientes de la descarga del Orinoco, el cual alcanza valores máximos durante este período (Aparicio, este volumen). En el estudio del contenido de lípidos de esta especie entre septiembre de 1968 y mayo de 1971, Tornes *et al.* (1971) confirmaron el almacenamiento de grasas al final del período de surgencia, especialmente para tallas superiores a 17 cm (valor mínimo = 3% en marzo; valor máximo = 14% de agosto a septiembre; Fig. 10). Se concluye, por lo tanto, que la energía disponible durante el período de máxima producción planctónica no fue inmediatamente utilizada para la reproducción, sino almacenada como grasas y metabolizada para la reproducción varios

■ Figura 10  
Estacionalidad del contenido de lípidos de muestras tomadas entre septiembre 1968 y mayo de 1971 (Tornes *et al.* 1971).

*Fat content seasonality from samples taken between September 1968 and May 1971 (Tornes *et al.* 1971).*



meses después. Esta estrategia de almacenaje es energéticamente costosa (Wootton 1979), y pudiera reflejarse en la pequeña longitud total máxima alcanzada por esta especie en esta área: 29 cm comparada con 39 cm en el área de Mauritania-Senegal donde la productividad es similar o ligeramente mayor (Fréon 1986), o 31 cm en Côte d'Ivoire y Ghana donde la productividad es menor (Marchal, 1993; Le Loeuff *et al.* 1993). En una revisión de la literatura sólo encontramos un ejemplo de una estrategia similar en un clupeido, *Sardina pilchardus* de las costas argelinas (Tomasini *et al.* 1989). Generalmente, *Sardinella aurita* es considerada como una especie oportunista que desova en diferentes condiciones espacio-temporales una vez satisfechos los requerimientos energéticos, pero cuyo período principal de desove corresponde al final del período de surgencia cuando el plancton es todavía abundante (Fréon 1986; Cury y Fontana 1988).

Utilizando el enfoque comparativo, Bakun (1996) definió tres requerimientos necesarios en un habitat adecuado para la reproducción de peces pelágicos: enriquecimiento (surgencia, mezcla, etc.), procesos de concentración (estabilidad de la columna de agua, convergencia, formación de frentes) y retención del ictioplancton al interior de un habitat apropiado. Esta combinación ideal se logra cuando los valores mensuales de velocidad del viento en la costa son del orden de 5 a 6 m s<sup>-1</sup> en corrientes de margen oriental de los océanos (Roy *et al.* 1992). Esta velocidad es mayor que el promedio mensual máximo para las dos estaciones continentales del presente estudio, pero corresponde con el valor máximo registrado en abril en Punta de Piedras (Isla de Margarita). En Venezuela desoves masivos al momento del máximo de surgencia, lo cual ocurre solamente en ciertos años, pudieran estar controlados por la cantidad de energía disponible en los meses precedentes a la maduración gonádica. Desoves masivos al momento del máximo del factor de condición (alrededor de agosto) se verían beneficiados por la ventaja combinada de baja turbulencia, lo cual minimizaría la dispersión de larvas y presas (Lasker 1981; Peterman y Bradford 1987), así como también de la baja intensidad del transporte costa afuera de las larvas; pero tendría la desventaja de ocurrir al comienzo de un período relativamente extenso de escasez de presas. Esta desventaja aparentemente es superada por el almacenamiento de energía en forma de lípidos, lo que permite un desfase reproductivo

de varios meses y permite colocar el desove en un período que precede al máximo de productividad biológica. Adicionalmente, la turbulencia moderada durante este período aumentaría la tasa de encuentro entre elementos del plancton y las larvas (Rothschild y Osborn 1988; MacKenzie y Leggett 1991). El transporte costa afuera de larvas puede estar limitado por la moderada intensidad de la surgencia, comparada con la de sistemas de margen oriental de los océanos, y por los complejos rasgos topográficos de la plataforma y la línea de costa (Fig. 1). Estos factores conjuntamente con la relativa extensión de la plataforma (Bakun *et al.* 1991) permitiría la presencia de numerosas zonas de retención [por ejemplo, efectos de islas y cabos, doble célula de circulación similar a las descritas por Jacques y Tréguer (1986)], aunque no se dispone de datos actualmente para explorar esta hipótesis. Finalmente, no se puede excluir la posible deflección de la corriente superficial alrededor de la península de Araya, lo cual llevaría las larvas hacia la entrada del Golfo de Cariaco. Las larvas podrían entonces, por medio de migraciones verticales, penetrar al golfo utilizando la corriente sub-superficial resultante de la deriva superficial inducida por el viento (Richards, 1960). Esto explicaría la relativamente alta abundancia de juveniles en el golfo, a pesar de la irregularidad interanual de la reproducción en esta área de criadero.

La influencia de la variabilidad ambiental anual (velocidad del viento o descarga del Orinoco) sobre la biología de *Sardinella aurita* no se presentó de manera obvia en nuestros resultados. Esta se presenta sólo a través de la correlación, posiblemente espuria, observada entre la velocidad promedio del viento registrada en una estación meteorológica costera distante del área de estudio y el factor de condición de la población sobre un período de 30 años. Aunque las variaciones interanuales en el factor de condición se correlacionaron con las variaciones del índice reproductivo, nuestro ensayo para establecer una relación entre este último y el índice de surgencia no fueron exitosos. Este tipo de relación ha podido establecerse en otros casos, por ejemplo, en el ecosistema de la co-riente de Benguela (Schülein *et al.* 1995). Podría ser que en aguas venezolanas la variabilidad reproductiva interanual dependa de otros factores, a menos que los datos disponibles hayan sido insuficientes.

En conclusión, el resultado más resaltante es la observación de una estrategia reproductiva particular de *Sardinella aurita* en función de condiciones ambientales y topográficas que son distintas a las que se presentan en los márgenes orientales de los océanos. Esta estrategia consiste en desoves masivos en estratos espacio-temporales aparentemente subóptimos y efectuada por una utilización de la energía que no es típica de la especie. En algunos años, la estrategia poco usual del almacenamiento de energía fue reemplazada, u ocurrió de manera simultánea, con el esquema típico de utilización inmediata de la energía, lo cual sugiere cierto grado de oportunismo en la estrategia reproductiva de esta población. El desfase temporal entre el desove y la estación de surgencia permite a las larvas y juveniles crecer cuando las presas son más abundantes. Esta particular estrategia reproductiva y cierto grado de oportunismo en *S. aurita* explican las contradicciones aparentes en los resultados previamente obtenidos en el oriente de Venezuela.

## I Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Prof. M. Huq por proveer parte de la información utilizada en este trabajo. Asimismo, damos las gracias tambien al Dr F. Laloe por la ayuda brindada con aspectos estadísticos y a los Drs J. J. Albaret y P. Borsa por las mejoras en el manuscrito.

## I Referencias

- 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 región 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 and Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico: 323 p.
- BAKUN, A. y PARRISH, R. H., 1990 — Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brasilian sardine (*Sardinella aurita*). *J. Cons. CIEM* 46 (3): 269–283.
- BAKUN, A., ROY, C. y CURY, Ph., 1991 — *The comparative approach: latitude-dependence and effects of wind forcing on reproductive success*. *Int. Cons. Expl. Sea. SARP theme. Sess. V, H:* 45 p.
- BOÉLY, T., 1978 — *Biologie des deux espèces de sardinelles: *Sardinella aurita* (Valenciennes 1847) et *Sardinella maderensis* (Lowe 1841) des côtes sénégalaises*. Doctoral Dissertation. Université de Paris VI: 286 p.
- BOÉLY, 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. Reun. CIEM 180: 350–355.
- CAMARENA, T., 1986 — *Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal: biologie et évaluation des ressources*. These de Doctorat . Université de Bretagne Occidentale, France: 188 p.
- CAMPOS, M. y VELASQUEZ, F. R., 1991 — Resumen climatológico de la estación meteorológica de Punta de Piedras, Estado Nueva Esparta, Venezuela; período: 1966–1989. Document Scientifique Pôle de Recherche Océanologique et Halieutique Caraïbe, *Fort-de-France* 29: 79 p.
- CÁRDENAS, J., (este volumen) — *Distribución y abundancia íctica, con énfasis especial en la sardina, determinada por medio hidroacústicos*.
- CURY, Ph. 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.
- DERVIN, C., 1988 — *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances*? Imp Institut Technique des Céréales et des Fourrages. Paris. 75 p.
- ESCOFIER, B. y PAGES, J., 1988 — *Analyses factorielles simples et multiples: objectifs, méthodes et interprétation*. Dunod, Paris. 241 p.
- FONTANA, A., 1981 — *Milieu marin et ressources halieutiques de la République Populaire du Congo*. Paris, Orstom, Trav. et Doc. 339 p.

- FONTANA, A. y PIANET, R., 1973 — *Biologie des sardinelles, Sardinella eba (Val.) et Sardinella aurita (Val.) des côtes du Congo et du Gabon.* Orstom Pointe-Noire, Doc. Cent. 31: 40 p.
- 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.* Doctoral Dissertation. Université d'Aix-Marseille II; ORSTOM Editions, Paris, 287 p.
- FRÉON, P., EL KHATTABI, M., MENDOZA, J. y GUZMÁN, R. 1997 — Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela. *Marine Biology*, 128(3): 363–372.
- GUZMÁN, R., FRÉON, P. y MENDOZA, J. (este volumen) — La pesquería de sardina *Sardinella aurita* en el Oriente de Venezuela, su evolución espacio-temporal: período 1973–1989.
- 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* (Cumaná, Venezuela) 14: 165–186
- HOAR, W. S. 1969 — Reproduction Chapter 1. In: W.S. Hoar y Randall D.J. (eds) *Fish physiology*, vol. 3 Academic Press, New York: 1–485
- HUO, M. F. (este volumen) — Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes 1847 en el oriente Venezuela.
- JACQUES, G. y TRÉGUER, P. 1986 — Ecosystèmes pélagiques marins. *Collection Ecologie*, 19. Masson, Paris.
- LASKER, R. 1981 — *Marine fish larvae. Morphology, ecology and relation to fisheries.* University of Washington Press, Seattle.
- 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 LOUEFF, P., MARCHAL, E. y AMON KOTHIAS, J. B. (Eds) (1993) — *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire.* Orstom Editions, Paris: 588 p.
- LÓPEZ, H. 1972 — *Distribución y abundancia estimada de huevos de sardina Sardinella anchovia en la región Oriental de Venezuela, 1968–1969.* Proyecto de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Agricultura y Cría – PNUD-FAO. Ministerio de Agricultura y Cría, Venezuela, Informe Técnico, 46: 27 p.
- MACKENZIE, B. R. y LEGGETT, W. C. 1991 — Quantifying the contribution of small-scale turbulence to the encounter rates between larval fish and their zooplankton prey: effects of wind and tide. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 73: 149–160
- MATHEWS, J. P. 1964 — *The pilchard of South Africa* (*Sardinops ocellata*). Adm. South West Africa Mar. Res. Lab., Investigational Rep. 10: 96 p.
- MARCHAL, E. 1993 — *Biologie et écologie des poissons pélagiques côtiers du littoral ivoirien.* In: Le Loeuff P. Marchal E y Amon Kothias JB (Eds) *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire.* Paris, Orstom: 237–269.
- MCCULLAGH, P. y NELDER, J. A., 1989 — *Generalized linear models.* Chapman and Hall, London.
- MONENTE, J. A. (1990) — Influencia del río Orinoco. Materia en suspensión. *Mems Soc. Cienc. nat. La Salle*, 49–50 (131, 134): 347–360
- MORIMOTO, H., 1991 — *Relationships between reproductive ability and nutritional body condition in Japanese*

- sardine*. Int. Counc. Expl. Sea. Pelagic Fish Committee. Session V, H: 19 p.
- MÜLLER-KARGER, F. y VARELA, R. 1990 — Influjo del río Orinoco en el mar Caribe: observaciones con el CZCS desde el espacio. *Mems Soc Cienc nat, La Salle*, 49-50 (131-134): 361-390
- OKUDA, T., BENÍTEZ, Z. J. A., BONILLA, J. R. y CEDEÑO, G., 1978 — Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 17 (1 y 2): 69-88.
- PARRISH, R. A., BAKUN, A., HUSBY, D. M. y NELSON, C. S., 1983 — Comparative climatology of selected environmental processes in relation to eastern boundary current pelagic fish reproduction. In: Sharp, G. and Czirke, J. (Eds.) Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. *FAO Fish. Rep.* 291 (3): 731-777.
- PETERMAN, M.R. y BRADFORD, M. J. 1987 — Wind speed and mortality rate of a marine fish, the northern anchovy (*Engraulis mordax*). *Science*, Wash., DC 235: 354-356
- POTTS, G. W. y WOOTON, J. R., 1984 — *Fish Reproduction: strategies and tactics*. Academic Press: 410 p.
- RICHARDS, F. A., 1960 — Some chemical and hidrographic observations along the north coast of South America. I. Cabo Tres Puntas to Curacao, including Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep Sea Res.*, 7: 163-182.
- ROTHSCHILD, B. J. y OSBORN, T. R. 1988 — The effect of turbulence on planktonic contact rates. *J. Plankton Res.* 10: 465-474.
- Roy, C., CURY, P. y KIFANI, S., 1992 — Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromise. *S. Afr. J. mar. Sci.* 12: 135-146
- ROUX, M., 1985. *Algorithme de classification*. Masson, Paris: 142 p.
- SAS INSTITUTE INC., 1989 — *SAS/STAT User's Guide, Version 6*. SAS Institute Inc, Cary North Carolina, 2: p 846
- SAS INSTITUTE INC., 1993 — *SAS/STAT Software: the GENMOD Procedure, release 6.09*. SAS Institute Inc, Cary North Carolina, Technical Report P-243: p 88
- 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.
- 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.
- TOMASINI J. L., BOUCHEREAU, J. L. y BENSAHLA-THALET, A., 1989 — Reproduction et condition chez la sardine (*Sardina pilchardus*) Walbum, 1792) des côtes oranaises (Algérie). *Cybium* 13 (1): 37-50.
- TORNES, E., GEORGE, P. y SÁNCHEZ, D., 1971 — *Variación en el contenido de grasa y sólidos no grasosos en cuatro especies de importancia industrial en Venezuela*. Proyecto de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Agricultura y Cría — PNUD-FAO. Ministerio de Agricultura y Cría, Venezuela, Informe Técnico, 35: 30 p.
- VARELA, R., CARVAJAL, F. y MÜLLER-KARGER F. (este volumen) — El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela.

- WOODHEAD, A. D., 1960 — Nutrition and reproductive capacity in fish. *Proc. Nutr. Soc.*, 19: 23–28.
- WOOTTON, R. J., 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.
- WOOTTON, R. J., 1992 — *Ecology of Teleost Fishes* (2nd Ed.), Chapman and Hall. 404 p.

## Apéndice 1: Estimado de los parámetros de la relación longitud-peso

Se ajustó la relación:

$$W = a L^n \quad (\text{A1})$$

donde  $L$  es la longitud total para un individuo,  $W$  el peso,  $a$  y  $n$  son constantes. Por tratarse de un estudio biométrico, hemos retenido el ajuste por el eje mayor o regresión de Tessier (ver Fréon, 1986 para una revisión bibliográfica).

Al ajustar la ecuación (1) a 88.364 observaciones filtradas se obtuvo:

$$W = 1,0377 \cdot 10^{-6} L^{3.399} \quad r = 0.98 \quad (\text{A2})$$

Ya que no es posible visualizar la nube de puntos, la calidad del ajuste se representa sobre la misma figura por la curva teórica, la curva de los valores promedios observados por intervalos de clase de 0,5 cm y el histograma de frecuencias de tallas (Fig. A1.1). Aunque el ajuste es satisfactorio para el rango de longitudes 13–22 cm, que representa 94% del número total de observaciones y explica el alto valor del coeficiente de correlación  $r$ , no ocurre así para los intervalos de clase extremos. En efecto, los individuos grandes siempre presentan en promedio un peso inferior al valor teórico. Al contrario, los individuos pequeños son en promedio más pesados que los valores teóricos, lo cual debido a efectos de escala no es aparente sobre la figura A1.1., pero aparece claramente sobre la figura A1.2. en la cual se presenta el factor de condición por talla y sexo. Aun cuando las clases de longitud extremas sólo representan 6% de la muestra total, el número absoluto de observaciones es importante (1.813 individuos  $< 13$  cm y 3.546  $\geq 22$  cm). Por lo tanto, es legítimo pensar que se presenta un posible cambio de alometría a medida que procede el crecimiento, especialmente con-

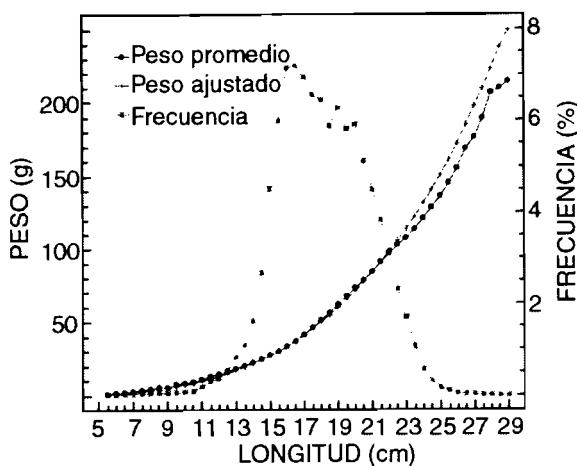


Figura A1.1  
Relaciones longitud-peso observadas (valores promedios de intervalos de clase de 0,5 cm) y teóricas (ecuación (A5)) y distribución de frecuencias de tallas muestreada (1956–1989).

Observed (0.5 cm class means) and theoretical (equation (A5)) length-weight relationships and sample length frequency distribution (1956–1989).

siderando que un cambio de pendiente puede apreciarse alrededor de 22 cm en la figura A1.2., mientras que entre 17 y 22 cm la relación es prácticamente lineal. Tomando en consideración lo anterior, hemos recalculado la relación longitud-peso para tres grupos de longitud:

$$-L < 13 \text{ cm:} \quad W = 1,8630 \cdot 10^{-6} L^{3.300} \quad r = 0,96 \quad (\text{A3})$$

$$-13 \text{ cm} < L < 22 \text{ cm:} \quad W = 2,0967 \cdot 10^{-6} L^{3.261} \quad r = 0,97 \quad (\text{A4})$$

$$-L > 22 \text{ cm:} \quad W = 4,3265 \cdot 10^{-8} L^{3.974} \quad r = 0,70 \quad (\text{A5})$$

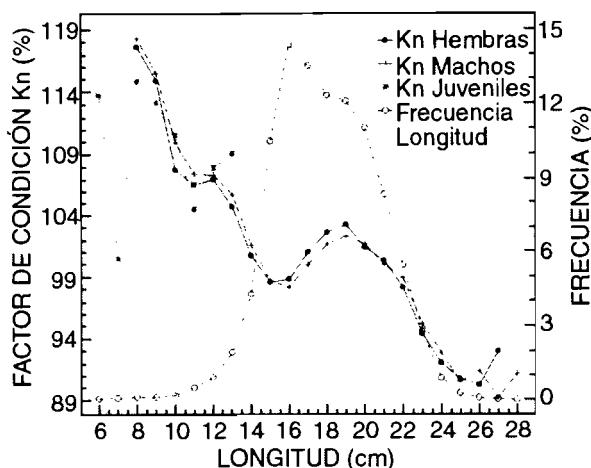


Figura A1.2  
Factor de condición como función de la longitud y sexo (ecuación (6) en el cuerpo del texto) y distribución de frecuencias de tallas muestreada (1956–1989).

Condition factor as a function of length and sex (equation (6) in the main body text) and sample length frequency distribution (1956–1989).

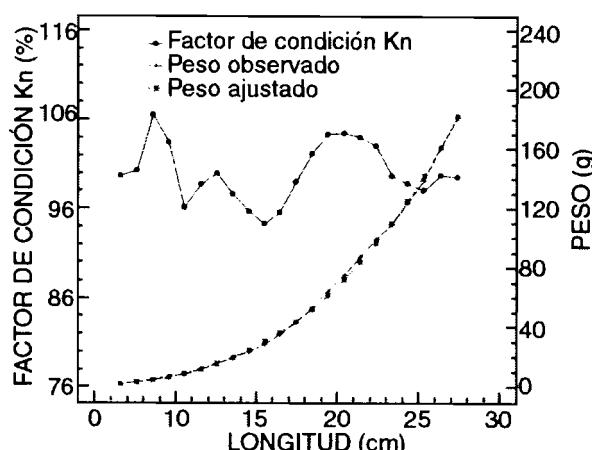
La figura A1.1 sugiere que el ajuste no está forzado por los puntos extremos, como es generalmente el caso cuando la distribución de los datos es homogénea. En consecuencia, se hizo un ajuste de regresión de Tessier utilizando valores promedios de longitud y peso por intervalos de clase de un cm. Se obtuvo un mejor ajuste global y un valor menor de  $n$ , aun cuando se observaron residuos mayores en las clases de tallas más abundantes (Fig. A1.3):

$$W = 4.1803 \cdot 10^{-6} L^{3.133} \quad (A6)$$

Aun cuando no tenga mayores consecuencias sobre otros resultados obtenidos, se puede especular sobre el significado de las desviaciones de la curva teórica de 2% de los individuos pequeños y 4% de los de mayores tallas. Dos interpretaciones son posibles. En la primera ocurre un doble cambio de alometría, lo que justificaría el uso de las relaciones (A3), (A4) y (A5) para describir la evolución teórica del peso en función de la longitud y para estimar el factor de condición individual. Esta interpretación contradice observaciones realizadas sobre la misma especie en otras regiones (Boëly, 1978; Fontana y Pianet, 1973). La segunda interpretación asume alometría constante. En este caso se puede retener la relación (A6), por ajuste de valores promedios por clase de talla, o la relación (A2) del ajuste del conjunto total de datos. En el primer caso, el factor de condición en función de la longitud sería mucho más estable

Figura A1.3  
Relaciones longitud-peso observadas (valores promedios de intervalos de clase de 1 cm) y teóricas (ecuación (9)) y factor de condición correspondiente en función de la longitud.

*Observed (1 cm class means) and theoretical (equation (9)) length-weight relationship and corresponding condition factor as a function of length.*



y sin tendencia. En el segundo caso, la Fig. A1.2. puede interpretarse considerando que el aumento de peso es mayor para los individuos jóvenes como consecuencia del desarrollo en estratos espacio-temporales favorables (golfos de Cariaco y Santa Fe, norte de Araya, donde la producción primaria es más elevada y/o de mayor extensión en el tiempo, Varela *et al.*, este volumen). Mientras que los individuos grandes estarían en promedio por debajo del peso esperado, quizás debido a migraciones en mayor escala y un consumo más rápido de las reservas de lípidos durante la maduración de las gónadas. Sin embargo, un análisis más fino mostró que los individuos grandes pueden alcanzar valores del factor de condición, estimado de la relación (A2), por encima de 100% en estratos espacio-temporales favorables (septiembre-octubre en los sectores del norte y agosto en los sectores del sur). Por lo tanto, se retuvo la segunda interpretación en la estimación del factor de condición por medio de la relación (A2).

Las diferencias en la relación longitud-peso reportadas en la literatura (ver Huq, este volumen, para una revisión) están asociadas con los diferentes métodos de regresión utilizados (ajuste sobre el conjunto de datos o valores promedios, regresión de Y sobre X o eje mayor), tamaños de las muestras y rangos de longitudes observados. En todo caso, esta especie muestra, sin lugar a dudas, una alometría positiva considerando que el exponente de la relación longitud-peso es siempre mayor que tres para todos los intervalos de talla analizados. La pronunciada pendiente para las clases de talla mayores que 23 cm probablemente esté incrementada por la sensibilidad de la regresión a valores extremos.

## Apéndice 2:

### Proporción de sexos, $Lm_{00}$ , $Lm_{50}$ y factor de condición en función de la madurez sexual

A pesar de un valor global no significativamente diferente de uno, la proporción sexual fue significativamente menor a uno ( $p < 0,01$ ) para las clases de tallas entre 13 y 17 cm y mayor que uno ( $p < 0,01$ ) en las clases de tallas entre 20 y 27 cm (Fig. A2.1). Este se incrementó abruptamente y sobre pasó el valor de dos más allá de los 24 cm, donde el número de individuos todavía no es despreciable (771, 231, 71 y 22 individuos, respectivamente). Para los dos últimos intervalos de talla (28 y 29 cm) solamente se observaron ejemplares hembras. Este patrón también se observó en las poblaciones del oeste africano en Senegal (Boëly, 1978), Costa de Marfil y Ghana (Marchal, 1993) y el Congo (Fontana, 1981). Por lo tanto, parece que las hembras de esta especie tienen una longevidad mayor que los machos o alcanzan mayores longitudes máximas.

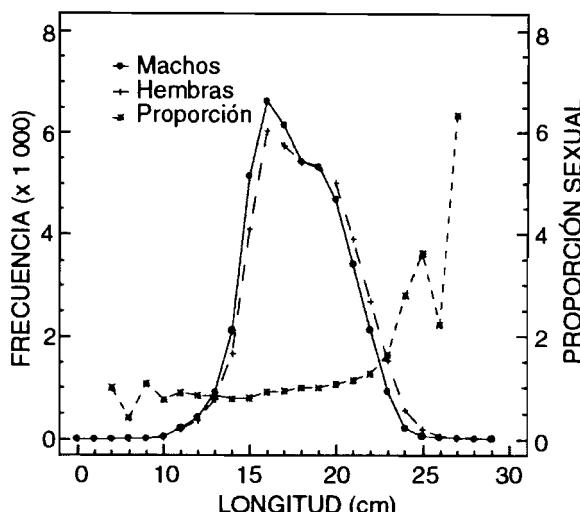


Figura A2.1  
Evolución del número de machos y hembras en función de la longitud y la proporción sexual correspondiente (1956-1989).

*Evolution of number of males and females as a function of length and corresponding sex ratio (1956-1989).*

La curva de frecuencias cumulada de los individuos que han alcanzado o sobrepasado el estadio de madurez 4 (Fig. A2.2) indica que la reproducción comenzó a los 15 cm ( $Lm_{00}$ ) y que 50% de los individuos estaban maduros a partir de 19,7 cm ( $Lm_{50}$ ) y que todos los individuos se habían reproducido a 25 cm ( $Lm_{100}$ ). En Senegal, Boëly (op. cit.) indica valores mayores ( $Lm_{50} = 23,2$  cm y  $Lm_{100} = 31,1$  cm después de la conversión a longitud total según la ecuación propuesta por este autor), mientras que en Côte d'Ivoire y Ghana (Marchal 1993) se observaron valores similares a los obtenidos en este estudio ( $Lm_{50} = 18,4$  cm). En el Congo, Fontana (1981) reportó valores de  $Lm_{00}$  (20,2 cm) más altos que los reportados en Venezuela, pero valores similares de  $Lm_{100}$  (25,7 cm), lo cual implica un incremento más marcado en la madurez en función de la longitud. Vale destacar que esta especie alcanza una longitud máxima de solo 29 cm en Venezuela, comparado a los valores más altos en otros países (39 cm en Senegal, 31 cm en Costa de Marfil y Ghana, y 37 cm en el Congo), pero esta longitud no es estrictamente proporcional a la longitud de maduración (ver discusión en el cuerpo principal del trabajo).

El factor de condición de las hembras aumentó de 98% en el estadio 0 a 106% en el estadio 6 y, como era de esperarse, presentó una

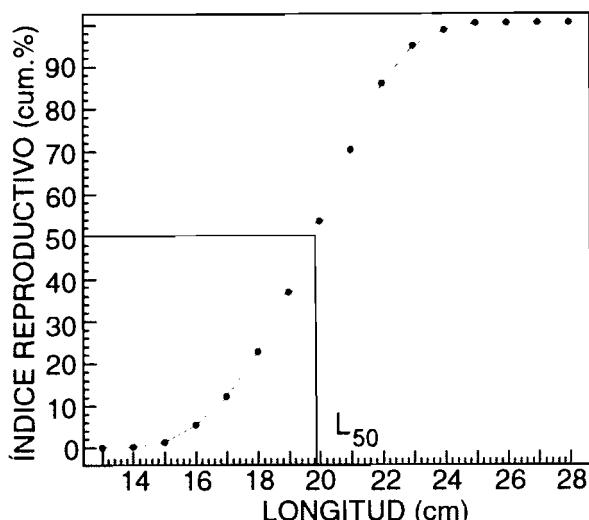


Figura A2.2  
Longitud de frecuencias cumuladas de individuos que han alcanzado o sobrepasado el estadio de madurez 4 (1956-1989).

Cumulative length frequency of individuals which have reached or passed maturity stage 4 (1956-1989).

disminución marcada en el estadio 7 (Fig. A2.3). Vale destacar la importante diferencia entre machos y hembras en el estadio 6, lo cual pudiera estar relacionado con las dificultades de identificar este estadio en machos (pero recuerdesé que los estadios 4, 5 y 6 fueron agrupados en este análisis).

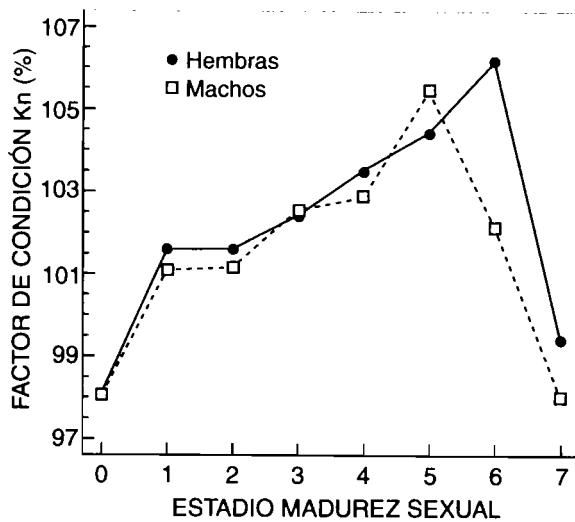


Figura A2.3  
Factor de condición en función  
del estadio de madurez sexual  
y sexo (1956-1989)  
*Condition factor as a function  
of maturity stage and sex  
(1956-1989).*

## Apéndice 3: Análisis multivariado

### ■ Análisis de correspondencias múltiple

Con el objeto de obtener una representación global de la información contenida en el conjunto de datos, se utilizó un análisis de correspondencias múltiple (ACM). Este método presenta dos ventajas: en primer lugar los efectos no-lineales pueden ponerse en evidencia y, en segundo término, permite la asociación de variables cualitativas (estratos de tiempo y espacio, estadios de madurez, etc.) y cuantitativas (longitud, factor de condición, etc.). Se retuvieron cinco variables (longitud, factor de condición, estadios de madurez, épocas y sector), las cuales fueron codificadas en 26 clases diferentes.

A fin de evitar sesgos, la codificación se realizó con un número equilibrado de observaciones en las diferentes clases, en vez de codificar clases que tuvieran el mismo intervalo de amplitud. En efecto, la distancia en el espacio multivariado al centro de gravedad (baricentro) depende del número de observaciones (Escofier y Pagès, 1988). Para las variables cualitativas el estado de la variable generalmente representa una modalidad. De esta manera las contribución de una variable a la varianza del eje es la suma de la contribución de todas las clases posibles, lo cual permite medir la relación entre la variable y el eje.

Las variables fueron codificadas de la siguiente manera:

**Longitud**, codificada en cinco clases con igual número de observaciones: t1 ( $L < 159$  mm), t2 ( $159$  mm  $< L < 173$  mm), t3 ( $173$  mm  $< L < 187$  mm), t4 ( $187$  mm  $< L < 204$  mm) y t5 ( $L > 204$  mm).

**Factor de condición**, representada por cinco clases con igual número de observaciones: fc1 (fc 92,43), fc2 (92,43 < fc 98,11), fc3 (98,11 < fc 103,2), fc4 (103,2 < fc 108,71) y fc5 (fc > 108,71).

**Madurez sexual**, Considerando la elevada abundancia de las cuatro clases correspondientes a los estadios de madurez de 0 a 3 éstas no se modificaron y fueron codificadas como: ma1, ma2, ma3, ma4. Los menos abundantes individuos maduros (estadios 4 y 5) y post-desovantes (estadios 6 y 7) fueron agrupados en una sola clase: ma5.

**Epocas**; Retuvimos seis bimestres de m1 a m6 desde el comienzo del año.

**Sector**; el sector 6 fue poco muestreado; por lo tanto estas observaciones fueron sumadas a las del vecino sector 5 (el código sc5 identifica los dos sectores agrupados). En consecuencia esta variable presenta cinco clases: sc1, sc2, sc3, sc4 y sc5.

La estacionalidad de la pesquería y la variabilidad del muestreo en el espacio y el tiempo determinan el desigual número de observaciones en las clases de las dos últimas variables, pero estas desviaciones no son muy grandes y tienen un impacto menor sobre el análisis. El sexo fue inicialmente retenido como una variable, pero fue suprimido posteriormente debido a su escasa contribución a la varianza total. El año fue tambien considerado inicialmente como una variable, pero igualmente fue suprimido debido a las dificultades en interpretar su influencia, fundamentalmente asociada con la alta variabilidad en la tasa de muestreo.

Puesto que el análisis de conjunto de datos codificados disyuntivamente conduce a una visión pesimista de la información extraída (Dervin, 1988), los valores propios obtenidos del ACM son siempre pequeños. Los dos primeros ejes explican la mayor parte de la variabilidad en el espacio y el tiempo, aun cuando sólo representan, respectivamente, 6,64% y 5,34 % de la varianza total.

Tres variables (longitud, estadio de madurez y sector) contribuyen de manera equivalente para explicar 91,4% de la varianza del primer eje. En el segundo eje, las variables bimestre y factor de condición contribuyen, respectivamente, con 37,8% y 24,1% de la varianza total explicada por este eje.

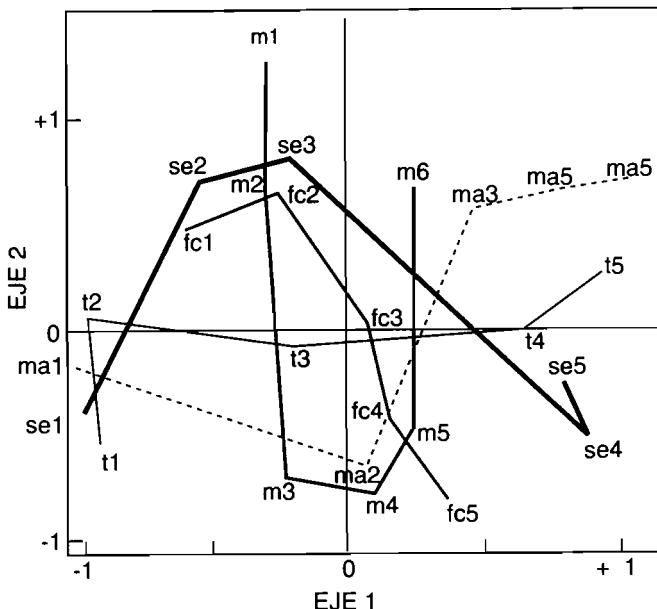


Figura A3.1  
Proyección de las variables de clase sobre los ejes 1 y 2  
del análisis de correspondencias múltiple.

*Projection of variable classes on axes 1 and 2  
from multiple correspondence analysis.*

En el primer eje (Fig. A3.1) se observa una asociación de las pequeñas tallas (t1, t2) con individuos inmaduros (ma1) y los sectores (sc1, y secundariamente sc2 y sc3) considerados como criaderos. Este grupo se opone a los individuos de grandes tallas (t4, t5) con estadios avanzados de madurez (ma3, ma4) o en período de desove (ma5) asociados con los sectores sc4 y sc5 considerados como las principales áreas reproductivas.

En el segundo eje se observa un primer grupo formado por los bimestres m1, m2 y m6, asociado con los sectores sc2 y sc3, con bajo factor de condición (fc1, fc2), relacionado en cierto grado con individuos maduros, y un segundo grupo formado por el resto de los bimestres del año, elevado factor de condición (fc4, fc5) y juveniles (ma2).

## ■ Clasificación jerárquica

La clasificación jerárquica permite distribuir objetivamente las diferentes clases en grupos homogéneos. Una solución interesante consiste en utilizar las coordenadas de las clases en los primeros ejes obtenidos del ACM como datos de entrada. Esta técnica presenta dos ventajas. Primero, las nuevas variables obtenidas del ACM no están correlacionadas, por lo tanto, limita la información redundante de variables asociadas (Roux, 1985). Segundo, al retener solamente los ejes principales se selecciona los elementos que estructuran la matriz de datos. En este caso se utilizaron los cuatro primeros ejes (Fig. A3.2). Entre los diferentes métodos disponibles para evaluar distancias, se utilizó la más comúnmente usada distancia euclíadiana.

Pueden distinguirse cuatro grupos de los cuales el segundo puede dividirse en dos subgrupos:

**Grupo 1:** incluye el sector 4, las mayores tallas (t5) y los individuos maduros (ma5), en asociación con el último bimestre (m6).

**Grupo 2:** representa una asociación de valores medios (fc3 y fc4; subgrupo 2.1) o bajos (fc1, fc2; subgrupo 2.2) del factor de condición, con tallas intermedias (t2, t3), juveniles (ma1), los meses de la estación de urgencias (m2 y m3) y los sectores 5 y 6 (sc5, subgrupo 2.1) o 1 y 2 (sc1, sc2; subgrupo 2.2).

**Grupo 3:** Incluye individuos muy pequeños (t1), juveniles (ma2) con elevados valores del factor de condición (al menos cuando los estimados se derivan de la relación longitud-peso (2); Apéndice 1). Estos son dominantes durante los meses siguientes a la estación de urgencias (m4 y m5). Ningún sector está asociado con este grupo, lo cual indica que estos individuos no tienen una región específica.

**Grupo 4:** solamente incluye el sector 3, fuertemente asociado con el primer bimestre y débilmente asociado con individuos relativamente grandes (t4) y a los estadios de madurez ma3 y ma4.

La clasificación jerárquica completa el primer plano del ACM y provee más información sobre la naturaleza e importancia de la relación entre clases y/o variables, especialmente considerando que

se toman en cuenta cuatro ejes. En particular, se observa que, aunque los individuos del segundo grupo de tallas (16–17 cm) están en estrecha relación con los sectores 1 y 2, los individuos más pequeños no están asociados con un sector específico. Por lo tanto, no se puede calificar exclusivamente a los sectores del sur como áreas de criadero. El sector 3 se distingue de los otros dos sectores del sur y puede calificarse como de tipo intermedio. Los elevados valores del factor de condición no se asocian con estadios de madurez avanzados, meses o sectores relacionados con la reproducción. Lo anterior confirma la particularidad de esta especie en Venezuela: el almacenamiento de grasas durante la estación de surgerencia y la reproducción subsiguiente presentándose de cuatro a seis meses después.

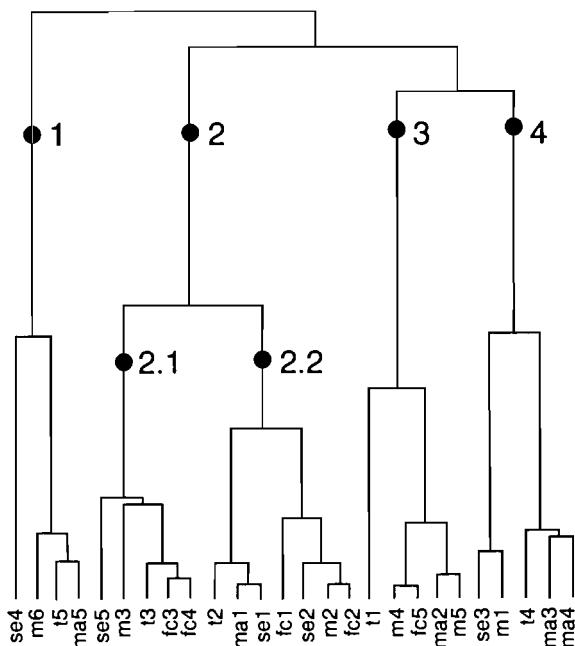


Figura A3.2

Clasificación jerárquica de la proyección de las variables de clase en los primeros cuatro ejes del análisis de correspondencias múltiple.

*Hierarchical classification of variable classes from their projection on the first four axes of multiple correspondence analysis.*



# Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos<sup>1</sup>

**Juan J. Cárdenas**  
Biólogo pesquero

## ■ Introducción

La importancia de los recursos sardineros de las aguas orientales del país, ha sido reconocida desde hace más de cinco décadas. Los incrementos paulatinos en la eficiencia de los métodos de captura (motorización de las embarcaciones e introducción de fibras sintéticas) y en el esfuerzo de pesca, redundaron, a su vez, en aumentos sucesivos de la producción.

Esta situación trajo consigo, la natural inquietud de conocer la

---

<sup>1</sup> Contribución N° 214  
Estación de Investigaciones Marinas de Margarita (EDIMAR)  
Fundación La Salle de Ciencias Naturales.

magnitud de un recurso, cuya explotación tendía de manera general hacia el aumento, pero cuya potencialidad se desconocía. En tal sentido se produce la resolución del Ministerio de Agricultura y Cría de Agosto de 1966, la cual dispone realizar una evaluación del recurso en cuestión.

De esta forma se llegó a las cuantificaciones formales, inferidas a partir de la producción primaria, observaciones aéreas y prospecciones acústicas. Ginés (1972) sintetiza en cifras los resultados de tales evaluaciones, al afirmar que la explotación sardinera podría incrementarse hasta alcanzar las 200.000 toneladas.

Con el propósito de corroborar estos resultados e implantar un sistema de observación directa y permanente de estas poblaciones, se inicia en 1978 una serie de campañas de prospección hidroacústica de cuantificación. Este programa de evaluación se vió reforzado a partir de 1980 con recursos humanos y materiales aportados por el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM, actualmente denominado IRD).

El empleo sistemático de técnicas acústicas (ecosonda) para la estimación de cantidades de biomasa íctica, ya había sido introducido en el oriente al inicio de la década de los setenta (Odegaard *et al.*, 1971 a y b). Sin embargo, al igual que las observaciones aéreas, las estimaciones de abundancia sólo se hicieron en términos relativos, ya que en ambos casos se trató de un conteo de cardúmenes y concentraciones de peces, acompañado de una estimación del peso de cada agregación vista o detectada a través de los instrumentos, sin que se intentaran para la época, extrapolaciones en el espacio y/o cuantificaciones absolutas sobre el área de distribución del recurso.

En las páginas siguientes se presentan los resultados de una serie de campañas de ecointegración, a partir de las cuales se adelanta la evaluación del recurso “peces pelágicos costeros”.

Las campañas consideradas luego como serie temporal, nos permiten inferir sobre la distribución geográfica de la biomasa y sus variaciones intra e inter anuales.

### **Por qué hidroacústica y ecointegración como método de evaluación?**

Resumiendo lo señalado por Trujillo (1977) y Gerlotto y Ginés (1988), la calidad en la evaluación de estos recursos, utilizando

métodos indirectos basados en datos de esfuerzo y captura, e información sobre aspectos biológicos de las especies implicadas en la pesquería (crecimiento, reproducción, mortalidad), puede ser cuestionable. Esto en razón de que sabemos que la explotación ocurre sobre una fracción de la superficie y del volumen total de distribución posible del o de los stocks.

Estos autores, luego de repertoriar los motivos que producen esta limitación, concluyen en que el uso de las *CPUE* como indicativo único de la abundancia, puede arrojar resultados sin correspondencia con el estado real del stock, en vista de que la variación del esfuerzo de pesca interviene sólo de manera parcial en la variabilidad de las capturas.

Con base en las consideraciones anteriores, EDIMAR-FLASA optó por la utilización de la ecointegración hidroacústica como método directo e independiente de las pesquerías, para la determinación de la abundancia de las poblaciones ícticas y de la disponibilidad de esos recursos.

Además de las razones expuestas para el empleo del método indicado, en la región sometida a estudio su aplicación se vió favorecida por el hecho de haber profundidades medias convenientes a los sondeos acústicos, al tiempo que muy pocas zonas inaccesibles (bajos), grandes segmentos de costas altas, lo cual permite prospecciones próximas a tierra, cobertura de la totalidad del área de distribución del stock principal (peces pelágicos costeros) en tiempo reducido (del orden de algunos días) y en general, condiciones favorables a la navegación.

## ■ Metodología

A continuación se hace una descripción sumaria del sistema de adquisición de datos de hidroacústica y de los fundamentos teórico-prácticos del muestreo.

## Instrumental

El sistema básico de adquisición de datos instalado a bordo del B/O La Salle, consiste en:

- Ecosonda científica SIMRAD EKS (frecuencia de 120 KHz).
- Ecointegrador numérico AGENOR de Protechno.
- Computador en conexión con los aparatos anteriores, para el registro y procesamiento de las señales acústicas.
- Instrumentos de supervisión y control de las señales (osciloscopio y multímetro) y otros accesorios (unidades de disco blando, impresora, plotter, etc.)

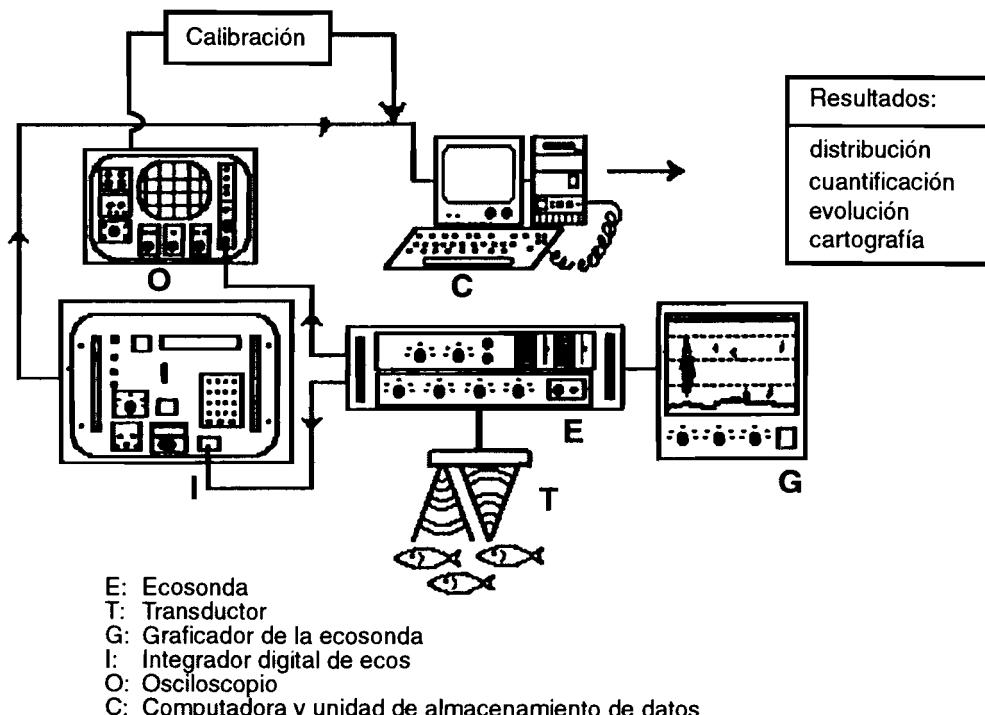


Figura 1

Esquema básico del sistema de ecointegración a bordo del B/O La Salle.

*Simplified scheme of the ecointegration unit on board of R/V La Salle.*

En la figura 1 se presenta de forma esquemática, el sistema conformado por los elementos listados anteriormente.

### *Tratamiento de la señal; ecointegración*

Partiendo del hecho de que la tensión de la señal del eco producido por la biomasa presente en el agua es proporcional a la densidad de los organismos que la conforman (Forbes y Nakken, 1974), la ecointegración consiste en efectuar por medios electrónicos, el cálculo de la media de las tensiones elevadas al cuadrado, ya que la densidad de peces es en realidad proporcional a la intensidad acústica, a su vez proporcional a la presión acústica al cuadrado, análoga a la tensión al cuadrado,  $V^2$ . La media se obtiene entonces, al dividir la suma de las tensiones,  $V_i^2$ , entre el número de muestras consideradas entre las profundidades  $P_1$  y  $P_2$ . De aquí la expresión resultante:

$$I P_1 / P_2 = \frac{\sum_i^n V_i^2}{n}$$

La transformación de este valor en densidades absolutas, requiere de una "limpieza" o filtración de la señal bruta, con el propósito de eliminar la fracción de la señal que corresponde al plancton. En la mayoría de los casos, esta filtración se hace de manera automática, asignándole un "umbral" o límite mínimo de integración al ecointegrador, según el cual sólo las señales recibidas que estén por encima de ese umbral serán procesadas. Eventualmente, si la concentración de plancton produce tensiones que superan el umbral, los valores de ecointegración se corrigen por estimación de forma manual, con la ayuda de los ecogramas.

Sigue a este paso, una ponderación que incluye, en primer lugar, el TS (Target Strength) o "identidad acústica" del pez (Johannesson y Mitson, 1983), en nuestro caso -34,6 dB/Kg, determinado por Gerlotto (1987) para los peces pelágicos costeros de la zona (Clupeidae y Carangidae). Tomando en cuenta que las señales registradas provienen de individuos o de concentraciones de varias especies mezcladas, este índice de reflexión es utilizado global-

mente para toda la serie de datos, asumiendo, tal como lo advierte Marchal (1984 y 1989), que las poblaciones presentes en el área son estables en cuanto a su composición específica y a su estructura de tallas.

Otros factores que intervienen en la transformación, tienen que ver con las condiciones y características del equipo en relación con un blanco de referencia, calculados en la fase de calibración (*SL+VR* o "Source Level + Voltage Response"). Luego intervienen igualmente algunos valores ligados a la TVG (Time Varied Gain o Ganancia Cronovariable), a la absorción que sufre el sonido en el agua  $\alpha$ , a la duración de la impulsión del sonido ( $Cz/2$ ). Finalmente se consideran algunas correcciones relativas a las ganancias de la sonda, del ecointegrador y eventualmente la de los equipos de grabación ( $G$  y  $Kv$ ), y el ángulo sólido del transductor empleado.

Estos factores se toman en cuenta en la llamada "ecuación de la ecosonda":

$$TS = -(SL + VR) + U + 20 \log R + 2 \alpha R + G + 20 \log r$$

donde  $R$  es la distancia máxima de aplicación de la TVG y  $r$ , la profundidad del blanco y las restantes variables se calculan mediante una calibración apropiada (Foote *et al.*, 1987).

- Sonda: SIMRAD EKS (120 KHz)
- TVG: 20 Log  $R$
- Ganancia: 0 dB
- Duración de emisión: 0,6 ms (determinado por calibración)
- Potencia: 1/1
- $SL+VR$ : 111,7 dB (determinado por calibración)
- Ecointegrador: AGENOR – Protechno
- Umbral: 50 mV
- Despegue del fondo y superficie: 4m/2m (en general)
- Ganancia: 0 dB
- Ganancia interna del ecointegrador: -46,2 dB (determinado por calibración).

#### ■ Tabla 1

Equipos y valores de los principales parámetros acústicos empleados en las prospecciones.

*Equipment and values of the main acoustic parameters used during the surveys.*

La suma de los valores obtenidos para los parámetros señalados, se reduce a una constante de integración que convierte las unidades relativas generadas por el sistema sonda-integrador, en densidad íctica ( $t\text{ mn}^{-2}$  por ejemplo).

La tabla 1 resume los valores de los parámetros acústicos y electrónicos bajo los cuales se desarrollaron las campañas de prospección.

### *Estrategias de muestreo*

La figura 2 muestra el esquema de prospección empleado a lo largo de la serie de campañas. La base de dicho esquema consiste, al norte de la zona central de la península de Paria y norte de la isla de Margarita, en una trama de muestreo formada por recorridos o transectos paralelos, uniformemente espaciados entre sí por una distancia de 10 millas náuticas (mn). Esta distancia, que puede ser

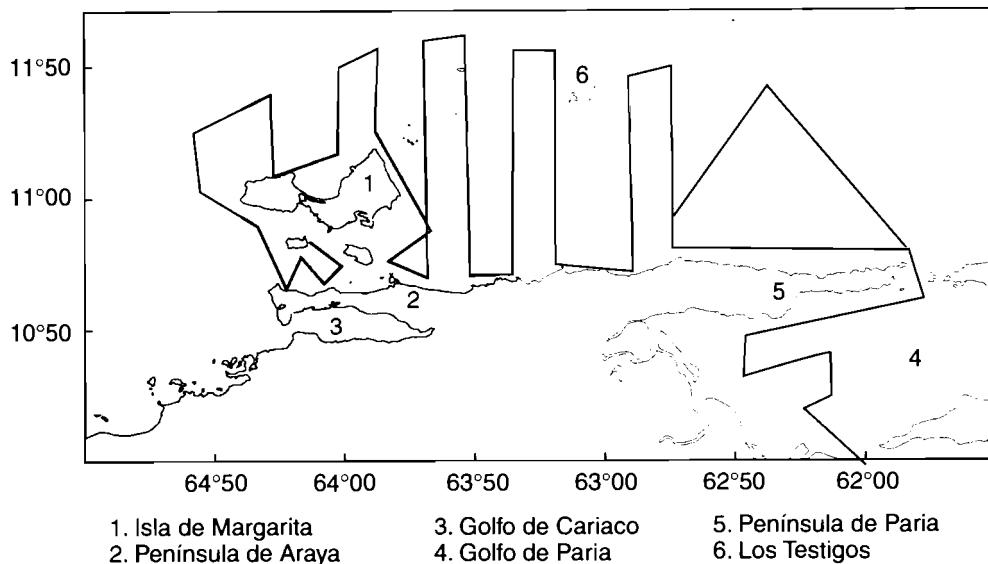


Figura 2

Ruta clásica de prospección acústica (en el ejemplo de la campaña FEPELOR 1).

*Typical acoustic survey sampling design (example of the FEPELOR 1 survey).*

modulada en función de resultados anteriores, corresponde a un esfuerzo de muestreo adecuado al orden de magnitud de la talla de las agregaciones de peces pelágicos en la zona, minimizando así el efecto de la autocorrelación entre transectos (Simard y Gerlotto 1990 ; Simmonds *et al.*, 1992). Al sur, este y oeste de Margarita, el trazado de la ruta de muestreo está condicionado por la batimetría del lugar (aguas someras y proximidad de la fosa de Cariaco). También al sur de Margarita, el muestreo es incompleto en virtud de las pequeñas profundidades entre la isla y el continente, además de la constante presencia de artes de pesca flotantes que allí son instalados durante las horas nocturnas. Esto hace que los datos obtenidos en el área, no representan bien las densidades en esta zona. Finalmente, al norte del extremo de la península de Paria, el trazado se limita a dos transectos dispuestos en un amplio zig-zag, por tratarse de una zona reconocida en varios muestreos anteriores, como poseedora permanente de bajos valores de biomasa distribuidos de manera homogénea.

Por otro lado, la longitud de los transectos y la disposición de los intertransectos, conduce a un muestreo uniforme y sistemático adaptado a la forma del área de distribución de las poblaciones. Cada transecto es representativo de una banda de 10 millas náuticas de ancho, de la cual el transecto es el eje. La sucesión de transectos forma entonces una trama dispuesta de manera independiente de la distribución de las concentraciones de biomasa, en el sentido de que los movimientos de esta biomasa, a la escala de la distancia intertransectos, son tales que se introduce un componente aleatorio en el esquema de muestreo descrito.

Cada transecto es muestreado de día y de noche con los continuos impulsos de la ecosonda. Un valor de promedio de integración de las señales recibidas, se produce al cabo de cada milla náutica recorrida; esto es, un valor de integración cada seis minutos, a una velocidad aproximada de 10 nudos.

Respetando lo más fielmente posible la metodología de muestreo expuesta, se realizaron las campañas cuyos resultados aquí se presentan. La homogeneidad de estas campañas, en cuanto al diseño de la ruta de prospección, equipos, graduaciones y ajustes de los mismos, permite conservar aproximadamente constante el error instrumental y el error o sesgo implícito en el tipo de recorrido

(orientación, longitud y separación de los transectos). De esta forma, la comparación de los resultados obtenidos año tras año, se puede hacer de manera más cómoda y directa.

## Resultados

### *Distribución espacial de la biomasa*

Para el estudio de la distribución geográfica de la biomasa, y posteriormente para su cuantificación absoluta, se utilizaron los datos de integración registrados en la noche, ya que se admite en general, que los peces están más disponibles o son más detectables en conjunto por los instrumentos acústicos, durante las horas nocturnas (Gerlotto, 1989).

La figura 3 muestra el resultado de vertir los valores de integración de una campaña en la carta de la región. Como se aprecia en dicha

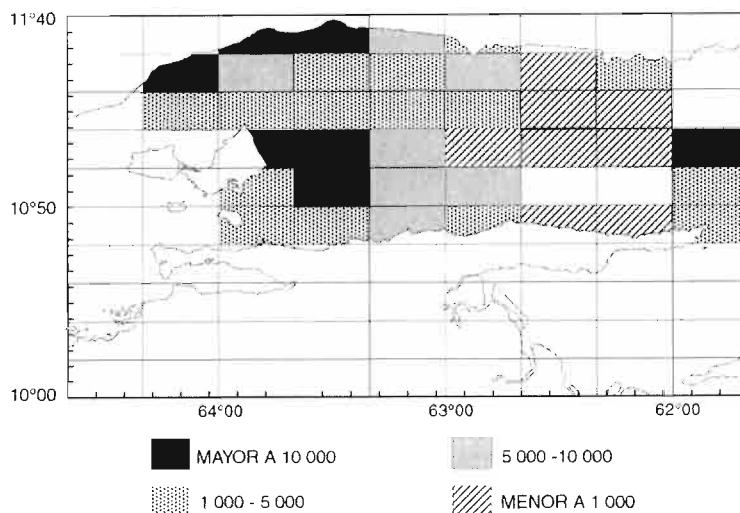


Figura 3a

Valores de integración por recuadro (en el ejemplo de la campaña ECOVEN 3).

*Integration values by grid cell (example of the ECOVEN 3 survey).*

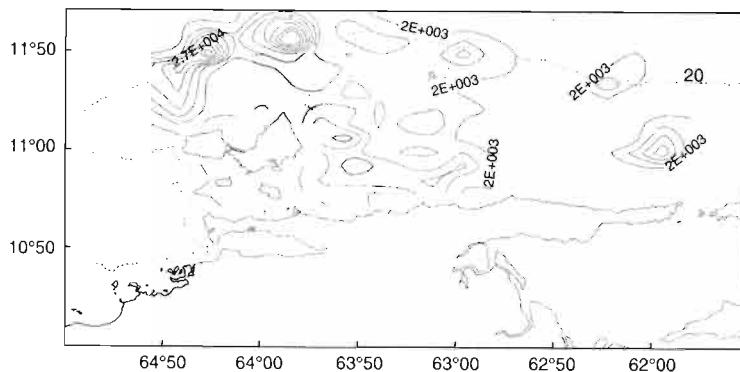


Figura 4

Campaña ECOVEN 3 (septiembre 1985): distribución de la biomasa pelágica (isoplejas en unidades relativas; intervalo: 5.000).

*ECOVEN 3 survey (September 1985): distribution of the pelagic biomass (isolines in relative units; interval: 5,000).*

figura, la superficie acuática está compartimentada en rectángulos de 10 x 20 mn en latitud y longitud respectivamente. De esta manera se obtiene una cartografía de la biomasa, si bien un tanto rígida, no por ello irreal, ya que cada rectángulo es considerado como un estrato de dimensiones tales que podemos asumir que son indepen-

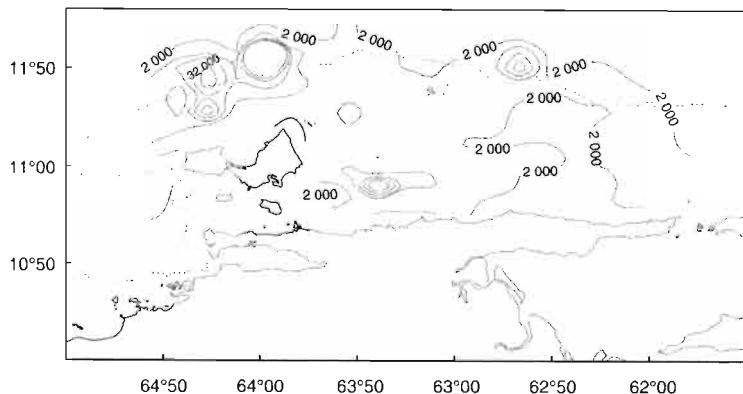


Figura 5

Campaña ECOVEN 4 (abril 1986): distribución de la biomasa pelágica (isoplejas en unidades relativas; intervalo: 10.000).

*ECOVEN 4 survey (April 1986): distribution of the pelagic biomass (isolines in relative units; interval: 10,000).*

dientes los unos de los otros, al tiempo que homogéneos en su interior. El dimensionamiento de los rectángulos, deriva de los trabajos de Gerlotto (1989) y Simard y Gerlotto (1990), en relación a la caracterización por medios acústicos, de las poblaciones ícticas y a la medición de la anisotropía y autocorrelación de las muestras. La estratificación así resultante es empleada posteriormente para la evaluación cuantitativa de la biomasa.

Una representación cartográfica menos rígida de la distribución de la biomasa, basada en el mismo plan de muestreo y lograda por interpolación por el inverso de la distancia al cuadrado, se muestra en las figuras 4 a la 9, en las cuales se destacan además la zonas donde predomina la biomasa constituida por pequeños peces pelágicos.

Estas figuras se acompañan de otra serie (figuras 11 a la 16), en la que se muestra el número de cardúmenes de sardina (*Sardinella*

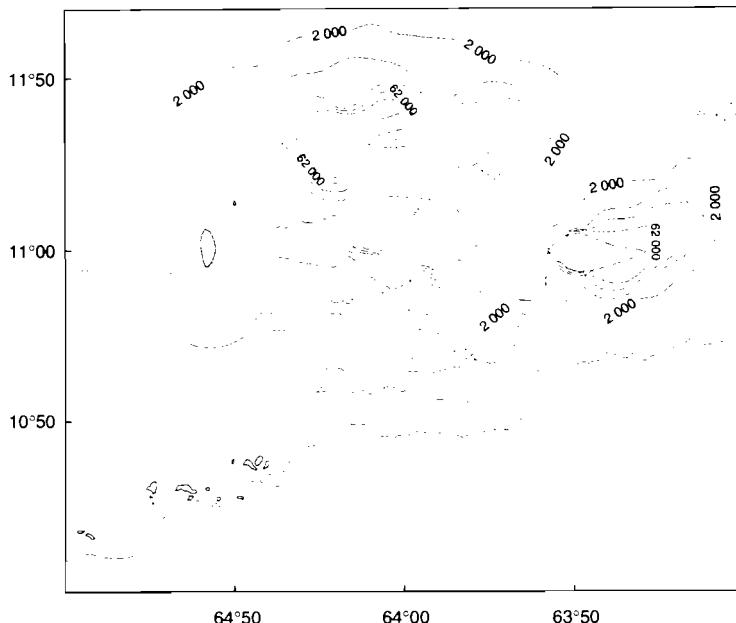


Figura 6

Campaña ECOVEN 5 (agosto 1986): distribución de la biomasa pelágica (isoplejas en unidades relativas; intervalo: 20.000).

ECOVEN 5 survey (August 1986): distribution of the pelagic biomass (isolines in relative units; interval: 20,000).

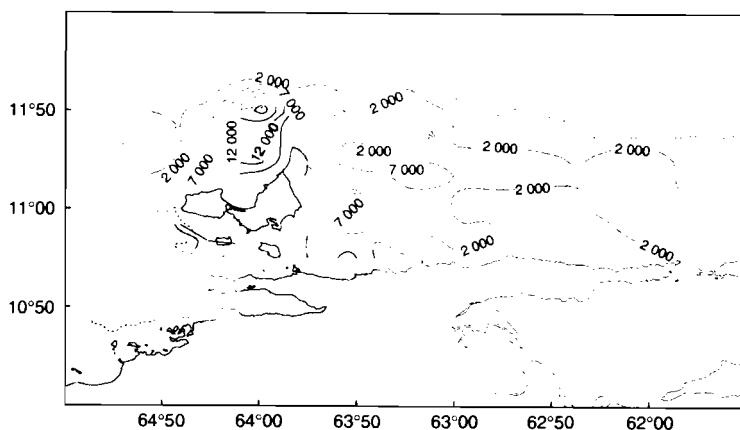


Figura 7

Campaña ECOVEN 6 (junio 1987): distribución de la biomasa pelágica (isópletas en unidades relativas; intervalo: 5.000).

*ECOVEN 6 survey (June 1987): distribution of the pelagic biomass (isolines in relative units; interval: 5,000).*

aurita) o similares (peces pelágicos costeros) detectados durante la navegación diurna y nocturna.

A partir del análisis global de las figuras, es posible advertir un patrón común de distribución que, en general, satisface a todas las

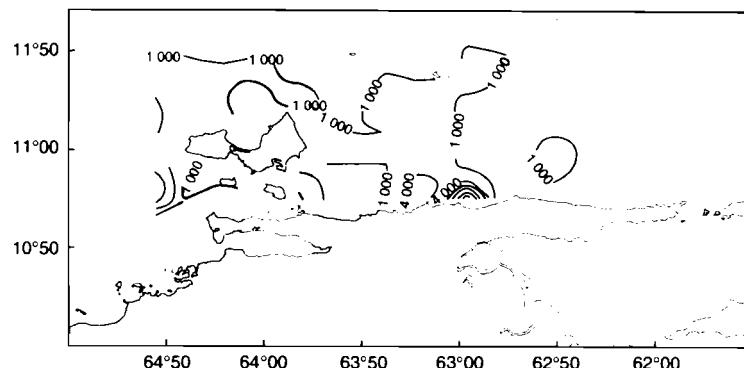


Figura 8

Campaña FEPELOR 1 (abril 1988): distribución de la biomasa pelágica (isópletas en unidades relativas; intervalo: 3.000).

*FEPELOR 1 survey (April 1988): distribution of the pelagic biomass (isolines in relative units; interval: 3,000).*

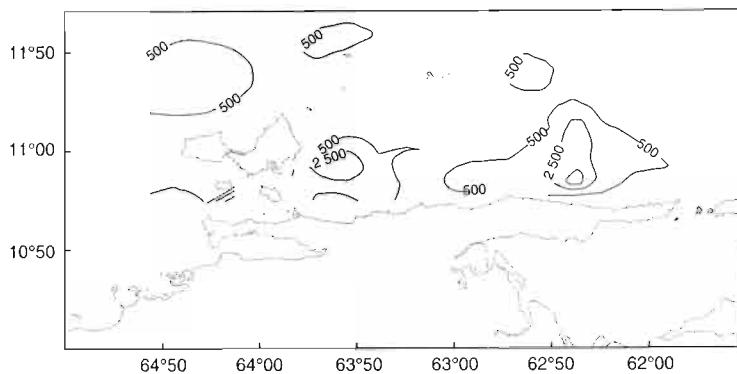


Figura 9

Campaña FEPELOR 2 (septiembre 1988): distribución de la biomasa pelágica (isopletas en unidades relativas; intervalo: 2.000).

FEPELOR 2 survey (September 1988): distribution of the pelagic biomass (isolines in relative units; interval: 2,000).

campañas: las mayores abundancia relativas, se encuentran invariablemente al este y sureste de la isla de Margarita; al norte de la misma; entre y alrededor de las islas de Coche y Cubagua hasta la península de Araya; a lo largo de esta hacia el este, abarcando

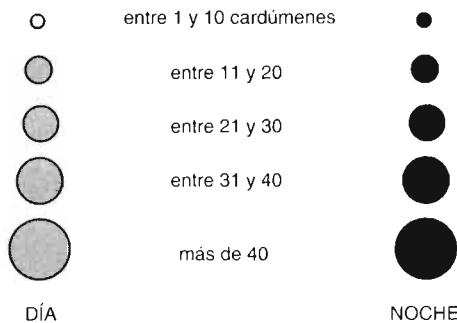


Figura 10

Escala para la interpretación de las figuras relativas al número de cardúmenes de sardina o especies similares por segmento de transecto, para cada recuadro.

Scale for the interpretation of the figures on the number of school of sardine or similar species by transect interval, for each grid cell.

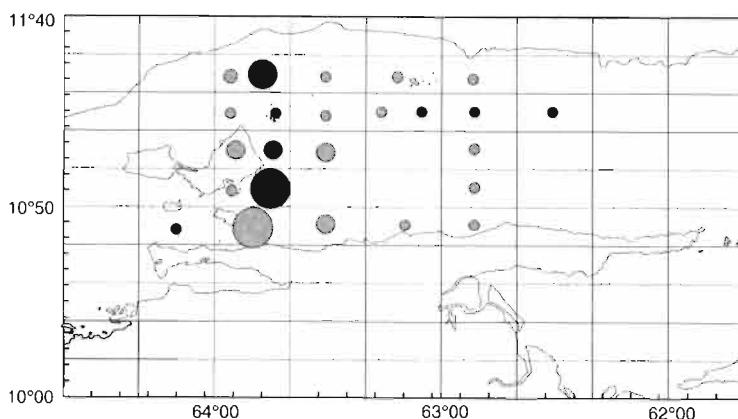


Figura 11

Campaña ECOVEN 3: número de cardúmenes de sardina o especies similares por recuadro.

*ECOVEN 3 survey: the number of school of sardine or similar species by grid cell.*

incluso la costa norte de la península de Paria, y finalmente, el Golfo de Cariaco.

En zonas de mar abierto la abundancia es inferior, apareciendo claramente como límites a la repartición de la biomasa oriental de

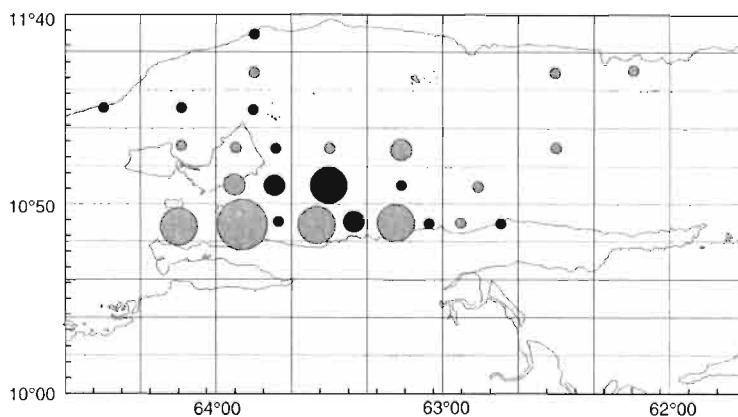


Figura 12

Campaña ECOVEN 4: número de cardúmenes de sardina o especies similares por recuadro.

*ECOVEN 4 survey: the number of school of sardine or similar species by grid cell.*

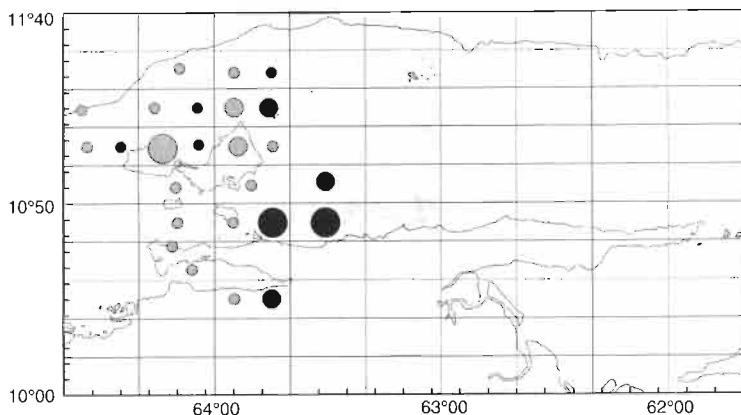


Figura 13

Campaña ECOVEN 5: número de cardúmenes de sardina o especies similares por recuadro.

*ECOVEN 5 survey: the number of school of sardine or similar species by grid cell.*

pequeños pelágicos, el borde de la plataforma continental (isóbata de 200 m) por el norte y el meridiano 063°W, el cual define una línea de referencia, al este de la cual la biomasa y el número de

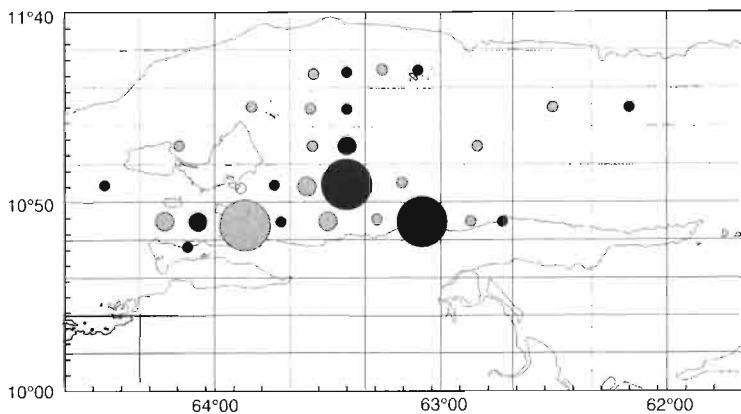


Figura 14

Campaña ECOVEN 6: número de cardúmenes de sardina o especies similares por recuadro.

*ECOVEN 6 survey: the number of school of sardine or similar species by grid cell.*

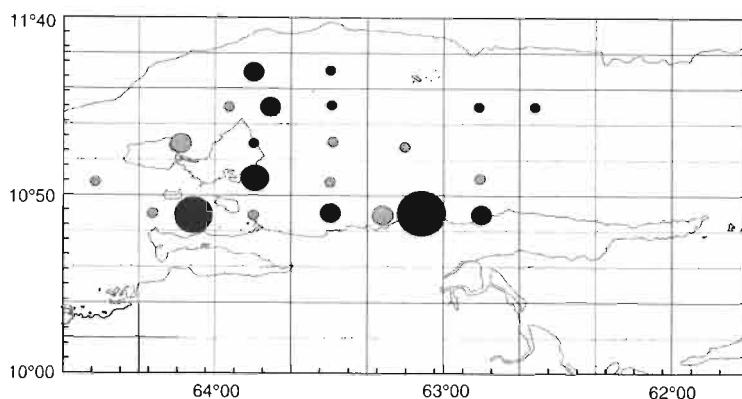


Figura 15

Campaña FEPELOR 1: número de cardúmenes de sardina o especies similares por recuadro.

*FEPELOR 1 survey: the number of school of sardine or similar species by grid cell.*

cardúmenes es menor, incluso en aguas costeras, y las detecciones de sardina específicamente son menos frecuentes.

Por el oeste, la delimitación de la zona de repartición es menos clara, o en todo caso, no evidente en nuestras figuras, ya que el

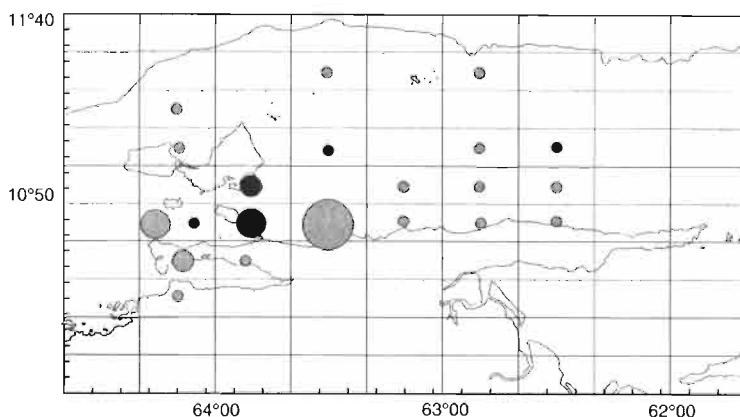


Figura 16

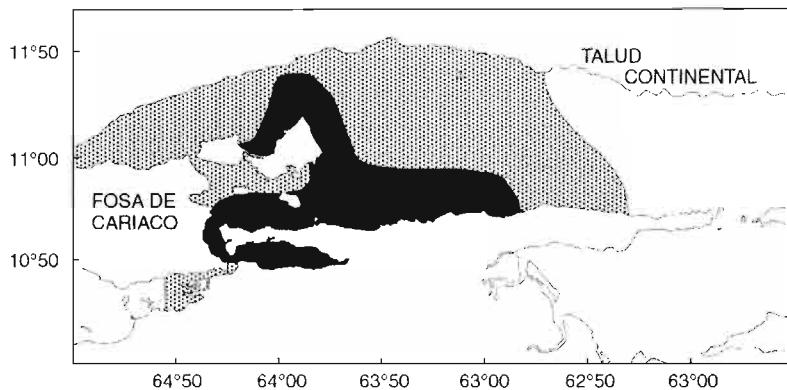
Campaña FEPELOR 2: número de cardúmenes de sardina o especies similares por recuadro.

*FEPELOR 2 survey: the number of school of sardine or similar species by grid cell.*

muestreo se detiene cerca de los 064°30'W, en el margen de la Fosa de Cariaco. Sin embargo, campañas nuestras anteriores, además de las del B/O F. Nansen, muestran que las detecciones acústicas y/o capturas de sardina pueden sucederse hasta aproximadamente los 066°W, en la franja descrita por el margen de la fosa, el talud y la plataforma de la isla de La Tortuga.

En todo caso, vemos que en términos generales, el análisis comparativo de las campañas de prospección en diversas épocas del año, revela estabilidad en la distribución horizontal de la biomasa ictica pelágica. La figura 17 resume en un esquema general la distribución de la biomasa, a partir de las situaciones observadas en las campañas.

Tal afirmación se ve reforzada por lo obtenido en otras prospecciones para la misma zona, tales como las realizadas por el mencionado B/O F. Nansen en 1988 (Strøemme y Sætersdal, 1989), y la llamada ECHOVEN 2 en 1986. Los resultados de esta última sirven de base a Gerlotto y Marchal (1987) para la introducción del concepto de “poblaciones acústicas”. Una de las poblaciones



■ AREA GLOBAL DE DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA PELÁGICA.

■ AREA DE DISTRIBUCIÓN PREFERENCIAL DE LA SARDINA Y SIMILARES.

Figura 17

Área global de distribución de la biomasa pelágica (zonas en gris y negro) y área de distribución preferencial de la sardina y especies similares (zona en negro).

*Global distribution area of the pelagic biomass (grey and black areas) and preferential distribution area of sardine and similar species (black areas).*

definidas es justamente la conformada mayoritariamente por la *S. aurita*, cuya área característica se enmarca dentro del esquema señalado en la figura 17.

En el plano vertical, los ecogramas muestran que para la generalidad de las prospecciones, el centro de gravedad de la biomasa correspondiente a cardúmenes de sardina o pequeños pelágicos similares, se sitúa entre los 10 y los 30 metros de profundidad, ocupando una altura promedio en la columna de agua de unos 10 metros. Aunque esto es el caso general, Gerlotto y Ginés (1988) señalan la ausencia de cardúmenes superficiales o pelágicos y la presencia de concentraciones prácticamente semipelágicas detectadas en el curso de la campaña ECHOVEN 3 (Agosto, 1987). Condiciones hidrológicas excepcionales podrían explicar lo observado, pues para el momento de esta prospección, no se registraron manifestaciones de surgencias, razón por la cual las sardinas se encontrarían en aguas más profundas y frías.

El análisis de los ecogramas de las series ECOVEN y FEPELOR no muestra un tal fenómeno, sino apenas una ligera tendencia hacia el aumento de la profundidad media de la biomasa sardinera o similar, en los meses finales del año, cuando las surgencias son menos fuertes y extensas. Sin embargo, los registros evidencian, de acuerdo a las observación de cardúmenes individuales nocturnos o diurnos, que la sardina o especies similares pueden encontrarse conformando la mayor proporción de la biomasa pelágica superficial, aunque eventualmente también pueden localizarse por debajo de los 50 m, incluso ocupando estratos semipelágicos de la columna de agua.

### *Cuantificación de la biomasa*

La estabilidad y permanencia en el tiempo de los patrones de distribución espacial observados a lo largo de la serie, no se repiten en lo concerniente a los resultados de la evaluación de la biomasa, incluso cuando consideramos separadamente la zona preferencial de distribución de los pequeños peces pelágicos, que debe ser, en principio, más estable y homogénea.

En efecto, de una campaña a otra la abundancia estimada puede verse duplicada o triplicada o al contrario, aunque esto no sig-

nifique por consiguiente que la biomasa real aumente o disminuya efectivamente en esas proporciones, en el transcurrir de la serie de prospecciones.

Así, varios son los factores que pueden explicar esta variabilidad:

La abundancia relativa es casi invariablemente superior durante la noche en razón de una heterogeneidad menor en la distribución de la biomasa. Este hecho nos ha conducido a emplear los valores nocturnos en las evaluaciones (Soria y Fréon, 1991). Sin embargo, la figuras 15 y 16, por ejemplo, muestran que la ocupación del espacio puede ser fuertemente contagiosa aún durante la noche, dada la abundancia de cardúmenes, lo cual puede redundar en aumentos o descensos de la media determinados por el azar, en función de la probabilidad de encontrar fuertes detecciones. De esta forma, una subestimación de la media puede producirse por la no detección de grandes cantidades de biomasa concentradas en pequeñas áreas (cardúmenes), por disminución de las probabilidades de que la detección de altos valores ocurra en el curso de la prospección (Anónimo, 1991; Fréon *et al.*, 1993). El comportamiento de los peces puede inducir también una parte, aunque menos importante, de esta variabilidad, al presentarse eventualmente el evitamiento horizontal de cardúmenes.

A esta variabilidad implícita en el esquema de muestreo, de acuerdo al carácter dinámico de la agregación y desagregación de la biomasa en concentraciones y cardúmenes, y a la naturaleza móvil del recurso estudiado, se añade la variabilidad inducida por la eventual ocupación por parte de una fracción variable de la biomasa íctica, de zonas inaccesibles al barco portador del sistema de muestreo (muy cerca de la costa y/o en fondos inferiores a 10 m) o indiscernibles por el mismo sistema (biomasa muy próxima a la superficie o pegada contra el fondo).

La verificación a través de las capturas artesanales de una mayor concentración de sardinas y otros pelágicos cerca de la costa no ha sido posible, en vista de que el esfuerzo de pesca está limitado por razones diversas (citadas al principio de este capítulo), lo cual traería como consecuencia que un aumento eventual de la biomasa costera no se vea reflejado en las capturas por unidad de esfuerzo.

Es por ello que una vía a emprender en la minimización de los problemas de variabilidad referidos, aparte de la regularidad nece-

saria en el monitoreo del recurso, es la de la utilización del SONAR multi-haz, sistema específico para la detección de las concentraciones mediante un cono de insonificación orientable, lo cual permite detectar, no solamente los blancos que se encuentra debajo del barco, sino también los que están al frente, sobre fondos sobre los cuales el barco no tiene acceso, o en derredor, en acción de evitamiento del mismo barco.

Otra vía en este sentido, consiste en medir la talla máxima de las concentraciones y determinar su estructura espacial, a fin de adecuar consiguientemente la distancia entre transectos en el curso de la campaña de evaluación subsiguiente (Petitgas, 1991).

Mientras tanto, es difícil separar las variaciones intercampañas o interanuales reales de la abundancia, de las variaciones provocadas por lo antes dicho. Sin embargo, las prospecciones realizadas hasta la fecha por nuestro propio equipo y por otros laboratorios, permite situar un orden de magnitud para los recursos ícticos pelágicos del mar oriental, y de la sardina *Sardinella aurita*, como especie dominante.

A este respecto, Gerlotto (1993) ha podido situar el intervalo de confianza para los datos acústicos recogidos durante las campañas metodológicas ECHOVEN, en alrededor de 35%, obviando el sesgo debido a la no observación de altos valores, al tiempo que en nuestra propia serie hemos observado, como ya hemos dicho, diferencias importantes de valores entre campañas pero distribuciones espaciales más estables. Estas constataciones podrían indicar que, a parte de la variabilidad presente, existen efectivamente variaciones de biomasa, probablemente consecuencia, a su vez de variaciones del reclutamiento más o menos efectivo de un año a otro.

Al considerar la totalidad de la zona de repartición posible de la sardina y la totalidad de la biomasa pelágica y semipelágica, obtenemos valores de biomasa desde las 780 mil hasta más de 2 millones de toneladas. De acuerdo a los resultados de las pescas de control realizadas durante el desarrollo de nuestras campañas, pero sobre todo, a los datos de la composición por especie obtenidos gracias al notable esfuerzo de pesca invertido en las campañas del F. Nansen (Strøemme y Sætersdal, 1989,) y ECHOVEN 2 (Geralotto y Ginés, 1988), sabemos que la proporción de la sardina propiamente dicha se sitúa entre el 65% y el 90% de la biomasa total estimada. El resto

de la biomasa está conformada principalmente por otros clupeidos, carángidos, escómbridos y engráulidos. Esto nos conduce a una biomasa sardinera de 630 mil a 1 millón 300 mil t.

La estimación correspondiente a la zona preferencial de distribución de la sardina arroja valores situados en el intervalo 230 mil y 573 mil t; mientras que en el exterior se obtienen valores cercanos a 400 mil hasta alrededor de 1 millón de toneladas, sin embargo, el primer intervalo debe ser considerado para una superficie de  $2.640 \text{ mn}^2$ , y el segundo corresponde a una superficie de  $5.700 \text{ mn}^2$ , lo cual supone, en la zona preferencial, una densidad que prácticamente puede duplicar a la del resto de la zona de repartición. El Golfo de Cariaco, incluido en la zona preferencial alberga por si solo una biomasa que hemos podido situar alrededor de las 20 mil toneladas. Esto traduce una densidad de cerca de  $77 \text{ t mn}^{-2}$ , valor un tanto bajo en comparación a las  $150 \text{ t mn}^{-2}$  que se estiman en promedio, para el resto de la mencionada zona. La inaccesibilidad de los cardúmenes replegados a la costa, debe influir en las estimaciones logradas, ya que esta repleción de los peces es usual en el Golfo, sobre todo en la ribera norte, donde las costas altas permiten la presencia de grandes cardúmenes a escasos metros de la playa.

Los resultados presentados dan cuenta de la gran variabilidad observada a lo largo de una serie de más de tres años. Sin embargo, los valores obtenidos no cuestionan resultados logrados en otras campañas y por otros laboratorios ajenos a esta serie. Más bien se puede decir que hay coincidencia en ellos aunque ésta se da para los límites superiores de los intervalos. En todo caso queda clara la necesidad de un monitoreo constante con los equipos y métodos adecuados de manera de poder aumentar la precisión de las evaluaciones, develar las verdaderas causas de la variabilidad y cuantificar las variaciones observadas.

## I Referencias

- ANÓNIMO, 1991 — *L'occupation de l'espace par les populations d'organismes marins: descriptions et impact sur les évaluations acoustiques*. Rapport du Groupe de Travail. Thonon-Les-Bains, France. Orstom, Doc. sci. centre de Montpellier.
- FOOTE, K. G., KNUDSEN, H. P., VESTNES, G., MACLENNAN, D. N. y SIMMONDS, E. J. 1987 — Calibration of acoustics instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop. Res. Rep., (144): 69 p.
- 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 pp.
- FRÉON, P., SORIA M., MULLON, C., and GERLOTTO, F. 1993 — Diurnal variation in fish density estimate during acoutic surveys in relation to spatial distribution and avoidance reaction. *Aquat. Living Resour.* 6: 221–234.
- GERLOTTO, F., 1987 — Medición de las Características Acústicas de Alurios Peces Tropicales. *Memoria Soc. Cienc. Nat. La Salle.* (47): 149–168.
- GERLOTTO, F., 1993 — *Methodologie d'observation et d'évaluation par hydroacoustique des stocks tropicaux de poissons pélagiques cotiers: impact du comportement et de la distribution spatiale*. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur. Univ. Bretagne Occidentale. Brest. 300 p.
- GERLOTTO, F. y MARCHAL, E., 1987 — The concept of acoustic population: its use for analyzing the results of acoustic cruises. *Int. Sym. Fish. Acoustics*. June 22–26.1987. Seattle. USA. 30 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.
- GERLOTTO, F., 1989 — *Choix d'une stratégie d'échantillonnage et de stratification en écho-intégration*. ICES/FAST Working Group, Dublin, Irlanda, 24–26 Avril, 1989. 37 p.
- GINÉS, Hno., 1972 — *Carta pesquera de venezuela. 1. Areas del Nororiente y Guayana*. Monografía № 16. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. 328 p.
- JOHANNESSON, K. A. y MITSON, R. B., 1983 — Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (240): 249 pp.
- MARCHAL, E., 1984 — Target Strength "in situ". Subject Group E. Rapp. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 184: 73–80.
- MARCHAL, E., 1989 — *Les campagnes acoustiques d'étude des Stocks de la région Maroc-Mauritanie-Sénégal*. Rapport du Groupe de Réflexion: analyse des résultats et perspectives de recherches. Paris, Orstom, Coll. et Sem.:170 p.

- ODEGAARD, J., ABAD, S. y MALAVÉ, F., 1971 (a) — *Prospecciones hidroacústicas en el oriente de Venezuela desde enero hasta abril de 1971. Inf. Téc. N° 32.* MAC-PNUD-FAO. 23 p.
- ODEGAARD, J. ABAD, S. y MALAVÉ, F., 1971 (b) — *Prospecciones hidroacústicas en el oriente de Venezuela desde mayo hasta agosto de 1971. Inf. Téc N° 33.* MAC-PNUD-FAO. 11 p.
- PETITGAS, P., 1991 — *Contribution géostatistique à la biologie des pêches maritimes.* Thèse Ecole Nat. Sup. Mines Paris: 211 p.
- SIMARD, Y. y GERLOTTO, F., 1990 — *Exploration of applicability of geostatistics to fisheries acoustics.* ICES/FAST Working Group. Rostock, DGR. April. 1990.
- SORIA, M. y FRÉON, P., 1991 — *Diurnal variation in fish density during acoustic surveys in relation to avoidance reactions.* ICES/FAST Working Group. Ancona, Italy. April, 1991. 15 p
- STRØEMME, T., y SÆTERSDAL, G., 1989 — *Prospecciones de los recursos pesqueros de las areas de la plataforma entre Surinam y Colombia 1988.* NORA/UNDP/FAO Programme. Reports on Surveys with R/V Fridtjof Nansen. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.
- TRUJILLO, H., 1977 — Factores que limitan el empleo de la estadística pesquera oficial en la evaluación del stock de sardina (*Sardinella anchovia*). *Inf. Téc. N° 33.* Min. Agricultura y Cría. Venezuela. 44 p.



# Explotación, dinámica de poblaciones y socio-economía

*Exploitation,  
population dynamics and  
socio-economics*

---

sección 2.3  
*section 2.3*



# La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: periodo 1973–1989

**Ramón Guzmán**

Biólogo pesquero

**Pierre Fréon**

Ecólogo pesquero

**Jeremy Mendoza**

Biólogo pesquero

## Introducción

En Venezuela la sardina, *Sardinella aurita*, se encuentra principalmente en la región Nororiental en donde representa el recurso de mayor importancia explotado artesanalmente (Griffiths y Simpson 1968; Trujillo, 1977; Anon., 1990). Su área de distribución es bastante amplia y cubre la mayor parte de la plataforma continental, incluyendo la plataforma de Los Testigos y de La Tortuga por el norte, y la Península de Paria y el Golfo de Santa Fe por el sur (Trujillo, 1978; Ginés y Gerlotto, 1988; López, 1972; Anon., 1989). No obstante esta distribución, la actividad pesquera se realiza solamente en áreas cercanas a la costa de los Estados de Sucre y Nueva Esparta (Fig. 1). Desde el comienzo de la pesquería en el año 1927, se utiliza por lo general pequeñas embarcaciones de madera llamadas “peñeros” y redes de playa denominadas “chinchorros sar-

dineros”, que operan como cercos sin jareta (Méndez-Arocha, 1963; Huq, este volumen). Sin embargo, a partir de la década de 1980 se introduce e incrementa el uso de artes denominados “trenes de argolla” en áreas comprendidas entre La Esmeralda y el Morro de Puerto Santo, llegando a operar 42 artes de este tipo, oficialmente registrados y operando en la costa de Paria.

La sardina, al igual que otros pequeños pelágicos costeros se caracteriza por presentar fluctuaciones espacio temporales de abundancia, variaciones éstas que pueden ser debidas a efectos del medio ambiente o de la explotación, que de algún modo contribuiría a aumentar esta variabilidad, tanto a nivel de disponibilidad

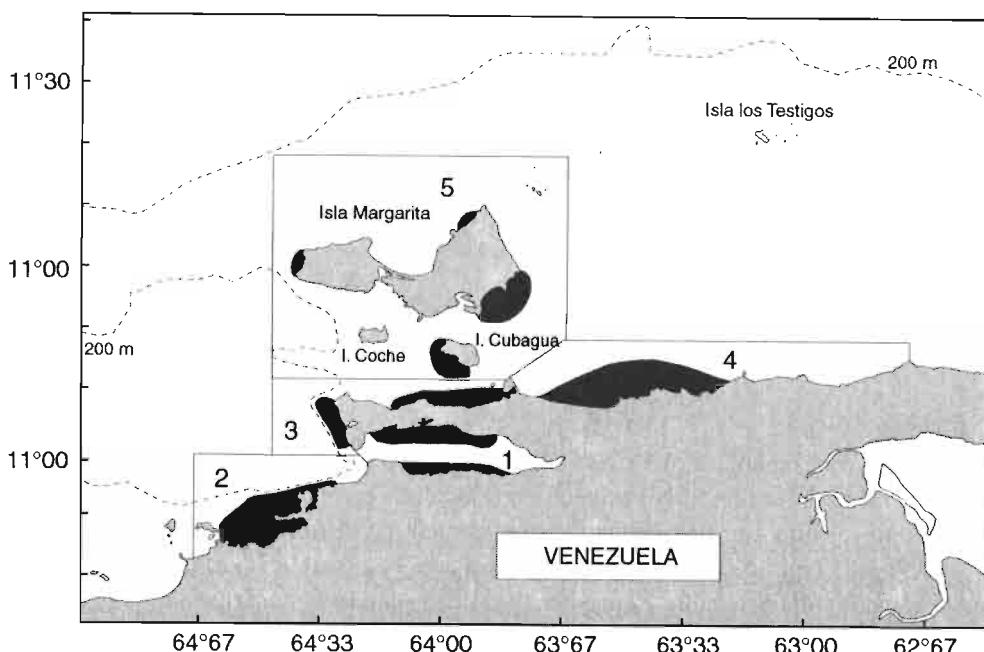


Figura 1

Áreas de pesca de la sardina, *Sardinella aurita*, en el Nororiente de Venezuela : 1- Golfo de Cariaco (Área Sur); 2 – Santa Fe (Área Sur); 3 – Araya (Área Norte); 4 – Carúpano (Área Norte); 5 – Margarita (Área Norte).

*Sardinella aurita* fishing areas in northeastern Venezuela: 1 – Gulf of Cariaco (Southern Zone); 2 – Santa Fe (Southern Zone) ; 3 – Araya (Northern Zone); 4 – Carúpano (Northern Zone); 5 – Margarita (Northern Zone).

como de abundancia (Simpson y Griffiths, 1971; Fréon, 1986; Cury y Roy, 1991). En el presente estudio se analiza la variabilidad en las capturas y el esfuerzo en la pesquería de *Sardinella aurita*, así como también lo correspondiente a la *CPUE*. Además, se intenta relacionar los patrones de variabilidad observados en estos datos con la dinámica de la población y de la pesquería. Un estudio más detallado de los factores que influyen en la variabilidad de este recurso se presenta en otra contribución (Fréon *et al.*, este volumen a).

## Materiales

La información utilizada en el presente trabajo se generó de planillas de producción mensual, reportadas por las plantas procesadoras a las Inspectorías de Pesca; de las mismas se obtuvo: nombre del pescador, área de pesca, peso por días y total de sardinas compradas por la empresa a diferentes pescadores, fecha de compra y número estimado de lances, según controles llevados a cabo por el personal del FONAIAP (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias), lo cual evita el doble conteo de caladas. Esto último es particularmente relevante cuando las ventas se extienden en el tiempo (« recaladas ») (Martin y González; 1960).

Se hace la salvedad que las estadísticas oficiales de captura adolecen de sesgos y errores, derivados de la técnica de transporte de la sardina desde el sitio de lance o calada hasta las plantas procesadoras al presentarse problemas de arqueo (capacidad neta de cava) en las embarcaciones de transporte. Deficiencias en el mecanismo de colecta y control de la calidad de la información proveniente de la industria conservera, representan otra fuente de error que generan estadísticas no confiables. En este contexto, Trujillo (1977) determinó, a partir de estudios comparativos de la producción de harina y conservas en plantas procesadoras, que las estadísticas oficiales subestiman las capturas en un 31%. Otro factor que incide negativamente en las estadísticas, es la comercialización con un destino distinto al procesamiento; como es el consumo en fresco de sardi-

nas; ésta es extraída de los lances destinados a la industria, y el uso como carnada para la pesca de otras especies de interés (pargo, mero, carite y atún), todos estos factores influyen en la subestimación de las capturas. Por otra parte la oferta y la demanda inciden en la estimación del número de lances, como consecuencia de la paralización de artes con capturas sin mercado, o también por adición de nuevas capturas a éstos (recaladas); lo cual se produce cuando hay suficiente demanda.

Tal situación se ha mantenido invariable desde el inicio de la pesquería, a pesar de que a partir de 1983, el consumo en fresco de sardinas se ha incrementado ubicándose en 5.000 t (Anon., 1990). No obstante, se considera en este trabajo: 1) que la subestimación relativa de las capturas no ha variado de manera significativa entre 1973 y 1989, cuando se tienen observaciones más detalladas; 2) que los errores y sesgos no tienen tendencias mayores, tanto a nivel estacional como interanual.

Las estadísticas pesqueras se ubican cronológicamente en dos períodos: 1959 – 1972, donde se habla de dos áreas de pesca, dentro del Golfo de Cariaco y fuera del Golfo y el otro período 1973 – 1989, que se refiere a cinco sectores de pesca: Araya, Costa de Carúpano, Golfo de Cariaco, Margarita y Santa Fe (Fig. 1). Además, es importante señalar que es a partir de 1973 cuando se dispone de datos completos, que permiten estimar el esfuerzo de pesca en número de lances. Desafortunadamente, los datos disponibles impiden estimar otros índices de esfuerzo que son comunes en pesquerías pelágicas, tales como el tiempo de búsqueda o simplemente el tiempo en el mar.

## ■ Métodos

Se recopiló información, a partir de 1973, de la captura y del esfuerzo de pesca por mes y por sector. Como medida de esfuerzo se utilizó el único índice disponible: el lance (calada) con captura. Debido a que las operaciones de pesca son por avistamiento y en áreas cercanas a la costa y es poco probable que se produzcan

lances sin captura. En los sectores de pesca del Golfo de Cariaco, Santa Fe y algunas localidades del sector de Margarita, la detección de los cardúmenes se hace a partir de puestos de observación ubicados en puntos altos del relieve. En algunos sitios (Golfo de Cariaco en particular) existe un orden secuencial en cuanto a que un grupo de pescadores le corresponde llevar el chinchorro a la playa y otro grupo que tienen sitios de lance en las áreas de aproximación de los cardúmenes. Este sistema limita las posibilidades de saturación.

Se denomina captura por unidad de esfuerzo (*CPUE*) a la captura por lance, la cual se puede igualar a la masa promedio de los cardúmenes, ya que en la mayoría de los casos un lance corresponde a un cardúmen. En Senegal, Petitgas y Levenez (1996) mostraron la existencia de una relación positiva entre la biomasa total y el tamaño de los cardúmenes de *Sardinella aurita* a partir de datos hidroacústicos. La captura por lance ha sido utilizada en este país como índice de abundancia relativa para la misma especie. En situaciones cuando no existe saturación de embarcaciones la captura por lance y la captura por tiempo de búsqueda resultan en índices de abundancia muy similares (Fréon, 1989). Por ello y debido a que en Venezuela la modalidad de pesca consiste en llevar el “chinchorro o cerco” hasta la playa, el riesgo de saturación es bastante limitado; de allí que en el presente estudio se utilice la captura por lance como índice de abundancia relativa, aunque este punto puede ser debatido (ver Fréon *et al.*, este volumen a, para una discusión más amplia).

Con el objetivo de identificar las distintas fuentes de variabilidad en los datos, se aplicó un modelo lineal general a los datos mensuales de esfuerzo y de *CPUE*. En ambos casos se usó una transformación logarítmica para conseguir una distribución cuasi normal de los residuos del modelo. El modelo se expresa:

$$\text{Log}(\text{CPUE})_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (1a)$$

$$\text{Log}(E)_{i,j,k,l} = m + a_i + b_j + c_k + d_{j,k} + e_{i,j} + f_{i,k} + \varepsilon_{i,j,k,l} \quad (1b)$$

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

de repeticiones y  $\varepsilon$  es el residuo. Se analizó visualmente que la distribución de estos residuos no estuviera alejado de la normalidad y que la relación entre ellos y las predicciones del modelo no presentaran tendencia. Por falta de datos apropiados, no se incorporó en el modelo elementos relativos a la potencia de pesca de las unidades (capacidad de carga, tamaño del arte de pesca, etc).

A partir de los datos mensuales de *CPUE* por área se calcularon tres índices de abundancia anuales:

- La *CPUE* anual ponderada por mes y por sector
- La *CPUE* anual no ponderada por mes y por sector (o *CPUE* no ponderada)
- La *CPUE* anual ponderada por mes y no ponderada por sector

Estadísticas con menos de tres lances por mes no se consideraron representativas, y en el caso de ausencia de lances se considera desconocida. El modo en que estos índices fueron calculados se describe a continuación.

La *CPUE* anual ponderada por mes y por sector se calculó como la razón entre las capturas totales (en toneladas métricas) y el esfuerzo total anual:

$$CPUE_i = (\sum_j \sum_k \text{capturas}_{i,j,k}) / (\sum_j \sum_k \text{esfuerzo}_{i,j,k}) \quad (2)$$

donde  $i = \text{Años}$ ,  $j = \text{Mes}$  y  $k = \text{Sector}$ .

La *CPUE* anual no ponderada, se calculó como el promedio de las *CPUE* mensuales por sectores:

$$CPUE_i = (\sum_j \sum_k CPUE_{i,j,k}) / j * k \quad (3)$$

Es de resaltar que para la aplicación de estas fórmulas no se tomó en cuenta el área de cada sector de pesca debido al desconocimiento de la superficie exacta cubierta por los pescadores. Sin embargo, se estima que los cinco sectores no representan diferencias mayores de superficie y que no hubo cambios mayores en estas superficies a través el tiempo.

La *CPUE* anual ponderada por mes y no ponderada por sector se calculó como el promedio de la *CPUE* mensual por sector, ponderada por mes:

$$CPUE_i = \left( \sum_k \left( \sum_j \text{capturas}_{i,j,k} \right) / \left( \sum_j \text{esfuerzo}_{i,j,k} \right) \right) / k \quad (4)$$

Para el cálculo de las *CPUE* no ponderadas se necesitan datos de todos los meses y todos los sectores, y aunque no es éste el caso, se procedió al cálculo de las *CPUE* no ponderadas por mes y por sector, mencionando los casos donde existen menos de cinco meses de datos por año.

Para los años 1973 y 1982 las *CPUE* ponderadas por mes y no ponderadas por sectores no fueron calculadas, debido a la ausencia de datos para el área de Carúpano, como consecuencia de que la única factoría establecida en el sector tuvo poca o ninguna actividad de procesamiento en estos años.

Dada la importancia de la variabilidad interanual del esfuerzo y de la *CPUE*, se expresaron las variaciones estacionales de dichas variables en proporción del esfuerzo anual o de la *CPUE* promedio anual, respectivamente.

El esfuerzo relativo mensual (Esf. rel.) para el año *i*, el mes *j* y el sector *k* se define como:

$$\text{Esf. rel.}_{i,j,k} = \left( \text{esfuerzo}_{i,j,k} / \sum_j \text{esfuerzo}_{i,k} \right) * 100 \quad (5)$$

y la *CPUE* relativa mensual (*CPUE* rel.) como:

$$CPUE.\text{rel.}_{i,j,k} = \left( CPUE_{i,j,k} * 100 \right) / \left( \sum_j \text{captura}_{i,k} / \sum_j \text{esfuerzo}_{i,k} \right) \quad (6)$$

De esta forma se obtuvieron las fluctuaciones mensuales corregidas de las variaciones interanuales.

El índice de concentración espacio temporal (Gulland, 1969) se calculó como la razón entre la *CPUE* no ponderada y la *CPUE* ponderada por mes y por sector (no se tomó en consideración la superficie de los sectores).

## Resultados y discusión

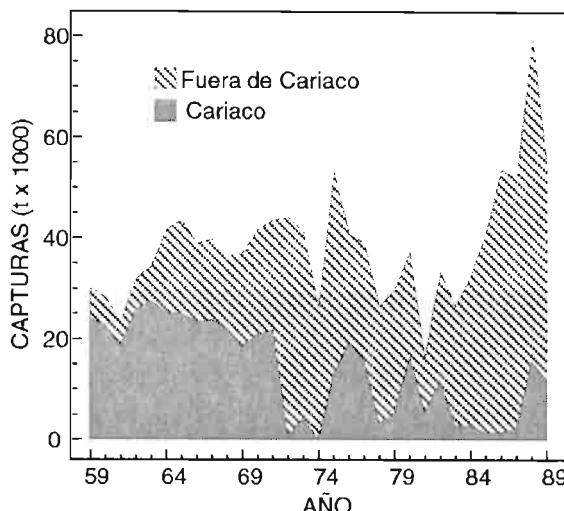
### *Variabilidad de las capturas*

Se observa que las capturas anuales de sardina oscilaron entre 16.000 t y 80.000 t, con un promedio de 40.000 t por año durante el período 1959–1989 (Fig. 2). No obstante estas fluctuaciones, la producción presentó una tendencia creciente en los últimos seis años, pasando de 26.000 t en 1983 a 54.000 t en 1989.

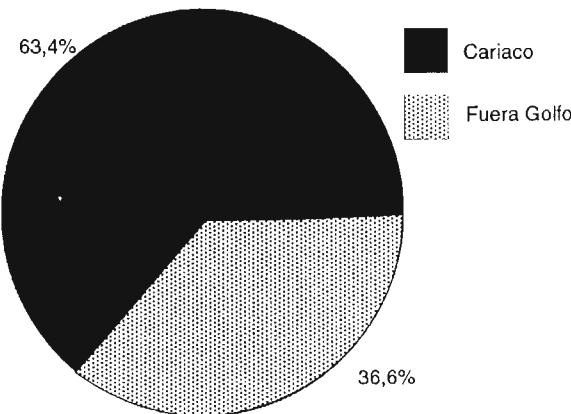
La proporción de capturas dentro del Golfo de Cariaco se mantuvo alta desde 1959 a 1972, representando el 63% de la producción total (Fig. 3a), para luego disminuir, durante el período 1973–1989; con aportes del 19% (promedio). En este lapso destaca el sector de Margarita con una producción del 42% (Fig. 3b). Por otra parte, durante los últimos cinco años del período señalado, se registró un aumento de las capturas provenientes de Carúpano, con promedios de 14.000 t, seguido de Santa Fe y Araya con 8.000 t y 6.000 t, respectivamente (Fig. 4).

■ Figura 2  
Tendencias de los  
desembarques reportados  
(toneladas métricas) de  
sardina en el Nororiente de  
Venezuela de 1959 hasta  
1989.

*Trends in reported sardine  
total landings (metric tons) in  
northeastern Venezuela from  
1959 to 1989.*



(a) Capturas totales por zona 1959-71



(b) Capturas totales por zona 1973-89

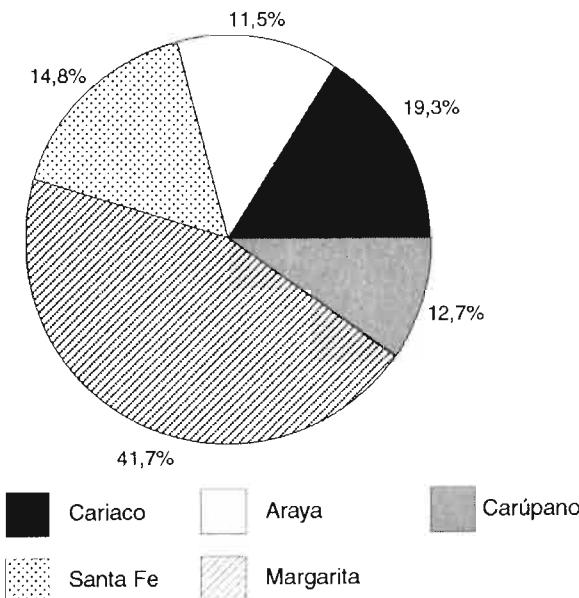


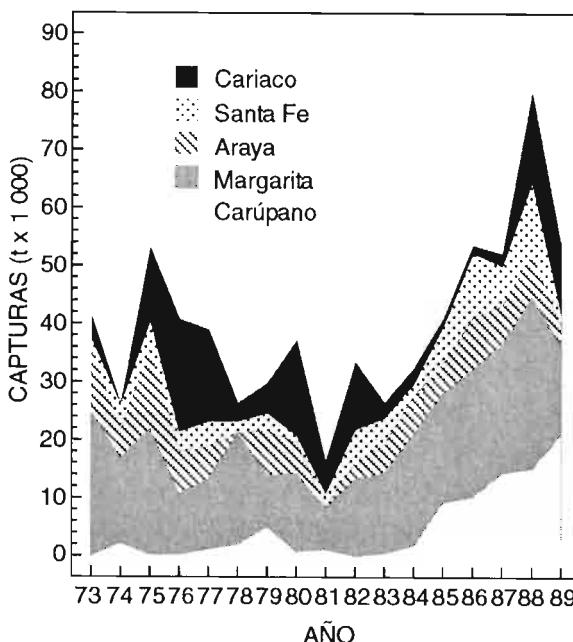
Figura 3

Distribución porcentual promedio de las capturas de sardinas en el Nororiente de Venezuela : a – dentro del Golfo de Cariaco y fuera del Golfo (1959–1971); b – entre las 5 áreas de pesca definidas a partir de 1972 (1973–1989).

*Average percent distribution of sardine catches in northeastern Venezuela: a – inside and outside the Cariaco Gulf (1959–1971); b – among the 5 fishing sectors defined from 1972 (1973–1989).*

Figura 4  
Tendencias de los desembarques reportados ( $t$ ) de sardina por sector en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989.

*Trends in reported sardine landings ( $t$ ) by sectors in northeastern Venezuela from 1973 to 1989.*



### *Variabilidad del esfuerzo pesquero*

El modelo general (1) aplicado al esfuerzo pesquero indica una influencia significativa ( $p < 0,05$ ) de todos los efectos principales y de sus interacciones (Tabla 1). No obstante los valores de los cuadrados promedios indican efectos mayores del sector y del año.

En promedio, el esfuerzo en el sector de Margarita es el más alto (Fig. 5). Las fluctuaciones interanuales del esfuerzo y de las capturas están altamente correlacionadas entre sí, dependiendo esta última de la demanda de las plantas procesadoras, por una parte difícil de evaluar. Durante el período 1973–1989 se observó una gran variación del esfuerzo correspondiente al Golfo de Cariaco, mientras que en Santa Fe las fluctuaciones fueron menos notables (Fig. 6a). Por otro lado, en los tres sectores del Área Norte (Araya, Carúpano y Margarita) el esfuerzo osciló de manera regular, registrándose valores máximos en el lapso 1986 – 1989 y mínimos entre 1978–1982. Se observa además que las variaciones del esfuerzo siguen un patrón general en los sectores de Margarita y Araya (Fig. 6b).

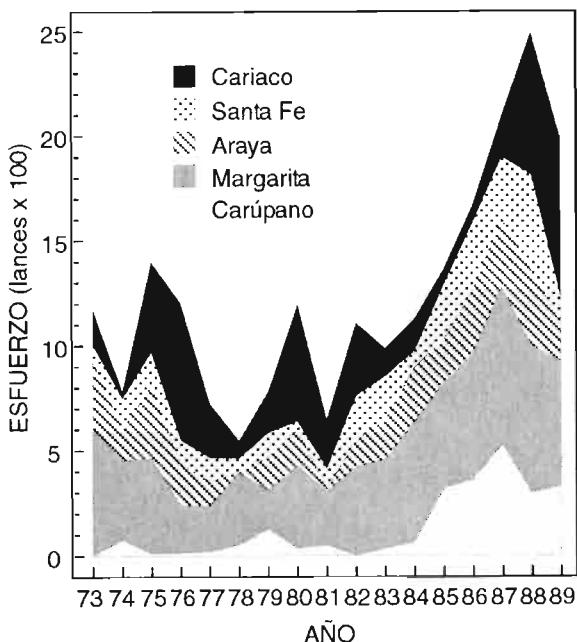


Figura 5  
Tendencias del esfuerzo pesquero (número de lances con captura) por sector en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989.

Trends in fishing effort (number of positive sets) by sectors in northeastern Venezuela from 1973 to 1989.

El efecto *Mes* no es significativo en el modelo (1). De hecho, se nota que la variabilidad estacional del esfuerzo relativo (*Esf. rel.*) es moderada cuando se considera el promedio de los 17 años (Fig.).

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados promedios	Valor de F	P > F
AÑO	16	224.1	14.01	14.25	0.0001
SECTOR	4	276.2	69.06	70.26	0.0001
MES	11	22.1	2.01	2.04	0.0223
AÑO*SECTOR	64	401.2	6.27	6.38	0.0001
SECTOR*MES	44	160.9	3.66	3.72	0.0001
AÑO*MES	176	221.7	1.26	1.28	0.0156
TOTAL MODELO	315	1 306.2	4.15	4.22	0.0001
TOTAL ERROR	704	691.9	—	—	—

Tabla 1  
Fuentes de variación en el modelo lineal (1b) aplicado al logaritmo del esfuerzo pesquero ( $r^2 = 65,4\%$ ).

*Sources of variation in the linear model (1b) of fishing effort ( $r^2 = 65.4\%$ ).*

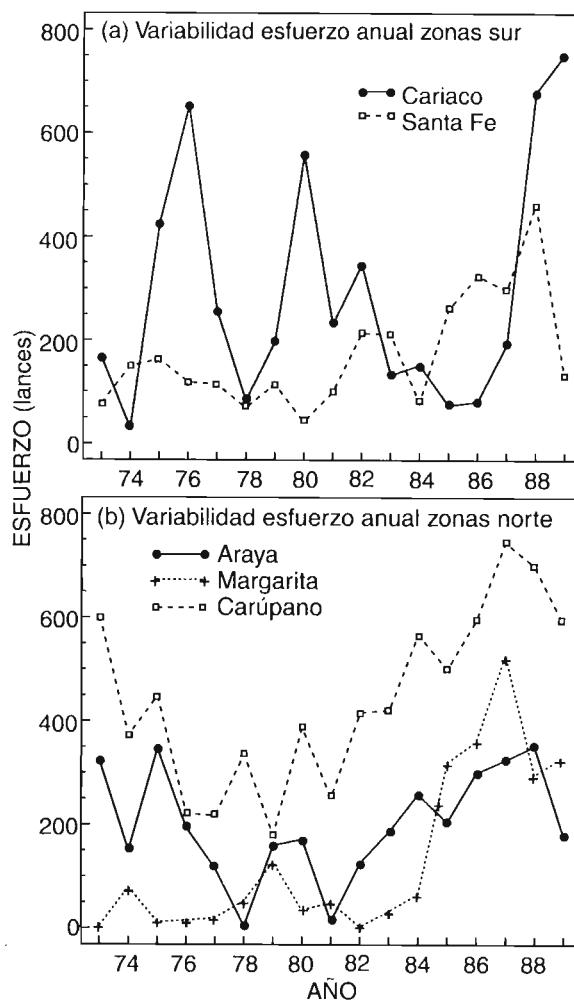


Figura 6  
Comparación de las  
tendencias del esfuerzo  
pesquero en el Nororiente de  
Venezuela de 1973 hasta 1989 :  
a – en el Golfo de Cariaco y  
Santa Fe (Área Sur); b – en  
Araya, Carúpano y Margarita  
(Área Norte).

Comparison of fishing effort trends in northeastern Venezuela from 1973 to 1989: a – Gulf of Cariaco and Sante Fe (southern zone); b – in Araya, Carupano and Margarita (northern zone).

7a, barras horizontales), notándose el máximo en julio (11% del esfuerzo anual en contra de  $100\% / 12 = 8,3\%$  esperado en ausencia de variabilidad). Pero la interacción significativa ( $p < 0,001$ ) entre mes y sector indica una estacionalidad distinta según los sectores, como se puede comprobar en las figuras 7b, 7c, 7d, 7e y 7f. No obstante, la estacionalidad tiene una alta variabilidad interanual (las barras verticales de las mismas figuras presentan patrones distintos por cada mes) relacionado con la interacción Mes\*Año.

Para el Golfo de Cariaco se observó que durante los primeros siete

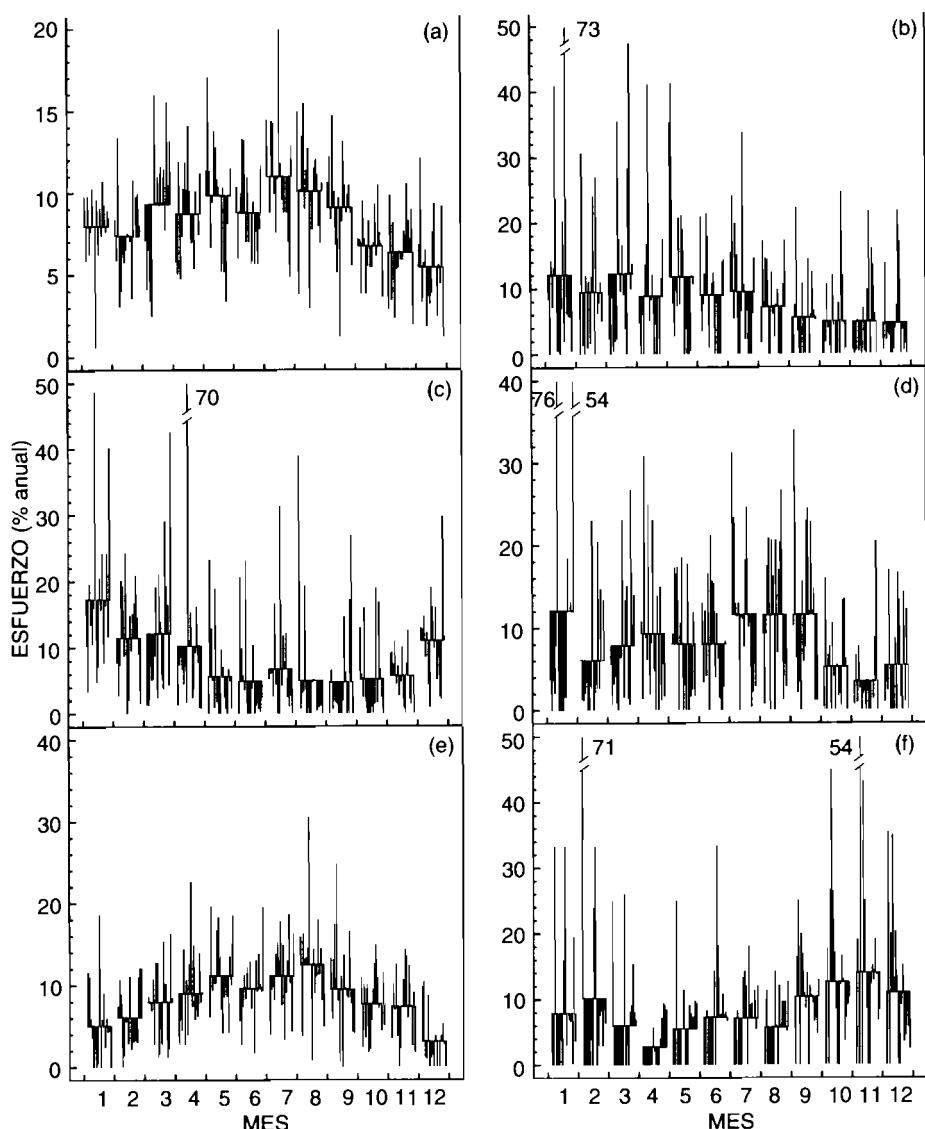


Figura 7

Variabilidad estacional del esfuerzo pesquero total (porcentaje mensual del número de lances anual) en el Nororiente de Venezuela (1973–1989) : las barras horizontales representan el promedio mensual y las barras verticales representan la desviación anual: a – Todos sectores; b – Golfo de Cariaco; c – Santa Fe; d – Araya; e – Margarita; f – Carúpano.

*Seasonal variability of total fishing effort (monthly percentage of annual number of sets) in northeastern Venezuela (1973–1989): horizontal bars represent monthly averages and vertical bars represent annual deviations: a – all zones; b – Golfo de Cariaco; c – Santa Fe; d – Araya; e – Margarita; f – Carúpano.*

meses del año el esfuerzo fue superior al promedio de 8,3% (Fig. 7b), confirmando lo reportado anteriormente por Martin y González (1960) y Simpson y González (1967); mientras que en Santa Fe los cuatro primeros meses y el mes de diciembre sobrepasan ese valor (Fig. 7c). Conociendo que en estos sectores se pescan principalmente sardinas jóvenes (Fréon *et al.* b, este volumen b), es probable que esta estacionalidad corresponda a la del reclutamiento.

El patrón de Carúpano indica dos períodos de máxima actividad pesquera; al comienzo y al final del año (Fig. 7f), aunque tenemos pocas observaciones para este sector. En cambio los sectores de Araya y Margarita muestran más o menos el mismo comportamiento (fig. 7d y 7e), especialmente si no se consideran los dos valores extremos del mes de enero. En estos sectores generalmente se capturan sardinas de talla mediana o grande, lo que explica la diferencia de estacionalidad con los sectores del Golfo de Cariaco y de Santa Fe.

### ***Variabilidad de la CPUE***

Entre 1973 y 1989, la *CPUE* promedio anual (no ponderada por mes y por sector) fue de 31,2 t por calada. El modelo general (1) aplicado a la *CPUE* indica una influencia significativa ( $p < 0,05$ ) de todos los efectos principales y de sus interacciones, salvo el efecto *Mes* (Tabla 2). No obstante los valores de los cuadrados promedios indican un efecto predominante de *Sector*, siendo los sectores de Margarita y Carúpano los de mayor *CPUE*, con valores promedios superiores a 35 t por calada (Fig. 8). El efecto *Mes* no es significativo, pero la interacción entre *Mes* y *Sector* indica una estacionalidad distinta según los sectores. A nivel del efecto *Año*, ocho años están por encima del intervalo de confianza del 95% (Fig. 8a). Las *CPUE* anuales máximas se observan entre 1977 y 1979, con valores desde 39 a 45 t por lance, mientras que las mínimas se observaron entre 1981 y 1987 con valores desde 23 a 29 toneladas por lance.

El análisis de las *CPUE* por sector y no ponderadas por mes, se dificulta debido al bajo número de datos para algunos años. Se encontró que las variaciones interanuales de *CPUE* en el Golfo de Cariaco y en el Golfo de Santa Fe son similares (cuando no se con-

sideran los años con menos de cinco meses de observaciones), aunque en este último sector la variabilidad interanual es baja (Fig. 8b y 8c). Este patrón de *CPUE*, al ser comparado con el patrón de *CPUE* anual de todas los sectores, resulta ser similar a nivel del máximo de 1977 y del mínimo de 1987.

Las *CPUE* en los sectores de Araya (Fig. 8d), Margarita (Fig. 8e) y Carúpano (Fig. 8f) resultan parecidas entre si y con respecto a la *CPUE* de todas los sectores, a excepción de los años 1988 y 1989. El incremento de la *CPUE* observado para el sector de Carúpano durante los dos últimos años, podría ser explicado por el aumento en el tamaño de los chinchorros o por la incorporación creciente de trenes de argolla, artes que son mucho más eficientes, ya que permiten las capturas a mayor distancia de la costa; otra explicación sería que las industrias procesadoras ubicadas en el área permanecieron bastante activas durante ese período, realizándose faenas de recaladas cuyas capturas fueron incorporadas a las producidas en caladas anteriores.

Al comparar las *CPUE* anuales de todos los sectores (ponderadas por mes y por sector, ponderadas por mes y sin ponderación), se puede pensar que el efecto de la ponderación no es importante en nuestro caso, por cuanto se observa tan solo diferencias notables en

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados promedios	Valor de F	P > F
AÑO	16	18,0	1,12	5,91	0,0001
SECTOR	4	36,1	9,03	47,61	0,0001
MES	11	7,4	0,68	3,56	0,0001
AÑO*SECTOR	64	51,4	0,80	4,23	0,0001
SECTOR*MES	44	11,6	0,26	1,39	0,05
AÑO*MES	176	45,0	0,26	1,35	0,0067
TOTAL MODELO	315	188,0	0,596	3,14	0,0001
TOTAL ERROR	500	94,9	—	—	—

■ Tabla 2

Fuentes de variación en el modelo lineal (1) aplicado al logaritmo de la *CPUE* ( $r^2 = 66,4\%$ ).

*Sources of variation in the linear model (1a) of CPUE ( $r^2 = 66.4\%$ )*

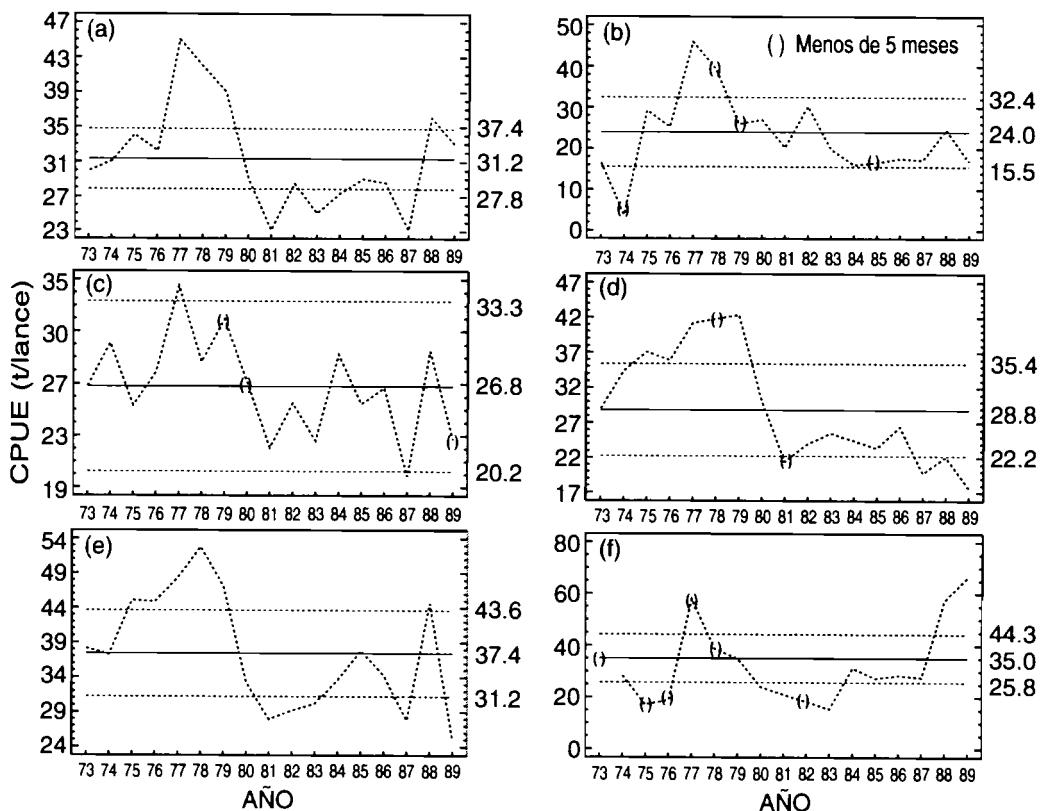


Figura 8

Tendencias de la CPUE anual no ponderada en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989 : Intervalo de confianza del 95% (líneas discontinuas). Puntos en paréntesis (años con menos de cinco meses de observaciones) : a – Todos los sectores; b – Golfo de Cariaco; c – Santa Fe; d – Araya; e – Margarita; f – Carúpano.

*Trends of unweighted CPUE in northeastern Venezuela from 1973 to 1989 : 95 % confidence intervals (broken lines). Points within parenthesis (years with less than five months of observations): a – all zones; b – Golfo de Cariaco; c – Santa Fe; d – Araya; e – Margarita; f – Carúpano.*

los dos últimos años y, en menor grado, en 1979 (Fig. 9). Estas diferencias resultan, respectivamente, de la influencia del sector de Carúpano y de los sectores de Cariaco y Santa Fe, donde se tienen pocos datos y una baja CPUE en 1979. Esta apreciación fue verificada por comparación de las CPUE ponderadas y no ponderadas, por sector y por mes.

La relación entre la CPUE ponderada, no ponderada, y ponderada

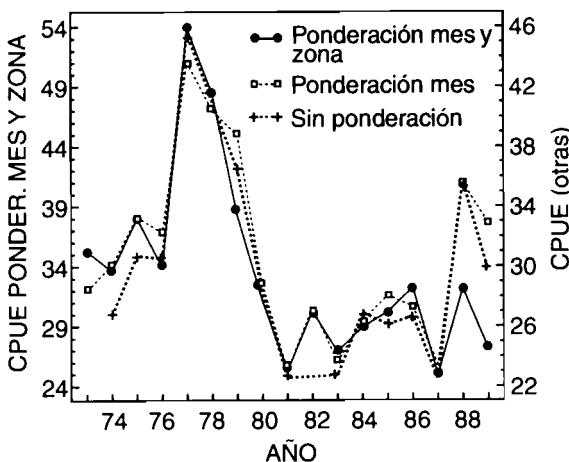


Figura 9  
Comparación entre las tendencias de tres CPUE anuales de 1973 hasta 1989: CPUE ponderada por mes y por sector, CPUE ponderada por mes y CPUE no ponderada.

Trends comparison of three annual CPUE from 1973 to 1989: CPUE weighted per month and sector, CPUE weighted per month and unweighted CPUE

por mes y por sector, puede deberse a la ausencia de variabilidad espacio-temporal del stock (desmentido por el modelo lineal) o a un esfuerzo independiente de la abundancia. Este último punto se puede demostrar a través del cálculo del índice de concentración y por la relación, entre la CPUE relativa (CPUE rel.) y el esfuerzo relativo (Esf. rel.).

Se determinó que el índice de concentración, al contrario de las pesquerías industriales, no está muy por encima del valor uno y que

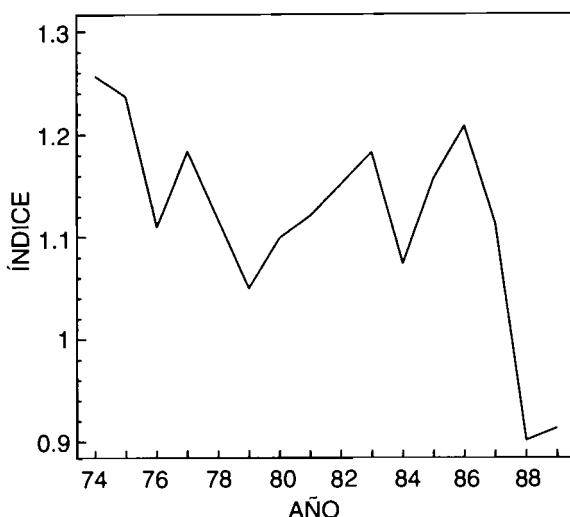


Figura 10  
Tendencias del índice de concentración anual del esfuerzo pesquero por sector y por mes, de 1974 hasta 1989.

Trends of fishing effort concentration index (per sector and per month) from 1974 to 1989.

no se incrementa con el tiempo (Fig. 10). El bajo valor del índice indica que la asignación del esfuerzo guarda poca relación con los rendimientos, esto se puede apreciar también en la figura 11. La disminución del índice de concentración en los dos últimos años se podría relacionar con los altos valores de *CPUE* en el sector de Carúpano (que no se corresponden con los incrementos de los niveles de esfuerzo) mas que con el cambio de arte de pesca.

Debido al hecho de que la pesquería de sardina en Venezuela tiene más de 60 años, no se puede pensar que la falta de relación entre la asignación del esfuerzo y los rendimientos se deba al desconocimiento de los estratos espacio temporales de mayor abundancia del recurso, sino más bien a otras razones como: limitaciones del arte de pesca (eficiencia), a la poca movilidad del

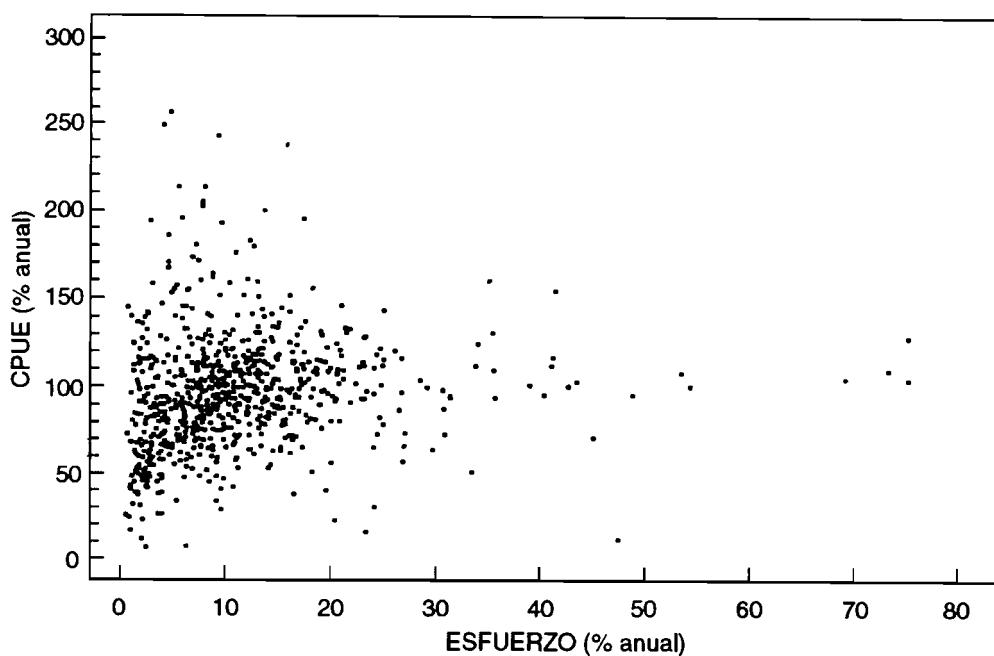


Figura 11

Relación entre el esfuerzo mensual (porcentaje con respecto al esfuerzo total anual) y la CPUE relativa mensual (porcentaje con respecto a la *CPUE* promedio anual); datos 1973-1989.

*Relation between monthly effort (as percentage of total annual effort) and monthly relative CPUE (as percentage of average annual sector weighted CPUE); data 1973-1989.*

pescador en relación al área de distribución del recurso y pesca, oferta y demanda de las plantas procesadoras, y/o a los compromisos pre establecidos del pescador con la planta. A estas razones se añade el hecho que, aun cuando no hay saturación de las unidades de pesca, se puede observar una saturación de las plantas procesadoras que rechazan la oferta del producto; de allí que los pescadores mantienen viva la sardina en los chinchorros y en consecuencia se paralizan los artes de pesca.

Considerando la poca influencia que tiene el modo de cálculo de las *CPUE* en la determinación de los promedios anuales y debido a la ausencia de datos para varios estratos espacio temporales, se procedió a usar las *CPUE* ponderadas por mes y por sector; presentándose en las figuras 12a y 12b como *CPUE* de los sectores del Área Sur (Golfo de Cariaco y Santa Fe) y del Área Norte (Araya, Margarita y Carúpano). Se observa de nuevo la relativa concordancia entre los sectores de cada grupo si no se toma en cuenta el año 1974 que tiene pocas observaciones en Cariaco.

La comparación entre las *CPUE* promedios ponderadas del grupo Sur y Norte (Fig. 12c) indica en primer lugar que las *CPUE* del sur son inferiores a las *CPUE* del Área Norte y segundo que la variabilidad en el norte es inferior a la del sur, existiendo en esta última cierta remanencia en las variaciones: coeficiente de autocorrelación de 0,70 ( $p > 0,05$ ) con desfase temporal de un año en contra de 0,24 en el sur. Este fenómeno podría estar ligado al menor número de clases de edad explotadas en el Área Sur, ya que se ha podido observar que las tallas provenientes de este área son más pequeñas (Fréon *et al.* este volumen b; González, 1985)

Fréon y Misund (1998) revisaron los distintos cambios de estructuras espaciales, a distintas escalas, que pueden ocurrir cuando disminuye la abundancia de un stock de peces pelágicos. Dichos cambios pueden ocurrir a la siguientes escalas:

- stock (disminución del área de distribución y/o de la densidad);
- concentraciones, o “clusters” de cardúmenes (disminución del número de concentraciones y/o de su área);
- cardumen (disminución del número de cardúmenes por concentración y/o de la masa de los cardúmenes).

Los autores de esta revisión encontraron varios ejemplos de dis-

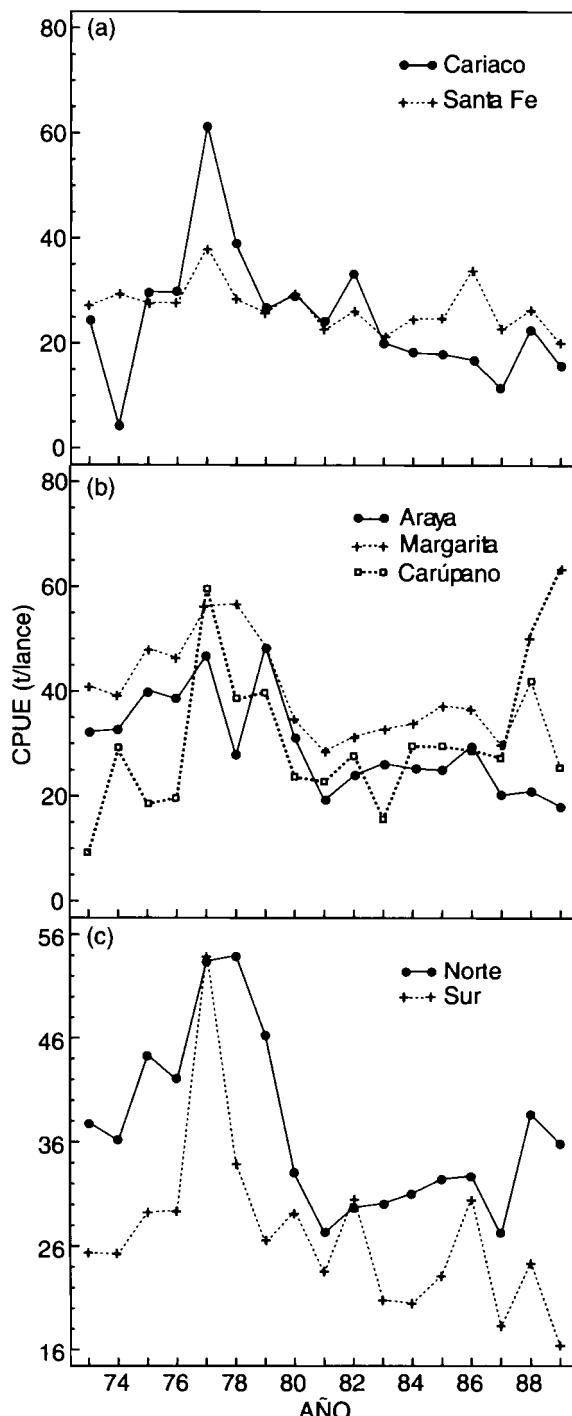


Figura 12  
Comparación entre las CPUE anuales ponderadas por mes en el Nororiente de Venezuela de 1973 hasta 1989 : a – dentro del Área Sur (Golfo de Cariaco y Santa Fe); b – dentro del Área Norte (Araya, Carúpano y Margarita); c – entre las Áreas Norte y Sur.

Comparison between annual CPUE weighted by months in northeastern Venezuela from 1973 to 1989: a – within southern area (Gulf of Cariaco and Santa Fe); b – within northern area (Araya, Carupano and Margarita); c – between areas (north and south)

minución de la masa de los cardúmenes con la abundancia del stock. No obstante, no se puede descartar una disminución substancial del número de cardúmenes, la cual no sería detectada por el uso de la captura por lance. Del mismo modo, si los cambios de biomasa se reflejan mayoritariamente a una escala espacial superior a la del cardumen, no serán reflejados por las variaciones en la captura por lance. En estos casos, sólo el uso de la captura por tiempo de búsqueda, con una resolución espacio-temporal fina y un procesamiento adecuado, puede reflejar con menor sesgo los cambios de abundancia (Gulland, 1969 ; Saville, 1980 ; Hilborn and Walters, 1992).

## ■ Conclusión

Este trabajo representa sólo una primera etapa en el proceso de estudio de la pesquería de la sardina y de sus relaciones con su biología y el medio ambiente. A pesar de la subestimación de los datos de capturas y de un cierto nivel de error en los datos difícil de estimar precisamente, los datos aparecen tan estructurados como en otras pesquerías pelágicas (autocorrelación, efectos de los sectores de pesca, estacionalidad; ver por ejemplo Fréon *et al.*, 1994).

Esta fase descriptiva permitió evidenciar la alta variabilidad de los índices pesqueros implicados, tanto a nivel interanual como estacional, existiendo dos patrones distintos en el comportamiento de las *CPUE*. Por un lado, valores altos, relativamente estables y similares en los sectores del Área Norte (Araya, Carúpano y Margarita) y, por el otro, los valores mas bajos y menos estables de los sectores del Área Sur (Santa Fe y Golfo de Cariaco) que también son similares entre si. Las razones más probables de estas diferencias entre áreas son: (i) la ocupación de estas dos áreas por fracciones distintas de la población (mayoritariamente juvenil en el Área Sur); (ii) una influencia mas grande de los efectos continentales en los dos sectores cerrados del Área Sur.

Es muy posible que los pescadores conozcan los patrones de variabilidad a nivel estacional y que sean capaces de reaccionar

rápidamente ante variaciones anuales y/o espaciales de la abundancia, pero tales conocimientos no pueden ser utilizados para explotar en una forma más eficiente el recurso, ya que existen algunas razones que lo dificultan como: modalidad de pesca artesanal (costanera) y limitada eficiencia del arte de pesca, las cuales pueden verse afectadas por la vulnerabilidad y accesibilidad del recurso. Las mayores evidencias de estas dificultades para explotar eficientemente el recurso son, por un lado, que las plantas procesadoras se vean, ocasionalmente, en dificultad ante la escasez de materia prima y, por otro lado, en algunos períodos de tiempo las plantas presentan problemas de saturación por un exceso de oferta de sardina.

Este trabajo permitió mejorar nuestro conocimiento de los patrones de variabilidad del esfuerzo pesquero y de la captura por lance, los cuales fueron utilizados en otros trabajos de dinámica poblacional (Fréon *et al*, este volumen a; Fréon y Mendoza, este volumen).

## ■ Agradecimientos

Queremos expresar nuestro especial reconocimiento al Sr. Luis Salazar, quien recolectó la información durante 30 años ininterrumpidos de trabajo en el Laboratorio de Recursos Pelágicos del Centro de Investigaciones Pesqueras de Sucre, así como al resto del personal del mismo. Al personal de la Inspectoría de Pesca Cumaná. A los dueños de las plantas procesadoras quienes facilitaron la recolección. Mención especial merecen los pescadores del oriente venezolano que con su esfuerzo constante, contribuyen al desarrollo social y económico de los estados Sucre y Nueva Esparta.

## ■ Referencias

- ANÓNIMO. 1989 — *Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de la plataforma entre Suriname y Colombia. 1988*. ORAD/UNDP/FAO. Programe. Report on Surveys with R/V Fridtjof Nansen. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.
- ANÓNIMO. 1990 — *Resultados de talleres sobre la pesca en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cria. Dirección General Sectorial de Pesca y Acuicultura*, Caracas.
- CURY, Ph. y ROY, C. (Ed.) 1991 — *Pêcheries Ouest Africaines: variabilité, instabilité et changement*. Paris, Orstom, 525 p.
- FRÉON, P. 1986 — *Réponses et adaptation des stocks de clupéides d'Afrique de l'ouest à La variabilité du milieu et de l'exploitation: analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Paris, Orstom, Etudes et Thèses, 287 p.
- FRÉON, P. 1989 — *Seasonal and interannual variations of mean catch per set in the Senegalese sardine fisheries: Fish behavior or fishing strategy. International Symposium on the long-term variability of pelagic fish populations and their environment*. 14-17 Nov. Sendai, Japon: 135-145.
- FRÉON, P., R. GUZMÁN y R. APARICIO. (este volumen (a)) — Relaciones entre capturas, esfuerzo y surgencia costera en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela.
- FRÉON, P., EL KHATTABI M., MENDOZA J. y R. GUZMÁN (este volumen (b)) — 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., LEVENEZ, J. J. y SOW, I. 1994 — Trois décennies de pêche sardinière semi-industrielle au Sénégal: Analyse multivariée de la pêcherie, des puissances de pêche et des rendements. In: M. Barry-Gérard, T. Diouf et A. Fonteneau, *L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise*. Paris, Orstom: 265-312.
- FRÉON, P. y MENDOZA, J. (este volumen) — La sardina (*Sardinella aurita*), su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela: una síntesis.
- FRÉON, P. y MISUND, O. A. 1998 — *Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: Effects on fisheries and stock assessment*. Fishing News Books, Blackwell, London: 348 p.
- GERLOTTO, F. y GINÉS, Hno y. 1988 — Ecointegración y pesca sardinera: Diez años de investigación en EDIMAR Soc. Cienc. Nat. La Salle. Sup. N° 3 (48): 311-324.
- 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*. UDO 24 (1 y 2): 111-128.
- GRIFFITHS, R y SIMPSON, J. 1967 — The present status of the sardine and tuna fisheries of Venezuela. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 20: 159-177.
- GULLAND, J. A. 1969 — *Manual of methods for fish stock assessment. Part. 1. Fish population analysis*. FAO *Man. Fish. Sci.*, (4): 154 p.

- HILBORN, R. y WALTERS, C. J. (1992) — *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Chapman and Hall, New York.
- HUO, M. F. (este volumen) — *Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes 1847 en el oriente de Venezuela*.
- LÓPEZ, H. 1972 — *Distribución y abundancia de huevos de la sardina, Sardinella aurita en la región Oriental de Venezuela. 1968-1969*. Proy. MAC-PNUD.FAO INF.TEC. 46, Caracas: 29 p.
- MARTÍN, S. y GONZÁLEZ, G. 1960 — Observaciones y notas sobre la explotación de la sardina, *Clupanodon pseudohispanicus* (Poey) en Venezuela. *Proc. World Sci. Meet. Biol. Sardines and Related Species*. Rome. Stock and Area paper 9: 22 p.
- MÉNDEZ-AROCHA, A. 1963 — *La pesca en Margarita*. Monografía N°7, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela: 192 p.
- PETITGAS, P. y LEVENEZ, J. J. 1996 — Spatial organization of pelagic fish: Echogram structure, spatio-temporal condition, and biomass in Senegalese waters. *ICES J. Mar. Sci.* 53: 147-153.
- SAVILLE, A. (ed) 1980 — The assessment and management of pelagic fish stocks. A Symposium held in Aberdeen, 3-7 July 1978. Rapp p. v. Reun Cienc. 177: 517 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. *Some aspects of the early life history and environment of the sardine Sardinella anchovia, in eastern Venezuela*. Ser. Rec. y Exp. Pesq. MAC. 1(2): 1-93.
- SIMPSON, J. G. y GRIFFITHS, R. 1971 — Afloramiento y producción biológica en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Upwelling and biological production in the Gulf of Cariaco, Venezuela*. Ser. Rec. y Exp. MAC 2 (1): 3-8 (español) 17-33 (english).
- TRUJILLO, H. 1977 — Factores que limitan el empleo de la estadística pesquera oficial en la evaluación del stock de sardina, *Sardinella anchovia*. MAC, Inf. Tec. 73: 44 p.
- TRUJILLO, H. 1978 — Resultados de las prospecciones aéreas realizadas en el oriente venezolano, enero-noviembre de 1975. MAC, Inf. Tec. 76: 51 p.

# Relaciones entre capturas, esfuerzo pesquero y surgencia costera en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela

**Pierre Fréon**  
Ecólogo pesquero

**Ramón Guzmán**  
Biólogo pesquero

**Rubén Aparicio**  
Oceanógrafo físico

## ■ Introducción

En las áreas de surgencia (afloramiento) costeras se encuentran los stocks más importantes de especies pelágicas pequeñas, cuyas fluctuaciones de abundancia dependen del nivel de explotación y de las fluctuaciones en el reclutamiento. Este último, a su vez, depende de una serie de eventos (Anderson, 1988; Bakun, 1985; Hutchings, 1992). La intensidad del transporte de Ekman inducido por el viento está estrechamente ligada al éxito del reclutamiento (Bakun y Parrish, 1980; Fréon, 1983; Parrish *et al.*, 1983; Csirke y Sharp, 1983; Pauly y Tsukayama, 1987; Wyatt y Larrañeta 1988; Kawasaki *et al.*, 1990; Cury y Roy, 1991; Payne *et al.*, 1992). Dos vías distintas de modelación han sido empleadas para cuantificar

estas relaciones: los modelos estructurales, los cuales requieren datos de capturas por clase de edad (Nelson *et al.*, 1977; Parrish y MacCall, 1978), y los modelos globales, más reduccionistas, los cuales usan datos de capturas totales (Fréon, 1986; Cury y Roy, 1987; Laloë, 1988; Die *et al.* 1990).

En el oriente de Venezuela la línea de costa tiene una orientación Este – Oeste y los vientos predominantes soplan desde el Este durante todo el año, con una marcada variación estacional en su intensidad (Aparicio y Contreras, este volumen). En esta región se encuentran varias especies de peces pelágicos costeros, de las cuales *Sardinella aurita* representa la mayor parte de la biomasa (Cárdenas, este volumen). Una pesquería artesanal de sardina con redes de tipo “chinchorros” existe en el área desde los años 1940 (Martin y González, 1960; Méndez-Arocha, 1963; Griffiths y Simpson, 1968; Huq, este volumen). En esta pesquería, la talla mínima legal de captura es de 15 cm de longitud total, permitiéndose un porcentaje del 30% de individuos inferiores a esta talla ; con un 10% de individuos de tallas menores a 12 cm. Mendoza *et al.* (este vol.) determinaron que 50% de los individuos de 16,7 cm, o sea de un poco menos de un año de edad, estaban reclutados. La duración promedio de vida de la sardina es corta, del orden de cinco años, y el crecimiento es muy rápido. A los dos años de edad la longitud total es de 24 cm, y en los tres años siguientes se estima que el crecimiento es de un centímetro. El 50% de las hembras alcanza la primera madurez sexual a un año de edad (19,5 cm).

La importancia de la pesquería, así como las fluctuaciones del recurso y su relación con eventos ambientales indujeron a la realización del presente trabajo, cuyo objetivo es no sólo el estudio de estas variaciones a través de la modelación de la pesquería, sino también el de contribuir al conocimiento de la ecología del recurso. El mismo se basa en la aplicación de modelos globales de producción incluyendo una variable ambiental. Se debe subrayar el relativo bajo nivel de calidad de los datos (baja confiabilidad, disponibilidad de una sola unidad de esfuerzo e incertidumbre sobre la representatividad del índice de abundancia),

## ■ Materiales y métodos

En este análisis se usaron promedios sobre una base mensual de las siguientes estadísticas e información:

- Velocidad del viento y dirección promedio en siete estaciones meteorológicas costeras. Cuatro estaciones se ubican fuera de la zona de estudio: La Orchila (1958–1984), Maiquetía (1951–1988), Güiria (1951–1986) y Tobago (1969–1990). Estas se comparan con las tres estaciones ubicadas dentro de la zona: Cumaná (1969–1990), Carúpano (1979–1989) y Punta de Piedras en la Isla de Margarita (1973–1989 para la velocidad y 1975–1989 para la dirección). En ésta última estación, no existen datos para el periodo de agosto 1985 a febrero 1986, los cuales fueron estimados de la manera siguiente: 1985, predicción con un modelo ARMA; 1986, predicción con una regresión empírica entre velocidad del viento  $V$ , temperatura del aire  $T$  y evaporación  $E$ , establecida a partir de los datos mensuales de enero y febrero de la serie completa:  $V = E + T - T^2$  ( $r^2 = 68\%$ ; esta relación no es tan buena cuando se consideran los meses de fin de año, fuera de la temporada de los alisios). Las series de datos crudos de Güiria y Carúpano presentan un salto abrupto a partir de noviembre 1984 y julio 1982, respectivamente, lo cual no se puede explicar de manera satisfactoria (Fréon y Ans, este volumen). Se supone que estos cambios corresponden a un cambio de unidad de medición, pasando de metros por segundo a nudos por hora. Aunque no se pudo comprobar este cambio con los responsables de las estaciones, se decidió aplicar el factor de conversión entre las dos unidades de velocidad (0,514) a los periodos correspondientes.
- Capturas totales de cinco zonas de pesca existente en el oriente durante el periodo 1973–1989;

- Esfuerzo total; sólo se dispone del número de lances positivos.
- Captura promedio por lance.

Los modelos globales de producción utilizados necesitan datos de captura y de captura por unidad de esfuerzo (*CPUE*). La captura por lance está posiblemente relacionada directamente con la masa promedio de los cardúmenes capturados. Las distribuciones de frecuencias anuales de capturas individuales por lance indica valores máximos de 150 t (Trujillo, 1977), lo que sugiere que no existe el problema de saturación de las unidades de pesca, lo cual se atribuye

Año	Captura (t)	Esfuerzo (lances)	CPUE (t/lance)	Surgencia (m s <sup>-1</sup> )
73	38 662	1 027	37,65	9,425
74	34 475	1 071	32,19	9,350
75	43 369	1 136	38,18	9,644
76	40 957	1 152	35,55	7,694
77	41 224	763	54,03	9,158
78	26 332	635	41,47	7,006
79	28 873	749	38,55	4,747
80	36 554	1 176	31,08	6,186
81	19 690	717	27,46	1,853
82	31 591	1 125	28,08	4,989
83	25 987	943	27,56	5,664
84	37 970	1 344	28,25	7,183
85	42 597	1 322	32,22	6,008
86	53 657	1 940	27,66	5,965
87	63 992	2 132	30,02	4,128
88	69 133	2 336	29,59	5,417
89	53 314	1 834	29,07	6,178

■ Tabla 1

Datos de esfuerzo pesquero en número de lances, capturas totales y capturas por unidad de esfuerzo (*CPUE*) durante un “año pesquero” *i* (desde abril del año *i* hasta marzo de año *i+1*) e índice de surgencia durante un “año ambiental” *i* (desde noviembre del año *i-1* hasta octubre del año *i*).

*Fishing effort data in number of sets, total catch and catch per unit of effort (CPUE) during a “fishing year” *i* (from April year *i* to March year *i+1*) and upwelling index during “environmental year” *i* (from November year *i-1* to October year *i*).*

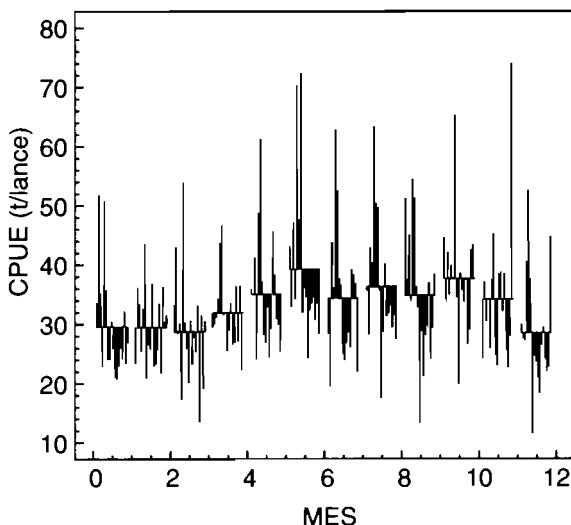


Figura 1  
Patrón de estacionalidad de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio no ponderada entre 1973 y 1989.

*Seasonal pattern of mean unweighted catch per unit of effort (CPUE) between 1973 and 1989.*

en gran medida al modo operativo de los chinchorros. Este arte (cuyas dimensiones varían de acuerdo al sector de pesca donde se opera, oscilando entre 170 y 1080 m de largo y entre 8 y 40 m de alto) no cierra por la parte inferior y una vez capturado el cardumen, se traslada o “remolca” con dos o más embarcaciones hacia zonas abrigadas de menor profundidad para el confinamiento de la captura. En este caso, el chinchorro puede permanecer calado varios días con el cardumen en su interior, hasta que se le retire la captura (Guzmán *et al.*, 1998 ; Huq, este vol.).

La masa promedio de los cardúmenes capturados puede relacionarse con la abundancia de la población si existe una relación funcional entre estas variables (Bakun, 1989; Fréon, 1989; Petitgas y Lévenez, 1996; Fréon y Misund, 1998). En el caso de la sardina de Venezuela, Guzmán *et al* (este volumen) discuten esta posibilidad y concluyen que se puede considerar la captura promedio por lance como índice de abundancia, a pesar de alguna incertidumbre al respecto.

Se observa una estacionalidad en los datos, tanto de los vientos (Aparicio y Contreras, este volumen), como de la pesquería, aunque menos evidente en este último caso, dado a una variabilidad interanual más marcada (Fig. 1). En consecuencia, se agruparon los datos de la manera siguiente (Tabla 1):

- “año pesquero  $i$ ”: de abril del año  $i$  hasta marzo del año  $i + 1$ ;
- “año ambiental  $i$ ”: de noviembre del año  $i-1$  hasta octubre del año  $i$ .

Las capturas de un año de pesca se obtuvieron por la suma de las observaciones de las cinco zonas de pesca durante 12 meses. La CPUE promedio anual es el valor promedio ponderado por mes y por zona de pesca, lo que se considera como el mejor índice de abundancia disponible (Guzmán *et al.* este volumen).

Los datos de viento fueron procesados en varias formas. En primer lugar, se computó la velocidad promedio durante los dos meses de intensidad máxima (marzo y abril) en cada una de las siete estaciones, con fines de estimar la variabilidad espacial del viento. Luego, se hicieron varios intentos para obtener un índice de afloramiento representativo.

Bakun (1973) considera el transporte horizontal superficial de Ekman como el mejor índice de surgencia costera inducida por el viento (ISCIV). En el Oriente de Venezuela, en primera aproximación parece lógico considerar una orientación Este-Oeste de la costa y usar la componente zonal del viento (Aparicio y Contreras, este volumen). Sin embargo, la línea de costa es bastante irregular al Oeste de la zona (Golfo de Cariaco y Golfo de Santa Fe) y al Norte se encuentran las Islas de Margarita, Coche y Cubagua, las cuales pueden favorecer afloramientos en distintos puntos de acuerdo a la dirección prevaleciente del viento (Este, Nor-Este o Sur-Este). Por ejemplo, en el Golfo de Cariaco no hay relaciones entre las fluctuaciones interanuales del ISCIV y las mediciones directas de surgencia a través de los cambios en los perfiles verticales de temperatura y nutrientes, y los lugares de afloramiento cambian de acuerdo a la dirección del viento (ver síntesis, éste volumen). Por lo tanto, se considera como índice de afloramiento ( $V_i$ ), un valor que corresponde a la integración, a lo largo del “año ambiental”  $i$ , de la velocidad del viento estimado suficiente para generar una surgencia significativa, de manera de integrar fuera de la temporada de vientos alisios los valores que pudiesen generar el fenómeno de surgencia:

$$V_i = (V_{i,j} - U) > 0; (V_{i+1,j} - U) > 0 \quad (1)$$

donde  $j$  representa el mes y  $U$  un umbral de velocidad escogido de manera arbitraria, levemente por debajo del valor promedio de velocidad del viento en la estación considerada:  $3,5 \text{ m s}^{-1}$  para Cumaná y  $4,8 \text{ m s}^{-1}$  para Punta de Piedras (este umbral elimina todos los datos estimados en el año ambiental 1985, y en 1986 los datos estimados contribuyen con solo 13% del valor promedio). No hay certeza acerca de la representatividad de este índice para todas las zonas, debido a las indicaciones de variabilidad espacial que veremos a continuación. Las demás series de datos disponibles no fueron usadas porque provienen de estaciones meteorológicas lejanas (La Orchila, Maiquetía, Güiria, Tobago) o no cubren un lapso de tiempo suficiente (Carúpano), además de la incertidumbre que tenemos acerca de la unidad de medición en dos de estas estaciones (Güiria y Carúpano).

Estos datos se procesaron por medio del sistema-experto CLIMPROD (Fréon *et al.*, 1993) y del algoritmo ACE (Alternating Conditional Expectation) de Breiman y Friedman (1985) en su última versión, la cual permite forzar la transformación de la variable dependiente para que resulte monotónica. Además, se tomó en cuenta las limitaciones de este algoritmo en caso de una serie limitada de datos (Fréon *et al.* 1992). CLIMPROD permite escoger un modelo global de producción incluyendo el efecto de una variable ambiental, ajusta este modelo, intenta una “validación estadística” por medio del método del jackknife (que permite estimar de manera poco sesgada los valores de  $r^2$ , y los intervalos de confianza de los parámetros), y presenta los resultados en forma gráfica y numérica. El algoritmo ACE nos da las representaciones gráficas de las transformaciones óptimas de las variables dependientes e independientes que permiten obtener el error cuadrático mínimo. Debido al bajo número de observaciones anuales usualmente disponible y a la ausencia de independencia entre *CPUE* y esfuerzo o entre capturas y esfuerzo, los coeficientes de determinación obtenidos con CLIMPROD en distintos stocks a nivel mundial resultan generalmente elevados y por lo tanto no se tomó en cuenta su valor absoluto.

## Resultados

La comparación de las siete series de datos de vientos promedios anuales o bimensuales de marzo y abril (meses de alisios más intensos) muestra correlaciones débiles o inexistentes (Fig. 2 y 3): las relaciones más consistentes se observan entre las estaciones más cercanas entre sí (Cumaná y Punta de Piedras; 50 Km), y las dos estaciones de Occidente (Maiquetía y La Orchila). Los valores de Güiria son mucho más bajos que en las demás estaciones en razón de su ubicación dentro del Golfo de Paria. Si no se toma en cuenta esta última estación, existe en casi todas las series una tendencia al

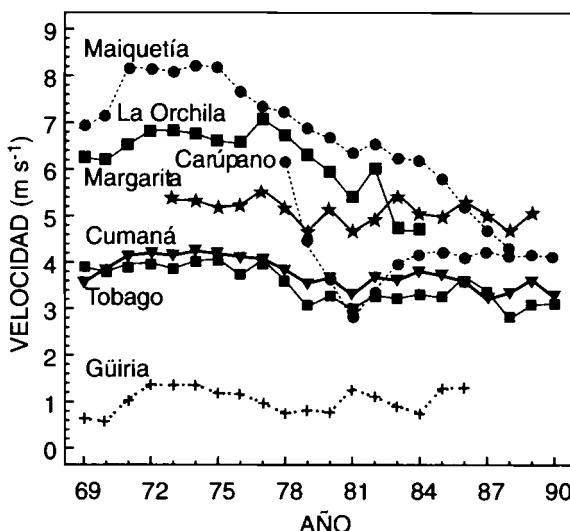


Figura 2

Series temporales de la velocidad anual promedio del viento en distintas estaciones meteorológicas costeras de Venezuela de 1969 hasta 1990 (valores de Carúpano y Güiria multiplicados por 0,514 a partir del 1/7/82 y del 1/11/84 respectivamente en razón de un cambio probable de unidad de medición; ver texto).

*Temporal series of average annual wind speed in different venezuelan coastal meteorological stations from 1969 to 1990 (values from Carupano and Güiria multiplied by a factor .514 from 07/01/82 and 11/1/84 respectively considering probable change of measurement unit; see text).*

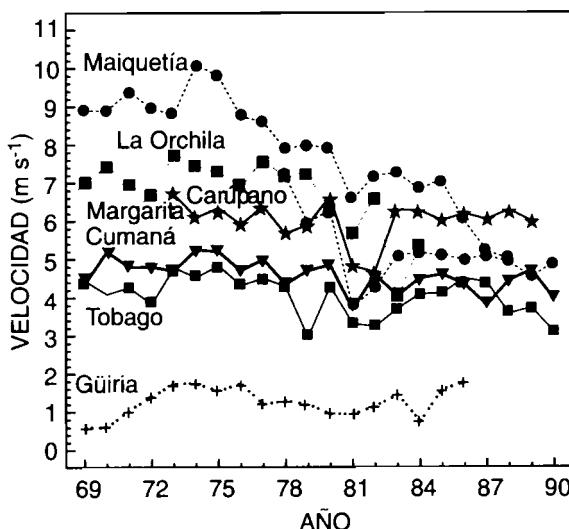


Figura 3

Serie temporal de la velocidad del viento en marzo-abril en varias estaciones meteorológicas costeras de Venezuela de 1969 hasta 1990 (valores de Carúpano y Güiria multiplicadas por 0,514 a partir del 1/7/82 y del 1/11/84 respectivamente en razón de un cambio probable de unidad de medición; ver texto).

March-April average annual wind speed at several Venezuelan coastal meteorological stations from 1969 to 1990 (values from Carúpano and Güiria multiplied by a factor .514 from 07/01/82 and 11/1/84 respectively, due to probable change of measurement unit; see text).

decaimiento de la intensidad del viento desde el final de los años 70, especialmente en la series de Maiquetía y La Orchila.

Usando CLIMPROD se consideró que la captura por lance representa un índice de abundancia, la validez de este premisa se discute más adelante. El número de clases de edad explotadas de manera significativa se considera igual a tres, el reclutamiento inferior a un año de edad (Mendoza *et al.*, este volumen) y la influencia de la surgencia entre el año cero (influencia a nivel de la maduración sexual) y el año tres. En este estudio se supone que el afloramiento es un factor de mayor importancia en las variaciones de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), y que esta influencia se ejerce tanto a nivel de abundancia como de capturabilidad; lo que no deja

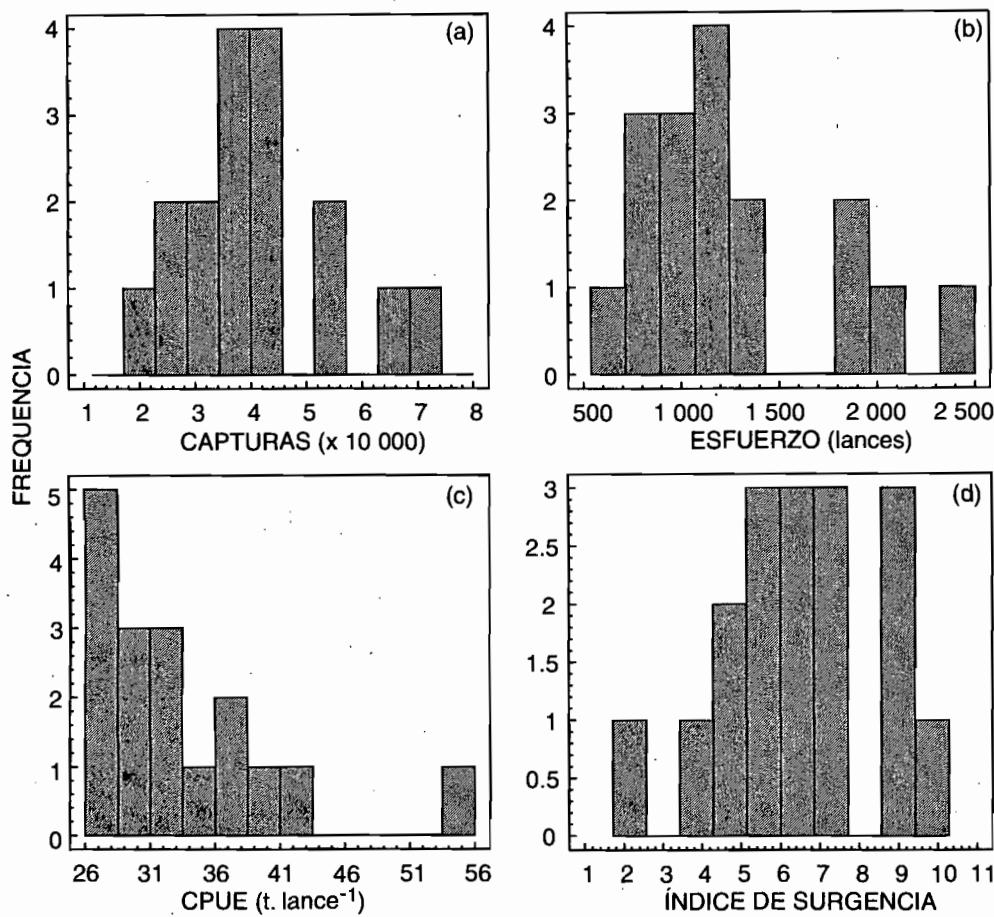


Figura 4

Histogramas de distribución de frecuencia de los valores de esfuerzo pesquero, captura, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por “año pesquero” e índice de surgencia por “año ambiental” entre 1973 y 1989 (ver texto).

*Frequency distribution histograms of fishing effort, catch and catch per unit of effort (CPUE) per “fishing year” and upwelling index per “environmental year” between 1973 and 1989 (see text).*

de ser una especulación producto del relativo desconocimiento al respecto en esta etapa de nuestro trabajo.

Los gráficos presentados por CLIMPROD (Fig. 4) muestran una distribución de las cuatro variables no demasiado alejada de una distribución normal, salvo para la *CPUE* cuya distribución es

asimétrica y presenta un punto relativamente excéntrico en el año 1977. La relación entre *CPUE* y esfuerzo parece exponencial negativa (esencialmente en razón de los altos valores de *CPUE* en 1977 y 1978), o por lo menos monotónica (Fig. 5a). La relación entre el índice de surgencia y los residuos de la precedente relación (figura no presentada) no es muy clara, pero también parecería ser monotónica. El modelo escogido por CLIMPROD fue entonces

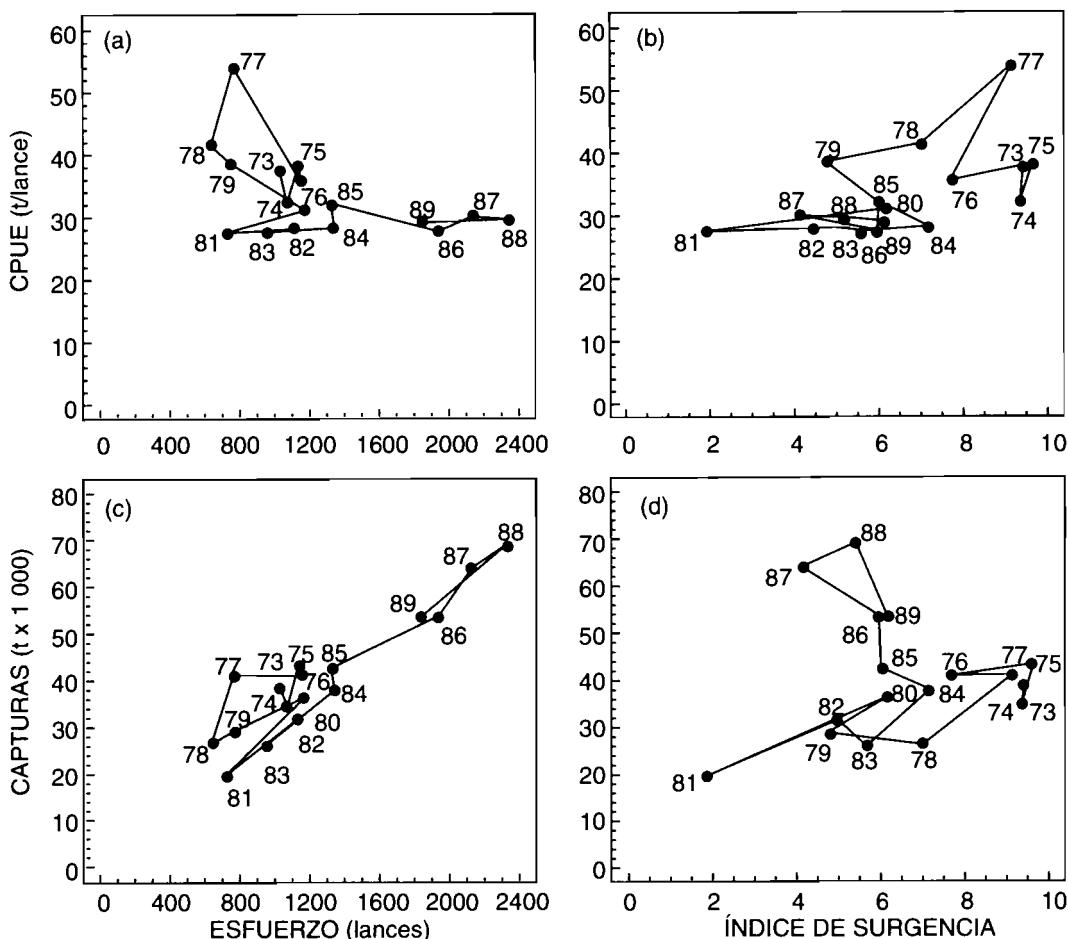


Figura 5

Relaciones bivariadas entre esfuerzo pesquero, captura por unidad de esfuerzo (*CPUE*) por “año pesquero”, capturas y el índice de surgencia por “año ambiental” entre 1973 y 1989.

*Bivariate relations between fishing effort, catch per unit of effort (CPUE) per “fishing year”, catch and upwelling index per “environmental year” between 1973 and 1989.*

una combinación entre un modelo exponencial de base  $e$  para el efecto del esfuerzo, y un modelo exponencial con un exponente estimado ( $d$ ) para el efecto del ambiente:

$$U_i = a\bar{V}^b \exp(c\bar{E}^d) \quad (2)$$

donde  $\bar{V}$  representa el índice de afloramiento promedio ponderado entre cuatro años ambientales y  $\bar{E}$  el esfuerzo pesquero ponderado entre tres años pesqueros. El coeficiente de determinación  $r^2$  es de 65% pero este modelo no fue validado por el método del jackknife. Usando este método se estimó en sólo 43% el valor no sesgado de  $r^2$  y se encontró que los valores de los coeficientes de regresión  $a$ ,  $b$  y  $d$  son significativamente diferentes de cero, pero no el coeficiente  $c$ , lo que sugiere que el esfuerzo pesquero no tiene efecto mayor sobre las  $CPUE$ , al contrario del índice de surgencia (Fig. 5b).

El algoritmo ACE aplicado a las variables  $\log CPUE_i$  (variable

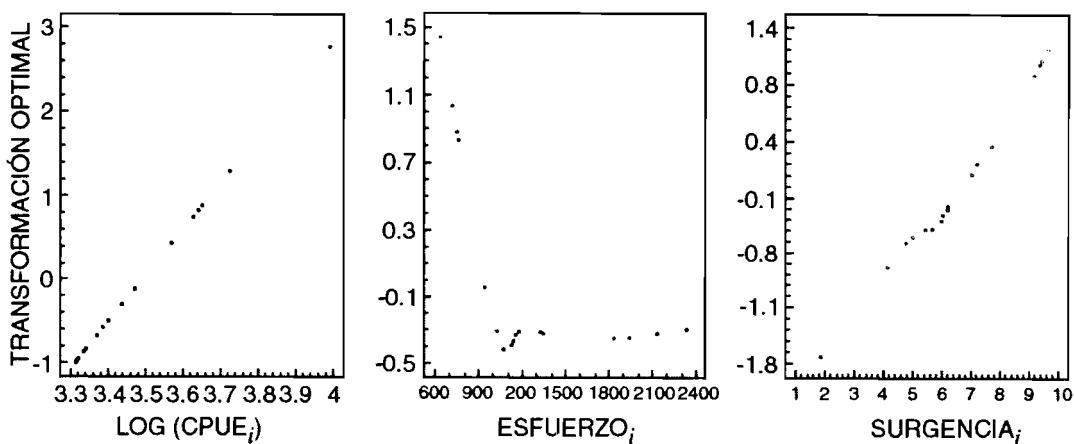


Figura 6

Transformaciones óptimas por el algoritmo ACE del logaritmo de la captura por unidad de esfuerzo ( $CPUE$ ) por "año pesquero" (variable dependiente), del esfuerzo por "año pesquero" y del índice de surgencia "año ambiental" (variables independientes), sin desplazamiento.

*ACE algorithm optimal unlagged transformations of logarithm of catch per unit of effort ( $CPUE$ ) per "fishing year" (dependent variable), of fishing effort per "fishing year" and of upwelling index per "environmental year" (independent variables).*

dependiente, año i),  $E_i$  y  $V_i$  (variables independientes año i) muestra transformaciones de tipo lineal creciente para  $CPUE_i$  y  $V_i$ , y de tipo no lineal decreciente para  $E_i$  (Fig. 6). Para esta última variable la contribución a la regresión (bajo rango de la transformación) es mucho menor que la de  $V_i$ , y la forma de la transformación se acerca a una función de tipo  $1/E_i$ . La forma  $1/E_i$  puede significar o bien una total independencia entre la captura  $C$  y el esfuerzo ( $C/E = f(1/E)$ ), que no es el caso, o bien que la relación entre estas dos variables no es parabólica, como es el caso usual, sino lineal con un origen distinto de cero, lo cual se evidencia en la figura 5c. Para verificar estos puntos aplicamos el algoritmo a la variable dependiente  $C_i$  (capturas en el año i), usando otra vez  $E_i$  y  $V_i$  como variables independientes (Fig. 7). En este caso todas las transformaciones son de tipo lineal creciente con una fuerte contribución de  $E_i$ , y el valor de  $r^2$  es de 95%. Sin embargo, se debe recordar que la unidad de esfuerzo corresponde más o menos al número de entregas de pescado a las plantas, y que por lo tanto no es independiente de las capturas.

Finalmente, se aplicó varias veces el ACE sobre  $C_i$  y dos, tres o

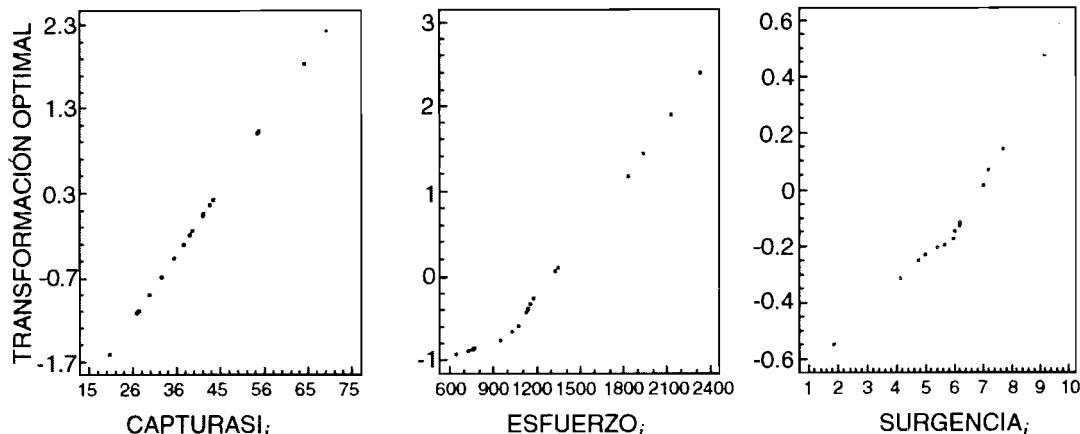


Figura 7

Transformaciones óptimas por el algoritmo ACE de la captura por “año pesquero” (variable dependiente), del esfuerzo por “año pesquero” y del índice de surgencia por “año ambiental” (variables independientes), sin desplazamiento. Se hicieron otros ensayos del ACE con desplazamiento (ver texto).

*ACE algorithm optimal unlagged transformations of catch per “fishing year” (dependent variable), of fishing effort per “fishing year” and of upwelling index per “environmental year” (independent variables). Lagged ACE trials were also performed (see text).*

Variable independiente	Coeficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de significación
CONSTANTE	-1.190,63	4 801,82	-0,248	0,8078
ESFUERZO <sub>i</sub>	25,35	2,14	11,855	0,0000
SURGENCIA <sub>i</sub>	1.502,07	517,54	2,902	0,0116
$R^2 = 91,0\%$ $R^2$ (ajustado por los 16 grados de libertad) = 89,7% Coeficiente de skewness de los residuos = 0,50 Coeficiente de kurtosis = 1,63 Coeficiente de autocorrelación de los residuos = 0,183 Prueba de Durbin-Watson = 1,630				

■ Tabla 2

Resultado de la regresión lineal múltiple entre las capturas por “año de pesca” (variable dependiente), el esfuerzo durante un “año de pesca” y el índice de surgencia durante un “año ambiental” (variables independientes).

*Results of multiple lineal regression analysis between catch per “fishing year” (dependent variable), fishing effort during a “fishing year” and upwelling index during an “environmental year” (independent variables).*

cuatro de las siguientes variables independientes, combinadas en distintas formas y suponiendo un efecto retrasado del esfuerzo y/o del índice de afloramiento:  $V_i$ ,  $V_{i-1}$ ,  $V_{i-2}$  y  $E_i$ ,  $E_{i-1}$ ,  $E_{i-2}$ . Los resultados (no presentados) indican que los efectos mayores de  $E$  y de  $V$  no exhiben retraso. Sin embargo se nota también unas transformaciones lineales de  $V_{i-2}$ , pero con una baja contribución, mientras las transformaciones de  $V_{i-1}$ ,  $E_{i-1}$  y de  $E_{i-2}$  no tienen formas interpretables o más bien tienen una contribución casi nula. Este resultado puede ser indicativo de que la masa capturada por lance no es un buen índice de abundancia en el caso de esta pesquería.

En consecuencia, en lugar de usar un modelo global de producción se calculó una regresión lineal múltiple de la forma:

$$C_i = a + bE_i + cV_i \quad (3)$$

El coeficiente de determinación es 90% y los tres coeficientes de regresión son diferentes de zero de manera significativa ( $p < 0,05$ ). Varias pruebas estadísticas indican que esta regresión es válida (análisis de varianza, análisis de los residuos; ver tabla 2 y figura 8). Sin embargo, se debe recordar que esta regresión no es un verdadero modelo que pueda ser usado para la evaluación del stock.

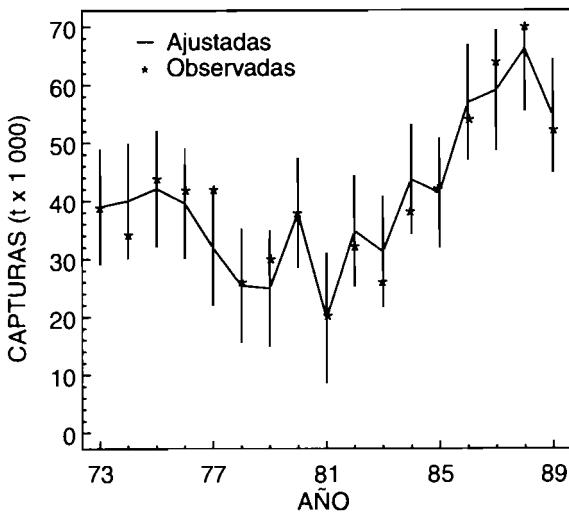


Figura 8

Series temporales de capturas por “año pesquero” observadas y ajustadas por la regresión múltiple considerando el esfuerzo por “año pesquero” y el índice de surgencia por “año ambiental” como variables independientes; las barras verticales representan el intervalo de confianza de las predicciones a 95%.

*Temporal series of catch per “fishing year” observed and adjusted by multiple regression using fishing effort per “fishing year” and upwelling index per “environmental year” as independent variables; vertical bars represent 95% confidence intervals of predicted values.*

## ■ Discusión

Se considera que la unidad de esfuerzo nominal presenta poca tendencia en el tiempo, dado que el arte de pesca y las embarcaciones no cambiaron mucho durante el período de estudio, sino en la zona de Carúpano donde se usaron artes más eficientes resultando en un aumento significativo del esfuerzo desde 1984 (Guzmán *et al.*, este volumen). Lo anterior tiene como consecuencia una sobreestimación de la CPUE en los últimos años. Por otra parte, la imposibilidad de obtener una unidad de esfuerzo tomando en cuenta el tiempo de búsqueda de los cardúmenes es un factor limitante del análisis (ver Guzmán *et al.*, este volumen, para una discusión al respecto).

Si se considera que el stock de sardina del oriente venezolano está sub-expLOTado, es normal tener una relación casi lineal y creciente entre capturas y esfuerzo porque los datos están ubicados en la parte izquierda de la parábola de producción. En tal caso, los modelos globales no son capaces de determinar el punto de inflexión de esta parábola (correspondiente a la captura máxima sostenible, *MSY*) o la subestiman. En el caso de modelos incluyendo una variable climática el problema es de la misma naturaleza (Fréon, 1986). Esto podría explicar el valor no significativo del parámetro *c* del modelo de producción escogido por CLIMPROD (ecuación 2). No obstante, otra interpretación podría ser que la captura por lance no es un índice de abundancia válido en esta pesquería por un motivo biológico o técnico que traería como consecuencia una falta de relación lineal entre dicho índice y la abundancia. El motivo biológico puede ser que la disminución de abundancia se traduzca principalmente en una disminución del número de cardúmenes y no en su masa o tamaño promedio. El motivo técnico puede ser la selección por los pescadores de cardúmenes de talla óptima para la venta o la captura parcial de cardúmenes muy grandes. Sin embargo, se debe notar que si tal selección existe debería atañer principalmente a los cardúmenes pequeños, pues el modo de pesca y de venta permite la captura de cardúmenes muy grandes, hasta 200 toneladas, sin saturación de la unidad de pesca. En tal caso, la forma  $1/E_i$  de la transformación óptima del esfuerzo por el algoritmo ACE podría resultar en un sesgo en la estimación del tamaño promedio de los cardúmenes a través de la captura por lance: cuando en promedio el tamaño es inferior a un cierto umbral, los pescadores seleccionarían los cardúmenes más grandes que quedan disponibles en la zona. Pero es posible que los pescadores venezolanos, al igual que lo observado en Senegal (Fréon, 1989), cambien este umbral de acuerdo a los cambios en la abundancia. En este caso, incluso si la variación de biomasa se traduce exclusivamente en una disminución del número de cardúmenes y no de su masa promedio, este fenómeno de selección con umbral variable llevaría a una relación positiva entre abundancia y masa promedio de los cardúmenes capturados.

El valor elevado (90%) del coeficiente de determinación de la regresión múltiple entre la captura, el esfuerzo y el índice de surgencia (ecuación 3), no se puede considerar como prueba de la

validez de la regresión porque la relación entre captura y esfuerzo es trivial, en particular cuando la unidad de esfuerzo usada no permite observar esfuerzo sin capturas, al contrario de las unidades convencionales. Sin embargo, esta regresión permite confirmar la influencia positiva del índice de surgencia, cuyo coeficiente de regresión es significativo ( $p = 0,012$ ). La relación encontrada entre la *CPUE* promedio de un año pesquero y el índice de surgencia durante un año ambiental es sin desfase. Sin embargo esto no significa necesariamente un efecto del ambiente únicamente sobre la capturabilidad, por las siguientes razones: por un lado existe en nuestro juego de datos un desfase de cinco meses entre el año ambiental y el año de pesca, lo cual permite una posible influencia de la surgencia sobre la mortalidad natural y la tasa de crecimiento, por otro lado hemos comprobado que no había relación directa entre la *CPUE* mensual y la velocidad del viento, ni siquiera entre las anomalías de estas dos variables. Contrario a lo observado en relación a la *CPUE*, Trujillo (1980) señaló una aparente relación negativa sin desfase entre la captura mensual en el Golfo de Cariaco y la velocidad del viento en Cumaná de 1968 a 1977. Esta relación inversa no se observa en los datos de los años siguientes, tanto a nivel del Golfo como en las demás zonas de pesca. Tampoco se encontró relaciones entre el esfuerzo y la velocidad del viento a escala mensual ( $r = 0,09$ ).

Este desfase en el efecto positivo del viento a corto plazo sobre el índice de abundancia, significa que el efecto del ambiente no correspondería a una reacción inmediata de los cardúmenes a los cambios físicos del ambiente (temperatura, turbidez, corriente), sino mas bien a una respuesta a la abundancia de presas (plancton) que podría influir sobre el tamaño de los cardúmenes. En caso de fuerte abundancia planctónica la competencia entre los individuos dentro del cardumen disminuye, sobre todo en la parte posterior del mismo, lo que permite la formación de grandes cardúmenes sin mayores inconvenientes. En fin, se debe recordar que el bajo nivel de significación estadística de la relación con retraso a largo plazo (dos o tres años) entre el índice de surgencia y la *CPUE* no significa necesariamente una ausencia de influencia sobre el reclutamiento; esta influencia podría estar enmascarada por una interacción entre los efectos de la surgencia y del caudal del Orinoco (Fréon *et al.*, este volumen).

## Conclusión

Estos resultados tienen que ser comprobados una vez sean mejor conocidos los factores potenciales de variabilidad en la pesquería: período crítico de la influencia del afloramiento (reproducción, larvas, juveniles, post-reclutas), tipo de influencia del ambiente (mortalidad natural, crecimiento, capturabilidad), aspectos técnicos y socioeconómicos, etc.

A pesar de estas limitaciones, los resultados, basados en los datos disponibles, no indican que el stock se encuentra sobreexplotado (por lo menos hasta el año 1989) e indican que la intensidad de la surgencia influye notablemente sobre la captura en los meses siguientes, aunque se desconoce el mecanismo exacto. La hipótesis más probable es un aumento del tamaño de los cardúmenes en los años de fuerte surgencia debida a una mayor abundancia de plancton. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de un efecto con retraso de la surgencia, la cual podría también actuar sobre el reclutamiento y/o después, influir sobre las tasas de mortalidad natural y de crecimiento.

## Referencias

- ANDERSON, J. T., 1988 — A review of size dependent survival during the period of pre-recruit stages of fish in relation to recruitment. *J. NW. Atl. Fish. Sci.* 8: 55–66
- APARICIO CASTRO R. y CONTRERAS R. (este volumen) — Índices de surgencia costera inducida por el viento para la región nor-oriental de Venezuela.
- BAKUN A., 1973 — *Coastal upwelling indices, west coast of North America*,
- 1946–1971. U.S. Dept. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-671: 103 p.
- BAKUN, A., 1985 — *Comparative studies and the recruitment problem: searching for generalizations*. Rep. Calif. coop. oceanic Fish Invest., 26: 30–40.
- BAKUN, A., 1989 — Mechanisms for density-dependent growth in Peruvian anchoveta: alternatives to impact on the regional-scale food

- supply. In: Pauly D., Muck P. MENDO J. and TSUKAYAMA I., *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*: 235–243.
- BAKUN A. y PARRISH, R. H., 1980 — Environmental inputs to fishery population models for eastern boundary current regions, p. 67–104. In: Sharp G.D. (rapporteur). Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes. Intergovernmental Oceanographic Commission. Rep. 28: 323 p.
- BREIMAN L. y FRIEDMAN J. H., 1985 — Estimating optimal transformation for multiple regression and correlation. *J. Am. Stat. Assoc.* 80: 580–619.
- CÁRDENAS, J., (este volumen) — Distribución y cuantificación de la biomasa ictica del mar nororiental Venezolano, con enfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos.
- CSIRKE, J. y SHARP, G. D. (Eds), 1983 — Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fish. Rep. 291(3): 1047–1064.
- CURY, Ph. y ROY, C. 1987 — Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire: une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10 (3): 347–357.
- CURY, Ph. et ROY, C. (Eds), 1991 — *Pêches Ouest-Africaines: variabilité, instabilité et changements*. Paris, Orstom: 525 p.
- DIE, D. J., RESTREPO, V. R. y FOX, W. W. J., 1990 — Equilibrium production models that incorporate fished area. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 19 (3): 445–454.
- FRÉON P., 1983 — Production models as applied to sub-stocks depending on upwelling fluctuations. In: Sharp G. D. and Csirke J. (ed.). *Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources*. FAO Fish. Rep. 291 (3): 1027–1064.
- FRÉON P. 1986 — *Introduction of environmental variables into global production models*. In: Long Term Changes in Marine Fishes Populations, Wyatt and M.G. Larrañeta (eds). Vigo, 18–21 nov. 1986: 481–526.
- FRÉON P. y ANS L. (este volumen) — Comparación de datos eólicos de las estaciones meteorológicas costeras con datos marítimos de oportunidad.
- 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. 1989 — *Seasonal and interannual variations of the mean catch per set in the senegalese sardine fisheries: fish behaviour or fishing strategy?* In: Long-term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment. Kawasaki, T., Tanaka, S., Toba, Y. and Taniguchi, A. (Eds). Pergamon Press: 135–145.
- FRÉON, P. y MISUND, O. A. 1998 — *Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment*. Fishing News Books, Blackwell, London: 348 p.
- FRÉON, P., MULLON, C. et 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., KATTABI M., MENDOZA J. y GUZMÁN R. (este volumen) — Una estrategia de reproductiva inesperada: el caso del ciclo de vida de Sardinella aurita de las costas de

Venezuela y sus relaciones con la  
surgencia costera.

GRIFFITHS R. C. y SIMPSON G., 1968  
— *The present status of the sardine  
and tuna fisheries of Venezuela.*  
*Proceedings of the 20th annual  
session of the Gulf and Caribbean  
Fisheries Institute, University of  
Miami.* 159–177.

GUZMÁN, R., FRÉON, P. y MENDOZA, J.  
(este volumen) — La pesquería de  
sardina el Oriente de Venezuela, su  
variabilidad espacio-temporal período  
1973–1989.

GUZMÁN, R., GÓMEZ, G. y PENOTT, M.  
1998 — Aspectos biológicos y  
pesquería de la sardina (*Sardinella  
aurita*) en el golfo de Cariaco,  
Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 16(2):  
149–162.

HUA M. F. (este volumen) — Estado  
del conocimiento biológico pesquero  
de la sardina (*Sardinella aurita*,  
Valenciennes, 1847) en el oriente de  
Venezuela.

HUTCHINGS, L. 1992 — Fish harvesting  
in a variable, productive environment  
— searching for rules or searching for  
exceptions? *S. Afr. J. mar. Sci.* 12:  
297–318.

KAWASAKI, T., TANAKA, S., TOBA, Y. and  
TANIGUCHI, A. (Eds) 1990 —  
*Long-term Variability of Pelagic Fish  
Populations and their Environment.*  
Pergamon Press: 402 p.

LALOË F., 1988 — Un modèle global  
avec quantité de biomasse  
inaccessible liée aux conditions  
environnementales: application aux  
données de la pêche ivoiro-  
ghanéenne de *Sardinella aurita*.  
*Aquatic Living Ressources* 1: 289–298.

MARTIN F. S. y GONZALEZ G. G., 1960  
— Observaciones y notas sobre la  
explotación de la sardina  
*Clupanodon pseudohispanicus*  
(Poey), in Venezuela. *Proceedings of*

*the world scientific meeting on the  
biology of sardines and related  
species. FAO:* 855–876.

MENDEZ-AROCHA A., 1963 — *La  
pesca en Margarita.* Fundacion La  
Salle de Cienc. Nat., ser.  
Monografias, 7: 267 p.

MENDOZA, J., P. FRÉON y GUZMÁN R.  
(este vol.). Estimaciones de  
crecimiento, mortalidad y biomasa  
explotada de la sardina (*Sardinella  
aurita*) en el oriente Venezolano por  
medio de frecuencias de longitudes.

NELSON W. R., INGHAM M. C. y SCHAAF  
W. E., 1977 — Larval transport and  
year-class strength of atlantic  
menhaden, *Brevoortia tyrannus. Fish.  
Bull. (U.S.)* 75 (1): 23–41.

PARRISH R. H. y MACCALL A., 1978 —  
*Climatic variation and exploitation in  
the pacific mackerel fishery.* Calif.  
Dept. Fish and Game, *Fish Bull.*,  
167: 110 p.

PARRISH R. H., BAKUN A., HUSBY D. M.  
y NELSON C. S., 1983 — Comparative  
climatology for selected environmental  
processes in relation to eastern  
boundary current pelagic fish repro-  
duction. In:  
Sharp G. D. and Csirke J. (ed.).  
*Proceedings of the expert  
consultation to examine changes in  
abundance and species composition  
of neritic fish resources:* 731–777.  
*FAO Fish. Rep.* 291 (3): 557–1224.

PAULY D. y TSUKAYAMA I. (Eds) 1987 —  
*The Peruvian anchoveta and its  
upwelling ecosystem: three decade  
of changes. ICLARM studies and  
reviews* 15: 351 p.

PAYNE A. I. L., Brink K.H, Mann K.H. y  
Hilborn, H. (Eds) 1992 — Benguela  
Trophic Functioning. *S. Afr. J. mar.  
Sci.* 12.

PETITGAS, P. y LEVENEZ, J. J. 1996 —  
Spatial organization of pelagic fish:  
Echogram structure, spatio-temporal  
condition, and biomass in

Senegalese waters. *ICES J. Mar. Sci.* 53: 147–153.

TRUJILLO H. 1980 — *Fluctuaciones de la velocidad y dirección de los vientos y su relación con las variaciones mensuales de las capturas y producción potencial de sardina (Sardinella anchovia)*.

Informe Técnico Ministerio Agricultura y Cria 77: 26 p.

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.



# Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa explotada de la sardina (*Sardinella aurita*) en el oriente Venezolano por medio de frecuencias de longitudes

**Jeremy Mendoza**  
Biólogo pesquero

**Pierre Fréon**  
Ecólogo pesquero

**Ramón Guzmán**  
Biólogo pesquero

## ■ Introducción

La sardina *Sardinella aurita* representa la pesquería más importante en volúmenes de desembarques realizada en aguas venezolanas. Las cifras oficiales de producción del Ministerio de Agricultura y Cría señalan que para el año 1989 se desembarcaron un total de aproximadamente 53 000 toneladas. Mientras que, para el año 1988 se alcanzó la cifra récord de 80 000 toneladas. Esta pesquería se desarrolla exclusivamente en la región nororiental del país, particularmente en aguas de los Edos. Nueva Esparta y Sucre. El medio de explotación es de naturaleza fundamentalmente artesanal, por medio de peñeros y lanchas, utilizando “chinchorros sardineros” en áreas cercanas a la zona litoral (Guzmán *et al.*, este volumen).

A pesar de los conocimientos adquiridos en Venezuela sobre este recurso, existe bastante información acumulada a lo largo de los años que no ha sido exhaustivamente analizada, en particular, la serie histórica de datos de frecuencia de tallas, que cubre el período desde 1957 hasta el presente. En este estudio presentaremos el análisis de estos datos, con miras a realizar estimados de crecimiento, mortalidad, reclutamiento y niveles de biomasa disponibles en el área bajo influencia de la pesquería.

## ■ Materiales y Métodos

La base de datos del presente estudio está conformada por las distribuciones de frecuencias de tallas recolectadas desde los inicios de los estudios sobre esta pesquería, originalmente por la Oficina Nacional de Pesca del Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), y luego continuada por el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). El período de estudio comprende la información recolectada entre 1967 y 1989. Sin embargo, debido a la variabilidad en la calidad de la información, sólo el período 1976–1989 fue usado para los estimados de mortalidad por pesca, reclutamiento y biomasa (Tabla 1), mientras el crecimiento fue estimado a partir de toda la serie de datos. Las estimaciones de crecimiento, mortalidad, reclutamiento y biomasa disponible en el área de la pesquería se realizaron utilizando el programa de análisis de frecuencias de longitudes ELEFAN (Gayanilo *et al.*, 1989).

### *Crecimiento*

Para el estudio del crecimiento se utilizó fundamentalmente la técnica de análisis de progresiones modales. En primer lugar, se procedió a la descomposición de las frecuencias de tallas por medio del método de Battacharya (1967). Seguidamente, se identificaron, para cada año por separado, las progresiones modales que se pensó eran atribuibles al crecimiento. Luego, se procedió a estimar inicialmente los parámetros de crecimiento ( $L_\infty$  y  $K$ ) por medio del

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOT.
AÑO													
1967	70	0	0	0	278	575	402	987	800	1 124	885	543	5 664
1968	92	535	451	462	265	366	470	400	241	466	397	0	4 145
1969	358	320	108	0	0	0	0	0	0	224	0	0	1 010
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	102	436	88	409	100	495	298	1 928
1972	89	200	94	0	95	200	199	99	99	199	0	98	1 372
1973	0	0	310	139	204	99	325	226	120	413	69	237	2 142
1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1975	172	0	0	0	0	0	0	386	496	602	400	94	2 150
1976	192	100	693	0	908	896	399	200	799	199	701	0	5 087
1977	296	360	434	466	1 363	1 400	700	1 377	1 200	500	197	186	8 569
1978	0	196	297	97	798	200	500	385	398	97	0	0	2 968
1979	396	600	688	297	1 200	296	200	499	101	400	0	183	4 860
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	636	0	100	200	200	500	496	0	0	298	200	0	2 630
1982	300	971	800	750	397	898	1 000	775	881	499	500	198	7 879
1983	0	0	399	399	399	296	499	799	1 194	499	498	0	4 982
1984	300	588	398	0	687	699	598	600	599	200	498	0	5 167
1985	599	500	400	500	300	398	580	400	596	399	799	100	5 571
1986	597	599	798	796	299	685	599	397	700	600	398	599	7 067
1987	299	499	548	590	499	400	400	296	797	599	499	399	5 825
1988	298	500	599	600	699	897	300	99	398	295	100	199	4 984
1989	399	297	299	359	397	40	297	500	98	0	0	0	3 046

■ Tabla 1

Número de peces muestreados por mes y por año (1967–1989); el muestreo unitario varía entre 60 y 100 peces.

*Number of fish sampled per month and per year (1967–1989); elementary sample size varies from 60 to 100 fish.*

Método de Gulland y Holt (1959). En algunos casos de obtenerse valores poco realistas, se procedió a estimar  $L_\infty$  por el método de Powell-Wetherall (Wetherall *et al.* 1987) y ajustar el valor de  $K$  por el método de Munro (1982). Por último, dentro de ciertos límites establecidos en función de los resultados obtenidos en los pasos anteriores, se procedió a utilizar la técnica de superficie de respuesta de ELEFAN para tratar de optimizar las estimaciones de los parámetros de crecimiento. Es importante subrayar que los estimados correspondientes al período 1967–1989 se obtuvieron por medio de las progresiones modales de las diferentes cohortes presentes en cada uno de los años. Para tomar en cuenta la covarianza entre  $L_\infty$  y  $K$ , se calculó el índice de crecimiento  $\phi'$  (Munro y Pauly, 1983).

### *Mortalidad y Biomasa*

La ecuación empírica de Pauly (1980) permitió establecer un estimado de la mortalidad natural  $M$ . Siguiendo la sugerencia de Pauly (op. cit.) en relación a especies pelágicas formadoras de cardúmenes, los valores obtenidos fueron corregidos utilizando un factor de 0,8.

Los estimados de biomasa y mortalidad por pesca se obtuvieron por medio del análisis de población virtual para intervalos de tiempo desiguales desarrollado por J.G. Pope (Pauly y Tsukayama, 1983). En esta técnica las ecuaciones de captura se generalizan de la siguiente manera:

$$N_i + \Delta_i/C_i = Z_i * \exp(Z_i * \Delta_i)/F_i * (1 - \exp(-Z_i * \Delta_i)) \quad (1)$$

donde:

$$\Delta_i = 1/K * \ln [(L_\infty - L_1)/(L_\infty - L_2)] \quad (2)$$

$L_1$  y  $L_2$  representan los límites inferior y superior de un intervalo de talla respectivamente.

Al igual que en la VPA tradicional (por edades) el número de individuos presentes en el grupo terminal se estima por:

$$N_t = C_t * Z_t/F_t \quad (3)$$

En la versión utilizada, se usan datos mensuales de frecuencias de

tallas y capturas. Las diferentes “cohorte” se obtienen al sobreponer curvas de crecimiento generadas mensualmente que “cortan” a través de las distribuciones de tallas (Fig. 1). En ésta primera aproximación se utilizó una curva única de crecimiento obtenida del promedio para el período 1976–1989. Por otra parte, es importante señalar que los estimados de reclutamiento y biomasa se efectúan sobre series máximas de cinco años (60 meses). Por lo tanto, la serie de datos fue dividida en tres bloques de cinco años (1975–1979, 1979–1983, 1983–1987) y un bloque de tres años (1987–1989). El solapamiento de los años finales e iniciales de las series evita la subestimación de los estimados de reclutamiento y biomasa, al utilizarse los años finales para los valores de biomasa y

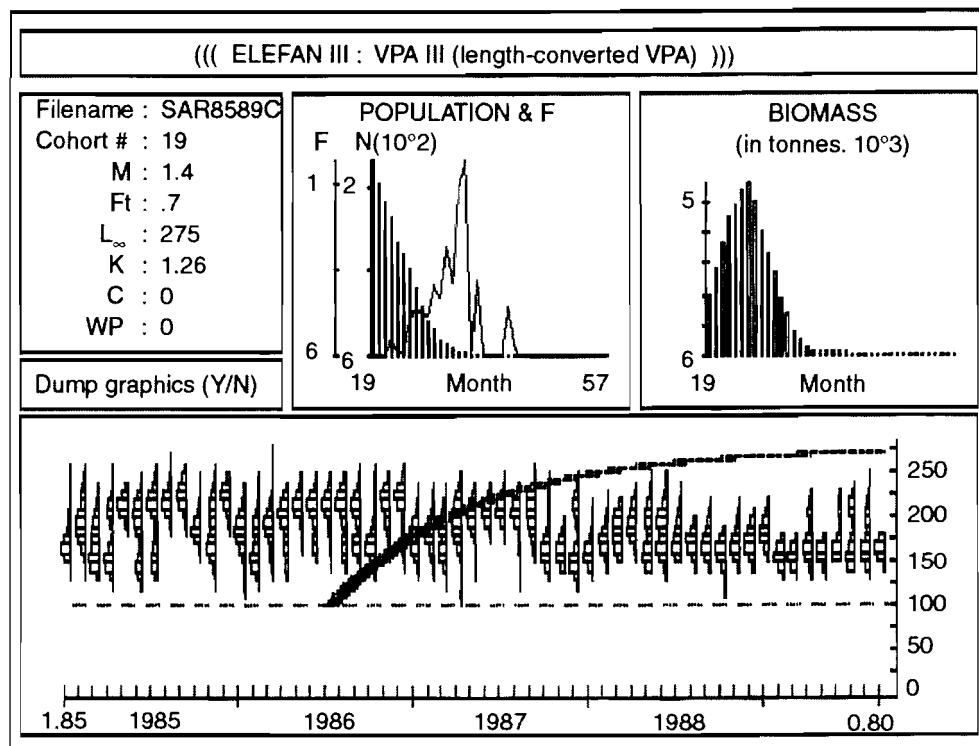


Figura 1

Ejemplo de Análisis de Población Virtual estructurada por longitudes para datos mensuales.

*Example of length structured Virtual Population Analysis for monthly data.*

los iniciales para los estimados de reclutamiento. De esta forma se logra obtener valores mensuales del número de individuos, biomasa y mortalidad por pesca. Estos valores son producto de la integración de los estimados obtenidos para cada una de las "cohorte" presentes en un mes dado. El número de individuos presentes al inicio de cada cohorte representa una estimación del reclutamiento a los 10 cm de longitud total para el respectivo mes. El valor de  $F$ , se obtuvo asumiendo que en el área de la pesquería la tasa de explotación ( $E$ ) del grupo terminal era de 0,33 en todos los casos. La transformación de los datos de longitud en peso se efectuó utilizando la relación talla-peso presentada por González (1985).

Es preciso señalar que, si bien los datos de capturas representan una serie completa para el período 1976–1989, no ocurre lo mismo con los datos de frecuencias de tallas (Tabla 1). Para subsanar este problema se procedió a interpolar los datos de los meses ausentes utilizando los meses más próximos equidistantes. Por otro lado, para el año 1980 durante el cual no se realizaron muestreos, se utilizó el valor promedio de los meses correspondientes de 1979 y 1981.

## ■ Resultados

En la tabla 2 se presentan los estimados de crecimiento ( $L_\infty$  y  $K$ ) para los años del estudio. El valor promedio obtenido para los parámetros  $L_\infty$  y  $K$  de la ecuación de von Bertalanffy fueron, respectivamente, de 266 mm de longitud total y 1,26 sobre la base anual. Se obtuvieron indicios de estacionalidad del crecimiento, los cuales indicaban que los incrementos de talla se reducían en el tercer y cuarto trimestres. La longitud de 100 mm, utilizada como talla al reclutamiento en la pesquería, se alcanza alrededor de los seis meses de edad relativa (Fig. 2), mientras que la talla de primera madurez sexual (Fréon *et al.*, este volumen a) se presenta alrededor del año de edad. La mayor parte del crecimiento se desarrolla en los tres primeros años de vida y especialmente durante los dos primeros.

En lo que se refiere a la evolución del índice de crecimiento  $\phi'$  durante el período de estudio (Tabla 2), no aparece una tendencia

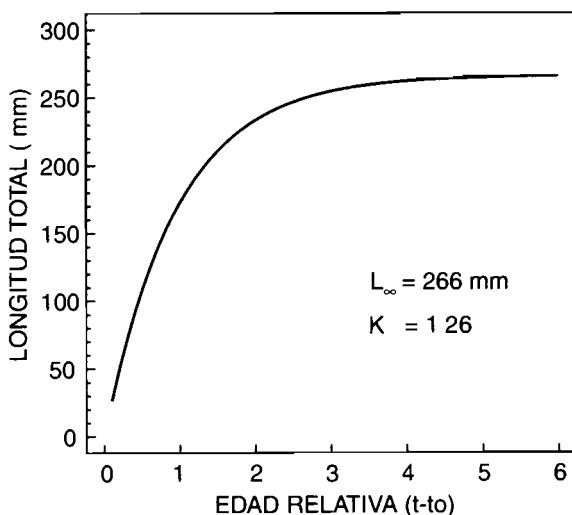


Figura 2  
Curva de crecimiento de von  
Bertalanffy (promedio  
1967–1989) para la sardina  
del oriente venezolano.

*Von Bertalanffy growth curve  
(mean 1967–1989) for north-  
eastern Venezuelan  
Sardinella aurita.*

Años	$L_{\infty}$ (mm.)	$K$ (Año <sup>-1</sup> )	$\Phi'$
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
Prom.	266	1,26	4,94
Valores de $\Phi'$ calculados de $\Phi' = \log K + 2 * \log L_{\infty}$ (Munro y Pauly, 1983).			

Tabla 2  
Estimados de los parámetros  
de crecimiento para  
Sardinella aurita en el oriente  
de Venezuela (1967–1989).

*Estimates of growth  
parameters for Sardinella  
aurita in Eastern Venezuela  
(1967–1989).*

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOT.
AÑO													
1976	149,6	113,1	140,5	193,5	198,8	142,3	109,0	107,8	124,5	158,7	208,3	246,2	1 892,3
1977	234,2	180,7	132,8	93,5	60,8	48,2	33,0	50,8	107,4	169,8	173,9	143,1	1 428,2
1978	122,4	101,2	86,6	59,2	66,8	53,0	67,8	62,8	81,8	134,9	194,2	221,5	1 252,2
1979	193,5	153,1	159,8	167,9	66,4	44,9	30,2	33,7	61,9	120,5	176,2	232,0	1 440,1
1980	196,9	216,2	196,6	178,3	154,4	121,8	79,5	44,9	34,5	35,1	50,4	76,7	1 385,3
1981	133,8	105,4	79,7	72,8	67,4	74,1	93,3	125,0	178,0	236,3	262,9	256,6	1 685,3
1982	198,6	110,4	61,7	47,0	41,9	43,2	44,4	49,6	58,8	67,4	76,3	77,9	877,2
1983	87,3	86,6	119,0	152,5	172,8	151,9	124,0	112,5	98,8	91,4	100,9	119,5	1 417,2
1984	119,5	130,1	148,4	169,6	194,2	223,0	248,5	254,7	274,4	221,4	193,1	189,6	2 366,5
1985	113,6	122,4	152,4	177,6	209,8	247,0	275,3	258,2	234,3	197,9	180,1	137,8	2 306,4
1986	109,5	105,9	128,6	166,2	192,2	221,9	255,8	266,3	249,4	214,8	187,7	106,0	2 204,3
1987	72,7	71,2	93,7	126,2	182,8	278,3	348,5	359,1	375,9	282,0	162,5	129,0	2 481,9
1988	197,6	244,1	248,6	280,0	344,7	351,7	374,1	313,4	426,6	532,7	649,0	597,7	4 560,2
1989	486,1	296,3	614,7	1 172,8	1 067,2	244,6	—	—	—	—	—	—	—
Promed.	172,5	145,5	168,8	218,4	215,7	160,4	160,3	156,8	177,4	189,5	201,2	194,9	1 945,9

■ Tabla 3

Estimados del Reclutamiento por mes y por año para *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela (Reclutamiento en millones)

*Recruitment estimates per month and per year for Sardinella aurita in Eastern Venezuela (recruitment in millions of individuals).*

en la evolución de éste índice entre 1967 y 1989. Sin embargo, cabe destacar el aumento casi continuo observado entre 1967 y 1975, y el descenso marcado entre éste último año y 1981. Asimismo, aparecen períodos de relativa estabilidad tales como: 1977–1979 y 1984–1987.

En cuanto a la mortalidad natural obtenida en este trabajo, el valor promedio estimado fue de 1,4.

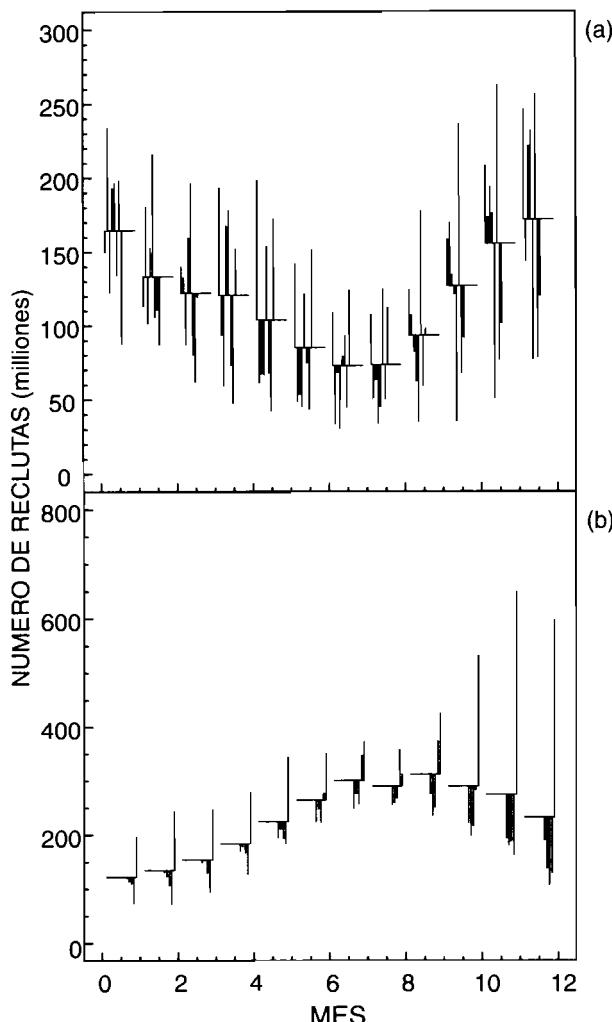


Figura 3  
Estacionalidad del  
reclutamiento. a) Período  
1976–1983. b) Período  
1984–1988.

*Recruitment seasonality.*  
a) *Period 1976–1983.*  
b) *Period 1984–1988.*

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promed.
AÑO													
1976	14,7	18,7	22,4	25,6	28,6	31,4	31,1	28,6	25,6	22,3	21,6	22,5	24,4
1977	24,6	26,4	30,2	34,1	35	34,3	29,1	23,7	16,3	14,3	13,9	16,8	24,9
1978	16,1	16,9	18,2	17,8	16,2	13,4	11,4	10,1	9,2	9,2	11,1	13,6	13,6
1979	17,3	18,3	21,5	20,8	21,6	19,2	17,5	16,7	13,8	14,1	13,6	14,8	17,4
1980	18,7	23,2	20,4	22,2	23,2	24,6	25	24,4	22,0	20,6	18,3	17,3	21,7
1981	9,5	10,2	11,6	12,3	11,7	11,5	11,5	9,8	12,0	16,2	20,3	26,1	13,6
1982	31,6	35	35,8	35,7	34,6	32,5	30,2	27,8	25,6	23,8	22,7	21,6	29,7
1983	21,4	21,4	22,0	21,8	22,8	25,1	27,3	28,1	28,1	28	27,9	27,5	25,1
1984	28,5	29,5	31,5	31,6	33,2	34	35,4	38,0	39,8	42,5	44,5	47,1	36,3
1985	50,4	51,2	50,8	50,1	50,1	48,8	49,2	50,2	48,1	46,6	43,8	42	48,4
1986	46,4	47,3	46,3	45,3	42,5	44,3	44,3	43,6	42,8	42,1	42,7	43,9	44,3
1987	45,8	45,0	43,0	40,0	37,6	35,8	37,0	37,4	39,5	41	43,1	45,6	40,9
1988	48,9	46,6	42,3	39,4	38,5	37,8	38,1	38,2	41,3	44,7	48,6	55	43,3
1989	62,7	71,1	78,5	89,9	105,2	117,2	—	—	—	—	—	—	—
Promed.	31,2	32,9	33,9	34,8	35,8	36,4	29,8	29	27,1	27,3	28,6	30,3	31,4

■ Tabla 4

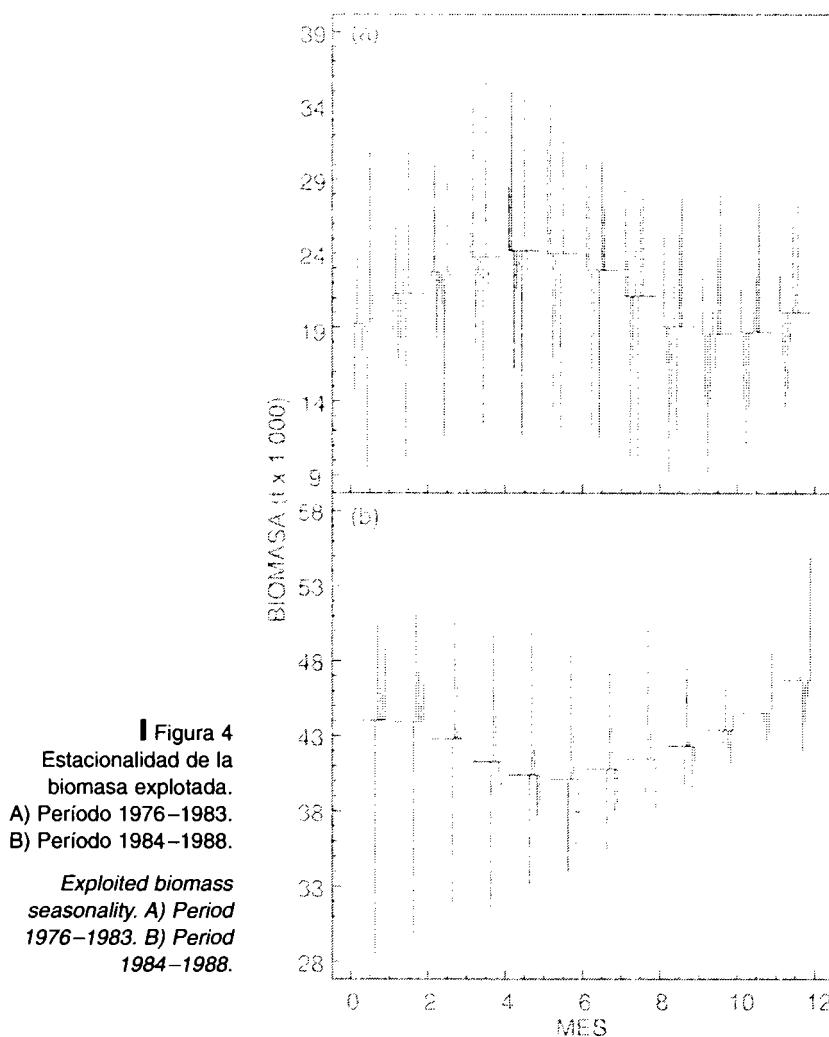
Estimados de biomasa explotada por mes y por año para *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela  
(biomasa en miles de toneladas)

*Estimates of exploited biomass per month and per year for Sardinella aurita in Eastern Venezuela (biomass in thousands of tons)*

La tabla 3 muestra la evolución por mes y por año del estimado del número de reclutas de 100 mm de longitud al área de la pesquería entre 1976 y 1989. De manera general se observa valores bajos de reclutamiento (entre 100 y 200 millones de individuos), con una leve tendencia decreciente, entre 1976 y 1982. A partir de éste último año, la tendencia se revierte de manera bastante clara con un incremento continuo del número de reclutas, hasta alcanzar valores máximos (superiores a 1 000 millones individuos) al final de la serie a mediados de 1989. La tabla 3 muestra la débil tendencia estacional de esta variable para el total de la serie, excluyendo el año 1989, observándose relativamente poca variabilidad con una ligera tendencia a mayores reclutamientos en el último trimestre. El análisis detallado de la serie nos llevó a separarla en dos períodos: 1976–1983 y 1984–1988. En la figura 3 (a y b) se aprecia un cambio en el patrón de reclutamiento entre ambos períodos. En el primero los máximos reclutamientos ocurren entre octubre y febrero, mientras que en el segundo estos máximos se presentan entre junio y octubre.

En la tabla 4 se presenta la evolución por año y mes de la biomasa estimada en el área de la pesquería. Como es de esperarse, la tendencia es similar a la del reclutamiento, con una leve disminución en los niveles de biomasa explotada entre 1976 y 1983, y un aumento continuo hasta el final de la serie alcanzándose valores máximos alrededor de 100 000 toneladas a mediados de 1989. Se observa poca variabilidad mensual al considerar la totalidad de la serie (Tabla 4, última linea). Sin embargo, al separar los estimados en dos períodos (1976–1983 y 1984–1988) constatamos que en el primero de ellos los máximos de biomasa se presentan entre marzo y julio, y en el segundo período entre octubre y marzo (Fig. 4a y 4b).

La tabla 5 muestra los cambios ocurridos en el estimado de mortalidad por pesca ( $F$ ) durante el período 1976–1989. El aspecto más resaltante, en líneas generales, es la disminución observada al final de la serie. En cuanto al aspecto estacional, se aprecia para toda la serie valores máximos entre los meses de mayo y agosto y valores mínimos entre noviembre y febrero. Si bien no presentamos los resultados pertinentes, podemos destacar que éste patrón predomina en los primeros años (1976–1983), mientras que en los años posteriores los valores de esta variable alcanzan máximos en los meses de febrero y marzo.



Por último, en la figura 5 se presenta la evolución temporal de las series de biomasa y capturas (ver Guzmán *et al.*, este volumen) para los años 1976-1989. En ella se aprecia que entre los años 1978 y 1981 (y especialmente durante estos dos años) las capturas representaron una fracción relativamente importante de la biomasa estimada en el área de la pesquería. A partir del año 1982 la tasa de explotación de la fracción explotada se reduce considerablemente.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOT.
AÑO													
1976	0,01	0,08	0,34	0,48	0,42	1,06	1,16	1,23	2,28	1,34	0,75	0,60	0,81
1977	0,67	0,16	0,08	0,66	0,76	1,82	2,21	2,69	1,56	0,66	0,13	0,97	1,03
1978	0,72	0,83	1,17	1,04	2,09	2,19	1,60	1,48	1,35	0,54	0,56	0,18	1,15
1979	0,52	0,37	1,42	0,88	1,33	1,44	1,04	2,10	0,84	1,48	0,84	0,11	1,03
1980	0,04	0,54	1,24	1,11	0,97	1,18	1,22	1,56	1,27	1,40	0,95	0,64	1,01
1981	0,97	0,61	1,30	1,96	1,63	1,25	2,76	0,28	0,05	0,23	0,22	0,16	0,95
1982	0,52	0,91	0,72	1,00	1,27	1,07	0,97	0,95	0,74	0,58	0,61	0,41	0,81
1983	0,40	0,32	1,23	0,39	0,25	0,28	0,56	0,94	0,87	0,79	0,89	0,52	0,62
1984	0,56	0,41	0,90	0,44	0,57	0,74	0,66	0,68	0,65	0,72	0,56	0,32	0,60
1985	0,62	0,54	0,75	0,44	0,37	0,62	0,56	0,53	0,36	0,63	1,30	0,03	0,56
1986	0,52	0,94	0,75	0,98	0,25	0,55	0,63	0,68	0,73	0,81	0,35	0,23	0,62
1987	0,78	0,93	1,19	0,94	0,9	0,50	0,61	0,52	0,49	0,66	0,66	0,32	0,71
1988	1,56	1,60	1,29	0,92	1,13	0,90	0,63	0,84	0,91	1,10	0,70	0,52	1,01
1989	0,31	0,61	0,59	0,32	0,42	0,38	—	—	—	—	—	—	—
Promed.	0,59	0,63	0,93	0,83	0,88	1,00	1,12	1,11	0,93	0,84	0,66	0,39	0,84

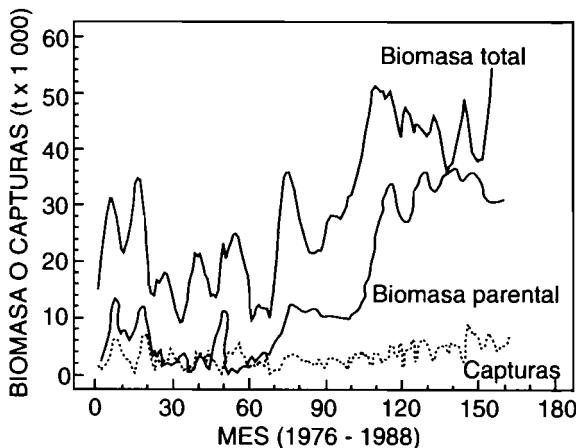
■ Tabla 5

Estimados de la mortalidad por pesca (F) por mes y por año de *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela.

*Estimates of fishing mortality per month and per year for Sardinella aurita in Eastern Venezuela.*

■ Figura 5  
Serie temporal (1976-1989) de capturas y biomasa explotada en toneladas.

Time series (1976-1989) of catch and exploited biomass in metric tons.



## ■ Discusión

La serie de datos de frecuencias de tallas disponibles sufre de un bajo número de ejemplares y de una gran irregularidad en el muestreo especialmente antes de 1982. Además, se debe recordar la total ausencia de datos durante el año 1980. Por otro lado, es importante subrayar el carácter subjetivo de la metodología gráfica empleada en las estimaciones de los parámetros de crecimiento.

Los resultados del análisis del crecimiento de la sardina, por medio de las progresiones modales, apunta hacia un crecimiento rápido. En particular, si se compara estos resultados con los obtenidos por Heald y Griffiths (1967) y González (1985), por medio de lectura de escamas y otolitos respectivamente, se observan diferencias altamente significativas. En la tabla 6 se presenta resultados del crecimiento de *Sardinella aurita* obtenidos por diferentes métodos en diversas áreas geográficas. Se puede constatar que, de manera general, los estimados obtenidos por medio de estructuras duras indica crecimiento mas bien lento, mientras que los estimados obtenidos por el análisis de frecuencia de tallas indican un crecimiento rápido. Los estimados de crecimiento obtenidos en este trabajo son comparables a los obtenidos por Ghéno (1975) en aguas de la República Popular del Congo y a los presentados por Boely *et*

*al.* (1982) en aguas del Senegal. Por otro lado, Mendoza (1993), en un estudio de interacciones tróficas por medio del modelo ECO-PATH II (Polovina, 1984; Christensen y Pauly, 1991) en el oriente venezolano, considera que el modelo de crecimiento rápido se ajusta mejor a la presión depredatoria a la que estaría sometida esta especie.

Por otra parte, existe cierta variabilidad interanual en los resultados de crecimiento obtenidos en este trabajo. Sin embargo, para el período considerado, en términos globales, no existe una tendencia clara en la evolución del índice de crecimiento. En todo caso, resulta difícil determinar si la variabilidad observada es real o producto de la naturaleza de los datos de frecuencia de tallas utilizados.

Autor	Área	$L_{\infty}$ (mm)	$K$ (anual)	$t_0$
1	Senegal	306,3	1,21	-0,062
2	Egipto	260,0	0,53	0,34
3	Congo	259,7	1,02	0,088
4	Congo	260,0	1,21	-0,03
5	Senegal	331,5	0,28	-0,989
6	Brasil	244,0	0,44	-
7	Florida	220,1	0,47	-0,381
8	Venezuela	241,5	0,32	-
9	Venezuela	273,9	0,25	-1,66
10	Venezuela	266,0	1,26	-

1. Boely *et al.*, 1982 (Frecuencia de Tallas y Escamas)
2. El-Maghraby *et al.*, 1970
3. Ghéno, 1975 (Frecuencias de Tallas)
4. Gheno, 1975 (Frecuencias de Tallas)
5. Krzeptowski, 1981 (Escamas)
6. Matsuura, 1977
7. Grall, 1984 (Otolitos)
8. Heald y Griffiths, 1967 (Escamas)
9. Gonzalez, 1985 (Otolitos)
10. Este Trabajo (Frecuencias de Tallas)

#### ■ Tabla 6

Tabla comparativa de parámetros de crecimiento de la sardina *Sardinella aurita* de diferentes áreas geográficas.

*Comparison between different growth parametres of Sardinella aurita in different regions.*

El valor de mortalidad natural obtenido puede considerarse como elevado, si se compara, por ejemplo, con los valores obtenidos por Grall (1984) en aguas del Golfo de México, los cuales varían entre 0,6 y 1,0. Fréon (1988) en Senegal estima que el valor de  $M$  se ubicaría entre 0,8 y 1,2, el cual es ligeramente más bajo que el obtenido en este trabajo. Es posible que una mortalidad natural más elevada en aguas venezolanas pueda atribuirse a una temperatura ambiental relativamente alta, la cual naturalmente incidiría sobre la tasa de crecimiento. En todo caso es importante tener presente que los estimados de  $M$  son, por lo general, bastante aproximados.

En lo que se refiere a los estimados de reclutamiento, biomasa y mortalidad por pesca, es preciso señalar que, en general, existen algunas limitaciones en la aplicación del Análisis de Población Virtual estructurado por longitudes en el caso de especies de pequeños pelágicos y, en particular, en el caso de la sardina del oriente venezolano. En cuanto a éste último, podemos destacar que los niveles de explotación son relativamente bajos, tal como puede apreciarse de los resultados de este trabajo, los análisis de las estadísticas pesqueras y variables ambientales (Fréon *et al.*, este volumen b) y de las prospecciones hidroacústicas (Anon. 1989; Cárdenas, este volumen). Bajo estas condiciones, la incertidumbre asociada con los niveles de mortalidad natural y sus posibles variaciones, en función de la talla y de un año a otro, tienen un peso considerable en la confiabilidad que pueda otorgárse a los resultados obtenidos. Por otro lado, la confiabilidad de los resultados en términos cuantitativos dependerán, en buena parte, de la tasa de intercambio de individuos entre la fracción costanera explotada y el resto del stock. El hecho de haber considerado una tasa de explotación de nivel moderado ( $E = 0,33$ ) implica una tasa de intercambio intermedia entre las dos fracciones. Desafortunadamente, no se tiene información adecuada, en lo que se refiere a la tasa de movimiento relativo de la población ni de sus eventuales fluctuaciones interanuales, para evaluar este efecto. Asimismo al utilizarse una ecuación única de crecimiento para las diferentes cohortes analizadas, se generarán distorsiones en los resultados dependiendo de la tasa de crecimiento real de las cohortes. Algo similar se producirá por no tomar en cuenta el carácter estacional del crecimiento (Pauly *et al.*, 1987). Si bien obtuvimos indicios de estacionalidad en el crecimiento, los cuales indicarían, de manera ge-

neral, que los incrementos de talla se reducen en el tercer y cuarto trimestres, en esta primera etapa no fueron incluidos. Estas distorsiones se presentarán, especialmente, a nivel de la estacionalidad e intensidad relativa del reclutamiento (Mendelsohn y Mendo, 1987; Pauly y Palomares, 1989). De hecho, el análisis de la autocorrelación del estimado del reclutamiento muestra correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ) durante un período de seis meses.

A pesar de las limitaciones señaladas, los resultados obtenidos no son incompatibles con otros conocimientos sobre el recurso. Así, por ejemplo, en lo que se refiere a niveles de biomasa, nuestros resultados indican que entre 7% y 15% de la biomasa total estimada a mediados y finales de la década del 80 (Anónimo, 1989; Cárdenas, este volumen) estarían disponibles en el área de la pesquería, la cual cubre sólo una pequeña parte del área de repartición en el oriente venezolano (Huq, este volumen). Desafortunadamente, una porción no despreciable del área de la pesquería es inaccesible a los métodos hidroacústicos, lo que impide tener estimaciones independientes en el área de pesca.

Otro aspecto interesante de los resultados obtenidos es el cambio aparente en la estacionalidad del reclutamiento y, por consiguiente, en la biomasa entre 1976–1983 y 1984–1988. Si bien no podemos descartar por completo un artefacto metodológico, se constató que el índice de crecimiento promedio durante ambos períodos es similar, si bien la variabilidad durante el primero es mayor (Tabla 2). Por otro lado, al analizar los datos de capturas y esfuerzo presentados por Guzmán *et al.* (este volumen), no se observa un cambio análogo en estas variables. Por lo tanto, se podría descartar el posible efecto individual o combinado de estos factores sobre la variabilidad observada en ambos períodos en los estimados del reclutamiento y la biomasa. Sin embargo, no existe una relación evidente entre el cambio de estacionalidad y las variaciones ambientales durante el mismo período (Aparicio y Contreras, este volumen; Fréon y Ans, este volumen) que pudiera explicar satisfactoriamente los resultados obtenidos. Así como también llama la atención que estos cambios en la estacionalidad no se hayan manifestado, aunque sea de manera parcial, en la pesquería, en particular a nivel de las *CPUE* (Fréon *et al.*, este volumen b).

Por otra parte, podemos mencionar que la alternancia de máximos

en el reclutamiento y biomasa presentan un desfase de aproximadamente 5–6 meses. Es interesante mencionar que este es el tiempo requerido para alcanzar la talla de primera madurez  $L_{50}$  (alrededor de 20 cm según Fréon *et al.*, este volumen a) a partir de la talla al reclutamiento establecida en 10 cm.

Considerando las limitaciones del caso y bajo los supuestos de no existir tendencias temporales en la mortalidad natural y en la tasa de intercambio entre las fracciones costeras y costa-fuera del stock, suponemos que los resultados presentados reflejarían las tendencias, en términos relativos, de los parámetros poblacionales de la fracción explotada de la sardina en el oriente venezolano. No obstante, el aumento de la biomasa a partir del año 1985, podría explicarse, al menos parcialmente, por un aumento de la disponibilidad de grandes individuos asociado con la ampliación de la zona de pesca en el área de Carúpano (Guzmán *et al.*, este volumen).

## I Referencias

- ANÓNIMO 1989 — Surveys of the fish resources in the shelf areas between Surinam and Colombia 1988. *Inst. Mar. Res.*, Bergen, Norway.
- BATTACHARYA, C. G., 1967 — *A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components*. *Biometrics*, 23: 115–35.
- BOELY, T., FRÉON, P. y STÉQUERT, B., 1982 — La croissance de *Sardinella aurita* (Val. 1847) au Sénégal. *Cah. Orstom, Sér. Océanogr. trop.* 17 (2): 103–119.
- CÁRDENAS, J., (este volumen) — Distribución y cuantificación de la biomasa ictica del mar nororiental Venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos.
- CHRISTENSEN, V. y PAULY, D., 1991 — *A Guide to the ECOPATH II Software System* (Version 2.0). ICLARM Software 6: 71 p.
- FRÉON, P., 1988 — *Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la Variabilité du milieu et de l'exploitation: Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Paris, Orstom, Etudes et Thèses: 287 p.
- FRÉON, P., KHATTABI, M., MENDOZA, J. y GUZMÁN, R., (este volumen a) — Una estrategia de reproducción inesperada: el caso del ciclo de vida de *Sardinella aurita* de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera.

- FRÉON, P., R. GUZMAN, y APARICIO, R., (este volumen b) — *Relaciones entre capturas, esfuerzo y surgencia costera en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela*.
- GAYANIL, F. C., Jr., SORIANO, M. y PAULY, D., 1989 — *A Draft Guide to the Compleat ELEFAN*. ICLARM Software 2: 70 p.
- GHÉNO, Y., 1975 — Nouvelle étude sur la détermination de l'âge et la croissance de *Sardinella aurita* dans la région de Pointe Noire. Cah. Orstom, Sér. Oceanogr. 13 (3): 251–262.
- GONZÁLEZ, L. W., 1985 — Determinación de edad y crecimiento de la sardina *Sardinella aurita* de la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. UDO 24 (1 y 2): 111–128.
- GRIFFITHS, R. C. y SIMPSON, J. G., 1967 — The present status of the sardine and tuna fisheries of Venezuela. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 20: 159–177.
- GRALL, C., 1984 — *A study of the biology of the spanish sardine, Sardinella aurita, in Florida waters*. M.S. Thesis, Univ. of Miami: 107 p.
- GULLAND, J. y HOLT, S., 1959 — Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25 (1): 47–49.
- Guzmán, R., FRÉON, P. y MENDOZA, J., (este volumen) — La pesquería de sardina en el oriente de Venezuela su variabilidad espacio-temporal: periodo 1973–1989.
- 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.
- HUA M. F. (este volumen) — Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) en el oriente de Venezuela.
- MENDELSON, R. y MENDOZA, J., 1987 — Exploratory analysis of anchoveta recruitment off Peru and related environmental series In D. Pauly e I. Tsukayama (eds.). *The Peruvian Anchoveta and its Upwelling Ecosystem: Three Decades of Change*: 294–306. ICLARM Studies and Reviews No 15: 351 p.
- MENDOZA, J., 1993 — A preliminary biomass budget for the Northeastern Venezuela shelf ecosystem, 285–297. In: Christensen, V. y D. Pauly (eds.) *Trophic Models of aquatic ecosystems*. ICLARM Conf. Proc. No. 26, 390 p.
- MUNRO, J., 1982 — Estimation of the parameters of the von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals. *Journal du Conseil* 40: 199–200.
- MUNRO, J. y PAULY, D., 1983 — A simple method of comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 1 (1): 5–6.
- PAULY, D., 1980 — On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 (2): 175–192.
- PAULY, D., 1984 — *Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators*. ICLARM Studies and Reviews No. 8: 325 p.
- PAULY, D. y TSUKAYAMA, I., 1983 — *On the seasonal growth, monthly recruitment and monthly biomass of the Peruvian anchoveta from 1961 to 1979*, p. 987–1004. In: G. D. Sharp y J. Csirke (eds.) *Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species*

- composition of neritic fish resources, San José, Costa Rica, 18–29 Abril 1983. *FAO Fish. Rep.* No 291. Vol. 3.
- PAULY, D., PALOMARES, M. L. y GAYANILLO, F. C., 1987 — *VPA estimates of the monthly population length composition, recruitment, mortality, biomass and related statistics of Peruvian anchoveta, 1953 to 1981.* p. 142–166. In: D. Pauly e I. Tsukayama (eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change. ICLARM Studies and Reviews No 15: 351 p.
- PAULY, D. y PALOMARES, M. L., 1989 — *New estimates of monthly biomass, recruitment and related statistics of anchoveta (*Engraulis rigens*) off Peru* (4–14°S), 1953–1985. In: D. Pauly e I. Tsukayama (eds.). *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change: 189–206.* ICLARM Studies and Reviews No 15: 351 p.
- 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.
- WETHERALL, J. A., POLOVINA, J. J., y RALSTON, S., 1987 — *Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length frequency data.* In: D. Pauly y G. R. Morgan (eds.). *Length-Based Methods in Fisheries Research.* ICLARM Conf. Proc. No 13: 468 p.

# Socio-economía de la explotación artesanal de la sardina en el nororiente de Venezuela: las comunidades pesqueras de la península de Araya

**Jeremy Mendoza**  
Biólogo pesquero

**Jesús A. López**  
Economista

**Irey Gómez**  
Trabajadora social

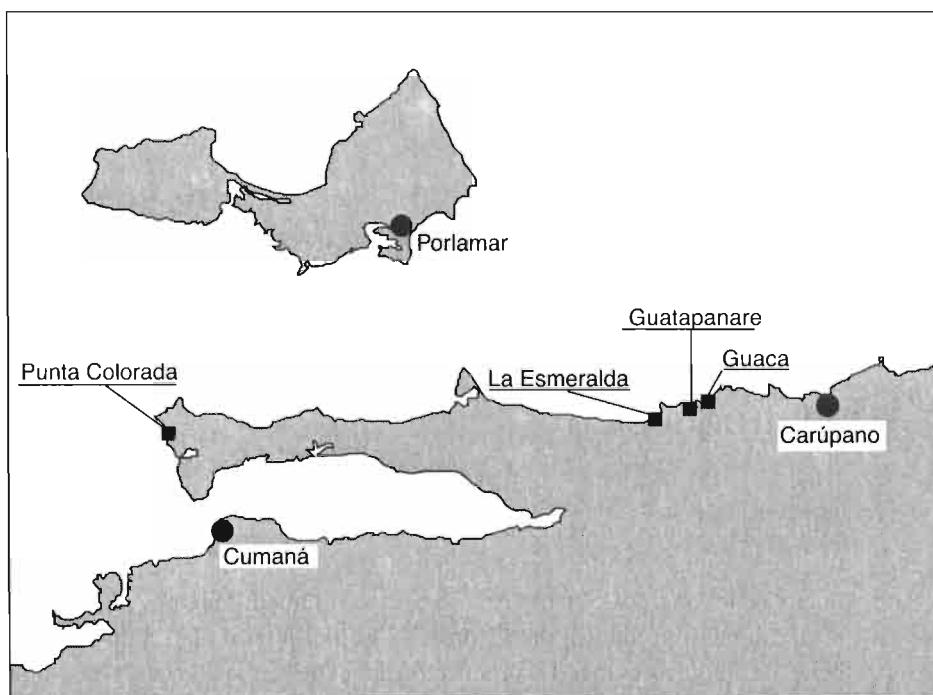
**Julio Ferrer**  
Antropólogo

## Introducción

La pesca artesanal en Venezuela representa alrededor del 65% del total de capturas. Dentro de este contexto, las aguas altamente productivas del oriente del país (Aparicio, este volumen; Varela *et al.*, este volumen) producen alrededor del 70% del total de la producción pesquera artesanal. La producción anual de sardina, la cual se ubica alrededor de las 60.000 tm por año (Guzmán *et al.*, este volumen) se extrae en su totalidad de la región oriental (principalmente, los estados Sucre y Nueva Esparta). Esta captura se obtiene por medios estrictamente artesanales, en aguas próximas del litoral,

y utilizando un importante esfuerzo de mano de obra en las faenas de pesca (Méndez-Arocha, 1963). Por otra parte, la mayor parte de la producción se destina a la industria enlatadora (11 empresas en la región oriental) y se estima que aproximadamente el 10% se distribuye entre el consumo en fresco y como carnada para otras pesquerías demersales y pelágicas.

En esta región existen alrededor de 100 comunidades pesqueras repartidas entre el estado insular de Nueva Esparta (Islas de Margarita, Coche y Cubagua) y el estado Sucre (Mendoza *et al.*, 1987). Estas comunidades se caracterizan por presentar una importante variedad de sistemas de explotación, los cuales suelen ser predominantes en ciertas comunidades o espacios geográficos. Así, por ejemplo, podemos destacar la pesquería de medianos pelágicos



**Figura 1**  
Ubicación geográfica de las 4 comunidades pesqueras (subrayadas) estudiadas.  
*Geographical location of the 4 fishing communities (underlined) in this study.*

(*Sarda sarda*, *Euthynnus alleteratus*, *Scomberomorus* sp., etc.) por redes de enmallé en el norte y suroeste de la isla de Margarita, la importante pesquería de pepitona (*Arca zebra*) en las comunidades vecinas de Guayacán, Chacopata y Caimancito en el norte de la Península de Araya y, por sus características particulares, la pesquería de sardina en la Península de Araya, isla de Coche y sureste de la isla de Margarita. Es importante señalar que en el conjunto de la región, la explotación del medio pelágico costero se realiza únicamente por pescadores artesanales, mientras que las especies que conforman el medio bentónico y demersal es explotada conjuntamente por pescadores artesanales e industriales.

A pesar de la importancia relativa de la actividad pesquera artesanal en Venezuela, en general, y en el oriente del país, en particular, existen relativamente pocos estudios sobre los aspectos sociales y económicos más relevantes de estas comunidades (Anonimo, 1990; Mendoza *et al.*, 1987, Cárdenas *et al.*, 1991). En este sentido, un estudio reciente (Mendoza *et al.*, 1994) sobre los aspectos sociales y económicos de las 13 comunidades pesqueras del norte de la Península de Araya, nos permite realizar un diagnóstico actualizado de cuatro comunidades pesqueras (Guaca, Guatapanare, La Esmeralda y Punta Colorada) dedicadas especialmente a la explotación de la sardina (Fig. 1). Considerando la relativa homogeneidad de las condiciones de vida de los pescadores artesanales de pequeña escala del oriente del país, no hay razones para pensar que, en los casos analizados, existan diferencias notables con otras comunidades pesqueras especializadas en esta actividad en el resto de la región.

## ■ Materiales y métodos

El período de estudio en las comunidades pesqueras del norte de la Península de Araya se extendió entre junio de 1993 y marzo de 1994. En primer lugar, se realizó una visita preliminar del área de estudio de 15 días de duración para establecer contactos en la

comunidades (informantes claves y encuestadores locales a ser contratados) y permitir establecer los criterios de base para el diseño del plan de muestreo en función de las características de las comunidades y las limitaciones de personal. Posteriormente, se establecieron tres grupos de trabajo por objetivos: 1) Aspectos sociales, 2) Aspectos económicos de las comunidades y 3) Producción pesquera.

Para los aspectos sociales, se obtuvo la información a través de observaciones directas, informantes claves y una muestra equivalente al 25% del número de unidades habitacionales en cada comunidad. Esta información estaba constituida por: infraestructura educativa y de salud (escuelas, servicios médicos, etc.), servicios públicos, Nivel educativo de los miembros de la comunidad, problemas de salud, organizaciones comunales, etc.

Para los aspectos económicos de las comunidades, la colecta de información se realizó a través de observaciones directas, informantes claves y una muestra equivalente al 100% del número de unidades habitacionales en las comunidades de Guatapanare, La Esmeralda y Punta Colorada, y el 50% de las viviendas en la comunidad de Guaca por ser la de mayores dimensiones. Los datos obtenidos estaban constituidos por: estructura por edades y por sexos de la población, nivel de ingresos por persona, oficio y grupo familiar, tipo de actividad económica realizada, proporción de desempleados, actividad industrial y comercial, etc. La estimación de los ingresos por persona se fundamentó en la respuesta de los encuestados sobre sus ingresos semanales, en el caso de personas que no trabajan sobre la base de un salario (por ejemplo, pescadores), y quincenales en el caso de los asalariados. De manera algo arbitraria, se estableció la edad de 15 años para la incorporación de la población joven al mercado laboral, lo cual puede en algunos casos, especialmente en lo que se refiere a la fracción de pescadores, subestimar ligeramente la fracción empleada.

En lo referente a la producción pesquera, se contrató los servicios de un encuestador (generalmente, un estudiante de bachillerato hijo de pescador) por comunidad. Estos encuestadores realizaban dos encuestas por semana y eran supervisados quincenalmente por los responsables de la actividad. Por limitaciones presupuestarias, el período de muestreo se extendió de agosto hasta noviembre de 1993. La información obtenida en cada comunidad se refería a las

características de las embarcaciones (eslora, manga, calado, número y tipo de motores, arte de pesca), frecuencia de salidas por día, área y tiempo de pesca, número de pescadores, capturas y composición específica de las mismas, precio de venta por especies, gastos de combustible, alimento y carnada, etc. Las estimaciones diarias eran luego extrapoladas a la totalidad de la actividad pesquera por mes siguiendo la metodología señalada por Mendoza y Fréon (1991 a y b).

## I Resultados y discusión

### *Aspectos generales*

Guatapanare constituye la comunidad pesquera más importante en la explotación de la sardina, siendo el factor de mayor dinamismo en la economía local. Sin embargo, el sector servicios ha adquirido progresivamente una notable presencia en la economía de estas localidades, siendo responsable de la generación de casi un tercio del empleo total en la comunidad de Guaca, como producto de la actividad pesquera que ha justificado la aparición de establecimientos comerciales relativamente especializados.

Las poblaciones de Guaca y Guatapanare están articuladas comercialmente con Carúpano y, aun cuando constituyan un hinterland de este centro urbano regional, tienen su propio desenvolvimiento impuesto por la actividad pesquera y en particular la explotación sardinera. La explotación de este último recurso permite la generación de un importante volumen de puestos de trabajo, no sólo vinculado directamente a las operaciones de captura sino también los creados por el fileteado del producto y, en Guatapanare, por la presencia de una importante industria conservera. En ambas comunidades la actividad de desembarque y fileteado de la sardina representa un medio de colocación de la mano de obra femenina y, en menor grado, de la infantil; de esta manera estas actividades se convierten en un medio eficaz para el complemento del ingreso familiar.

Guaca y Guatapanare están entre las pocas comunidades pesqueras del ámbito de estudio que han logrado concentrar múltiples factores de relacionamiento extraterritorial, representados tanto en la producción y venta de bienes industriales, en la comercialización de diversas especies marinas y en la relación comercial que sostienen los establecimientos comerciales con los centros proveedores de Carúpano y, en menor grado, Cumaná.

A pesar de los beneficios que puede aportar la dinamización y constitución de esta economía local, existe como contrapartida un cuadro de problemas que están asociados, por un lado, con las características de la actividad económica sustentadora, y por el otro, con la falta de políticas asistenciales. Prueba de ello es la notable concentración de desechos contaminantes en la orilla de las playas y en toda el área marina de la costa; la inadecuada ubicación e instalación del sistema de aguas negras y la falta de un sistema adecuado de recolección de basura, ha creado un grave problema ambiental y de salud, aunado al deterioro de la vialidad interna y la deficiencia e inexistencia de algunos servicios básicos conexos a la vivienda (electricidad, agua, red cloacal, telefonía).

La Esmeralda, conjuntamente con Guaca y Guatapanare, conforma el eje o circuito económico y comercial en el que predomina la explotación de la sardina. A pesar de ello, su relativo distanciamiento geográfico y sus características socio-económicas la diferencian, en cierta medida, de las otras comunidades que conforman el mencionado eje o circuito. La actividad pesquera se complementa con la actividad industrial que se lleva a cabo en esta población a través de una empresa de tamaño fabril y otra de tamaño artesanal. La pesca artesanal, en cuanto a las actividades productivas, ocupa la primera posición seguida de la industria, sin embargo, la economía tiene como fuente de empleo base a los servicios, actividad ésta que se ubica en el primer lugar en la generación de puestos de trabajo a nivel local. Esta actividad está representada por el comercio, las actividades públicas gubernamentales y el transporte, fundamentalmente.

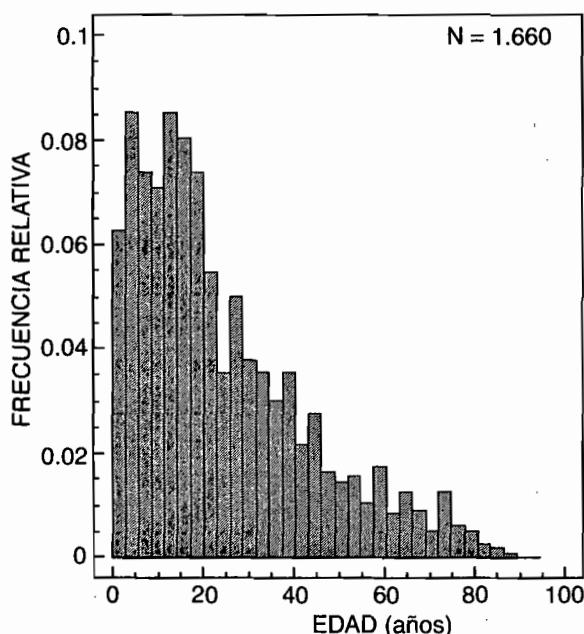
La Esmeralda, al igual que Guaca y Guatapanare, ha logrado establecer un mecanismo moderno de relacionamiento interregional. Este mecanismo que funciona de manera articulada con las producciones básicas del subespacio regional estudiado, comienza paralelamente a generar de manera creciente cierta complejidad en

la base económica y a introducir formas netamente capitalistas que van progresivamente modificando los perfiles del cuerpo social y que se anteponen a las formas tradicionales de organización y funcionamiento de la producción.

En lo que respecta a Punta Colorada, esta comunidad funciona sin estar estructuralmente articulada a Araya (núcleo urbano más proximo) como apéndice de ésta, en tanto pareciera conformar un sub-espacio marginal que brinda asiento a una población que no ha logrado insertarse en el aparato económico formal del núcleo urbano y que está confinada y obligada a realizar labores de subsistencia que tienen como base a la pesca artesanal en la que predominan como artes el cordel y el chinchorro sardinero. Punta Colorada se relaciona con la población de Araya no de manera articulada en lo económico, sino como demandante marginal de algunos servicios que se prestan en esa población y para la adquisición de ciertos bienes no comercializados localmente, de manera que esta población actúa o funciona como una especie de hinterland no privilegiado de Araya.

### *Aspectos demográficos y empleo*

La investigación realizada permitió estimar en 2.300 habitantes la población de Guaca que ocupaban alrededor de 420 viviendas. El 40% de la población corresponde a la categoría de menores de 15 años y totalizaba unas 920 personas (Fig. 2). En consecuencia, la población económicamente activa la integran unas 1.380 personas, con lo cual el índice de actividad se ubica en el 60% de la población. El índice de dependencia, tomando en consideración la tasa de desempleo existente en esta comunidad, calculada en el 46% de la fuerza de trabajo (Fig. 3), se ubica en 2,03; lo cual nos dice que por cada persona que se encuentra vinculada a la economía, bien sea en actividades de servicios o productivas, existen dos personas a su cargo. De las 759 personas que estaban empleadas en la economía el 60,5% estaban empleadas en la pesca artesanal (Fig. 4). De estas 451 personas se estima que el 60% estaban dedicadas a la pesca sardinera, la cual está representada por unos 12 trenes sardineros (es decir un promedio de 22,5 personas por tren). Los servicios empleaban al 31,5% de la población trabajadora, repartidos entre unidades de comercio minoristas principalmente, expendios de licores, puestos para la venta de pescado salado al mayor,



tres talleres mecánicos para la reparación de motores de dos tiempos, expendios de medicinas, etc. La actividad industrial, representada por el fileteado de la sardina y la fabricación artesanal de embarcaciones pesqueras, generaba unos 60 empleos regulares o permanentes.

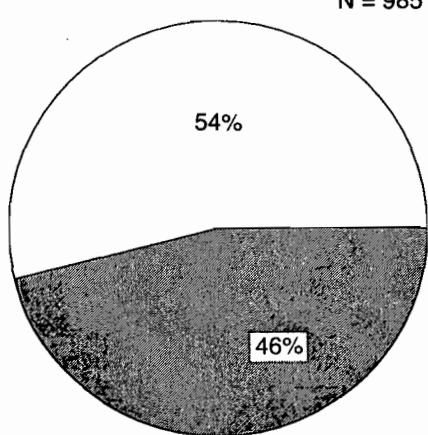


Figura 3  
Situación laboral de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de Guaca.

*Employment situation of the population above 15 years of age in Guaca fishing community.*

Trabaja       No Trabaja

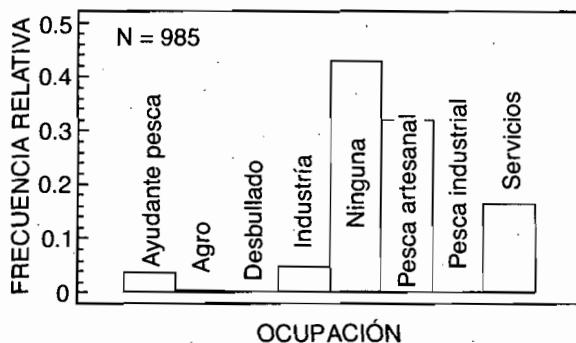


Figura 4  
Distribución por actividad económica de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de Guaca.

*Distribution by economic activity of the population above 15 years of age in Guaca fishing community.*

La investigación permitió estimar que para inicios del año 1994, Guatapanare contaba con unos 1.460 habitantes que ocupaban unas 290 viviendas, para un coeficiente de ocupación de cinco habitantes por unidad de vivienda. Los 1.460 habitantes de Guatapanare vivían a expensas de la pesca artesanal (en una proporción que alcanzó uno de los valores relativos más bajos en el contexto territorial estudiado), de la industria enlatadora y de los servicios. El índice bruto de dependencia, se ubicaba en el 57% de la población, determinado por 832 personas con edades inferiores a los 15 años

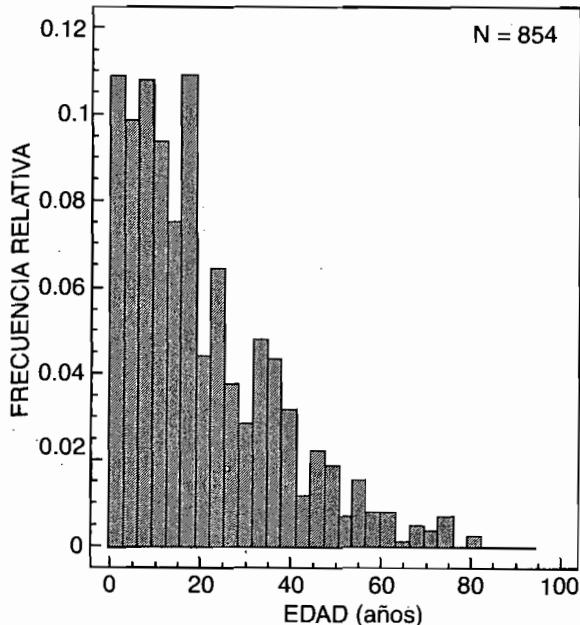
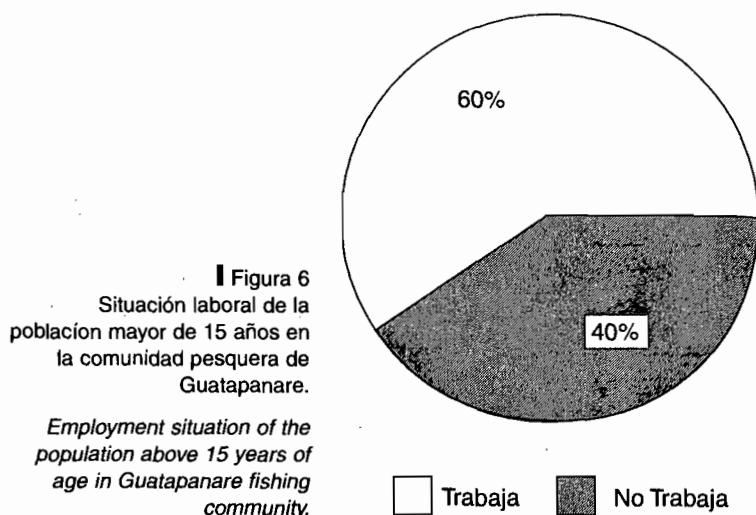


Figura 5  
Distribución por edades de la población de la comunidad pesquera de Guatapanare.

*Age distribution of the population of Guatapanare fishing community.*



(Fig. 5). Por su parte, los grupos de edades entre los que se inscribe la población económicamente activa totalizaba unas 628 personas, o el 43% del total de la población. De la población mayor de 15 años se calculó la tasa de ocupación que se situó en el 60% (Fig. 6), una de las más elevadas observadas en el ámbito de estudio. Tal situación arrojaba un total de 375 personas mayores de 15 años laborando en las distintas actividades en que se estructura y desenvuelve la economía local. Por su parte la población menor de 15 años aportaba unas 92 personas que se desempeñaban en actividades remuneradas. Al revisar la ubicación por actividad económica de la población laboral, se observa que el 54% del total, equivalente a 201 personas, se desempeñaban en la pesca artesanal (Fig. 7). A esta última cifra habría que agregarle 17 personas más aportadas por el grupo de habitantes menores de 15 años. El 24% y el 17%, respectivamente, de todos los puestos de trabajo los ofrecía la industria y los servicios. El empleo industrial totalizaba 131 puestos de trabajo, de los cuales los menores de 15 años ocupaban 42. Este empleo agrupa a las personas que laboran en el proceso de fileteado artesanal de la sardina, a lo cual habría que agregarle unas 9 personas más que laboran fundamentalmente en el desembarque de la sardina. El empleo industrial fabril, propiamente dicho, se reduce a unas 60 personas que representan apenas el 4% del total de los trabajadores empleados por la planta industrial.

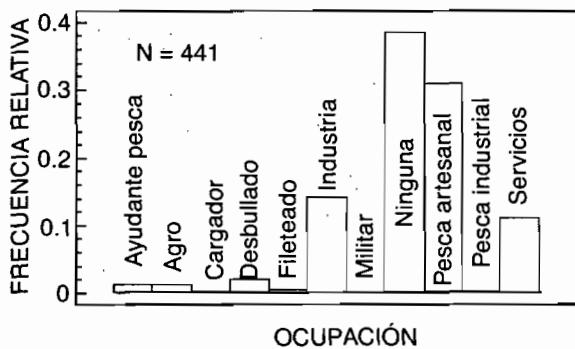


Figura 7  
Distribución por actividad económica de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de Guatapanare.

*Distribution by economic activity of the population above 15 years of age in Guatapanare fishing community.*

El XI Censo de Población y Vivienda realizado en 1990, señalaba que en una proyección para 1993, La Esmeralda contaría con una población superior a los 2.200 habitantes. El resultado de la investigación arrojó una cifra menor que está alrededor de las 2.000 personas que ocupan 370 viviendas en condiciones de habitabilidad. La población menor de 15 años esta representada por el 45,8% del total (Fig. 8), con lo cual se obtiene un índice de actividad poten-

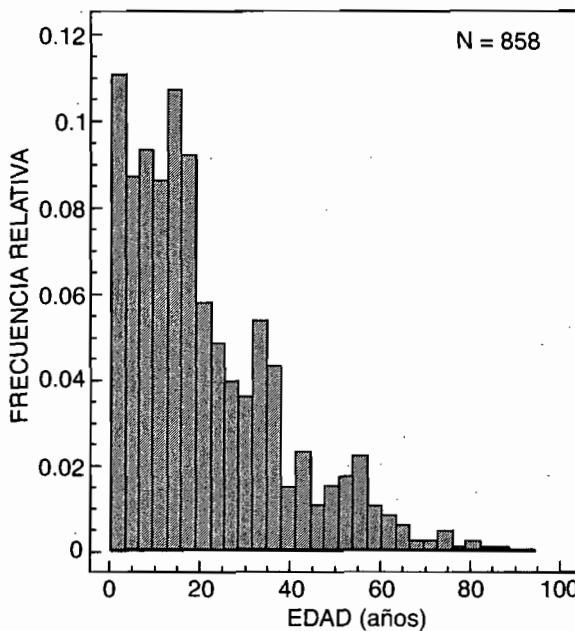
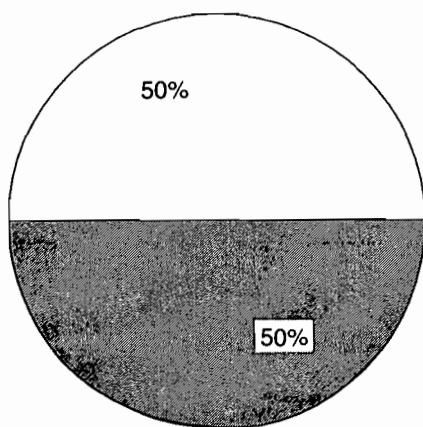


Figura 8  
Distribución por edades de la población de la comunidad pesquera de La Esmeralda.

*Age distribution of the population of La Esmeralda fishing community.*

cial relativamente superior al observado en otras comunidades pesqueras del recorte territorial. En cuanto a la composición por edad y sexo, la población femenina es muy joven y en su mayoría ocupa las edades entre uno a 20 años. La población masculina refleja el mismo comportamiento, sólo que a diferencia de la anterior las edades se desplazan entre 8 a 20 años. La población que conforma la fuerza de trabajo local asciende a 1.084 personas, es decir el 54,2%. Esta población tiene como característica el de conformarse en dos porciones de igual peso: la población económicamente activa que está incorporada a las actividades productivas remuneradas, y la que está desempleada (Fig. 9); de esta manera se calcula un empleo que se extiende a unas 542 personas, con lo cual se obtenía un índice neto de dependencia de casi el 75% para esta comunidad. En La Esmeralda, el sector masculino presenta una división proporcional entre los que trabajan y no trabajan; es decir, el 51,5% no trabaja, mientras el restante porcentaje, si realiza alguna actividad económica remunerada. La población femenina tiene una situación distinta, el 14,6% trabaja y el restante 85,4% no lo hace. Como habíamos referido ya antes, los servicios asumen la responsabilidad más alta en la generación del empleo local. En efecto, para 1994, la estructura del empleo le confería a los servicios y a la pesca artesanal un peso similar, que favorecía un poco más a las

N = 442



■ Figura 9  
Situación laboral de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de La Esmeralda.

*Employment situation of the population above 15 years of age in La Esmeralda fishing community.*

Trabaja       No Trabaja

primeras de las actividades señaladas. Pero el aspecto más significativo tiene que ver con la posición y el rol que desempeña en la economía local la industria pesquera de transformación (Fig. 10). La industria ocupa un lugar cercano a las actividades líderes, a tal punto de generar más de 140 puestos de trabajo y representar más de una cuarta parte del total del empleo local. Los servicios son responsables de crear el 36% de los puestos de trabajo existentes en esta comunidad, y la pesca artesanal asume la generación del 32% del empleo total o unos 173 empleos. En esta comunidad se da el fenómeno de que la población dependiente no aporta contribución alguna al empleo local. La estructura poblacional permite observar un predominio de los grupos etáreos jóvenes inferiores a los 20 años (55,2%), aun cuando los adultos jóvenes, entre 20 y 40 años, representan el 17% de la población, con lo cual pudiéramos pensar que el mercado de trabajo no demanda la suficiente mano de obra local para reducir la tasa de desempleo del 50% observada para 1994 en esta comunidad. Al revisar la industria, en su componente fabril y artesanal (incluyendo la carpintería de ribera), estas actividades en conjunto generan unos 540 puestos de trabajo que si le sumamos la capacidad potencial de empleo de la pesca artesanal de 250 trabajadores, más los 200 trabajadores del sector servicios, tendríamos unas 1.000 plazas de trabajo, suficientes para absorber toda la oferta de fuerza de trabajo local; sin embargo, apenas el

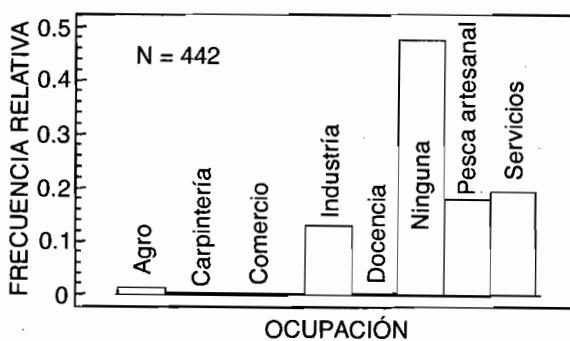


Figura 10

Distribución por actividad económica de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de La Esmeralda.

*Distribution by economic activity of the population above 15 years of age in La Esmeralda fishing community.*

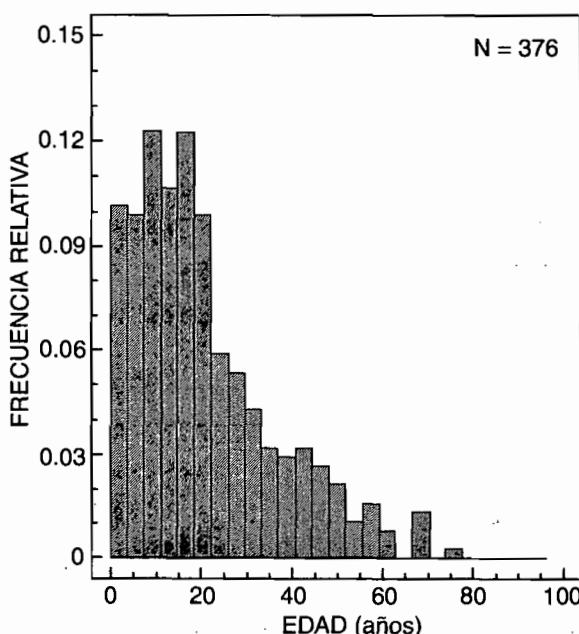


Figura 11  
Distribución por edades de la población de la comunidad pesquera de Punta Colorada.

*Age distribution of the population of Punta Colorada fishing community.*

empleo asciende a la mitad de esa cifra, es decir unas 542 personas ocupadas en total, lo cual pone de manifiesto que las actividades productivas y, en particular, la industria emplean mano de obra no residente en esta comunidad.

La población de Punta Colorada se estima en unos 376 habitantes, de acuerdo a la investigación practicada, aun cuando el XI Censo de Población y Vivienda ubicaba su población en unas 500 personas. El grupo de personas con edades de cero a 15 años representa un 44,3% del total de habitantes, con lo cual el índice bruto de dependencia se situaría en ese mismo orden (Fig. 11). El grupo con edades superiores a los 15 años que conforman la fuerza de trabajo local, alcanza a unas 209 personas, de las cuales apenas el 38% estaba trabajando (Fig. 12). La población empleada total asciende a 86 personas, de las cuales 80 pertenecen al grupo de la fuerza de trabajo y seis personas las aporta el grupo de habitantes menores de 15 años. De las 80 personas que laboran el 73% se emplean en la pesca artesanal, 19% lo hacen en actividades de servicio y el restante 8% se distribuye en labores que se inscriben en la pesca industrial, la industria y el comercio (Fig. 13). Como puede apre-

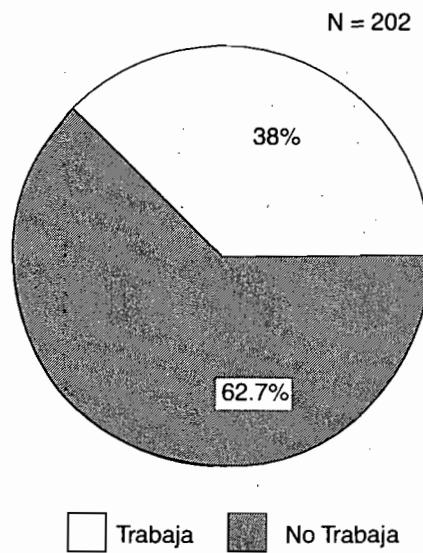


Figura 12  
Situación laboral de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de Punta Colorada

*Employment situation of the population above 15 years of age in Punta Colorada fishing community.*

ciarse la pesca artesanal constituye el empleo base, capaz de absorber con todas las dificultades propias de una actividad que se desenvuelve en condiciones muy precarias el más alto porcentaje de la fuerza laboral empleada efectivamente.

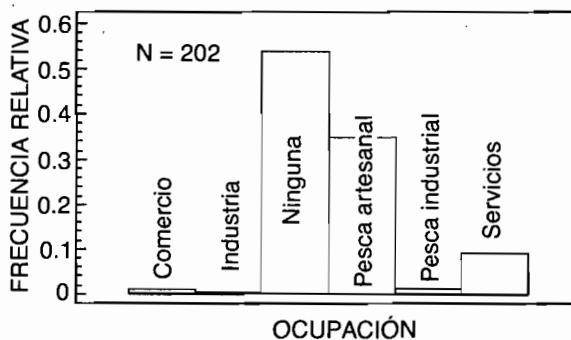


Figura 13  
Distribución por actividad económica de la población mayor de 15 años en la comunidad pesquera de Punta Colorada.

*Distribution by economic activity of the population above 15 years of age in Punta Colorada fishing community.*

## *Vivienda y servicios*

La característica más resaltante de las viviendas en Guaca y Guatapanare es la sustitución progresiva de la tradicional ranchería (construcciones sencillas de madera y palma que sirven para el acampado a orilla de playa) de pescadores, por viviendas auto-construidas por los pobladores (62%) y viviendas construidas por el programa de viviendas rurales que adelanta la Dirección de Malariología del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS), el cual representaba el 38% restante. Sin embargo, la ranchería ocupa un lugar muy importante en la vida del pescador, puesto que funcionalmente sigue teniendo el mismo uso para solucionar el problema de la acampada en la orilla de la playa. En estas rancherías, generalmente se establecen los sitios para procesar el pescado, para reparar los botes, o bien, para otra actividad vinculada a la faena.

El tipo de vivienda que predomina en La Esmeralda como unidad habitacional es la casa. Lo particular en esta comunidad es que las mismas han sido obtenidas a través del programa de viviendas rurales de la Dirección de Malariología, o mediante la iniciativa de auto-construcción. No obstante, en algunas zonas subsiste la presencia de la vivienda tipo rancho, sobre todo hacia la periferia del poblado. Del total de las viviendas visitadas la mayoría se encontraban ocupadas por familias nucleares (progenitores e hijos) y hogares extendidos (con otros familiares). En estas viviendas el promedio de habitantes es de 5, 6 personas.

En Punta Colorada existe un caso particular, ya que la población fue producto de un plan de reubicación desarrollado por la Empresa Nacional de Salinas (ENSAL). En esta comunidad todas las viviendas son del tipo de casa rural.

Otra característica de la situación de la vivienda en estas localidades es que, en su mayoría, las familias son propietarias de la estructura habitacional. No obstante, se entiende que esta propiedad sólo se refiere a la estructura, porque la tenencia del espacio (terreno) generalmente no corresponde a la familia, sino que la propiedad de la tierra es privada o municipal.

Los servicios conexos a la vivienda en estas localidades son insuficientes en algunos casos y, en otros, mantienen cierta regularidad en su prestación. La energía eléctrica suministrada por la empresa

ELEORIENTE abarca así la totalidad de las viviendas de la localidad, debido a la aducción al tendido eléctrico principal que va hacia las ciudades de Carúpano y Araya. El servicio de agua que presta la empresa HIDROCARIBE se regulariza a través de una red de tuberías, que en algunos casos no abarca la mayoría de las viviendas. La disposición y eliminación de la basura se realiza arrojándola a espacios abiertos, incinerándola o depositándola cerca de la orilla de la playa; de tal forma, los espacios abiertos y la orilla de playa se convierten en verdaderos basureros, más aún cuando el servicio de recolección municipal no es regular ni eficiente. Finalmente, estos centros poblados no cuentan con un sistema de red cloacal y drenaje. La atención a este problema no ha sido inmediata, lo que obliga a los habitantes de estas localidades a hacer uso de letrinas y pozos sépticos.

Los servicios básicos existentes en estas localidades presentan distintos problemas, tanto en la cobertura como en la satisfacción de las necesidades de los pobladores del área. Los servicios de mayor cobertura son los de electricidad, agua potable, educación y salud; en cambio, drenajes, cloacas, aseo urbano, transporte colectivo, telefonía y correos se encuentran concentrados en la ciudades de Carúpano y Araya, siendo su adquisición bastante difícil.

## *Salud*

Las condiciones del centro de salud (servicio médico-asistencial) y las malas condiciones ambientales, han creado serios problemas de salud en Guaca y Guatapanare. En el caso de Guatapanare, la atención a las necesidades de salud se realiza a través de la medicatura de Guaca. Pero, la carencia de equipos y materiales médicos y medicinas, así como las irregularidad de los servicios conexos de este centro de salud, dificultan y limitan notablemente la prestación del servicio. En las encuestas se registró que más de la mitad de la población está siendo afectada por la presencia de enfermedades virales y respiratorias, tales como: gripe, asma y fiebre, sobre todo en lo que respecta a la población infantil. En Guaca, el ambulatorio ha mantenido su funcionamiento en base a donaciones que realiza la alcaldía del Municipio y la Gobernación del Estado. Las priori-

dades son la dotación de mobiliario, materiales y equipos médicos, medicinas, ambulancia y la construcción de la residencia médica.

Como resultado de esta situación, la mayoría de los casos deben ser atendidos fuera de la comunidad, ocasionando la movilización de sus habitantes hacia centros de salud de mayor capacidad y eficiencia. De igual manera, la ejecución de los programas de Planificación Familiar y de Medicina Preventiva no se pueden realizar por la carencia de recursos materiales. Actualmente sólo se ejecuta el Programa Alimentario Materno Infantil (PAMI), el cual atiende a los residentes del área y usuarios provenientes de las localidades de Güiria de La Playa, La Esmeralda y Copacabana. Este programa beneficia aproximadamente a 3.000 niños, 120 madres en la fase de prenatal y 80 en la de postnatal.

En la comunidad de Punta Colorada no existe el servicio médico. Si bien esta comunidad es la más cercana a la capital del municipio, es también la más desasistida por los organismos estatales. Carece de servicios públicos elementales, lo que incide en la calidad de vida de los habitantes. Uno de ellos es el transporte colectivo, que en casos de emergencias médicas se convierte en un elemento decisivo para la vida del paciente. Otro servicio prioritario ausente en la comunidad es la red cloacal. El colapso de la laguna de oxidación ocasiona el desbordamiento continuo de las cloacas, lo cual genera contaminación en la comunidad. Si agregamos la ausencia de un sistema de recolección de basura y la falta de hábitos higiénicos de los habitantes, tenemos una situación ambiental crítica.

## *Educación*

Al igual que otros centros educativos de las comunidades estudiadas, Guaca y Guatapanare acusan problemas de bajo rendimiento estudiantil y deserción escolar. Esta situación se encuentra íntimamente vinculada a las bajas condiciones socio-económicas de los grupos familiares y a las particulares características de la actividad económica, que bajo la forma de trabajo familiar incorpora tempranamente a niños y jóvenes como fuerza de trabajo, obligándoles a abandonar su formación y preparación educativa. Por otra parte, es notable el alto índice de analfabetismo; tanto en la población joven como en la adulta. El analfabetismo es un fenómeno locali-

zable en todas las áreas de estudio, y es un problema social que trasciende hacia todo el Estado Sucre. En este caso, su presencia afecta directamente a la población escolar, debido a que ésta no recibe el estímulo y la asesoría que necesita todo niño durante su desarrollo educativo. El bajo rendimiento y la poca prosecución escolar están ligados consecuentemente a la escasa formación intelectual de los padres y del grupo familiar, y a las malas condiciones de los centros educativos.

En Guaca-Guatapanare existen centros de educación pre-escolar, primaria y secundaria. Específicamente, en Guaca la educación secundaria atiende una matrícula de 270 alumnos, provenientes también de las localidades de Guatapanare y Playa Grande. Este liceo tiene nueve años funcionando y presenta una serie de deficiencias relativas a la planta física, mobiliario, personal y servicios conexos (Tabla 1).

De acuerdo a los datos, en Guatapanare el 46% de la población joven tiene el nivel de primaria incompleta; el 12% no asiste a centro educativo alguno y otro 8% es analfabeto. Sumando estos porcentajes, tenemos que el 66% de los jóvenes tienen un deficiente nivel educativo (Fig. 14). En la población adulta, esta situación es mucho más acentuada, entre los que tienen la primaria incompleta

REQUERIMIENTO	LOCALIDADES	
	GUACA	GUATAPANARE
	LICEO	PREESCOLAR
PLANTA FISICA	-Reparación de puertas	-Remodelación
MOBILIARIO	-Dotación de pupitres	-Estantes, escritorios, estantes y archivos
PERSONAL	-Secretaria -Administrador -Docente	—
SERVICIOS CONEXOS	-Teléfono	-Teléfono -Red cloacal

■ Tabla 1

Centros educativos de Guaca y Guatapanare – Requerimientos generales.

*Education centres Guaca and Guatapanare – General requests.*

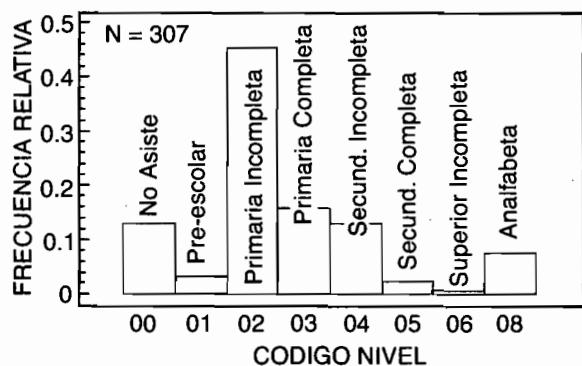


Figura 14  
Nivel educativo de la población joven adulta (entre 15 y 35 años de edad) en la comunidad pesquera de Guatapanare.

*Educational level in the young adult population (between 15 and 35 years of age) in Guatapanare fishing community.*

y los que son analfabetas suman un 81%. (Fig. 15). En relación a Guaca, se da un porcentaje relativamente mayor de esta situación. El porcentaje de analfabetismo en los jóvenes en esta localidad llega a un 49%, incluyendo los que tienen tan sólo primaria incompleta. No obstante, en la población adulta el porcentaje de analfabetos llega a un 46%, mientras que los que no culminaron el nivel primario alcanzan un 36% (Figs. 16 y 17).

En La Esmeralda funciona una escuela básica atendiendo 583 estudiantes. Este centro presenta una serie de carencias estructurales y

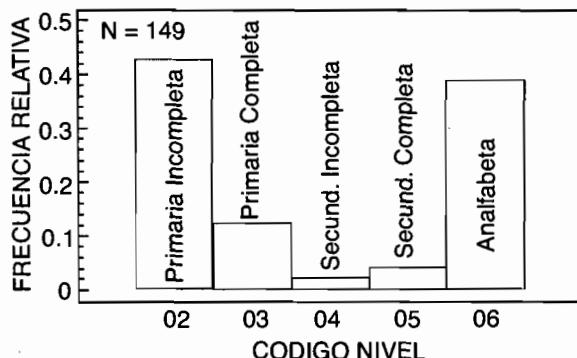


Figura 15  
Nivel educativo de la población adulta (mayor de 35 años de edad) en la comunidad pesquera de Guatapanare.

*Educational level in the adult population (more than 35 years of age) in Guatapanare fishing community.*

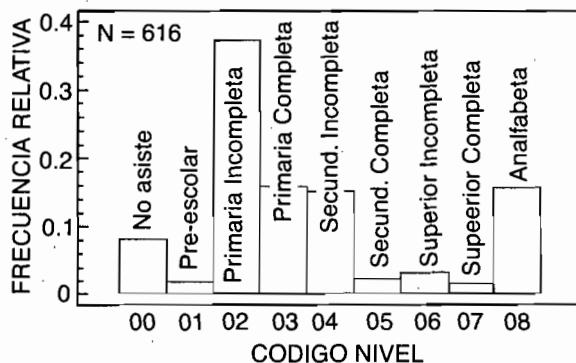


Figura 16  
Nivel educativo de la población joven adulta (entre 15 y 35 años de edad) en la comunidad pesquera de Guaca.

*Educational level in the young adult population (between 15 and 35 years of age) in Guaca fishing community.*

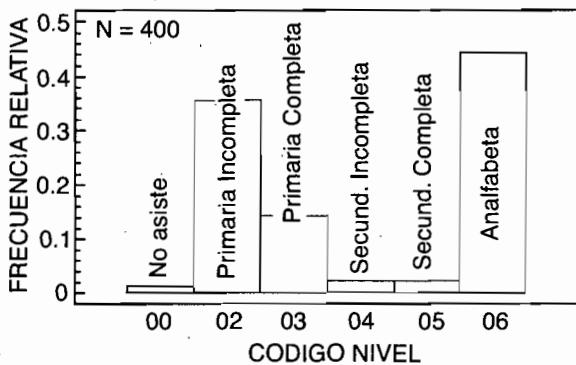


Figura 17  
Nivel educativo de la población adulta (mayor de 35 años de edad) en la comunidad pesquera de Guaca.

*Educational level in the adult population (more than 35 Years of Age) in Guaca fishing community.*

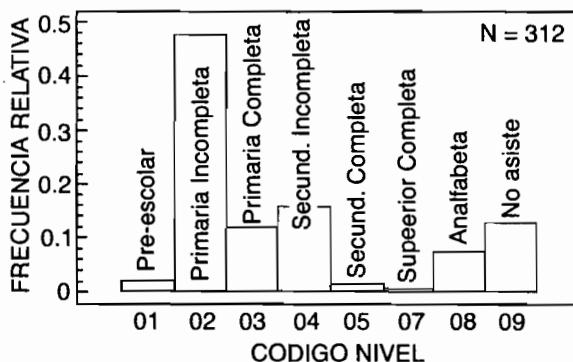
REQUERIMIENTOS	CONSTRUCCION	ACONDICIONAMIENTO	DOTACION
PLANTA FISICA	-Nuevo local	-Aulas	
MOBILIARIO			-Escritorio
PERSONAL			-Estantes
SERVICIOS CONEXOS	-Cloacas		-Equipos educativos
			-Docente
			-Obrero
			-Teléfono

Tabla 2  
Centro educativo La Esmeralda – Requerimientos generales.

*Education centre La Esmeralda – General requests.*

Figura 18  
Nivel educativo de la población joven adulta (entre 15 y 35 años de edad) en la comunidad pesquera de La Esmeralda.

*Educational level in the young adult population (between 15 and 35 years of age) in La Esmeralda fishing community.*



falta de dotación de materiales y mobiliario (Tabla 2). Por esta razón, en este momento se está impartiendo enseñanza hasta el séptimo año y la posibilidad de continuar depende de una alternativa: trasladarse hasta la comunidad de Saucedo donde existe un liceo. Esta situación sólo se solucionará cuando se asigne un presupuesto para la construcción de un liceo en La Esmeralda, el cual ya está en proyecto. Paralelo a las deficiencias de planta física y de otros recursos educativos, existe un problema de bajo rendimiento escolar. El 65% del alumnado aprueba el año escolar. De la población entrevistada, el 44% no llegó a culminar los estudios primarios. En el sector juvenil se mantiene el bajo nivel educativo: el 48% de los jóvenes tiene apenas la primaria incompleta (Fig. 18). Por otra parte, la deserción escolar es notable. Este fenómeno está asociado a la carencia de recursos económicos de la familia, la falta de orientación y estímulo hacia el educando y la incorporación temprana del estudiante al trabajo familiar. Esta situación es relativa a la baja asistencia a los centros escolares que existen en las áreas rurales del Estado Sucre, donde apenas un 30% de la población de más de 15 años asiste a estos centros (Tabla 3).

Punta Colorada tiene una escuela primaria, en la que se imparte enseñanza en condiciones verdaderamente deplorables. El colapso de la red cloacal y del sistema de aguas blancas, más las fallas en planta física y dotación de recursos, y la ausencia de transporte escolar inciden en la prosecución escolar. El rendimiento escolar es calificado por los docentes como muy deficiente, con ausentismo escolar y docente. En el caso de los niños, la falta de motivación y la incorporación temprana al trabajo impiden su formación edu-

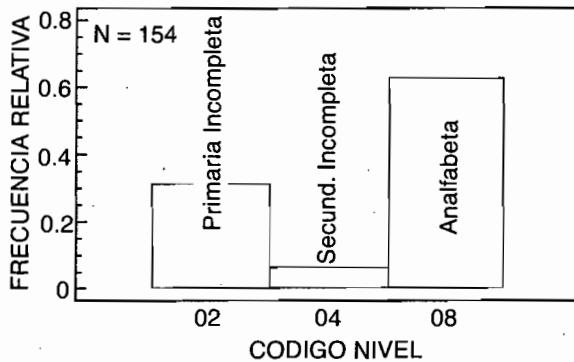
EDAD	TOTAL	ASISTE (%)	NO ASISTE	NO DECLARO
15-19 años	19.901	5.734 (28.8)	13.352	815
20-24 años	13.730	984 (7.2)	12.049	697
25 años o más	69.462	1.422 (2.0)	63.877	4.163
TODAS	103.093	8.140 (7.9)	89.278	5.675

■ Tabla 3

Asistencia a centros educativos de la población de 15 años o más en áreas rurales del Estado Sucre.

*School attendance of population 15 years and older in rural areas of Sucre State.*

tiva. Más de la mitad de la población adulta es analfabeta (62%), lo que tiene incidencia directa en el estímulo y orientación que deben recibir el sector joven para continuar en el sistema escolar (Fig. 19). Un 54% de los jóvenes tiene la primaria incompleta, mientras que un 16% es analfabeto.



■ Figura 19

Nivel educativo de la población adulta (mayor de 35 años de edad) en la comunidad pesquera de Punta Colorada.

*Educational level in the adult population (more than 35 years of age) in Punta Colorada fishing community.*

## Ingreso

El ingreso calculado en Guaca es uno de los más elevados entre las comunidades estudiadas. Esta variable alcanza un promedio por

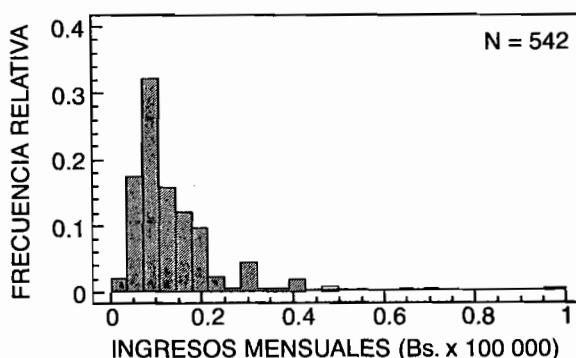
habitante de 13.000 bolívares al mes, que aumenta si lo calculamos por grupo familiar a unos Bs. 20.000 mensuales. Los grupos de la población que percibían ingresos inferiores a los Bs. 15.000 mensuales alcanzaba el 70% de los habitantes y el 30% se ubicaba en tramos superiores (Fig. 20), incluyendo a un segmento representativo del 5% del total que percibía 30.000 bolívares de ingreso al mes. En cuanto al ingreso por grupo familiar (Fig. 21) se constató que el 31% percibía ingresos inferiores a Bs. 15.000 al mes, mientras que el 69% de esos hogares se ubicaba en tramos superiores, incluyendo al 1% de ellos que percibían en promedio 120.000 bolívares de ingreso mensual. El ingreso en esta comunidad provenía directa o indirectamente de la pesca en un porcentaje muy elevado. Para 1994 se estima el ingreso global en unos 30 millones de bolívares mensuales, superior, en general, al promedio de ingreso percibido por las distintas comunidades pertenecientes al ámbito de estudio.

La población empleada en la actividad pesquera artesanal que percibía como ingreso promedio unos 6 millones de bolívares al mes o 72 millones de bolívares al año, participaba apenas en el 4,5% del valor bruto de la producción de esta actividad. La proporción más elevada se transfería por la vía de la comercialización a otras regiones y era apropiado el excedente por agentes sociales no residentes en la comunidad, reafirmándose así que la pesca cuando se articula a un circuito comercial, como el que opera a nivel de estas comunidades, se convierte en un factor de extracción de recursos económicos y en consecuencia actúa regresivamente. Los servicios empleaban unas 235 personas que al calcular el ingreso

Figura 20

Distribución del ingreso por persona en la comunidad pesquera de Guaca.

*Distribution of income per person in Guaca fishing community.*



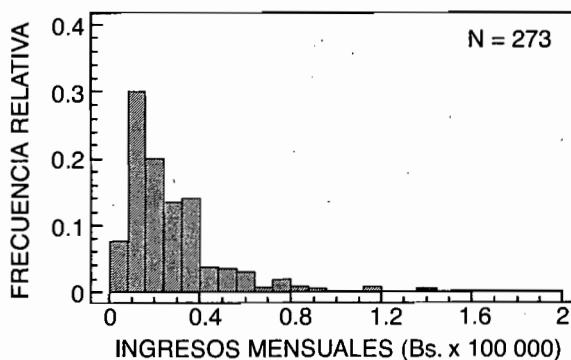


Figura 21  
Distribución del ingreso por grupo familiar en la comunidad pesquera de Guaca.

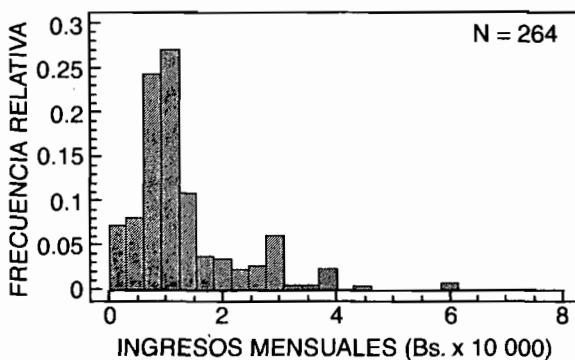
*Distribution of income per family unit in Guaca fishing community.*

promedio obtenido por ellas en base al nivel de ingreso promedio estimado para toda la población, resulta que recibían unos 3 millones de bolívares al mes que anualmente alcanzaba a los Bs. 36 millones. Como podemos ver, el 92% de los trabajadores obtenían del total de ingresos percibidos por la comunidad unos 9 millones de bolívares al mes, por ello tendríamos que pensar que el restante 8% se apropiaba de los 21 millones de bolívares restantes; sin embargo, éstos obtienen al año unos 27 millones de bolívares o unos 2,3 millones mensuales. Este resultado permitiría inferir que los dueños de los medios de producción se apropián de más de 18 millones del ingreso mensual, por lo cual se podría concluir, al menos parcialmente y sujeto a un examen mucho más exhaustivo y riguroso metodológicamente, que la pesca artesanal se convierte así en factor generador de desigualdades sociales y espaciales y en escenario de contradicciones y conflictos por la apropiación del excedente producido en el microespacio regional y económico constituido por la comunidad pesquera.

En Guatapanare el ingreso en su mayor proporción proviene del empleo generado en la pesca artesanal, cuyo valor bruto puede estimarse en alrededor de 115 millones de bolívares al año. El ingreso promedio de la población es uno de los más altos entre el conjunto de las comunidades pesqueras del recorte territorial estudiado. Esta variable asciende a unos Bs. 11.000 millones mensuales o 132 millones de bolívares al año. La población ubicada en estratos inferiores a Bs. 15.000 mensuales alcanza el 78% del total (Fig. 22), proporción que desciende al 38% cuando se analiza la composición

Figura 22  
Distribución del ingreso por persona en la comunidad pesquera de Guatapanare.

*Distribution of income per person in Guatapanare fishing community.*

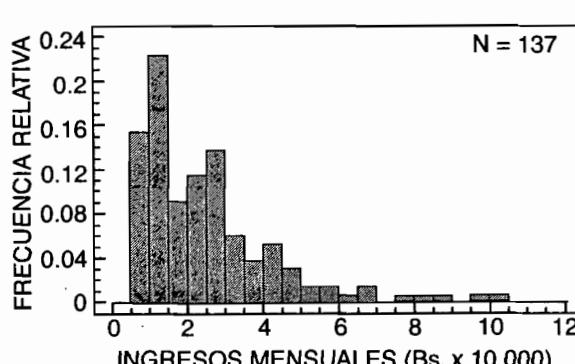


del ingreso por grupo familiar. El promedio de ingresos mensuales del grupo familiar se ubica en Bs. 17.000 al mes (Fig. 23), cifra bastante elevada en el contexto del ámbito de estudio. El ingreso global mensual estimado alcanza a Bs. 16 millones, de los cuales 9,6 millones lo aporta la pesca artesanal, equivalente al 60% del ingreso total. La diferencia es aportada por la industria artesanal, la cual genera alrededor de Bs. 2 millones al mes, los servicios que aportan aproximadamente Bs. 1,5 millones y el resto es explicado por actividades no especificadas o por la importación de riqueza de un espacio económico diferente. Los grupos sociales privilegiados, con ingresos superiores a Bs. 40.000 al mes no representan en conjunto al 1,5% de la población y los hogares con ingresos superiores a Bs. 90.000 mensuales totalizaban apenas el 2% de los grupos familiares.

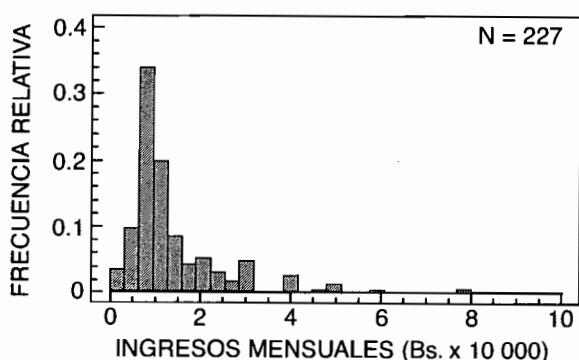
Figura 23

Distribución del ingreso por grupo familiar en la comunidad pesquera de Guatapanare.

*Distribution of income per family unit in Guatapanare fishing community.*



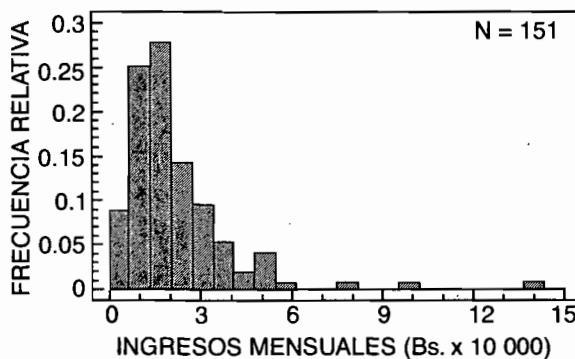
Los niveles de ingreso observados en La Esmeralda indican una baja remuneración y, en el caso de la industria, una relativamente elevada desproporción en los beneficios percibidos por el capital. Así, el 47% de la población se ubica en estratos inferiores a los 10.000 bolívares al mes; el 72% obtiene ingresos inferiores a los 15.000 bolívares mensuales y el 80% lo conforman personas con ingresos inferiores a los 20.000 bolívares al mes (Fig. 24). La empresa industrial concede una remuneración promedio a los obreros de Bs. 330/día y a los empleados de Bs. 1.000/día, pero apenas 25 empleados de un total de 525 trabajadores, perciben una remuneración superior a los Bs. 1.000 diarios, por lo cual los niveles promedios de remuneración no ascienden a los 452 bolívares/día, lo que representa un ingreso mensual inferior a los Bs. 15.000. De tal manera, el grueso de la población trabajadora en esta empresa se ubica en el tramo de ingreso inferior a los Bs. 15.000 mensuales y asciende en total al 72% de la población y equivale al 44% de los hogares pertenecientes a esta comunidad. Se observa además que el 37,7% de los hogares percibe ingresos superiores a los 20.000 bolívares al mes, de tal manera que al comparar esta proporción con la correspondiente a la distribución del ingreso por persona encontramos una notable diferencia: 20% contra 37,7% (Fig. 25). Esta situación indica un notable mejoramiento en la distribución del ingreso a nivel del grupo familiar, debido a la introducción de estrategias orientadas a mejorar el nivel de ingreso del hogar, las cuales tienen expresión en la descarga de la sardina por parte de la población femenina, principalmente, y la presencia de puestos de expendio de alimentos ya preparados.



*Distribution of income per person in La Esmeralda fishing community.*

■ Figura 25  
Distribución del Ingreso por grupo familiar en la comunidad pesquera de La Esmeralda.

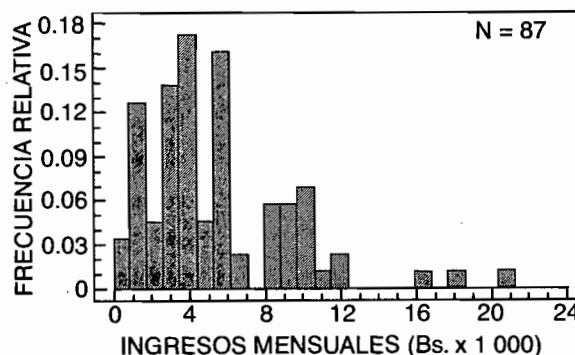
*Distribution of income per family unit in La Esmeralda fishing community.*



La estructura que asume la distribución del ingreso por habitante en Punta Colorada da cuenta de las grandes dificultades materiales a las que nos hemos referido; en efecto casi las tres cuartas partes de la población percibe un ingreso muy por debajo del límite de subsistencia. Como puede observarse el 73,6% de la población percibe ingresos personales inferiores a los 7.000 bolívares al mes (Fig. 26), lo cual se reduce al 45,3% de la población cuando reagrupamos esta distribución por grupo familiar (Fig. 27). Para 1993, observábamos que apenas el 19,5% de la población lograba situarse en el tramo de ingresos entre los 8.000 y 12.000 bolívares al mes cuando examinábamos la estructura del ingreso por habitante. Excepcionalmente un 7% de los pobladores de esta comunidad obtienen ingresos superiores a los 16.000 bolívares al mes. Punta Colorada no presenta actividades frente a las cuales la población pueda concebir estrategias de sobrevivencia o de complementación.

■ Figura 26  
Distribución del ingreso por persona en la comunidad pesquera de Punta Colorada.

*Distribution of income per person in Punta Colorada fishing community.*



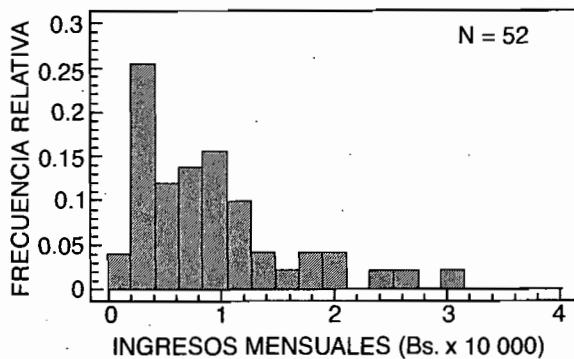


Figura 27  
Distribución del ingreso por grupo familiar en la comunidad pesquera de Punta Colorada.

*Distribution of income per family unit in Punta Colorada fishing community.*

del ingreso familiar, por ello se observa que el 79% de las familias reportaron percibir ingresos menores a los 10.000 bolívares al mes, lo cual pone de manifiesto la seria restricción que afecta a la familia.

### *Actividad pesquera artesanal*

#### **Guaca**

Esta comunidad es, desde el punto de vista de la infraestructura pesquera de producción, la más importante del sector oriental del área de estudio. Nuestros estimados establecen que el número de embarcaciones que tienen esta comunidad como puerto base es de alrededor de 180 entre peñeros y lanchas. Una muestra de 38 de entre ellas arrojó las siguientes características:

	Promedio (m)	Desviación
ESLORA:	7,97	1,96
NUMERO DE PESCADORES:	3,08	1,22
NUMERO DE MOTORES:	1,37	0,51
POTENCIA MOTORES:	81,34	21,98

Las capturas totales presentaron una tendencia creciente desde el mínimo de 33 toneladas observado en agosto hasta el máximo estimado para octubre de algo más de 700 toneladas, posteriormente en

el mes de noviembre las capturas disminuyen significativamente hasta alrededor de 100 toneladas en el mes de noviembre. Los valores relativamente más elevados observados entre septiembre y noviembre corresponden a los aportes de las máquinas de argolla y los trenes sardineros. Por otra parte, hay un aporte bajo pero constante de los filetes o tendedores de superficie durante los meses de muestreo. El total de las capturas estimadas durante el periodo fue de 1,003 toneladas, entre las cuales la captura de sardina representó un porcentaje considerable. Considerando la importancia relativa de la flota, es probable que buena parte de las capturas durante el período de estudio hayan sido desembarcadas en otras localidades, especialmente en Carúpano.

El esfuerzo de pesca presentó un máximo de aproximadamente 425 salidas en el mes de agosto, durante el resto del periodo este índice de actividad pesquera se estabiliza alrededor de 200 salidas mensuales.

El comportamiento de los ingresos y beneficios brutos totales presentan una tendencia, mas bien, descendiente durante los meses de estudio. El mes de agosto, cuya producción en peso fue la más baja, presentó el máximo en cuanto al valor de la producción, ubicándose ésta alrededor de los Bs. 4.200.000. Entre septiembre y octubre el valor de los ingresos se estabiliza entre Bs. 2.000.000 y Bs. 2.500.000, para luego disminuir significativamente en noviembre con algo más de Bs. 1.000.000. El valor total de la producción a nivel de pescador en el período analizado se ubicó en Bs. 10.000.000. Este ingreso, a la excepción del mes de octubre cuando la producción de sardina alcanzó su máximo nivel, viene determinado por la actividad de los filetes o tendedores de superficie, que a pesar de su relativamente pequeña producción colocan el producto a un precio promedio 35 veces superior al de la sardina. Esta última se vendió a Bs. 3 por kg. mientras que las especies capturadas por filetes, tales como el carite y la anchoa se vendieron a Bs. 200 y el tajali a Bs. 60.

### **Guatapanare**

Esta comunidad presenta un número aproximado de 70 embarcaciones. De una muestra de 35 entre ellas se obtuvieron las siguientes características:

	Promedio (m)	Desviación
ESLORA:	8,30	1,39
NUMERO DE PESCADORES:	4,60	1,93
NUMERO DE MOTORES:	1,00	0,00
POTENCIA MOTORES:	64,20	22,17

Las capturas totales en esta comunidad se caracterizan por fluctuaciones intermensuales importantes. El máximo observado de alrededor de 3.800 toneladas corresponde al mes de agosto, mientras que el valor mínimo corresponde al mes de noviembre con algo menos de 1.000 toneladas. La mayor parte de estas capturas está representada por los trenes o chinchorros sardineros. En segundo término, con una participación relativamente pequeña de alrededor de 30 toneladas mensuales, aparecen los trenes liseros. La captura total estimada para el período fue de aproximadamente 8.600 toneladas.

El esfuerzo de pesca presenta un comportamiento similar a las capturas, pero con fluctuaciones menos marcadas. En el mes de agosto se aprecia un máximo de 1.200 salidas, mientras que el mínimo se observa en el mes de septiembre con algo más de 500 salidas.

Los ingresos y beneficios brutos presentan fluctuaciones análogas a las capturas y al esfuerzo, pero con variaciones menos importantes que las primeras. El ingreso máximo obtenido por la venta del producto se presenta en el mes de agosto con una cifra cercana a los Bs. 15.000.000, mientras que el mínimo corresponde al mes de septiembre con un valor de ingreso bruto de alrededor de Bs. 6.500.000. El total de las ventas a nivel de productor durante los meses de muestreo representó ingresos brutos por el orden de los Bs. 40.000.000. Aunque el aporte de las capturas de los trenes liseros es relativamente menor (algo más de 5% en el mejor de los casos), el precio promedio de venta del producto es 25 veces mayor que el de la sardina, la cual se vende a Bs. 3 por kg. Esta diferencia determina que los niveles de ingreso por las ventas a nivel de la comunidad fluctúen por un factor de 2,2 mientras que las capturas varían por un factor de cuatro durante los meses analizados.

### La Esmeralda

Según nuestras estimaciones en esta comunidad operan alrededor de 100 embarcaciones del tipo peñero. Sobre una muestra de 78 de entre ellas se obtuvieron los siguientes valores:

	Promedio (m)	Desviación
ESLORA:	7,63	1,26
NUMERO DE PESCADORES:	3,33	1,57
NUMERO DE MOTORES:	1,15	0,39
POTENCIA MOTORES:	56,50	17,68

En cuanto a las capturas se observa que en el mes de agosto se obtuvo un estimado de producción de alrededor de 2.400 toneladas. Posteriormente, éstas disminuyen de manera marcada para ubicarse en un valor mínimo de 29 toneladas en el mes de octubre. La alta producción registrada en los dos primeros meses se debió esencialmente a la actividad de los chinchorros o trenes sardineros. El resto de la producción corresponde a la actividad de los filetes o tendedores de superficie y fondo que presentaron pocas fluctuaciones y bajo niveles de capturas, promediando alrededor de 40 toneladas por mes para ambos artes.

El esfuerzo de pesca presenta una tendencia decreciente a lo largo del período, al pasar de alrededor de 1.100 salidas en el mes de agosto a menos de 600 salidas en el mes de noviembre.

De la misma manera, los ingresos y beneficios brutos siguen también el comportamiento observado en las capturas. Los ingresos presentan un máximo de aproximadamente Bs. 13.000.000 en el mes de agosto y un mínimo cercano a los Bs. 3.000.000 en el mes de octubre. El valor total de la producción en los 4 meses de muestreo fue de aproximadamente Bs. 24.400.000. Estos niveles de ingreso están determinados en los primeros meses por la producción de sardina, cuyo precio promedio de venta fue de Bs. 3 por kg. El alto valor comercial de las especies pelágicas (carite, anchoa y cabañas) y demersales (principalmente, lisa) capturadas por los filetes de superficie y fondo determina que la disminución por un factor de 60 en la producción solamente represente un factor de cuatro en los ingresos.

### Punta Colorada

Esta pequeña comunidad ubicada en el extremo occidental del área de estudio entre Araya y Punta Araya presenta un número limitado de embarcaciones. Nuestros estimados ubican el número de

unidades de pesca, esencialmente peñeros, en alrededor de 36. Sobre una muestra de 23 se obtuvo el siguiente cuadro resumen de las características mas resaltantes de estas embarcaciones:

	Promedio (m)	Desviación
ESLORA:	7,30	0,73
NUMERO DE PESCADORES:	3,52	0,77
NUMERO DE MOTORES:	1,13	0,39
POTENCIA MOTORES:	41,91	15,01

En cuanto a las capturas se pudo constatar que el volumen desembarcado es bastante apreciable. El máximo valor se observa en el mes de agosto, con una producción del orden de las 1.150 toneladas. La tendencia durante los meses de muestreo es claramente descendiente, observándose la menor producción en el mes de noviembre con alrededor de 600 toneladas. El grueso de las capturas está conformado por la actividad de los trenes sardineros que desembarcan mas del 95% del total durante el período. El resto de las capturas es producto de las embarcaciones que utilizan el cordel como arte de pesca, observándose un máximo de alrededor de 26 toneladas en el mes de octubre. El total de la producción en los meses analizados representó alrededor de 3.400 toneladas.

En cuanto al esfuerzo de pesca, expresado en número de salidas por mes, se aprecia un mínimo bien marcado en el mes de agosto de aproximadamente 210 salidas, las cuales se estabilizan posteriormente entre 300 y 340 salidas durante los meses restantes.

Los ingresos y beneficios brutos totales presentan una curva descendiente durante los meses analizados. El máximo de ingresos corresponde al mes de agosto (alrededor de Bs. 5.700.000), mientras que el mínimo se observa en el mes de noviembre (algo más de Bs. 2.900.000). Alrededor del 70% de estos ingresos provienen de la pesca de sardina, cuyo precio promedio de venta se ubicó alrededor de Bs. 3,50 por kg. El total de los ingresos percibidos a nivel de productor durante los meses de estudio fue de aproximadamente Bs. 16.000.000.

## *Producción artesanal e industrial*

La producción industrial fabril ubicada en Guatapanare representa un promedio anual de unas 7.200 cajas de pescado enlatado (sardina y atún) y alrededor de 900 sacos de harina de pescado para el consumo animal. El valor bruto anual de la producción, a nivel de mercado, asciende a más de 8.700 millones de bolívares, lo cual equivale a unos 700 millones de bolívares al mes. Esta cifra contrasta con el monto del ingreso total de la población, evidenciándose de esta manera la condición de la industria de constituirse en un instrumento de extracción y exportación de riqueza.

En esta misma comunidad la producción industrial artesanal de eviscerado y fileteado está en capacidad de procesar alrededor de 20 toneladas de sardina diarias en períodos de máxima producción. Esto representa un potencial de producción de aproximadamente Bs. 80.000 diarios, lo cual tomando en cuenta la estacionalidad y estableciendo una base de actividad de 200 días/año, puede representar una producción anual de Bs. 16 millones.

Por otro lado, existe en Guaca, además de las industrias artesanales de procesamiento primario de la sardina de capacidad superior a las existentes en Guatapanare, dos unidades industriales de tamaño artesanal dedicadas a la fabricación de botes, con capacidad para producir cuatro botes al año cada una con un promedio de 11 mts. de eslora. Estas empresas emplean a unos 11 trabajadores de la comunidad.

En La Esmeralda las actividades productivas están conformadas por la producción de la pesca artesanal y por el aporte de la actividad industrial fabril y artesanal. La actividad industrial fabril genera un producto con un valor muy superior al de la pesca artesanal; esta producción industrial al ser calculada sobre la base anual se sitúa en alrededor de 1.300 millones de bolívares aproximadamente. Por su parte la industria procesadora de pescado de tamaño artesanal que trabaja en dos líneas, enlatado de sardina y pepitonas preparadas, alcanza una producción semanal con un valor de 300.000 bolívares, lo que equivale para un esfuerzo anual de 40 semanas, a un valor de Bs. 12.000.000. Una actividad que colateralmente se lleva a cabo en La Esmeralda y puede ser considerada como de cierta significación relativa, aun cuando la incidencia de

esta actividad no se aprecia en esta comunidad, es la extracción y el desembarco del mejillón. Operan cuatro botes con capacidad para transportar 12 sacos cada uno. El precio del saco de 60 kg promedio es de Bs. 1.500, lo cual arroja un ingreso total para quienes lo extraen y venden de Bs. 72.000 al día. En el procesamiento primario participan varias personas que asumen el control de dos sacos de mejillón cada uno. Cada saco reporta un rendimiento de 12 Kg, producción que es vendida a razón de Bs. 250/kg de mejillón desbullado. Este producto se expende para su procesado artesanal en la población de Guaca y en la localidad de Playa Grande, Municipio Bermúdez. Por último, la carpintería de ribera localizada en esta comunidad cuenta con una capacidad para fabricar cuatro botes al año que reportan un valor bruto de 1,2 millones de bolívares.

En Punta Colorada la producción total depende de la actividad pesquera artesanal. De esta manera, al calcularse la magnitud de esta variable nos aproximamos al valor bruto de la producción para la economía local de la comunidad.

## *Comercio*

En Guaca el comercio de la producción se hace fundamentalmente a través del cavero. Cada cava adquiere solamente de sardina un promedio diario de 500 cajas de sardina de 10 kilos cada una, sin incluir las cavas que comercian con otras especies de mayor valor comercial. El número de cavas que operan diariamente asciende a unas 30 unidades. Otro factor del comercio local en Guaca lo constituyen los establecimientos minoristas para el expendio de víveres, legumbres y alimentos en general; los establecimientos para el expendio de medicinas, en número de dos, los puestos de venta al mayor y detal de pescado salado, en numero de nueve, que comercializan unos 4.000 kg semanales en promedio; los expendios de licores y bares que alcanzan a nueve unidades y la estación de servicios que expende al día unos 5.000 litros de combustible y unas 8 cajas de 24 latas de lubricantes. Los establecimientos dedicados al comercio minorista de víveres y otras mercancías para el consumo, alcanzan a un total de 22, los cuales tienen ventas promedio al día de Bs. 4.000 y se abastecen directamente adquiriendo sus

mercancías en Carúpano en comercios mayoristas. Sus compras promedio a la semana alcanzan a 30.000 bolívares.

La comercialización de la actividad pesquera en Guatapanare se realiza a través de varios canales; uno de ellos es la venta directa de la sardina como materia prima a la industria, otro lo constituye la intervención tradicional del cavero y, por último, la venta a los puestos artesanales de eviscerado y fileteado de sardina. La industria enlatadora comercializa su producción de manera sindicalizada, a través de dos empresas distribuidoras, las cuales asumen la distribución de sus productos a nivel nacional. El comercio de mercancías destinadas al consumo final, se realiza por vía de siete establecimientos minoristas que se abastecen directamente de Carúpano. Las ventas diarias promedio ascienden a Bs. 3.500 y sus compras para provisiones ascienden en promedio a Bs. 25.000 semanales. En estas comunidades también se observa la comercialización de conservas de mejillón envasadas y preparadas de manera artesanal, producto de la actividad pesquera de algunos pescadores de la comunidad conjuntamente con elementos de la población femenina.

En La Esmeralda la pesca artesanal tiene como vehículo de comercialización la relación de suministro directo a las plantas procesadoras, en lo que se refiere a la sardina; el resto de la producción pesquera es comercializado teniendo como característica la intervención del cavero que actúa como intermediario entre el mercado y el productor. La producción industrial se vende en su totalidad a dos empresas que se ocupan de su comercialización y distribución intermedia y final, contándose con la intervención de un agente distribuidor mayorista local a quien se le vende un 20% de la producción de la empresa. La actividad comercial se lleva a cabo a través de 19 unidades minoristas predominantemente de expendio de víveres, legumbres y mercancías en general. Estas unidades comerciales en su gran mayoría son pequeños establecimientos de expendio al consumidor, aun cuando opera un establecimiento de ventas al mayor y al menor. Entre las 19 unidades comerciales encontramos cuatro expendios de licores. Estas empresas se abastecen desde Carúpano y alcanzan un promedio de ventas diario de 5.000 bolívares y un promedio de 25.000 bolívares semanales de compras a los distribuidores y mayoristas. El monto de 95.000 bolívares diarios de venta indica el nivel de la actividad comercial estructura-

da y dimensionada para atender un mercado limitado en su capacidad de demanda dado el nivel de ingreso promedio observado.

En Punta Colorada la actividad comercial se lleva a cabo a través de tres expendios de víveres, alimentos y legumbres que comercian al minoreo y se proveen directamente de expendios mayoristas ubicados en Cumaná. De esta manera se establece un relacionamiento extraterritorial que tiene como vehículo al comercio minorista. Estas unidades comerciales alcanzaban un promedio de ventas diaria del orden de los 3.000 bolívares y un promedio de compras semanales del orden de los 20.000 bolívares. Existe adicionalmente un puesto de expendio de medicinas que cumple precariamente con su cometido.

## Conclusion

De manera general las comunidades estudiadas, a pesar de los altos niveles de producción pesquera asociados a la explotación de la sardina, presentan características propias al conjunto de comunidades pesqueras de la región. Se pudo observar que las condiciones de vida en estas comunidades son bastante difíciles debido a las limitaciones de los servicios públicos, los elevados niveles de analfabetismo en la población adulta, el abandono de la formación escolar por parte de los jóvenes, bajos ingresos de la mayor parte de la población y la apropiación de la riqueza generada por la pesca por otros agentes asociados al comercio y la transformación del producto.

Estas dificultades se manifiestan en el número de habitantes de estas comunidades, los cuales son inferiores a las proyecciones emanadas del XI Censo de Población y Vivienda. Puede, por lo tanto, deducirse que existen flujos migratorios de estas comunidades hacia otros centros poblados que ofrecerían más oportunidades y mejores condiciones de vida.

A pesar de lo anterior, también se evidencia que en comunidades como Guaca, Guatapanare y, en menor grado, La Esmeralda, se presentan mecanismos de aumento de la oferta de empleo y de

complementación del ingreso por medio del procesamiento artesanal de la sardina (fileteado). Esta organización del trabajo permite que los ingresos de los grupos familiares en las 3 comunidades mencionadas sean superiores a los observados en otras comunidades de la región y que la tasa de desocupación se ubique en 45% por oposición a un valor de 63% en el caso de Punta Colorada. En esta última comunidad el aislamiento geográfico y económico no le ha permitido desarrollar este tipo de actividad complementaria y, por lo tanto, se mantiene en niveles de ingresos sumamente bajos y con 75% de la población económicamente activa dedicada a la pesca artesanal. Este alto grado de especialización probablemente explica los elevados niveles de analfabetismo (60%) de la población adulta de Punta Colorada comparado con niveles significativamente menos elevados (40%) en las demás comunidades.

La diversidad de artes de pesca y la naturaleza flexible de la pesca artesanal permite la captura de numerosas especies, cuyo valor de venta es mucho más elevado que el de la sardina. Este aspecto será especialmente relevante para las comunidades que se encuentren más cerca de los centros de consumo y comercialización, como Guaca y Guatapanare. Por último, la presencia de la industria enlatadora en Guatapanare y La Esmeralda, si bien aumenta parcialmente la oferta de empleo, no tiene un efecto notable en los niveles de vida en estas comunidades, ya que la mayor parte de los empleados de estas industrias son residentes de otras localidades.

## ■ Agradecimientos

Queremos expresar nuestra gratitud a la empresa LAGOVEN S.A. (filial de Petróleos de Venezuela S. A.) por el financiamiento recibido en la realización del siguiente estudio. A todos los habitantes de las comunidades estudiadas por su receptividad y apoyo.

## ■ Referencias

- APARICIO, R. (este volumen) — Revisión de las características oceanográficas de la plataforma Nororiental de Venezuela.
- ANÓNIMO, 1990 — *Resultados de los Talleres sobre la Pesca en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección General Sectorial de Pesca y Acuicultura.*
- CÁRDENAS, J., SILVA, J. y MENDOZA, J., 1991 — Evolución de la Flota Pesquera Artesanal Marítima del Nororiente Venezolano entre los Años 1984 y 1990. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, Vol. 51 (135–136): 145–157.
- GUZMÁN, R., FRÉON, P. y MENDOZA, J., (este volumen) — La Pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: Período 1959–1989.
- MENDEZ-AROCHA, A., 1963 — *La Pesca en la Isla de Margarita.* Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas, 267 p.
- MENDOZA, J. y FRÉON, P., 1991a — Producción y esfuerzo de pesca en Porlamar, Isla de Margarita durante 1986. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, Vol. 51 (135–136): 129–144.
- MENDOZA, J. y FRÉON, P., 1991b — Producción y esfuerzo de pesca de la flota artesanal costanera en Juangriego, Isla de Margarita, durante los años 1983, 1985 y 1986. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, Vol. 51 (135–136): 144–160.
- MENDOZA, J., GONZALEZ, J. y FRÉON, P., 1987 — *La Pesca artesanal del Nororiente Venezolano: Esfuerzo de pesca potencial y aspectos socio-económicos.* Actas de la Conferencia Internacional de la Pesca, Université du Quebec a Rimouski, 10–15 Agosto 1986. Vol. II: 1087–1099.
- MENDOZA, J., LÓPEZ, J., GÓMEZ, I. y FERRER, J., 1994 — *Diagnóstico socio-económico de las comunidades pesqueras ubicadas entre Carúpano y Araya.* Informe Final. Convenio Universidad de Oriente – LAGOVEN S.A., 286 p.
- VARELA, R., CARVAJAL, F. y MULLER-KARGER, F., (este volumen) — El Fitoplancton de la plataforma Nororiental de Venezuela.



## Abstracts

---

**Pierre Fréon and Jeremy Mendoza: “The sardine (*Sardinella aurita*), its environment and exploitation in Eastern Venezuela: a synthesis”**

In this synthesis of the “contributions” in this volume on exploitation and environment in the northeastern Venezuela *Sardinella aurita*, fishery, we first analyze the existing data on physical and biological environment, with special attention to upwelling, Orinoco river influence, phytoplankton and trophic interactions in the ecosystem. Then, the biology of the species is reviewed, especially its geographical distribution obtained from acoustic and fishery data, and its reproductive strategy. The next section is a study of exploitation and population dynamics (global approach on catch-effort series and analytical approach on length frequencies) in relation with the environment. Finally, some socio-economical aspects are presented before recommending actions for research and management.

The ecosystem is dominated by the influence of the upwelling on the western part of the area during most of the year, and secondarily by Orinoco river discharge in the eastern part of the area during the rainy season. The distribution of the stock and its abundance are dependent on these environmental features, even though a precise quantification was not achieved. The stock is moderately exploited by an artisanal fishery which concentrates on the nursery areas. It is recommended to increase the fishing effort progressively and outside of these nurseries (see the summary at the end of the body text for more details on the results and recommendations).

**Rubén Aparicio Castro: “Review of the oceanographic characteristics of the northeastern Venezuela continental shelf”**

In this study an analysis of existing information on the characteristics of the Northeastern Venezuela continental shelf is presented. In particular, the seasonality of different variables (migration of the Inter-Tropical Convergence Zone,

intensity of the regional wind field, air temperature, evaporation, precipitation, Orinoco river discharge, sea level, water column stability, salinity and sea surface temperature, wave field, marine currents and divergence and convergence zones of surface flow) is underlined, emphasising the importance of coastal upwelling during the first months of the year and the influence of the Orinoco river in the second semester. Additionally, the author proposes a preliminary interpretation of the possible implications of some of these variables on population parameters of spanish sardine *Sardinella aurita*, which constitutes the most important artisanal fishery in the region.

**Rubén Aparicio Castro and Rommel Contreras: "Wind induced coastal upwelling indices off northeastern Venezuela"**

In this study monthly time series of upwelling indexes are presented for the periods 1969–1990 and 1976–1988 for the areas of Cumaná and El Yaque, on the north-eastern coastal region of Venezuela, respectively. The computation of these indices involves mean monthly values of wind speed and direction recorded at the corresponding coastal meteorological stations from which the sequence of wind stress ( $t_x$ ) is constructed. Finally,  $t_x$  is used to obtain monthly values of offshore Ekman transport,  $E_Y$ , in  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  per 100 m of coastline.

**Pierre Fréon and Ludovic Ans: "Comparison between coastal wind data, merchant ship data and sea surface temperature in northeastern Venezuela"**

Time series of wind and sea surface temperature collected by merchant ships (COADS and NESDIS data bases) from 1950 to 1990 were used to study the seasonal and interannual variability of upwelling in eastern Venezuela. These time series were compared to wind data from several coastal meteorological stations of the area which have been used by other authors to compute upwelling indices.

The correlation between coastal and marine data was not as good as expected, even though some significant coefficients of correlation were obtained. The reasons for these incon-

sistencies were analyzed. Among them we identified: land influence on the coastal data (local breezes, relief), the low number of observations available in the marine data base in recent years as well as the low spatial resolution of marine data. Our provisional conclusion is that coastal meteorological stations located in Margarita island (Punta de Piedras and El Yaque) can be considered as representative of the situation on the continental shelf. Data from the station at Cumaná seem less representative of the continental shelf, but could be of interest for the Cariaco gulf. However, the lack of merchant ship data clearly identified in the gulf does not allow for testing this hypothesis.

**Ramón Varela, Flor Carvajal and Frank Muller-Karger: "The phytoplankton of the continental shelf of northeastern Venezuela"**

This paper attempts to summarize available knowledge about this community and includes studies on species composition, biomass, primary production, and pigment distributions obtained through Coastal Zone Color Scanner (CZCS) satellite monitoring. This heterogeneous and variable region results from numerous factors that affect the continental shelf waters, such as the coastal upwelling, the influence of the Orinoco River, the wind regime and marine currents. Based on an analysis of historical data, the region has been divided into six geographic areas. The Margarita-Araya-Carupano area and the area influenced by the Orinoco river further to the east contain the highest biomass levels. These two areas have rhythmic production cycles which alternate during the year. Although the concentration of phytoplankton varies from year to year, the distributional patterns are quite similar. The phytoplankton disperses towards the north and the west; in the process, surface phytoplankton submerges towards the periphery, away from the continental platform. This feature, combined with the sustained biomass, makes the phytoplankton of this area a diverse resource which is available year-round.

**Jeremy J. Mendoza Hill: "Trophic relations and biomass flow in the Eastern Venezuela shelf: importance of the sardine *Sardinella aurita*"**

The northeastern Venezuela shelf ecosystem (aprox. 30,000 km<sup>2</sup>) is the most productive fishing area in the country. Marine biological productivity is associated with wind induced upwelling in the dry season (November through May) and river runoff in the rainy season (June through October). Considering its regional socio-economic and scientific importance, available information was analyzed in order to study biomass production and flow by means of the ECOPATH II steady-state trophic model. The system was divided into 16 species or species groups : 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. *Sardinella aurita* represents the most important fish biomass and its relevance is analyzed within the multispecific context of the model.

**Molla Fazlul Huq: "Review of the fishery biology of sardine, (*Sardinella aurita* Valenciennes 1847) in Eastern Venezuela"**

The objective of this paper is to gather existing biological information on *Sardinella aurita* from Venezuela. Many studies have been carried out on this species in the country, but in a discontinuous fashion in both space and time. Among them there have been studies in Taxonomy : today the species is identified as *Sardinella aurita*. Distribution : the resource is distributed between the Gulf of Venezuela and Cape Tres Puntas, with major concentrations in eastern Venezuela. Catches : these have varied between 16,000 and 80,000 t in the later years. Behavior : Abundance is seasonal and related to coastal upwelling phenomena, water temperature preference is below 24°C. Digestive System : anatomy of the digestive system indicates that the species is omnivorous and opportunistic. Stomach Contents : it indicates that the species is planktivorous. Reproduction : major reproductive activity occurs on the northern coast of Sucre State (eastern Venezuela). Additionally there is information

on environmental parameters and their relationship with spanish sardine life history: upwelling and distribution, plankton concentration and stomach content, currents and egg dispersal, winds and catches.

**Pierre Fréon, Mostafa El Khattabi, Jeremy Mendoza and Ramón Guzmán: “Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off Venezuela and its response to the coastal upwelling”**

Biological sampling of Spanish sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) off the coast of Venezuela from 1956 to 1989 was used to study the reproductive strategy and migration pattern of the population. Whereas in many pelagic fishes the energy re-allocation necessary for reproduction usually occurs optimally at the end of the upwelling season when planktonic production reaches a maximum, in the present study a 5 month delay was observed. This suggests that energy was stored as lipids early in the season and released later via metabolism for gamete production. Major reproduction did not occur in an area and at a time when offshore transport and turbulence were low, which is also unusual for a pelagic fish species. These results are discussed in terms of the life cycle of the Spanish sardine and its possible migratory patterns. The reproductive strategy of this population apparently gives priority to optimising food availability for the offspring and not to preventing eggs and larvae being transported offshore. The presence of “retention” areas could explain this unexpected strategy.

**Juan José Cárdenas “Distribution and quantification of fish biomass on the continental shelf of Eastern Venezuela, with special emphasis on sardine, as observed using hydroacoustic methods”**

The gradual but constant increment in the level of exploitation of the sardine resources of eastern Venezuela, the most important in terms of catch volume, have triggered by the end of the 1970's the implementation of more formal acoustic evaluations carried out by La Salle Foudation Estación de Investigaciones Marinas de Margarita in more recent years. These series of studies have yielded some notable results including the precise determination of the spatial distribution of the sardine, which occupies a preferential

zone east and southeast of Margarita Island, between the Islands of Coche and Cubagua up to the Araya Peninsula, covering the north coast of the Paria peninsula to the 63°W meridian and the Gulf of Cariaco. Furthermore, a global distribution zone was found to be limited by the 200 meter isobat and the 66 W, 62,5 W longitude. The densities inside of each one of these zones are also differential. Therefore, in the preferential zone an estimate of between 230 to 573 thousand tons have been calculated (for a surface of 2.640 square nautical miles), while outside of this area the abundance between 400 thousand and 1 million tons corresponds to a surface of over 5.700 square nautical miles. Further results from this series of evaluations point to the fact that depth of the gravity center of the sardine school and other coastal pelagic fish is located between 10 and 30 m, occupying an average height in the water column of 10 m. Finally, in accordance with estimates presented earlier in this chapter, interpretations are proposed referring to the variability observed for the quantitative evaluations.

Ramón Guzmán, Pierre Fréon and Jeremy Mendoza: "Spatial and temporal variability of the sardine fishery in Eastern Venezuela from 1959 to 1989"

The aim of this study is to describe and interpret the observed variability in the historical data series (1959-1989) of catch, effort and CPUE of the eastern Venezuela artisanal sardine fishery. The fishing effort unit used was the number of positive sets of encircling nets. Annual sardine catches varied between 16,000 and 80,000 tons per year. Catches from the Cariaco Gulf remained stable from 1959 to 1971 representing on average 63 % of the total annual catches, but from 1972 onwards variability increased markedly. Changes in catch are mainly related to variations in fishing effort; CPUE data are less variable. CPUE data weighted per month and sector were compared to unweighted CPUE. Considering their similarities, CPUE data were split in two groups: the southern area (Gulfs of Cariaco and Santa Fe) and the northern area (Araya, Carupano and Margarita). The yearly means were computed for each group. CPUE variations are stronger in the southern group than in the northern

group, and in most of the cases CPUE are lower in the South than in the North. The concentration index is close to 1.

**P. Fréon, R. Guzmán and R. Aparicio: "Relationships between catches, fishing effort and coastal upwelling indices in the sardine fishery of Eastern Venezuela"**

The catch per set of surrounding nets was considered as an index of abundance in the small-scale sardine fishery off Eastern Venezuela. The relationship between this variable, fishing effort and an upwelling index (computed from wind stress) was studied. The CLIMPROD software allowed the selection of a surplus production model adapted to this fishery, where the abundance depends on both the fishing effort and the upwelling, but it did not validate the model owing to the poor relationship between the abundance index and fishing effort. Moreover the ACE algorithm showed clearly that in the historical data set the catches were linearly correlated to the fishing effort and the upwelling index. These results suggest either a low level of exploitation or that the available CPUE is not a good index of abundance. Regarding the upwelling influence, it appears that its main effect on school size occurred with a lag of a few months through an increase in planktonic production. Nonetheless, a longer term influence, especially on recruitment, was not rejected.

**Jeremy Mendoza, Pierre Fréon and Ramón Guzmán: "Estimation of growth parameters, fishing mortality and exploited biomass of sardine (*Sardinella aurita*) in Eastern Venezuela by use of length frequency data"**

In this study length frequency data regarding spanish sardine (*Sardinella aurita*) from eastern Venezuela is analysed for the period 1967–1989. Average growth parameters (1967–1989) for the von Bertalanffy equation were estimated as  $L_\infty = 266$  mm total length and  $K = 1.26$  on an annual basis. Number of recruits to the fishing area (1976–1989) estimated from length structured Virtual Population Analysis for monthly data varied between under 100 million individuals in the earlier years and over 1 billion individuals at the end of the period. Exploited biomass estimates for

the same period varied from less than 20.000 tons in the first years to more than 100.000 tons in the year 1989. Both recruitment and exploited biomass showed different seasonal patterns between 1976–1983 and 1984–1988. Even though catches increased during the period, the exploitation level has steadily declined in the last years. Despite the uncertainty regarding these estimates it is considered that tendencies are adequately represented.

**Jeremy Mendoza, Jesús A. López, Irey Gómez and Julio Ferrer:**  
“Socio-economics of small scale exploitation of sardine in north-eastern Venezuela: the fishing communities of the Araya Peninsula”

In this study we present a social and economic analysis of the main sardine fishing communities in the Araya Peninsula in north-eastern Venezuela: Guaca, Guatapanare, La Esmeralda and Punta Colorado. 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) was obtained through key informants, direct observations and intensive sampling in each community. In general, despite high levels of catch, poor living conditions are observed, due to inadequate public services, high levels of analphabetism 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, we observe increased levels of income from the artisanal processing of sardine catches. On the contrary, the geographic and economic isolation of Punta Colorado has a negative effect on individual 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.

## Resúmenes

---

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

En esta síntesis de las contribuciones en este volumen sobre la explotación y medio ambiente en la pesquería de *Sardinella aurita* en el nororiente de Venezuela, se analizan primero los datos existentes sobre el medio ambiente físico y biológico con especial énfasis en el fenómeno de afloamiento o surgencia, influencia del Río Orinoco, fitoplancton e interacciones tróficas en el ecosistema. Luego, se hace una revisión de la biología de la especie en la región, especialmente en lo que atañe a su distribución geográfica, obtenida de datos acústicos y de la pesquería, y su estrategia reproductiva. Posteriormente, se presenta el estudio de la explotación y la dinámica poblacional (enfoque global con series de captura y esfuerzo y enfoque analítico basado en datos de frecuencias de tallas) en relación al medio ambiente. Finalmente algunos aspectos socio-económicos son presentados antes de recomendar acciones para la investigación y el manejo del recurso.

El ecosistema está dominado por la influencia del afloamiento en la parte occidental del área durante la mayor parte del año y, en menor grado, por la descarga del Río Orinoco en el área occidental durante la estación de lluvias. La distribución del stock y su abundancia depende de estos rasgos ambientales, aun cuando no se pudo obtener una cuantificación precisa de su determinancia. El stock está moderadamente explotado por una pesquería artesanal concentrada en las áreas de criadero. Se recomienda incrementar el esfuerzo de pesca progresivamente fuera de éstas áreas (ver el sumario al final del cuerpo del texto para más detalles sobre los resultados y recomendaciones).

**Rubén Aparicio Castro: "Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela"**

En este trabajo se presenta un análisis de la información existente sobre las características físico-oceanográficas de

la región Nororiental de Venezuela. En particular, se subraya la estacionalidad de las diferentes variables (migración de la Zona de Convergencia Intertropical de los vientos alisios, intensidad del campo regional de vientos, temperatura del aire, evaporación y precipitación, descarga del río Orinoco, nivel del mar, estabilidad de la columna de agua, temperatura y salinidad de la superficie del mar, oleaje, corrientes marinas, zonas de divergencias y convergencias de flujo superficial) destacando la importancia de la surgencia costera en los primeros meses del año y la influencia del río Orinoco en el segundo semestre. Por otro lado, se hace un análisis descriptivo y preliminar sobre las posibles implicaciones de algunos de estos parámetros sobre aspectos poblacionales de la sardina *Sardinella aurita*, la cual constituye la pesquería artesanal más importante de la región.

**Rubén Aparicio Castro y Rommel Contreras: “Índices de surgencia costera inducida por el vientos para la región nororiental de Venezuela”**

En este trabajo, se presentan series de tiempo en la región costera nororiental de Venezuela, en escala mensual, de índices de afloramiento para las inmediaciones de Cumaná y El Yaque, durante los períodos 1969–1990 y 1976–1988 respectivamente. Para estas localidades, la generación de los índices considera como datos de entrada los valores promedios mensuales de la dirección y magnitud de los vientos registrados por sus estaciones climatológicas costeras, a partir de los cuales se construye la secuencia del esfuerzo zonal del viento ( $t_x$ ), la cual es finalmente utilizada para obtener la serie de valores mensuales del transporte de Ekman,  $E_Y$ , reportado en  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  por cada 100 m de línea de costa.

**Pierre Fréon y Ludovic Ans: “Comparación entre datos de vientos costeros con vientos marítimos y temperatura superficial del mar en el noriente de Venezuela”**

Series temporales de datos eólicos y de temperatura superficial del mar fueron compiladas a partir de observaciones esporádicas realizadas por buques mercantes (archivos COADS y NESDIS) recolectados entre 1950 y 1990, con el

fin de estudiar la variabilidad estacional e interanual de la surgencia costera en el oriente de Venezuela. Estas series de datos se compararon con datos eólicos de varias estaciones meteorológicas costeras de la misma zona, a partir de los cuales otros autores habían calculado distintos índices de surgencia.

Las correlaciones entre datos costeros y marítimos, aunque significativas en algunos casos, no fueron tan buenas como se esperaba. Las razones de estas discrepancias fueron analizadas. Entre ellas se encuentran : las influencias terrestres sobre los datos costeros (brisas locales, relieve), la escasez de datos de buques de oportunidad disponibles en los últimos años y, finalmente, la baja resolución espacial en los archivos de buques mercantes a nuestra disposición. La conclusión provisional es que los datos de las estaciones meteorológicas de la Isla de Margarita (Punta de Piedras y El Yaque) pueden considerarse representativos de los fenómenos eólicos en la plataforma continental. En cuanto a la estación de Cumaná, los datos parecen ser menos representativos de la situación en la plataforma; sin embargo podrían ser de mayor interés para el Golfo de Cariaco, pero desafortunadamente no tenemos datos de barcos mercantes identificados en el golfo para comprobar esta hipótesis.

**Ramón Varela, Flor Carvajal y Frank Muller-Karger: "El fitoplancton en la plataforma nororiental de Venezuela"**

Aquí se trata de resumir los conocimientos disponibles sobre esta comunidad, que incluyen estudios sobre la composición por especies, biomasa, producción primaria, y distribución de pigmentos captados por satélite (CZCS). La región muestra una gran heterogeneidad y variabilidad, resultado de distintos factores que afectan las aguas sobre la plataforma continental, como son la surgencia costera, el influjo del río Orinoco, el régimen de vientos y las corrientes marinas. El análisis de los datos históricos sugieren subdividir la región en seis áreas. De ellas el área de Margarita-Araya-Carúpano, y el área de influencia del río Orinoco, más al oriente, son donde se encuentran los mayores niveles de biomasa. Estas dos áreas marcan ritmos de producción de forma alterna en un ciclo anual. Aunque la

concentración de fitoplancton es muy variable de un año a otro, los patrones de distribución son en cambio muy semejantes. A partir de los focos de producción, el fitoplancton se dispersa hacia el norte y el oeste y, en el proceso, el plancton que es superficial en los focos se hunde hacia la periferia. El fitoplancton es muy diverso, así, las especies dominantes son diatomeas en zonas de surgencia, de composición similar a la de mares templados, cambiando a un plancton más tropical hacia la periferia, fuera de la plataforma continental. Esta cualidad, junto con una biomasa sostenida, hacen del fitoplancton de la región un recurso variado y disponible en cualquier época del año en la región nororiental.

**Jeremy J. Mendoza Hill: "Relaciones tróficas y flujo de biomasa en la plataforma continental del Oriente venezolano: importancia de la sardina *Sardinella aurita*"**

El ecosistema de la plataforma del nororiente de Venezuela (aprox. 30.000 km<sup>2</sup>) es el área de pesca más productiva del país. La productividad biológica marina está asociada con afloramiento costero inducido por el viento durante la estación seca (noviembre a mayo) y la descarga de los ríos en la estación húmeda (junio a octubre). Considerando su importancia socio-económica y científica regional, la información disponible fue analizada con el objetivo de estudiar la producción y flujo de biomasa a través del modelo trófico al equilibrio ECOPATH II. El sistema fue dividido en 16 especies o grupos de especies : pequeños tiburones, escómbridos y barracudas, pargos y meros, calamares, sciánidos, carángidos, corocoros, bagres, macarela o cachorreta, otros peces demersales, pequeños pelágicos, bentos heterotrófico, zooplancton, fitoplancton, productores bentónicos y detrito. *Sardinella aurita* representa la biomasa íctica más importante y se analiza su relevancia en el contexto multiespecífico del modelo.

**Molla Fazlul Huq: "Estado del conocimiento biológico pesquero de la Sardina (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) en el Oriente de Venezuela"**

El objetivo del presente trabajo es el de recopilar las informaciones biológicas existentes en Venezuela sobre

*Sardinella aurita*. Son muchos los trabajos que sobre la biología de esta especie se han realizado en el país, pero en una forma discontinua en el espacio y en el tiempo. Entre ellos se encuentran los relacionados con Taxonomía : actualmente la especie se considera como *Sardinella aurita*. Distribución : el recurso esta distribuido entre el Golfo de Venezuela y Cabo Tres Puntas, con las mayores concentraciones en el Oriente Venezolano. Captura : esta ha variado de 16.000 a 80.000 t anuales durante los últimos años. Comportamiento : su abundancia es temporal y relacionada con los fenómenos de surgencia, prefiriendo temperaturas menores de 24 °C. Sistema Digestivo : la anatomía del sistema digestivo indica que la especie es omnívora y oportunista. Contenido Estomacal : indica que es una especie planctívora. Reproducción : su mayor actividad reproductiva se encuentra en la costa norte del Estado Sucre. Asimismo, existen ciertas informaciones sobre las condiciones del medio ambiente y su relación con los procesos vitales de la sardina : surgencia y distribución, concentración de plancton y llenado estomacal, corriente y dispersión de huevos desovados, vientos y desembarques.

**Pierre Fréon, Mostafa El Khattabi, Jeremy Mendoza y Ramón Guzmán “Una estrategia reproductiva inesperada: el caso de *Sardinella aurita* de las costas de Venezuela y sus relaciones con la surgencia costera”**

Muestreos biológicos de la sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) de las costas de Venezuela, durante el período 1956–1989, fueron utilizados para estudiar la estrategia reproductiva y el esquema migratorio de la población. Mientras que en muchos peces pelágicos la reasignación energética necesaria para la reproducción ocurre generalmente de manera óptima al final de la estación de surgencia, cuando la producción planctónica alcanza su máximo, en el presente caso se observó un desfase temporal de cinco meses. Esto sugiere que la energía fue almacenada como lípidos tempranamente en la estación y posteriormente liberada por la vía metabólica para la producción de gametos. El máximo de reproducción no ocurrió en áreas o períodos de tiempo donde el transporte costa afuera y la

turbulencia fueron bajos, lo cual es también inusual para peces pelágicos. Estos resultados se discuten en términos del ciclo de vida de la sardina y sus posibles esquemas migratorios. La estrategia reproductiva de esta población aparentemente busca optimizar la disponibilidad de alimento para los estadios tempranos de vida y no para prevenir el transporte costa afuera de huevos y larvas. La existencia de zonas de retención de los estadios tempranos pudiese explicar esta estrategia inesperada.

Juan J. Cárdenas "Distribución y cuantificación de la biomasa íctica del mar nororiental venezolano, con énfasis especial en la sardina, determinadas por medios hidroacústicos"

El incremento paulatino y constante de los niveles de explotación de los recursos pesqueros del mar oriental de Venezuela, especialmente el recurso sardinero (*Sardinella aurita*), el más importante en términos de volumen de capturas para la pesca artesanal venezolana, dio pie, a finales de los años 70, al inicio de programas formales de evaluaciones acústicas que en fechas más recientes se ha materializado en la serie de prospecciones realizadas por la Estación de Investigaciones Marinas de Margarita de la Fundación La Salle. Esta serie ha arrojado como resultados más notables, la determinación precisa de la distribución espacial de la sardina la cual ocupa una zona preferencial al este y sureste de la Isla de Margarita, entre la islas de Coche y Cubagua, hasta la Península de Araya, abarcando parte de la costa norte de la Península de Paria, hasta el meridiano 63° W, y el Golfo de Cariaco. A esta distribución preferencial se añade una zona de distribución global limitada aproximadamente por la isóbata de los 200 m y las longitudes de 66° W y 62,5° W. Las densidades al interior de cada una de estas zonas se revelan también diferenciales. Así, en la zona preferencial, se ha estimado una abundancia de entre 230 y 573 mil toneladas (para una superficie de 2.640 mn<sup>2</sup>), mientras que al exterior de esta zona, la abundancia de entre 400 mil y un millón de toneladas, corresponde a una superficie de 5.700 mn<sup>2</sup>. Otros resultados del análisis de esta serie, dan cuenta de que la profundidad del centro de gravedad de los cardúmenes de sardina y otros pelágicos costeros, se sitúa entre los 10 y 30 m, ocupando una altura

promedio en la columna de agua, de 10 m. Finalmente, a la par de las estimaciones antes señaladas, en este capítulo se hacen algunas consideraciones sobre la variabilidad observada para las evaluaciones cuantitativas.

**Ramón Guzmán, Pierre Fréon y Jeremy Mendoza: "La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela, su variabilidad espacio-temporal: periodo 1973–1989"**

El presente estudio tiene como objetivo la descripción e interpretación de la variabilidad de los índices pesqueros en la pesquería artesanal sardinera del oriente de Venezuela, a través de una serie histórica (1959–1989) de datos de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Como medida de esfuerzo se utilizó el número de lances con captura de los cercos. Las capturas anuales de sardina fluctuaron entre 16 000 y 80 000 toneladas por año. Los aportes del Golfo de Cariaco se mantuvieron estables desde 1959 a 1971 con un 63% del total, pero desde 1972 se observó una gran variabilidad. Las fluctuaciones de las capturas están más que todo relacionadas con las variaciones del esfuerzo pesquero, siendo menos variables las CPUE. Se compararon las CPUE ponderadas y no ponderadas por mes y por sector. Se agruparon por su similaridad los sectores del Golfo de Cariaco y de Santa Fé (Area Sur) por un lado, y los sectores de Araya, Carúpano y Margarita (Area Norte) por el otro, obteniéndose una CPUE anual para cada área. Se encontró que la variabilidad de la CPUE es más importante en el Area Sur que en el Area Norte, y que en general los valores de CPUE son inferiores en el Sur comparados con el Norte. El índice de concentración es cercano a 1.

**P. Fréon, R. Guzmán y R. Aparicio: "Relaciones entre capturas, esfuerzo pesquero y surgencia costera en la pesquería de sardina del Oriente de Venezuela"**

Se consideró la masa promedio de los cardúmenes como índice de abundancia en la pesquería artesanal de sardina del oriente de Venezuela. Se estudiaron las relaciones entre esta variable, el esfuerzo pesquero y un índice de surgencia calculado a partir de la velocidad del viento. El programa CLIMPROD permitió seleccionar un modelo de producción

global adaptado a la pesquería, donde la abundancia depende a la vez del esfuerzo pesquero y de la surgencia, pero no validó este modelo por falta de una fuerte relación entre el índice de abundancia y el esfuerzo. Además, el algoritmo ACE mostró claramente que las capturas en la serie histórica de datos varían de manera lineal con el esfuerzo pesquero y con el índice de surgencia. Estos resultados sugieren un bajo nivel de explotación, o bien significan que la CPUE disponible no es un buen índice de abundancia. A nivel de la surgencia, se supone que actúa esencialmente con un desfase de unos meses sobre el tamaño de los cardúmenes a través del aumento de la producción planctónica; sin embargo, no se puede descartar una influencia a más largo plazo sobre el reclutamiento.

**Jeremy Mendoza, Pierre Fréon y Ramón Guzmán: "Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa explotada de la sardina (*Sardinella aurita*) en el Oriente venezolano por medio de frecuencias de longitudes"**

En este trabajo se realiza un análisis de los datos de frecuencias de talla de la sardina (*Sardinella aurita*) del oriente de Venezuela durante el período 1967–1989. Se obtuvieron estimados de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, obteniéndose valores promedios para el período (1967–1989) de  $L_{\infty} = 266$  mm de longitud total y  $K = 1,26$  sobre la base anual. En cuanto a los valores del número de reclutas (período 1976–1989) en el área de la pesquería, estimados a través del Análisis de Población Virtual estructurado por longitudes para datos mensuales, fluctuaron entre alrededor de 100 millones de individuos en los años iniciales hasta más de 1.000 millones de individuos al final del período. Los valores de biomasa explotada fluctuaron entre menos de 20.000 toneladas en los primeros años hasta más de 100.000 toneladas en el año 1989. Tanto el reclutamiento como la biomasa presentaron patrones estacionales distintos entre 1976–1983 y 1984–1988. Se observó una disminución apreciable del nivel de explotación a pesar del aumento en las capturas. Aun cuando existe bastante incertidumbre en cuanto a la confiabilidad de los resultados, se considera que las tendencias se representan adecuadamente.

**Jeremy Mendoza, Jesús A. López, Irey Gómez y Julio Ferrer:  
"Socio-economía de la explotación artesanal de la sardina en el  
nororiente de Venezuela: las comunidades pesqueras de la  
Península de Araya"**

En este trabajo se presenta un análisis socio-económico de las principales comunidades pesqueras de la Península de Araya que se dedican a la pesquería de sardina: Guaca, Guatapanare, La Esmeralda y Punta Colorada. El trabajo de campo se realizó en el período comprendido entre junio de 1993 y marzo de 1994. La obtención de información sobre las condiciones sociales (vivienda, servicios, educación y salud), económicas (estructura por sexo y edades, ingresos, empleo, actividad económica, comercio e industria) y la actividad pesquera (flota, producción por arte y especies, ingresos y beneficios brutos) se obtuvo a través de informantes claves, observaciones directas y un muestreo intensivo de las unidades habitacionales en cada comunidad. En general, a pesar de los elevados niveles de producción pesquera, se observa que las condiciones de vida en estas comunidades son bastante difíciles debido a las limitaciones de los servicios públicos, los elevados niveles de analfabetismo en la población adulta, el abandono de la formación escolar por parte de los jóvenes y bajos niveles de ingresos de la mayor parte de la población. No obstante, también se evidencia que en comunidades como Guaca, Guatapanare y, en menor grado, La Esmeralda, se presentan mecanismos de complementación del ingreso por medio del procesamiento artesanal de la sardina (fileteado). Contrariamente a lo que ocurre en Punta Colorada, cuyo aislamiento geográfico y económico la mantiene en niveles de ingresos sumamente bajos. Por último, la presencia de la industria enlatadora en Guatapanare y La Esmeralda, si bien aumenta la oferta de empleo, no tiene un efecto notable en los niveles de vida en estas comunidades.

Achevé d'imprimer sur les presses numériques  
des Imprimeries Maury  
21, rue du Pont-de-Fer  
12102 Millau / France



La plataforma continental del Nororiente de Venezuela es una de las regiones pesqueras más importantes del Mar Caribe. Este ecosistema está sujeto a importantes variaciones estacionales de productividad asociadas a eventos de afloramiento en el periodo de sequía y a la descarga del río Orinoco en periodo de lluvia. Este sistema también alberga una de las mayores poblaciones conocidas de la sardina *Sardinella aurita*. En este volumen se describen las características ambientales físicas y biológicas, incluyendo composición del fitoplancton e interacciones tróficas; se hace una revisión de la biología, de la distribución, derivada de datos acústicos y pesqueros, y de la estrategia reproductiva de la sardina; se describe y analiza la pesquería utilizando datos de capturas, esfuerzo de pesca y frecuencias de tallas, y se presentan aspectos socio-económicos relevantes de las comunidades pesqueras artesanales. También se exploran las relaciones entre la explotación, parámetros poblacionales y el medio ambiente, y se proponen recomendaciones para el manejo y la investigación. El libro está dividido en varias secciones que incluyen una síntesis, tanto en inglés como en español, y seguidamente 12 contribuciones detalladas en español sobre los diversos tópicos.

*The Northeastern Venezuelan shelf is one of the most important fishing grounds in the Caribbean Sea. This ecosystem is subject to important seasonal variations in productivity associated with upwelling events in the dry season and Orinoco river flow in the rainy season. This system also harbors one of the largest known populations of the sardine *Sardinella aurita*. In this volume the characteristics of the physical and biological environment, including phytoplankton composition and trophic interactions, are described; the biology, the distribution, as derived from acoustic and fishery data, and the reproductive strategy of the sardine are reviewed; the fishery is described and analyzed using catch, fishing effort as well as length frequency data, and socio-economic aspects of relevant small scale fishers communities are presented. Also, the relationships between exploitation, population parameters and environment are explored and recommendations for management and research are proposed. The book is divided in several sections which include a synthesis, in both English and Spanish, followed by 12 detailed contributions in Spanish on the various topics.*

#### IRD Editions

213, rue La Fayette  
75480 Paris cedex 10  
editions@paris.ird.fr

#### Diffusion

IRD, 32, avenue Henri-Varagnat  
93143 Bondy cedex  
fax : 01 48 02 79 09  
diffusion@bondy.ird.fr

33 €

[www.ird.fr](http://www.ird.fr)

ISSN : 0767-2896

ISBN : 2-7099-1517-0



9782709915175