

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**



**ECOLOGÍA DEMERSAL TROPICAL:  
GRUPOS FUNCIONALES  
Y PATRONES DE UTILIZACIÓN EN HABITATS COSTEROS  
(SUR DEL GOLFO DE MÉXICO)**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Presenta**

**MARÍA DE JESÚS PATRICIA SÁNCHEZ-GIL**

**Diciembre de 2009**

El Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana está incluido en el Padrón de Posgrados de Excelencia del CONACYT y además cuenta con el apoyo del mismo Consejo, con el convenio PFP-20-93.

**El Jurado designado por las Divisiones de Ciencias Biológicas y de la Salud  
de las Unidades Iztapalapa y Xochimilco,  
aprobó la Tesis que presentó**

**MARIA DE JESUS PATRICIA SÁNCHEZ GIL**

**El día 15 de Diciembre del año de 2009**

**Sinodales:**

DR. MARGARITO TAPIA GARCÍA

DR. ALEJANDRO YAÑEZ-ARANCIBIA

DR. JOHN W. DAY

DR. ARTURO CARRANZA EDWARDS

DR. LUIS A. AYALA PEREZ

## **COMITÉ TUTORIAL**

### **CODIRECTOR DE TESIS**

DR. MARGARITO TAPIA GARCÍA  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Departamento de Hidrobiología

### **CODIRECTOR DE TESIS**

DR. ALEJANDRO YÁNEZ-ARANCIBIA  
Instituto de Ecología A.C (CPI-CONACYT)  
Unidad de Ecosistemas Costeros

### **ASESOR DE TESIS**

DR. JOHN W. DAY  
Louisiana State University  
Department of Oceanography and Coastal Sciences,  
School of the Coast & Environment

## **DEDICATORIA**

**A la Sonda de Campeche, fuente de riqueza, conocimiento, cultura y belleza**

**A mis amores, Alejandro, Daniela y Tania**

## AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo de Tesis Doctoral, es producto de más de 20 años de actividades de investigación realizadas en la región de la Sonda de Campeche al Sur del Golfo de México, e integra las etapas más importantes de mi formación profesional, por lo que debo mencionar con reconocimiento a las instituciones y programas involucrados, y con mi sincero agradecimiento, a las personas que hicieron posible cada una de ellas.

Durante la década de los 80's, la generación de la amplia base de datos oceanográficos y biológicos, se derivó de diversos proyectos de investigación: "Ecología y Evaluación de las Poblaciones de Peces en Ecosistemas Tropicales Costeros del Sur del Golfo de México (Laguna de Términos y Sonda de Campeche)", Proyecto ICML-UNAM 601. "Análisis Comparativo de las Poblaciones de Peces en Ecosistemas Tropicales Costeros de la Sonda de Campeche y Laguna de Términos, antes y después del Ixtoc-I", Proyecto PCEESC, Secretaría de Marina, Petróleos Mexicanos (PEMEX) y el ICML-UNAM. "Interacciones Ecológica Estuario-Mar en la Región de la Laguna de Términos", Proyecto UNAM-CONACYT, Clave PCECBNA-021925. "Ecología y Evaluación de Recursos Demersales Marinos", Proyecto UNAM-CONACYT, Clave PCCNCA-050815. Procesos de Reclutamiento en Comunidades Demersales Costeras Tropicales, TRODERP del Programa COI-FAO sobre Ciencias Oceánicas en Relación a los Recursos Vivos (OSLR). Estas actividades de investigación se desarrollaron en el Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, experiencia inolvidable compartida con mis amigos y colegas Ana Laura Lara, Arturo Aguirre, Silvia Díaz, Margarito Tapia, Claudia García, Margarita Caso, Hernán Álvarez, Guillermo Soberón, José Luis Rojas, David Zárate, Felipe Amezcua, Luis Ayala, Carlos Espinosa, Rafael Rodríguez; bajo la conducción del Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia.

Durante la década de los 90's, una serie de conceptos, hipótesis y cursos de posgrado sobre recursos demersales tropicales, fueron desarrolladas en el Área de Recursos Costeros Tropicales del Programa de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México EPOMEX, de la Secretaría de Educación Pública y con sede en la Universidad Autónoma de Campeche, con la tutoría de su Director Fundador Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia, en colaboración internacional y asistencia técnica del Dr. Daniel Pauly, actual Director del Centro de Pesquerías de la Universidad de British Columbia, Canadá; Dr.

Jorge Csirke Chief, Marine Resources Service, Fisheries Department FAO, United Nations y Dr. Nelson Ehrhardt, Professor, Division of Marine Biology and Fisheries, Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Sciences RSMAS, Miami University.

Parte del análisis final de los datos se realizó bajo el acuerdo de cooperación entre la Unidad de Ecosistemas Costeros del Instituto de Ecología A.C. y the School of the Coast & Environment, Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, LSU., a través del valioso apoyo del Dr. John W. Day y el Dr. Charles A. Wilson con el soporte de Louisiana Sea Grant Program, NOAA, Grant No. 16RG2249 (2004-2005).

Agradezco muy especialmente a los miembros de mi Comité Tutorial, Dr. Margarito Tapia-García, Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia y Dr. John W. Day, por su tolerancia, e incondicional apoyo hasta el final de este trabajo.

## RESUMEN

El presente trabajo de Tesis Doctoral, otorga especial énfasis hacia el avance de las ciencias ecológico-pesqueras del Sur del Golfo de México, ecosistema de donde han surgido conceptos e hipótesis, aplicables a otras regiones de las costas tropicales. El desarrollo de la hipótesis central de este trabajo de Tesis, orienta el estado actual del conocimiento sobre ecología demersal tropical para el caso de las comunidades de peces de las que dependen las pesquerías tropicales de fondos blandos en el Golfo de México, apoyado en el cúmulo de información de resultados científicos producto de más de 25 años. Con un enfoque ecológico, la presente Tesis Doctoral plantea avanzar en el conocimiento de las estrategias que presentan las especies demersales (peces asociados al fondo marino) para acoplarse a la compleja dinámica ambiental de las interacciones estuario-plataforma continental y comprender la función que desempeña su comportamiento a nivel de ecosistema. El planteamiento de investigación integra el análisis de los patrones de utilización de estas especies en los hábitat costeros; las relaciones de dependencia estuarina desde el punto de vista del reclutamiento, pero fundamentalmente se propone y desarrolla el concepto de *Grupos Ecológicos Funcionales*. Se considera que estos grupos ecológicos son clave en la estructura y dinámica de la comunidad; forman parte importante de los flujos de biomasa en el ecosistema, y realizan un papel funcional en el sostenimiento de la biodiversidad del sistema, y en la producción de biomasa útil de los recursos pesqueros. Esta Tesis Doctoral pone de manifiesto que las comunidades demersales del Sur del Golfo de México, son una parte integral de todo el ecosistema y que sólo a través del conocimiento y la integración de los fundamentos ecológicos en las iniciativas de manejo de los recursos, y sus modelos de evaluación, se encontrarán respuestas en la búsqueda de la sustentabilidad en la explotación pesquera del ecosistema.

Palabras clave: Ecología demersal tropical, grupos ecológicos, dependencia estuarina, patrones tropicales de reclutamiento, pesquerías tropicales, pluma estuarina, Golfo de México.

## ABSTRACT

The present PhD Thesis is oriented with special emphasis towards an advance in the ecological and fishery sciences of the Gulf of Mexico ecosystem, where concepts and hypotheses have arisen to be applicable to other regions in tropical coasts. The development of the central hypotheses orients the present state of the knowledge on tropical demersal ecology, for the case of the communities of tropical fish on which depends the fisheries of soft bottoms in the Gulf of Mexico, all these supported in the accumulation of scientific results product of more than 25 years. With an ecological approach, the present Thesis raises to advance in the knowledge of the strategies that display the demersal species (fish associated with marine bottom) in relation to the complex environment dynamics of the estuarine-shelf interactions, and to understand the ecosystem function of this behavior. The outline of the investigation is to integrate the analysis of the patterns of use of these species, on the coastal habitats; the relations of estuarine dependency, from the point of view of the recruitment and fundamentally to propose and develop the concept of *Functional Ecological Groups*. It is considered that these ecological groups are a key on the structure and community dynamics; they are an important part of the biomass flux in the ecosystem, and make a functional paper to maintain biodiversity in the system, and in the production of fishery resources useful biomass. Also, this Thesis shows that the demersal communities of the Southern Gulf of Mexico are an integral part of the entire ecosystem, and only by through the knowledge and the integration of the ecological concepts on the resources management, and their assessment models, will be new answers in the search of the sustainability in the ecosystem fisheries exploitation.

Key words: Tropical demersal ecology, ecological groups, estuarine-dependence, tropical recruitment patterns, tropical fisheries, estuarine plume, Gulf of Mexico.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCCIÓN</b>   |           |
| <b>1.1. El Problema</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>1.2. La Hipótesis</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>1.3. Identificación de los Objetivos</b> .....   | <b>5</b>  |
| <br>  |           |
| <b>2. ANTECEDENTES GENERALES DE ECOLOGÍA DEMERSAL TROPICAL</b>  |           |
| <b>2.1. Comunidades Demersales</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>2.2. Grupos Ecológicos Funcionales</b> .....   | <b>9</b>  |
| <br>  |           |
| <b>3. LA REGION DE LOS ESTUDIOS</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>3.1. La Sonda de Campeche</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>3.2. Caracterización del Ecosistema y Dinámica Ambiental</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>3.2.1. Estacionalidad Climática y Pulsos Ambientales</b>   |           |
| <b>3.2.2. Interacciones Estuario-Plataforma y Pluma Estuarina</b>   |           |
| <b>3.2.3. Provincias Sedimentarias del Golfo de México y los Subsistemas Ecológicos de la Sonda de Campeche</b> |           |
| <br>  |           |
| <b>4. BASE DE DATOS</b> .....   | <b>19</b> |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| <b>5.</b> | <b>OBJETIVO 1: Caracterizar la Distribución Espacial y Variación de la Abundancia Relativa de la Comunidad de Peces Demersales de la Plataforma Continental del Sur del Golfo de México</b> |    |
| 5.1.      | Antecedentes Específicos -----  | 22 |
| 5.2.      | Estrategia de Investigación y Metodología -----   | 23 |
| 5.3.      | Resultados y Discusión -----  | 27 |
| 5.4.      | Conclusiones -----  | 41 |
| <br>      |   |    |
| <b>6.</b> | <b>OBJETIVO 2: Definir los Grupos Ecológicos Funcionales que Caracterizan a las Comunidades Demersales del Sur del Golfo de México</b>  |    |
| 6.1.      | Antecedentes Específicos -----  |    |
|           | 43  |    |
| 6.2.      | Estrategia de Investigación y Metodología -----   | 44 |
| 6.3.      | Resultados y Discusión -----  | 46 |
| 6.4.      | Conclusiones -----  | 57 |
| <br>      |   |    |
| <b>7.</b> | <b>OBJETIVO 3: Identificar y Cuantificar de Acuerdo a los Grupos Funcionales, los Principales Patrones de Utilización de los Hábitat Costeros de la Región del Sur del Golfo de México</b>  |    |
| 7.1.      | Antecedentes Específicos -----  |    |
|           | 59  |    |
| 7.2.      | Estrategia de Investigación y Metodología -----   | 61 |
| 7.3.      | Resultados y Discusión -----  | 63 |
| 7.4.      | Conclusiones -----  | 74 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>8. ALCANCES Y PERSPECTIVAS</b> | <b>76</b> |
| <b>9. LITERATURA CITADA</b>       | <b>81</b> |
| <b>10. ANEXO 1</b>                | <b>91</b> |
| <b>ANEXO 2</b>                    |           |

# 1. INTRODUCCION

## 1.1. El problema

En las costas tropicales, las comunidades demersales ocupan por lo general los fondos blandos de la plataforma continental somera relacionada a procesos estuarinos, y constituyen recursos pesqueros muy importantes (Pauly, 1986). Estas comunidades siguen siendo la principal fuente de información ecológica en el conocimiento de la estructura y función de los recursos en los ecosistemas costeros tropicales. En la década de los 80's, internacionalmente se impulsaron actividades de investigación para incrementar el conocimiento científico de las pesquerías y evaluar las comunidades demersales en regiones tropicales, buscando esencialmente la aplicación de estos estudios en las pesquerías de países en desarrollo (COI/FAO/OSLR, 1984, 1985, 1986). Estos trabajos establecieron las premisas que hasta la fecha, más de veinte años después, funcionan como hipótesis para el desarrollo de investigaciones básicas sobre ecología demersal (Tabla 1). Cada uno de esos tópicos ecológicos, sigue siendo relevante para avanzar en el conocimiento de la compleja dinámica entre las múltiples especies que conforman las comunidades demersales tropicales, características de la plataforma continental del Golfo de México.

Actualmente, el interés científico sobre estos componentes del ecosistema marino-costero, enfrenta nuevas preguntas ante los cambios globales, relacionadas a: 1) la biodiversidad funcional de los ecosistemas tropicales, 2) el desarrollo de las estrategias biológicas de las múltiples especies y sus adaptaciones naturales al impacto potencial causado por el hombre, 3) la importancia de los hábitats costeros de influencia estuarina para especies de interés ecológico y/o económico, como son los recursos pesqueros tropicales. Todo esto estimula a la redefinición de conceptos, y sugiere la generación de nuevas hipótesis que sirvan como herramientas de manejo de los ecosistemas tropicales y sus recursos.

La estructura y función de las comunidades demersales –por lo tanto de los recursos pesqueros-, son consecuencia de la estructura y función del ecosistema, donde el vínculo lo establecen las estrategias en los ciclos biológicos de las especies (Pauly, 1986; Yáñez-

Arancibia y Sánchez-Gil 1988a). Con este enfoque, el interés particular de este trabajo de Tesis Doctoral, es avanzar en el conocimiento de las estrategias que presentan las especies demersales de peces para acoplarse a la dinámica ecológica de las interacciones estuario-plataforma continental, a través del análisis de los patrones de distribución y utilización de los hábitat costeros, de las relaciones de dependencia estuarina, y principalmente desde la perspectiva de los Grupos Ecológicos Funcionales.

Este problema de investigación, se fundamenta en las siguientes premisas:

*Es evidente que existe una fuerte interacción entre las variables físicas del ecosistema, especialmente las relacionadas con el gradiente batimétrico, y las necesidades de cada etapa biológica de las especies (Tópicos 4 y 6, Tabla 1). Sin embargo, todavía se desconocen los procesos ecológicos costeros que determinan las estrategias de acoplamiento.*

*Es conocido que los estuarios alrededor del mundo son áreas de crianza valiosas para muchas especies marino-costeras (Tópicos 7 y 3, Tabla 1). Sin embargo, la estacionalidad y los pulsos ecológicos que determinan los patrones de migración que realizan estas especies desde el mar hacia los estuarios, son todavía poco conocidos, particularmente desde el punto de vista del reclutamiento.*

*Son conocidas las relaciones de dependencia ecológica que presentan un porcentaje alto de especies de peces tropicales por los estuarios, particularmente las de interés comercial (Tópicos 8 y 14, Tabla 1). Sin embargo, no ha sido explicado cómo los patrones de comportamiento compartidos por grupos de especies, o “Grupos Ecológicos Funcionales”, favorecen la coexistencia multiespecífica y mantienen el flujo de biomasa en las comunidades tropicales.*

**Tabla 1. Tópicos e hipótesis sobre la ecología demersal y evaluación de recursos tropicales**

| <b>Tópico</b>   | <b>Referencias</b>   |
|---|--|
| 1) El ictioplancton temprano es claramente indistinguible a nivel específico en un contexto de multiestoc.  | Bakun <i>et al.</i> , 1982   |
| 2) Las interacciones biológicas son muy intensas entre múltiples especies.  | Mercer, 1982   |
| 3) Los ciclos de vida son cortos y el reclutamiento puede presentar más de un pulso anual.  | Pauly y Murphy, 1982   |
| 4) La diversidad, distribución y abundancia de la comunidad demersal está modulada por la batimetría, el tipo de sedimento y la influencia estuarina.   | Sánchez-Gil <i>et al.</i> , 1981<br>Pauly, 1986  |
| 5) La biomasa pesquera de la plataforma interna se correlaciona con la cobertura vegetal costera y la descarga de ríos.   | Turner, 1977; Soberón Chávez y Yáñez-Arancibia, 1985; Deegan <i>et al.</i> , 1986                  |
| 6) Estas especies tienen una clara separación entre sus etapas de huevos, juveniles y adultos.  | Yáñez-Arancibia y Pauly, 1986; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a                                |
| 7) Las adaptaciones de las poblaciones se reflejan en patrones ecológicos definidos en la utilización de los hábitats costeros.   | Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1986  |
| 8) En un contexto multiespecífico existen grupos de especies dominantes que modulan la abundancia estacional de la comunidad.   | Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986  |
| 9) La dificultad de estimar la edad de los peces, conlleva a modelos teóricos alternativos para la evaluación de estocs tropicales.   | Pauly y Morgan, 1987   |
| 10) Las plataformas continentales análogas, presentan patrones zoogeográficos similares y conjuntos ictiofaunísticos y bentónicos en grupos estructural y funcionalmente equivalentes.  | Longhurst y Pauly, 1987  |
| 11) Los pulsos de abundancia estacional de los peces se correlacionan con los pulsos de la producción primaria estuarina.   | Yáñez-Arancibia <i>et al.</i> , 1985a, 1993; Reyes <i>et al.</i> , 1994                            |
| 12) La sucesión de especies es marcada y la “programación estacional” es un fenómeno intrínseco en la dinámica de la comunidad y el ecosistema.   | Pauly y Yáñez-Arancibia, 1994  |
| 13) Mecanismos funcionales del ecosistema atenúan el efecto negativo de la explotación pesquera sobre la biodiversidad.   | Arreguín-Sánchez, 1994   |
| 14) Los grupos funcionales son clave en la estructura y la dinámica de la comunidad controlan los flujos de biomasa y el papel funcional de la diversidad.  | Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997  |
| 15) Existe consistencia entre las especies de peces que presentan patrones de reclutamiento-forma de domo relacionadas a una “ventana de condiciones ambientales óptimas” y las que presentan estrategias reproductivas espaciales acopladas a variaciones del medioambiente.   | Cury y Roy, 1989; Cury y Pauly, 2000.  |
| 16) Una importante fracción de la producción secundaria del Golfo de México en su creciente fértil desde Mississippi hasta Yucatán, proviene de los estuarios y de la plataforma continental somera influenciada por la pluma estuarina. Por ello los recursos pesqueros más importantes están conformados por especies estuarino-dependientes. | Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Cowan <i>et al.</i> , 2008; Sánchez-Gil <i>et al.</i> , 2008. |

## 1.2. La Hipótesis

Esta Tesis Doctoral, se plantea la siguiente Hipótesis Global de Investigación:

***“Para que en este sistema de múltiples especies la alta diversidad sea persistente, la productividad sea sostenida, se favorezca la competencia, se atenúe la predación y se optimice el reclutamiento, deben existir diversas opciones de comportamiento y utilización de los hábitat costeros entre las especies o grupos funcionales”.***

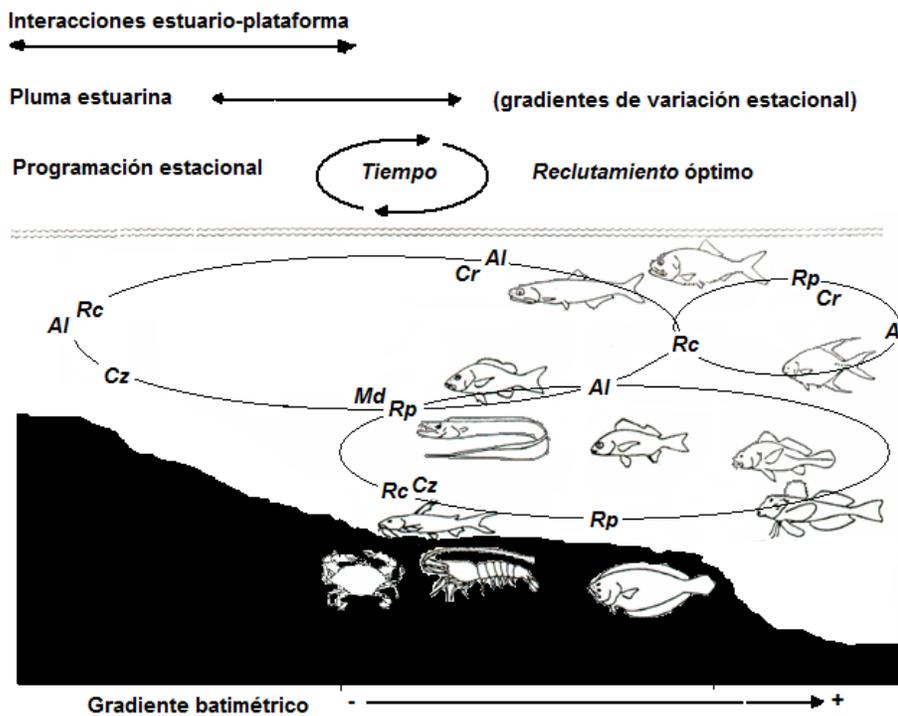


Figura. 1. El diagrama conceptual de la Hipótesis, muestra que en una comunidad demersal costera tropical de alta diversidad, deben existir estrategias biológicas alternas entre especies o grupos de especies dominantes, programadas en el tiempo, que determinan diversos patrones de utilización de los hábitat costeros. Esto atenúa la competencia y favorece el reclutamiento, lo cual asegura la persistencia de alta diversidad y productividad en la comunidad. Al= alimentación, Rp= reproducción, Rc= reclutamiento, Cr= crecimiento, Cz= crianza, Md= maduración.

### **1.3. Identificación de los Objetivos**

El interés esencial de este trabajo de investigación radica en encontrar posibles respuestas a las siguientes preguntas: 1) ¿Cómo son los movimientos de las especies de peces marinas hacia los hábitat costeros?, 2) ¿La utilización de los diferentes hábitat costeros (por alimentación, reclutamiento o crianza) obedece a patrones ecológicos y/o programación estacional evidentes?, 3) ¿Las relaciones de dependencia ecológica de las especies marinas por los sistemas lagunares-estuarinos, está relacionada a un proceso biológico particular?, 4) ¿Cuál es la función ecológica de estos grupos en el ecosistema?

Se plantea los siguientes Objetivos:

- 1) Caracterizar la distribución y variaciones estacionales de abundancia relativa de las comunidades demersales en la plataforma continental del sur del Golfo de México, con base en el análisis de las especies dominantes que las tipifican.**
- 2) Definir los grupos funcionales que caracterizan a las comunidades demersales del Sur del Golfo de México, a través del análisis de similitud (afinidad) ecológica.**
- 3) Identificar y cuantificar de acuerdo a los grupos funcionales, los principales patrones de utilización de los hábitats costeros en la región del sur del Golfo de México.**

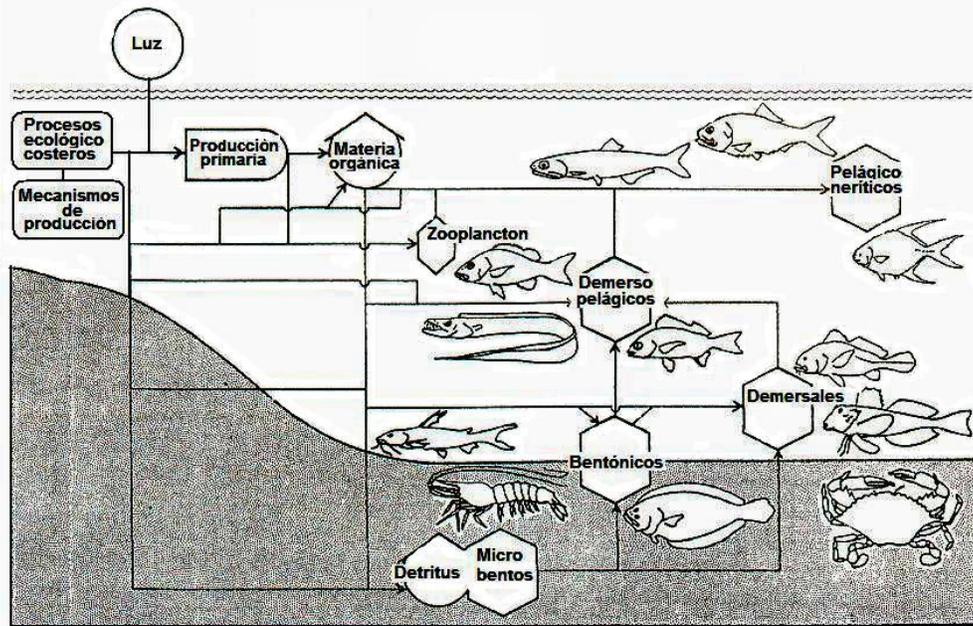
## 2. ANTECEDENTES GENERALES DE ECOLOGÍA DEMERSAL TROPICAL

### 2.1. Comunidades de Demersales

Las comunidades asociadas al fondo marino por razones de comportamiento reproductivo, alimentario, migratorio o accesibilidad a redes de arrastre, se denominan *demersales* (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a). En las costas tropicales, estas comunidades ocupan por lo general los fondos blandos de la plataforma continental somera, cuyos procesos sedimentarios dependen de los sistemas deltaicos, y constituyen recursos pesqueros muy importantes, como ha sido señalado en diversas investigaciones (Pauly, 1986; Day *et al.*, 1997; Cardoch *et al.*, 2002).

En las comunidades demersales, los peces sobresalen en diversidad y abundancia respecto a otros grupos faunísticos. Hasta hace pocos años se consideraba que las comunidades multiespecíficas típicas de las regiones tropicales, estaban compuestas principalmente por peces demersales y pelágicos; sin embargo, muchas especies que convencionalmente se consideran demersales obtienen su alimento del sistema pelágico (como es el caso de los piscívoros); de manera opuesta, especies pelágicas incluyen invertebrados bentónicos en sus dietas. Además, debe considerarse que en la mayoría de los casos ocurren cambios estacionales y ontogenéticos en el comportamiento trófico de las especies. Es decir, existen diferencias en las preferencias alimentarias entre las etapas juveniles y las adultas; por lo que a lo largo de este trabajo de Tesis se les denominará demersopelágicas. Los peces *pelágico-neríticos*, se asocian a la parte superior de la columna de agua, las *demerso-pelágicas* incursionan espacialmente por toda la columna de agua, los peces *demersales* típicos asociados al fondo y, los *bentónicos* directamente ligados al fondo durante toda su vida (Fig. 2). Una explicación a esta estructura de la comunidad, es que la principal fuente de información sobre estas comunidades, proviene en la mayoría de los casos, de pesca con redes de arrastre. Las familias pelágico-neríticas y demerso-pelágicas conforman grupos muy diversos que presentan agregaciones en cardúmenes y eso las hace vulnerables a la red (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a). Estas especies se encuentran bien

representadas y contribuyen significativamente a la diversidad de la comunidad demersal. Sin embargo, la dependencia trófica por el fondo de la mayoría de estas especies, es la mejor explicación a este tipo de capturas mezcladas y el incremento en la diversidad de las denominadas comunidades demersales.



**Figura. 2. Modelo de la estructura trófica en una comunidad demersal tropical. Integra los procesos ecológicos costeros y los mecanismos de producción natural, de los que depende la producción primaria del ecosistema y los diversos componentes estructurales: Componentes bentónicos (i.e., camarones peneidos, jaibas, lenguados, bagres marinos). Componentes demersales (i.e., triglidos, sciaenidos). Componentes demerso-pelágicos (i.e., trichiuridos, pomadasidos, lutjanidos). Componentes pelágico-neríticos (i.e., carángidos, clupéidos, engráulidos) (modificado de Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a).**

La organización biológica de estas comunidades está íntimamente ligada a la heterogeneidad ambiental y a los diversos procesos de interacción entre hábitat, como son: lagunas costeras y estuarios, bocas estuarinas, y una plataforma constituida por diversos subsistemas como son los pastos marinos, manglares, arrecifes de coral, bancos de ostión, por nombrar los más evidentes. Los avances de investigación sugieren que estas comunidades, viven en estrecha relación con el marco físico-ambiental de los diversos hábitats mencionados, a los cuales han adaptado estrategias biológicas relacionadas a la reproducción, alimentación, crianza y reclutamiento. Esto ha dado como resultado que sean comunidades de alta diversidad con complejas interacciones entre las múltiples especies

(Pauly y Murphy, 1982; Christensen y Pauly, 2004). Dentro de la banda intertropical, en cualquier bahía, la comunidad demersal puede estar compuesta por más de 200 especies (Yáñez-Arancibia, 2005). En la región de la Sonda de Campeche (área de interés de este estudio), se ha reportado un total de al menos 180 especies de peces.

Con estos antecedentes, es posible afirmar que las décadas de los años ochentas y noventas deben ser consideradas como las más importantes en el avance del conocimiento de las comunidades de recursos faunísticos demersales. Por esta razón, en la tabla 1 se sintetizan los principales tópicos que aún en la actualidad, siguen siendo la base para el desarrollo de estudios en ecología demersal tropical.

El interés científico sobre estos temas se ha mantenido y en los últimos 15 años los científicos que trabajan en ecosistemas tropicales, todavía encuentran muchas preguntas que resolver sobre la biodiversidad funcional, las adaptaciones de las especies, sus estrategias biológicas, y los pulsos estacionales modulados por interacciones físicas; lo cual ha generado un gran número de hipótesis. El dar seguimiento a cada hipótesis en esta área del conocimiento, se ha enfrentado desde sus orígenes con dificultades intrínsecas, particularmente de disponer de series largas de tiempo; por ejemplo, por una parte correlaciones de abundancia y crecimiento, con la dinámica del ecosistema, o por otra la variabilidad del reclutamiento no siempre explicado con claridad (Pauly, 1986; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a). Actualmente, los tópicos e hipótesis mencionados en la tabla 1, continúan estimulando la reflexión científica, y consecuentemente la redefinición de conceptos.

El presente trabajo de Tesis Doctoral, surge de esta necesidad y se fundamenta en considerar que *la estructura y el funcionamiento de las comunidades demersales y sus recursos pesqueros, son una consecuencia de la estructura y funcionamiento dinámico del ecosistema integrado a los ciclos biológicos de las especies* (Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Cury y Pauly, 2000; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004; Sánchez-Gil *et al.*, 2008).

## 2.2. Grupos Ecológicos Funcionales

Para poder abordar con éxito algunas de las hipótesis sobre los recursos demersales tropicales en comunidades de alta diversidad (Tabla 1), particularmente en el contexto de la estructura funcional del ecosistema; es determinante entender que *la organización de los recursos pesqueros en el espacio y en el tiempo depende, por lo general, del desarrollo de estrategias que permiten a cada población, optimizar las condiciones ecológicas de su entorno*. Por esta razón, las investigaciones realizadas sobre ecología demersal en los años 90's, se orientaron a describir la estructura global de las comunidades, y su relación con el medio ambiente; encontrando que la organización de las poblaciones, es en grupos o asociaciones de especies afines entre sí. Estas asociaciones o grupos, presentan analogías y similitudes biológicas dado que su comportamiento cumple una función homóloga en el ecosistema (Longhurst y Pauly, 1987; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997). Actualmente, los avances en el conocimiento y definición de estos grupos ecológicos, se respaldan en los estudios de asociaciones de grupos tróficos (Christensen y Pauly, 1993, 1995; Pauly, 1997; Pauly *et al.*, 1999), asociaciones de peces por dominancia ecológica (Pauly y Yáñez-Arancibia, 1994; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985b; 1994), asociaciones de peces con distribución espacial recurrente (Longhurst y Pauly, 1987), asociaciones de especies con ciclos biológicos estacionales (Deegan y Thompson, 1985; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985b, 1993, 1997; Sánchez-Gil *et al.*, 2008).

Recientemente, en otras áreas de la banda tropical se han re trabajado algunas de estas hipótesis implementando herramientas estadísticas para la separación de los grupos, principalmente por similitud ecológica (Jesse, 1996; Wolff *et al.*, 1996; Velasco y Wolff, 2000; Rueda y DeFeo, 2003). Sin embargo, el conocimiento de estas estrategias sigue siendo interesante, particularmente en áreas de importancia pesquera, como es el Golfo de México; para interpretar cual es el papel o función que juegan los peces demersales (y sus grupos ecológicos), en el sostenimiento de la producción secundaria del ecosistema, y/o su posible relación con el mantenimiento de las pesquerías.

Por todo lo anterior, este tópico de investigación se aborda como parte esencial de este trabajo de Tesis Doctoral, y se define el concepto de Grupo Ecológico Funcional como ***“asociación de poblaciones de especies demersales de comportamiento similar, que***

***desempeñan un papel ecológico análogo o función determinada en el ecosistema***". Se considera que estos grupos ecológicos son clave en la estructura y dinámica de la comunidad; forman parte importante de los flujos de biomasa en el ecosistema, y realizan un papel funcional en la biodiversidad del sistema.

Los fundamentos para el desarrollo de este trabajo de Tesis se basan en ejemplos de investigación sobre ecología demersal tropical realizada en diversas latitudes, pero se circunscribe al estudio de caso de las comunidades de peces demersales, de las que dependen las pesquerías tropicales de fondos blandos en el Golfo de México. Esto se apoya en el cúmulo de información de resultados científicos de más de 25 años.

### **3. LA REGIÓN DE LOS ESTUDIOS**

El Golfo de México es uno de los 64 "Grandes Ecosistemas Marinos" (LME) reconocidos en el mundo por el Programa de Mares Regionales de la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) y la NOAA de los Estados Unidos (Kumpff *et al.*, 1999; Whitters y Nipper, 2007). Por ello, el desarrollar teorías, conceptos, hipótesis y discusiones interpretativas sobre el Golfo de México, sigue siendo de suma importancia, tal y como ha sido recientemente expuesto por diversos autores en Caso *et al.* (2004), al integrar el escenario ambiental y socioeconómico, para la identificación de los problemas prioritarios en la región, la normatividad para las perspectivas de gestión y la administración de los recursos.

En el Golfo de México hay tres regiones focales cuya importancia ecológica y económica, ha inducido al desarrollo permanente de diversos estudios. La plataforma continental de la Península de Florida, la plataforma continental influida por el Delta del Mississippi, y la plataforma continental del sur del Golfo de México, influida por el Delta del Grijalva Usumacinta (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986). Por su perfil de ecosistema representativo de la zona costera del Golfo de México, la región del delta del Grijalva-Usumacinta en Tabasco-Campeche, es un sistema dominado por ríos, de gran aporte fluvial, determinado por procesos costeros, el cual expresa un delta progradante y una amplia pluma estuarina sobre la plataforma continental. Esta región, incluyendo la Laguna de Términos, ha sido descrita ampliamente por Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1983, 1986) y Day *et al.*

(2004), con un enfoque de manejo basado en la estructura funcional del entorno. En esta porción de la costa Mexicana del Golfo de México, se destaca la configuración fisiográfica de la Sonda de Campeche. Actualmente toda esta región está considerada como una de las áreas costeras focales en la comprensión de la dinámica de los mega-deltas a nivel mundial (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1997, 2009a; Yáñez-Arancibia, 2005).

### **3.1. La Sonda de Campeche**

El área de interés de este estudio se define desde el extremo oriental de la plataforma continental del Estado de Campeche y su colindancia frente a Tabasco, hasta la plataforma continental de Yucatán, entre los 18° 30' - 20° 15' N y los 190° 00' - 9° 00" W (Fig. 3). Esta plataforma se caracteriza por ser muy amplia y se extiende significativamente alcanzando un máximo de 250 km mar adentro. En general su extensa superficie es convexa, cuyo fondo presenta una pendiente suave, el talud es pronunciado y uniforme, configurándose en un área de 90,000 km<sup>2</sup>.

En el extremo occidental de la Sonda de Campeche, se destaca la influencia del delta Grijalva-Usumacinta, considerado como la segunda descarga fluvial más importante del Golfo de México, después del complejo de los ríos Mississippi y Atchafalaya. Este sistema penetra a la plataforma continental desde de la planicie costera de Tabasco a través del río Grijalva y el distributario del río Usumacinta que es el río San Pedro. En su porción central se encuentra la Laguna de Términos, principal cuenca de distribución del sistema (vía el río Palizada), cuya descarga estuarina a través de la Boca del Carmen, produce el flujo neto de la laguna hacia la plataforma continental (Mancilla y Vargas, 1980; Graham *et al.*, 1981; Kjerfve, 1988; Yáñez-Arancibia y Day, 2006). Al oriente, como límite geográfico se encuentra el río Champotón (Fig. 3).

En esta región el clima es AMW, cálido sub-húmedo; la temperatura anual promedio supera los 26 °C y la precipitación anual promedio varía entre 1,000 y 2,000 mm. Las lluvias ocurren en verano, con la presencia de depresiones tropicales. La estacionalidad climática meteorológica es marcada, presentando vientos predominantes de E a SE durante marzo-abril y agosto-septiembre, cambiando N a NO en octubre-febrero generado por frentes fríos anticiclónicos (nortes).

La dinámica de las aguas neríticas propias de la zona costera tropical, la fisiografía costera y las corrientes litorales, contribuyen a caracterizar hidrológicamente el área. Monreal *et al.* (1992, 2004), describen la presencia de un frente halino superficial en la zona, generado por las descargas del Grijalva-Usumacinta. Estos autores consideran que el frente es permanente y su extensión e intensidad dependen de la magnitud de las descargas y de las corrientes caracterizándolo como sigue: el frente no presenta un gradiente térmico importante, la temperatura superficial es entre 25.25 y 25.75 °C; la salinidad presenta un fuerte gradiente horizontal que varía de 33.5 a 37 ups; esto debido a la densidad cuyos valores más altos se localizan al este, frente a la Laguna de Términos (zona de alta evaporación). La influencia del agua dulce en la vertical, se registra hasta 15m de profundidad y su extensión hasta 50km hacia mar adentro (Czitrom *et al.*, 1986; Monreal *et al.*, 2004). Cabe mencionar que Yáñez-Arancibia y Day (2006) señalan que el la descarga promedio anual de agua dulce al sistema de Laguna de Términos es de 516 m<sup>3</sup> /seg, estimando un promedio anual de 12.7 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año.

Para el contexto de este trabajo de Tesis, se consideran como relevantes las siguientes características, mismas que definen la dinámica ambiental del área de estudio.

## 3.2. Caracterización del Ecosistema y Dinámica Ambiental

### 3.2.1. Estacionalidad Climática y Pulsos Ambientales

La estacionalidad climática de la región se enmarca en tres periodos en el año; de febrero a mayo la época de secas, de junio a octubre la época de lluvias, y de octubre a febrero la época de nortes (Yáñez- Arancibia *et al.*, 1980; Yáñez-Arancibia y Day, 1982; Day *et al.*, 2004; Yáñez-Arancibia y Day, 2006). Esta secuencia climática es el resultado de diferentes pulsos ambientales, los cuales estacionalmente definen la dinámica del ecosistema a lo largo del año (Sánchez-Gil *et al.* 1994, 2004, 2008). Estos pulsos pueden cuantificarse e incluyen la precipitación pluvial, la frecuencia de días con vientos del norte, la intensidad de la descarga de aguas estuarinas (provenientes de la Laguna de Términos) hacia la plataforma continental, entre otros. La presencia y extensión de la pluma estuarina dependen de esta dinámica y se evidencian a través de gradientes de temperatura, salinidad y contenido de materia orgánica de sus aguas (Fig. 4).

Yáñez-Arancibia *et al.* (2004) definen estos pulsos ambientales como “eventos que tienen una distribución jerárquica expresada en la estacionalidad de aportes externos e internos tanto de energía como de materiales en la zona costera”. Estos pulsos no son constantes en el tiempo, pero ocurren como aportes que tienen lugar en diferentes escalas temporales y espaciales. Estos eventos (pulsos) producen beneficios sobre diferentes escalas ecológicas y están integrados a la estructura funcional de la zona costera; por ello los “*pulsos ambientales* son *pulsos ecológicos*”. La principal importancia de estos eventos son las grandes depositaciones sedimentarias en los sistemas costeros y los grandes cambios espaciales de su geomorfología. Los pulsos más frecuentes son muy importantes para mantener el gradiente salino, aportar nutrientes, estabilizar los hábitat, regular procesos biológicos, y condicionar el reclutamiento de especies dependientes o asociadas a condiciones estuarinas (Yáñez-Arancibia y Pauly, 1986; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1991; Day *et al.*, 1997; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997). Por ejemplo, los sistemas lagunares-estuarinos siempre han estado frente a cambios naturales de pulsos diarios (*i.e.*, productividad), diarios (*i.e.*, mareas), décadas (*i.e.*, El Niño), o más largos (*i.e.*, ascenso del nivel del mar), y más recientemente la acción antrópica que induce una presión adicional con pulsos de sedimentos, enriquecimiento de nutrientes, hipoxia y efecto invernadero (Yáñez-Arancibia y Day, 2004, 2006).

En particular, en el área de estudio los pulsos de: a) vientos nortes que comienzan en octubre, b) vientos del sureste en verano, durante la época de lluvias, c) el nivel del mar más bajo en mayo durante la época de secas extremas, d) el nivel del mar más alto en octubre al comienzo de los nortes, e) las lluvias de junio a septiembre, y f) la principal descarga de ríos en octubre, actúan integradamente como procesos ecológicos clave en las interacciones ecológicas estuario-mar, entre la Laguna de Términos y La Sonda de Campeche (Yáñez-Arancibia *et al.* 1991; 2004; 2007) .

### 3.2.2. *Interacciones Estuario-Plataforma y Pluma Estuarina*

La Laguna de Términos es el sistema estuarino tropical más grande de todo el país, definido como de alta diversidad de ambientes (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988), con alta productividad primaria equivalente a 333mg Cm<sup>3</sup>/hr (Day *et al.*, 1988), y una riqueza de al menos 214 especies de peces (Lara-Domínguez *et al.*, 1993). Este sistema estuarino mantiene intensas interacciones ecológicas con la Sonda de Campeche, a través de dos bocas naturales, El Carmen al oeste y Puerto Real al este (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1991; Yáñez-Arancibia y Day, 2006), induciendo condiciones de pluma estuarina en la porción interna de la plataforma continental. La estacionalidad de este frente halino (descrito anteriormente), su extensión e influencia ecológica sobre la plataforma continental, depende de los vientos predominantes, las corrientes litorales y la descarga de los ríos al interior del estuario (Day *et al.*, 2004; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004). Por la enorme dinámica de sus bocas estuarinas, este sistema es el que presenta la mayor interacción ecológica estuario-mar en todo el litoral mexicano del Golfo (Yáñez-Arancibia y Day, 1982, 1988; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1983, 1991, 2004; David y Kjerfve, 1998), y su producción primaria neta es mayormente exportada a la plataforma continental (Day *et al.*, 1982, 1987, 1988; Moore y Wetzel 1988; Yáñez-Arancibia y Day, 2006).

Entender las interacciones ecológicas estuario-mar, implica hablar de conexiones entre la tierra, el mar, la atmósfera y las aguas epicontinentales; implica entender la estructura funcional e interdependencia recíproca entre los componentes principales de la zona costera; implica comprender el vínculo entre los humedales de la llanura costera y la plataforma continental a través de las bocas estuarinas; e implica interpretar el sentido

ecológico de la zona de mezcla y la magnitud de la exportación vs. importación de materiales y energía; procesos ecológicos en un gradiente latitudinal, entre humedales oligo/meso-halinos y la plataforma continental, destacando la función de las bocas estuarinas en las interacciones ecológicas estuario-mar.

Yáñez-Arancibia *et al.* (2004), mencionan que cada vez se hace más necesaria la comprensión integrada de macro/meso escala de la estructura funcional de las costas del Golfo, en sus interacciones estuario-mar y los procesos que modulan esas interacciones desde las cuencas hidrológicas hasta la pluma estuarina en la plataforma continental nerítica, con el propósito de fundamentar decisiones en gestión pesquera.

La pluma estuarina se define como el área de influencia de las “condiciones estuarinas”, extendida sobre la plataforma continental. Se tipifica por variaciones de salinidad menores a 35 ups, alta turbidez, gran disponibilidad de orgánicos e inorgánicos disueltos y particulados, y en la zona frontal se genera la mayor producción primaria acuática de la plataforma continental, particularmente en la plataforma continental somera donde se define la denominada “creciente fértil” (Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004; Cowan *et al.*, 2008). En el área de estudio, la pluma estuarina tiene gran correlación con el sistema deltáico de Grijalva/Usumacinta, su productividad primaria es un indicador de la sustentabilidad ambiental de los deltas y su correlación con pesquerías demersales (Pauly 1986, Day *et al.*, 1997; Cardoch *et al.*, 2002; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2009a). En el caso de Laguna de Términos y el delta del Grijalva /Usumacinta, la influencia de la pluma estuarina se extiende hacia la plataforma continental, a una longitud aproximada de 50km, donde se pueden encontrar profundidades entre 15 y 20 m (Monreal *et al.*, 2004).

La pluma estuarina juega un papel determinante en la producción pesquera de la plataforma continental somera, derivada de mecanismos de dependencia estuarina que presentan un alto porcentaje de los recursos pesqueros, relacionados a la importancia de las interacciones estuario-plataforma. En la región del sur del Golfo de México, se han desarrollado algunas de las rutas de investigación que han permitido entender esta relación, como son los estudios sobre la estructura trófica y biomasa del ecosistema, así como sobre la dinámica de la red alimenticia de las comunidades demersales (Soberón-Chávez *et al.*, 1988; Manickchand-Heileman *et al.*, 1998; Arreguín *et al.*, 1993; Rivera-Arriaga *et al.*, 2003; Yáñez-Arancibia *et*

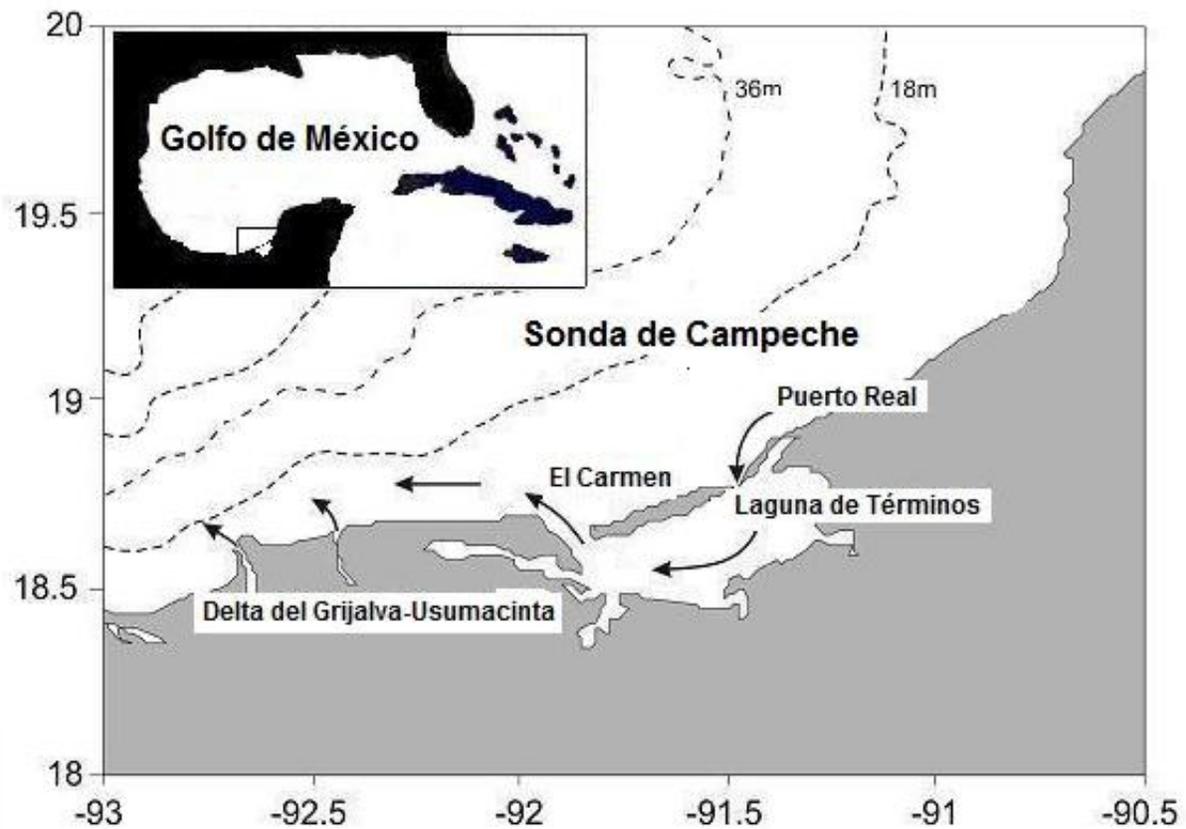
*al.*, 2004). Otras referencias relacionadas para el Golfo de México, se encuentran en la compilación de diversos modelos tróficos (Christensen y Pauly, 1993; Pauly, *et al.*, 1999).

### 3.2.3. *Provincias Sedimentarias del Golfo de México y los Subsistemas Ecológicos de la Sonda de Campeche*

La influencia del delta del Usumacinta marca claramente la frontera de sedimentos terrígenos costeros hacia el sur del Golfo en Campeche, Tabasco y Veracruz, y sedimentos carbonatados (kársticos) hacia el norte de Campeche y Yucatán. Esta característica se refleja no sólo en la granulometría de las playas, sino también en los ambientes sedimentarios de la plataforma continental nerítica. Se reconoce al sistema de la Laguna de Términos como el centro de esta frontera sedimentaria (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1983; Gutiérrez Estrada *et al.*, 1988; Carranza *et al.*, 2004; Day *et al.*, 2004).

Por esta razón, el área de estudio se caracteriza fisiográficamente por la presencia de las dos provincias sedimentarias existentes en las costas mexicanas del Golfo de México. Esta característica también es determinante en la dinámica ambiental de la Sonda de Campeche. La provincia de materiales terrígenos se extiende al occidente, mantenida por el delta del Grijalva-Usumacinta y la descarga de la Laguna de Términos. Al oriente la provincia de sedimentos calcáreos, cuya fuente principal es la plataforma carbonatada de Yucatán (Gutiérrez-Estrada, 1977; Gutiérrez-Estrada y Castro, 1988). Las diferencias sedimentarias son evidentes, el contenido de materia orgánica es abundante en la zona limo-arcillosa, y el porcentaje de  $\text{CaCO}_3$  es mayor en los sedimentos más gruesos. Estas características se conjugan en la delimitación de dos hábitats o subsistemas ecológicos, donde la turbidez y transparencia de las aguas marino-costeras y los niveles de producción primaria en la columna de agua, la concentración de  $\text{O}_2$  disuelto, la vegetación sumergida y la composición de las comunidades de peces, son características que evidencian la presencia de estos subsistemas a lo largo del año. Estos subsistemas que caracterizan el área de estudio, han sido ampliamente descritos por Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1983, 1986, 1988b) y Yáñez-Arancibia *et al.* (1991), quienes han desarrollado diversos planteamientos en los que se hace referencia a la trascendencia ecológica que tienen estos subsistemas sobre la composición de las especies de peces, los patrones de diversidad y abundancia de las

comunidades demersales, y la afinidad ecológica entre hábitats y especies de peces en sus variaciones estacionales.



*Figura 3. Sonda de Campeche, frente a la Laguna de Términos. Se tienen como límites convencionales la influencia fluvio-deltáica del Sistema Grijalva -Usumacinta en la región occidental. La Cd. de Campeche y la influencia del Río Champotón en su porción oriental (Modificado de Sánchez-Gil et al., 2008).*

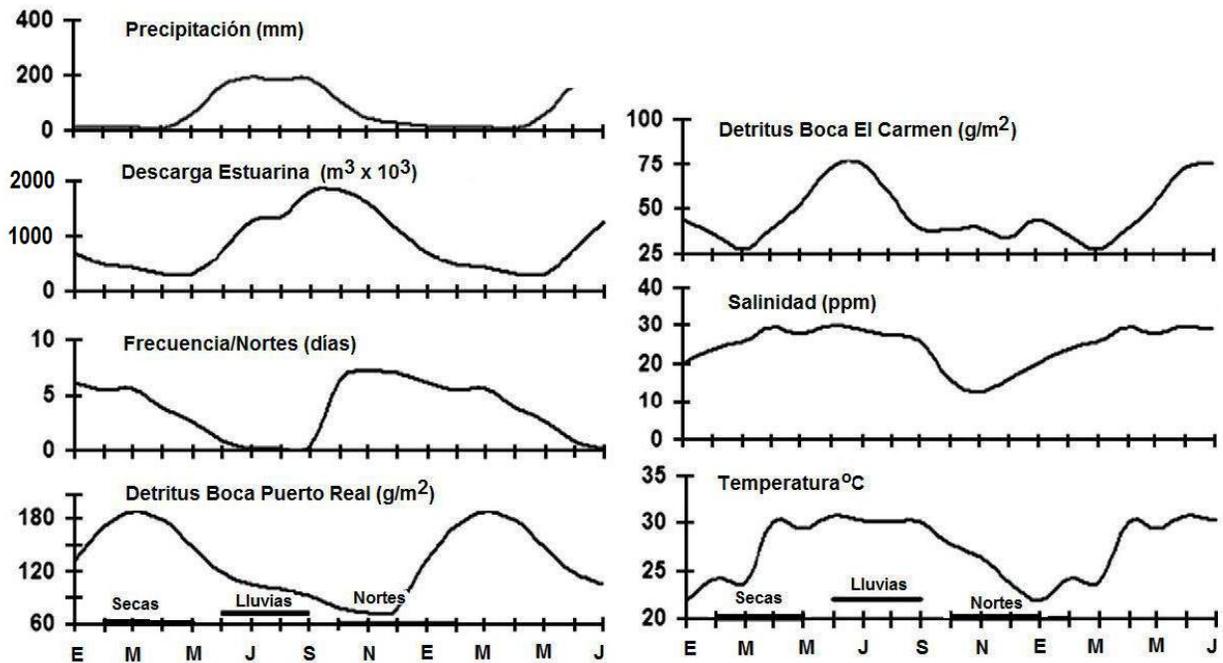


Figura 4. Patrón estacional de los parámetros ambientales del área de estudio. Se muestra la estacionalidad marcada en las aguas someras de la plataforma continental, mismas que definen tres estaciones climáticas: Época de secas (Febrero –Mayo), Época de lluvias (Junio-Septiembre), y Época de nortes (Octubre-Febrero). Esta secuencia climática controla los pulsos estacionales en la dinámica del ecosistema, incluyendo gradientes de temperatura y salinidad, y la biomasa de detritus en la pluma estuarina (Modificado de Sánchez-Gil et al., 2008).

#### 4. BASE DE DATOS

Como resultado de la participación en diversas actividades de investigación realizadas durante la década de los 80`s en la Sonda de Campeche, se generó una amplia base de datos oceanográficos y biológicos. La información está compuesta por 10 Cruceros Oceanográficos realizados en el área de estudio entre 1978 y 1985. La información en extenso se encuentra en el anexo 1 y se resume a continuación en la tabla 2. Actualmente, derivados del análisis parcial de esta información, se cuenta con los estudios que integran el análisis ecológico de las comunidades de peces demersales de la Plataforma Continental del sur del Golfo de México (Sánchez-Gil *et al.*, 1981; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986).

**Tabla 2. Resumen de datos de las campañas oceanográficas realizadas en la Sonda de Campeche, entre 1978 y 1985.**

| Campaña      | Fecha | Época climática | Estaciones y arrastres |     | Área total de arrastre (m <sup>2</sup> ) | Especies e individuos |        |
|--------------|-------|-----------------|------------------------|-----|--|-----------------------|--------|
|              |       |                 |                        |     |  |                       |        |
| OPLAC – 1    | 06-78 | Lluvias         | 26                     | 21  | 741,376                                  | 100                   | 13,806 |
| OPLAC – 2    | 08-80 | Lluvias         | 18                     | 15  | 495,180                                  | 79                    | 11,603 |
| OPLAC – 3    | 11-80 | Nortes          | 8                      | 7   | 210,434                                  | 81                    | 4,089  |
| OPLAC – 4    | 07-81 | Lluvias         | 15                     | 13  | 434,031                                  | 75                    | 6,148  |
| OPLAC – 5    | 10-81 | Nortes          | 7                      | 7   | 233,535                                  | 68                    | 5,153  |
| OPLAC – 6    | 03-82 | Secas           | 18                     | 18  | 544,190                                  | 108                   | 12,705 |
| PROGMEX -1   | 04-83 | Secas           | 12                     | 11  | 302,295                                  | 107                   | 7,668  |
| IMECO- P     | 02-84 | Secas           | 2                      | 12  | 396,576                                  | 90                    | 6,735  |
| ECOESMAR-1   | 01-85 | Nortes          | 2                      | 12  | 396,576                                  | 94                    | 4,418  |
| ECOESMAR-2   | 09-85 | Lluvias         | 2                      | 12  | 396,576                                  | 73                    | 9,478  |
| <b>Total</b> | 10    |                 | 110                    | 128 | 4150,769                                 | 180                   | 81,803 |

Para realizar los diversos análisis de este trabajo de Tesis Doctoral, las campañas oceanográficas se agruparon para conformar un ciclo anual de 10 meses, el cual abarca las tres épocas climáticas representativas de la región. Estas campañas comprenden un total de 128 arrastres de fondo para la captura de peces, correspondientes a 110 estaciones de colecta ampliamente distribuidas en la región de los estudios (Fig. 1). Para las capturas se usaron distintas embarcaciones equipadas con redes de arrastre de tipo camaronero (comercial), de 60 m de longitud y 9 m de abertura de trabajo, con malla de 1 1/3 de pulgada.

Los lances se estandarizaron a 30 minutos a una velocidad de 2 a 3 nudos, y se realizaron tanto de día como de noche.

Dada la alta diversidad de las comunidades en la región de los estudios (al menos 180 especies de peces), para el desarrollo de esta Tesis Doctoral, se extractó la información de las 25 especies de peces que fueron determinadas como dominantes o típicas de las comunidades demersales del área de estudio en los trabajos de Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1986 y 1988a). Estas especies representaron más del 80 % de las capturas totales, de acuerdo a los siguientes criterios ecológicos: a) abundancia numérica, b) abundancia en peso, c) amplia distribución y d) frecuencia.

El presente trabajo de Tesis, pone de manifiesto que el estudio particular de las especies dominantes sigue siendo una estrategia de investigación válida, que permite: a) Atenuar la complejidad en la interpretación de los diversos análisis, b) Caracterizar la estructura y función de las comunidades de alta diversidad y c) Aportar información de ellas mismas y de otras especies afines de comportamiento similar. El análisis de este trabajo de Tesis Doctoral se concentra en 25 especies de peces (Tabla 3). El criterio de reducir el enfoque al estudio de las especies más representativas, también permite un manejo estadístico más accesible en el estudio de comunidades de alta diversidad, como ha sido sugerido en los trabajos de Clark y Warwick (1994a), sobre métodos para el análisis estadístico e interpretación de comunidades marinas.

Tabla 3. Resumen de la información de las 25 especies de peces demersales dominantes en la región de estudio. Banco de datos específico de este trabajo de Tesis Doctoral.

| Especies dominantes del Sur del Golfo de México | Número de individuos | Peso húmedo (gr) | Frecuencia de aparición (%) |
|---|----------------------|------------------|-----------------------------|
| <i>Ariopsis felis</i>                           | 2935                 | 350067           | 36.7                        |
| <i>Bagre marinus</i>                            | 282                  | 45753            | 28.1                        |
| <i>Cetengraulis edentulus</i>                   | 4321                 | 148235           | 29.7                        |
| <i>Chloroscombrus chrysurus</i>                 | 63339                | 171703           | 50.0                        |
| <i>Citharichthys spilopterus</i>                | 495                  | 7765             | 40.6                        |
| <i>Cynoscion arenarius</i>                      | 846                  | 52411            | 44.5                        |
| <i>Cynoscion nothus</i>                         | 4695                 | 136084           | 37.5                        |
| <i>Diplectrum radiale</i>                       | 1055                 | 17381            | 57.8                        |
| <i>Etropus crossotus</i>                        | 1090                 | 12884            | 58.6                        |
| <i>Eucinostomus gula</i>                        | 11650                | 177595           | 76.6                        |
| <i>Haemulon aurolineatum</i>                    | 1736                 | 45616            | 34.4                        |
| <i>Harengula jaguana</i>                        | 2608                 | 65615            | 43.0                        |
| <i>Lutjanus synagris</i>                        | 814                  | 50416            | 28.9                        |
| <i>Opisthonema oglinum</i>                      | 1101                 | 34365            | 51.6                        |
| <i>Polydactylus octonemus</i>                   | 2003                 | 113506           | 48.4                        |
| <i>Porichthys porosissimus</i>                  | 686                  | 14545            | 53.9                        |
| <i>Priacanthus arenatus</i>                     | 1336                 | 44422            | 35.9                        |
| <i>Sardinella aurita</i>                        | 254                  | 10076            | 11.7                        |
| <i>Selene setapinnis</i>                        | 860                  | 31921            | 28.9                        |
| <i>Serranus atrobranchus</i>                    | 1402                 | 15635            | 24.2                        |
| <i>Stenotomus caprinus</i>                      | 1831                 | 17787            | 29.7                        |
| <i>Syacium gunteri</i>                          | 8618                 | 12602            | 81.3                        |
| <i>Synodus foetens</i>                          | 1797                 | 158595           | 73.4                        |
| <i>Trachurus lathami</i>                        | 6158                 | 230465           | 32.8                        |
| <i>Upeneus parvus</i>                           | 1609                 | 44737            | 32.0                        |
| <b>Total 25</b>                                 | <b>123,521</b>       | <b>2,010,181</b> |                             |

## 5. OBJETIVO 1

### CARACTERIZAR LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y VARIACIÓN DE ABUNDANCIA RELATIVA DE LA COMUNIDAD DE PECES DEMERSALES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

#### 5.1. Antecedentes Específicos

El análisis de la distribución espacial, es básico tanto en el estudio ecológico de las comunidades de peces, como en la evaluación de los recursos pesqueros, lo cual ha sido ampliamente explicado (Caddy y Sharp, 1986). Específicamente sobre la distribución espacial de las comunidades demersales de la Sonda de Campeche, los trabajos de Sánchez-Gil *et al.* (1981) y Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1986), fueron fundamentales en el análisis ecológico de la distribución de los peces y de los recursos asociados a pesquerías clásicas de camarones penéidos en el sur del Golfo de México. El avance de esos estudios fue, por un lado, entender que la diversidad, distribución y abundancia de las comunidades de peces demersales, están altamente relacionadas a las características ambientales, particularmente a **la batimetría, los tipos de sedimento y la influencia ecológica de las aguas estuarinas (pluma estuarina)** de Laguna de Términos sobre las aguas someras de la plataforma continental; y por otro, demostrar que la organización de estas comunidades y/o recursos pesqueros en el espacio y en el tiempo depende, por lo general, del desarrollo de estrategias que permiten a cada población, optimizar las condiciones ecológicas de su entorno (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a).

Investigaciones más recientes en el área de estudio mostraron que la variación espacial y temporal de la abundancia en las comunidades de peces demersales, y sus recursos pesqueros, dependen de la variabilidad ambiental (Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia 1997), y que los movimientos de las especies está relacionado generalmente a la productividad de las aguas protegidas como son lagunas costeras y/o estuarios, y al aporte de materia orgánica desde estos sistemas hacia la plataforma continental somera (Sánchez-Gil *et al.*, 1994, 2008). Por otra parte, se sabe que la migración que realizan las especies en las costas

tropicales son de “pequeña escala”, relacionadas principalmente a la disponibilidad de alimento y la protección de predadores, particularmente en las áreas someras de la plataforma continental (<40 m) y el interior de los sistemas lagunares-estuarinos (Yáñez-Arancibia. 2005). Específicamente, en la región de la Sonda de Campeche y la Laguna de Términos, al sur del Golfo de México, la extensión y estacionalidad del área de influencia de las condiciones “estuarinas” sobre la plataforma continental o “pluma estuarina”, dependen de la dinámica ambiental (Monreal *et al.*, 2004) y los consecuentes “pulsos ecológicos” (Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004). Estos estudios muestran la importancia de considerar las escalas temporales y espaciales.

La integración de estos antecedentes sustentan la realización del **Objetivo 1** de este trabajo de Tesis, considerando que la ***caracterización de la distribución y variaciones de abundancia de las especies demersales dominantes del sur del Golfo de México***, es el estudio básico para el entendimiento tanto de las relaciones de dependencia estuarina de las especies costero-marinas del Golfo de México, como del acoplamiento entre las variaciones espacio-temporales de la abundancia de estas especies y los pulsos ambientales en la región de los estudios, interés general de este trabajo de Tesis.

Otros antecedentes que se consideraron necesarios para el desarrollo de este Objetivo, se refieren a la interpretación del sistema ecológico y su caracterización ambiental (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1983 y 1988b). Así mismo, para el análisis de los resultados se han utilizado referencias tanto de la propia área de estudio, como de otras áreas semejantes de la banda intertropical (Pauly, 1984; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986; Mas *et al.*, 1997; Wolff *et al.*, 1998; Barletta, 1999), por considerarse indispensables para el desarrollo metodológico del mismo.

## **5.2. Estrategia de Investigación y Métodos**

La estrategia metodológica diseñada para este objetivo, se planteó como sigue:

- a. Calcular el área de muestreo de cada una de las 128 estaciones de muestreo.**

### El área de muestreo de cada arrastre (A)

$$A = (V \times T) L$$

Donde

V = velocidad de arrastre

T = tiempo de arrastre

L = longitud de la abertura de la boca

Se cálculo del índice de rarefacción (RF), que homogeneiza la variación de las características de las artes de pesca utilizadas, así como el tiempo de operación, y el porcentaje de captura procesado a bordo según lo sugerido por Pauly (1982). De tal forma que todos los arrastres fueran equivalentes.

Donde

$$RF = \frac{\text{Área de muestreo estándar}}{\text{Área de muestreo real de la estación}}$$

Donde Área de muestreo estándar = 21,182.2 m<sup>2</sup>

Con base a: V = 2.5 nudos, T = 30 min, La = 9.15m

La = longitud de la boca de arrastre (50% de L)

#### **b. Estandarizar los datos de captura de cada una de las 25 especies dominantes y calcular los datos de abundancia relativa, biomasa y densidad de las mismas.**

Los datos de peso y número de individuos de cada especie fueron ajustados para calcular la abundancia en peso (P) y biomasa (B); la abundancia numérica (N) y la densidad (D). El peso total de cada especie fue multiplicado por la fracción o porcentaje de procesamiento de la muestra (1=100%), y el producto fue multiplicado por el índice de rarefacción (RF).

Así la abundancia en peso (P) de cada especie en cada estación:

$$P = (pt \times f \%) RF \quad \text{Donde}$$

pt= peso total de la especie en la muestra

f%= fracción de la captura considerada (1= 100%)

Y la biomasa (B) correspondiente:

$$B = (P/A) \quad \text{Donde}$$

P= abundancia en peso (gr)

A= área de muestreo (de cada arrastre) (m<sup>2</sup>)

De la misma manera se calculó la abundancia en número de individuos (N) de cada especie en cada estación:

$$N = (nt \times f \%) \text{ RF} \quad \text{Donde}$$

nt= número de individuos total de la especie en la muestra

f%= fracción de la captura considerada (1= 100%)

Y la densidad (D) correspondiente:

$$D = (N/A) \quad \text{Donde}$$

N= abundancia numérica (ind.)

A= área de muestreo (de cada arrastre) (m<sup>2</sup>)

**c. Caracterizar la distribución espacial y su representación gráfica a través de mapas para cada una de las 25 especies objeto de este estudio.**

La representación gráfica de la distribución espacial de las especies, se hizo a través de la interpolación de los datos de biomasa (B) de cada especie, para el total de los arrastres. El área de distribución de cada especie fue definida con base en las coordenadas geográficas de todas las estaciones de muestreo que delimitan el área de estudio, considerando el valor de la biomasa (g/m<sup>2</sup>) de cada especie en cada punto. En los estudios de interpretación, con base en la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), la generación de superficies es un requisito en las fases preliminares de los análisis. Las superficies topográficas, las aguas subterráneas, las capas geológicas, son un ejemplo de variable que es posible analizar con estos métodos.

Se consideraron los datos de biomasa de las especies B (g/m<sup>2</sup>) como variable. Para generar una "superficie continua" de esta variable, se utilizó un método de interpolación para estimar los valores de la superficie en los puntos (estaciones de muestreo) donde se llevaron a cabo muestreos y no se capturó la especie (Hu, 1996). Para su representación, se eligieron 5

diferentes rangos de biomasa (en  $10^3\text{g/m}^2$ ), según la distribución particular de los datos. Estos rangos fueron identificados en cada especie de manera similar para facilitar su análisis comparativo.

La interpolación se hizo a través del método o algoritmo denominado como IDW (inverse distance weighted, *in* Arc/Info Program). Este método determina el valor de los puntos (donde la especie no fue capturada), utilizando una combinación lineal de un conjunto de puntos de entrada (definidos por el total de estaciones de muestreo). El peso (coeficiente de ponderación) afectado a cada punto de entrada es función de la distancia que lo separa del punto interpolado, de manera que su influencia disminuya con su alejamiento. Este método es indicado para la interpolación local o global, dependiendo de la densidad de los puntos de muestreo y de los parámetros que controlan los cálculos del valor de los puntos interpolados (Silverman, 1995). Las características de la superficie generada se controlaron limitando el número de puntos que entran en los cálculos, y modificando la función que determina el peso de los puntos en relación a la distancia. Se consideró que la interpolación podía ser afectada por la distribución irregular de las estaciones de muestreo (Hu, 1996, Mas *et al.*, 1997). La representación gráfica de los resultados se hizo a través mapas de distribución espacial.

**d. Caracterizar las variaciones espacio-temporales de la abundancia de las especies dominantes, y hacer su representación gráfica.**

El análisis de la variación estacional de la abundancia en Biomasa ( $\text{g/m}^2$ ) y Densidad ( $\text{ind/m}^2$ ), se hizo considerando las tres épocas climáticas definidas en el área como principal parámetro de referencia: Nortes (oct-ene), Lluvias (jun-sep) y Secas (feb-may). Para visualizar la distribución batimétrica de estos parámetros en cada una de las épocas climáticas, se diseñó una matriz agrupando los datos en tres rangos de profundidad: <20m, 20-40m y >40m. La heterogeneidad de la distribución espacio-temporal de la abundancia fue representada en histogramas para el total de las especies. Posteriormente, el análisis se hizo de manera individual, de acuerdo al agrupamiento de especies definido por distribución espacial.

### 5.3. Resultados y Discusión

Los datos calculados para el área de muestreo (arrastre) de cada una de las 128 estaciones se presentan en la tabla 4 (Anexo 1). En ella se incluyen además, todos los parámetros relacionados a la identificación de cada estación de muestreo. Con esos datos, se generó la matriz general estandarizada, de la que partieron todos los análisis tablas 5a y 5b (Anexo 1). Estas tablas integran los cálculos descritos para cada una de las 25 especies dominantes.

La representación gráfica de la distribución espacial de la abundancia de cada una de las 25 especies, quedó contenida en los mapas de distribución (Láminas 1-25, Anexo 1). El análisis de estos resultados permitió definir las tendencias principales de distribución considerando tres parámetros de referencia, según los criterios descritos por Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1986): la distribución batimétrica (estratos de <20m, de 20 a 40m y >40m de profundidad), la distribución en áreas de influencia de la pluma estuarina y finalmente la distribución relacionada al tipo de fondo en la región (sedimentos terrígeno y/o carbonatado).

La información integrada de estos resultados se sintetiza en la tabla 6, y se describe a continuación.

**Grupo 1. Especies que tienden a distribuirse en profundidades menores a 40m, marcadamente relacionadas a la extensión de la pluma estuarina.** Se observó la presencia de parches de alta concentración espacial de abundancia ( $\text{g/m}^2$ ) en profundidad <20m, con dos variantes: **a) Relacionadas a los fondos de sedimentos carbonatados, frente a la Boca de Puerto Real p.ej.,** *Ariopsis felis*, *Haemulon aurolineatum*, *Eucinostomus gula*, *Lutjanus synagris* (Láminas 1 a 4). Para *Etropus crossotus*, el tipo de fondo no parece ser determinante, pero sí el área de las bocas de conexión con Laguna de Términos (Lámina 5). **b) Relacionadas a los fondos de sedimentos terrígenos frente a la Boca de El Carmen p.ej.,** *Citharichthys spilopterus*, *Cynoscion nothus*, *Polydactylus octonemus*. (Láminas 6 a 8). En este patrón *Cetengraulis edentulus* y *Porichthys porosissimus*, presentan también relación con la Boca de Puerto Real (Láminas 10 y 11).

**Tabla 6. Se integran las tendencias principales de distribución espacial de la abundancia, preferencias por tipo de fondo y las estacionalidad de la abundancia, para las especies dominantes de la Sonda de Campeche. Se definen 2 grupos preliminares.**

| Nombre y Grupo                   | Lámina | Sedimentos         |                      |             | Profundidad <40m (+) Pluma estuarina | Profundidad >40m (-) Pluma estuarina | Pulso de abundancia estacional |
|----------------------------------|--------|--------------------|----------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
|                                  |        | Terrígeno (Zona A) | Carbonatado (Zona B) | Ambas Zonas |                                      |                                      |                                |
| <b>Grupo 1(a)</b>                | (*)    |                    |                      |             |                                      |                                      |                                |
| <i>Ariopsis felis</i>            | 1      |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Lutjanus synagris</i>         | 2      |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Haemulon aurolineatum</i>     | 3      |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Eucinostomus gula</i>         | 4      |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Etropus crossotus</i>         | 5      |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <b>Grupo 1(b)</b>                |        |                    |                      |             |                                      |                                      |                                |
| <i>Citharichthys spilopterus</i> | 6      |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Cynoscion nothus</i>          | 7      |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Polydactylus octonemus</i>    | 8      |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Bagre marinus</i>             | 9      |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Cetengraulis edentulus</i>    | 10     |                    |                      |             |                                      |                                      | Nortes                         |
| <i>Porichthys porosissimus</i>   | 11     |                    |                      |             |                                      |                                      | Nortes                         |
| <b>Grupo 1(c)</b>                |        |                    |                      |             |                                      |                                      |                                |
| <i>Selene setapinnis</i>         | 12     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias-Secas                  |
| <i>Chloroscombrus chrysurus</i>  | 13     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Harengula jaguana</i>         | 14     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias-Nortes                 |
| <i>Opisthonema oglinum</i>       | 15     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias-Nortes                 |
| <b>Grupo 2 (a)</b>               |        |                    |                      |             |                                      |                                      |                                |
| <i>Syacium gunteri</i>           | 16     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias-Nortes                 |
| <i>Cynoscion arenarius</i>       | 17     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Diplectrum radiale</i>        | 18     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias-Nortes                 |
| <b>Grupo 2 (b)</b>               |        |                    |                      |             |                                      |                                      |                                |
| <i>Stenotomus caprinus</i>       | 19     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Priacanthus arenatus</i>      | 20     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Trachurus lathami</i>         | 21     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Sardinella aurita</i>         | 22     |                    |                      |             |                                      |                                      | Lluvias                        |
| <i>Upeneus parvus</i>            | 23     |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Serranus atrobranchus</i>     | 24     |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |
| <i>Synodus foetens</i>           | 25     |                    |                      |             |                                      |                                      | Secas                          |

(\*) Número de Lámina que corresponde a cada especie, (+) mayor influencia de la pluma estuarina,

(-) menor influencia de la pluma estuarina (ver Anexo 1).

Otras especies de este grupo muestran tendencias de alta concentración de abundancia ( $\text{g/m}^2$ ) en profundidades entre 20-40m y **c) Especies sin preferencia aparente por alguna zona sedimentaria.** *Selene setapinnis*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Harengula jaguana*, *Opisthonema oglinum* (Láminas 12 a 15; Tabla 6).

**Grupo 2. Especies que se distribuyen en profundidades mayores a 40m.** En este patrón se observan dos tendencias: **a) Especies relacionadas a las áreas de influencia de la pluma estuarina y los fondos terrígenos** p.ej, *Syacium gunteri*, *Cynoscion arenarius*, *Diplectrum radiale*, (Láminas 16 a 18) y **b) Especies sin relación aparente a la zona de influencia de la pluma estuarina, y sin preferencia sedimentaria en los fondos:** *Stenotomus caprinus*, *Priacanthus arenatus*, *Trachurus lathamii*, *Sardinella aurita*, *Upeneus parvus*, *Serranus atrobranchus*, *Synodus foetens* (Láminas 19 a 25; Tabla 6).

La figura 5, representa la distribución de abundancia relativa tanto en peso ( $\text{g/m}^2$ ) como en número de individuos ( $\text{ind/m}^2$ ) del total de las 25 especies en el área. Los datos están dispuestos de acuerdo al gradiente batimétrico y la secuencia climática. Se observa que durante todo el año el estrato de aguas someras (<20m) concentra la mayor biomasa, manteniendo una magnitud semejante, sostenida por la presencia de un alto número de individuos. En el estrato intermedio (20 a 40m), la abundancia tanto en número como en peso tiende a bajar marcadamente durante secas y nortes, manteniendo valores altos durante la época de lluvias. El estrato de profundidad >40m, tiende a presentar valores relativamente bajos de biomasa durante todo el año. En secas y lluvias, con la presencia de individuos de tallas grandes; mientras que en época de nortes, por la marcada presencia de individuos de tallas pequeñas.

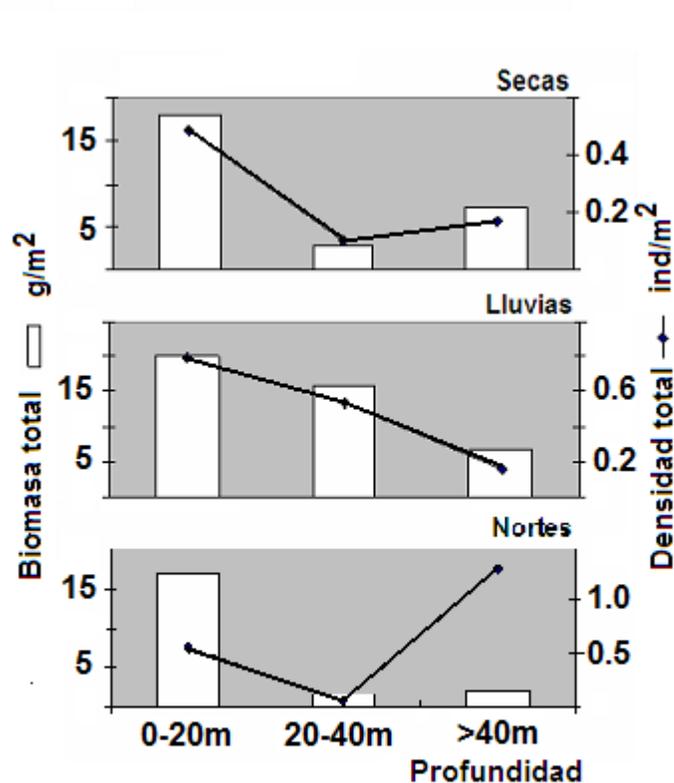
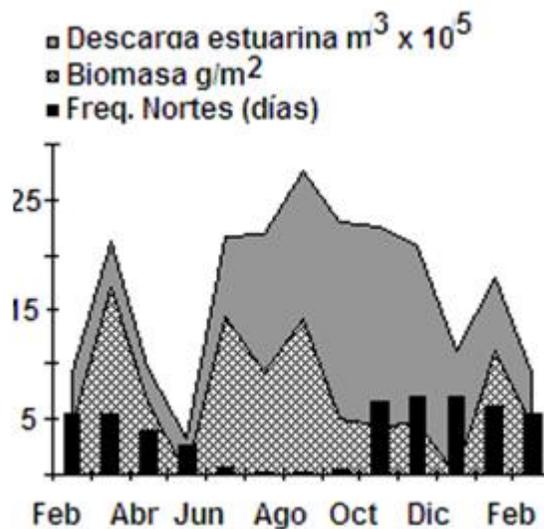


Figura 5. Se muestra la distribución de abundancia relativa tanto en peso ( $\text{g/m}^2$ ) como en número de individuos ( $\text{ind/m}^2$ ) del total de las especies en el área. Los datos están dispuestos de acuerdo al gradiente batimétrico (tres estratos) y la secuencia climática (tres épocas del año).

Esta descripción deja en claro que la variación espacial de la abundancia de estas especies, se rige principalmente por patrones asociados al gradiente batimétrico en la plataforma continental; pero, estacionalmente la estructura y composición de especies en cada estrato varía de acuerdo a las condiciones ambientales que caracterizan a cada época climática, en una secuencia ecológica. Tal como se describe en la introducción de este Trabajo de Tesis Doctoral, la secuencia climática de esta región, es el resultado de diferentes pulsos ambientales, los cuales estacionalmente definen la dinámica del ecosistema a lo largo del año (Sánchez-Gil *et al.*, 1994, 2004, 2008). Estos pulsos ecológicos incluyen la precipitación pluvial; la frecuencia de días con vientos del norte; la intensidad de la descarga de aguas estuarinas (provenientes de la Laguna de Términos) hacia la plataforma continental, entre otros (Fig. 4). Por esa razón, se consideró relevante identificar la correspondencia de estas variaciones estacionales, con dos de los pulsos ecológicos que determinan las condiciones ambientales de la región. El patrón de descarga de las aguas estuarinas hacia la plataforma continental característica de la época de lluvias (junio a septiembre) y la presencia de

tormentas de invierno o nortes (octubre a febrero). Ambos fenómenos hidrometeorológicos, “predisponen o controlan” la presencia de la pluma estuarina en el área. La figura 6 permite entender mejor esta relación, ayudando a explicar los movimientos espacio-temporales de la abundancia.

Los resultados de la figura 5, permiten suponer que en la época de lluvias la tendencia de la mayoría de las especies, es hacia las aguas someras, ya que se observa un incremento de la abundancia tanto en peso como en número de individuos. Este incremento comienza con la época de lluvias en junio, teniendo un máximo en septiembre cuando la descarga de aguas estuarinas a la plataforma continental es mayor (Fig. 6). Posteriormente, en octubre se inicia la alta frecuencia de días con “norte”, estas tormentas se caracterizan por vientos que inciden de frente a la costa, “manteniendo” las condiciones estuarinas o pluma estuarina en las aguas someras (<40m). Yáñez-Arancibia et al. (2004), mencionan que el ingreso de especies marino-costeras al interior de la Laguna de Términos, es muy marcado durante este periodo del año, lo que explicaría los valores más bajos de biomasa (de estas especies) en aguas profundas (> 40m).



**Figura 6. Se presenta la variación temporal de la biomasa total en el año, y su correspondencia con dos pulsos estacionales. La descarga de aguas estuarinas desde el sistema lagunar hacia la plataforma continental, durante la época de lluvias y la frecuencia de días con “norte” en la época climática correspondiente.**

La figura 6 muestra un segundo pulso de biomasa desde febrero hasta mayo, enmarcado en los meses que corresponden a la época de secas. Este pulso de biomasa tiende a decrecer al mismo tiempo que la frecuencia de días con nortes disminuye, hacia fines de abril. La distribución de la biomasa total en esta época, parece encontrarse tanto hacia aguas someras (<20m), como profundas (>40m). El estrato intermedio, pareciera ser solo de “paso o tránsito” (Fig.5).

Finalmente y con el propósito de identificar a las especies que definen estos movimientos, y conocer cuáles son las tendencias grupales asociadas a la secuencia climática en el año, a continuación se describen los patrones generales observados de variación espacio-temporal de la abundancia, para cada especie en los **Grupos 1 y 2** (Tabla 6). La representación gráfica de la distribución temporal de la abundancia de las 25 especies, quedó contenida en las figuras 7-11.

Las figuras 7 a 9 integran la variación espacio-temporal de la abundancia de las especies definidas como **Grupo 1**. En estas especies se observa una clara relación espacio-temporal por las condiciones estuarinas, con predominancia de la abundancia en aguas someras (<20m), presentando al menos un pulso importante en el año. En el **Grupo 1a**, es evidente que la mayoría de estas especies permanece todo el año en aguas someras (<20m), sin embargo presentan estacionalmente pulsos marcados de biomasa. *Haemulon aurolineatum* y *Lutjanus synagris* durante la época de secas, mientras que *Eucinostomus gula* durante la época de lluvias. Un caso muy particular es el que presenta *A. felis*, con dos pulsos, en secas y nortes (Fig.7). En la figura 8 **Grupo 1b**, las variaciones espaciales de abundancia, relacionadas a movimientos migratorios de las especies, se presentan durante lluvias y nortes. El caso de *C. nothus* hacia aguas someras y el de *C. edentulus* hacia aguas profundas. Los pulsos de abundancia son marcados para especies como *Polydactilus octonemus*, *Cynoscion nothus* y *Cetengraulis edentulus* durante la época de secas y lluvias. En la figura 9 o **Grupo 1c**, las principales variaciones se presentan en secas y lluvias, haciendo evidente el movimiento de las especies. Durante la época de nortes todas las especies parecieran permanecer en las aguas someras (<20m), como áreas de protección, lo que pudiera estar asociado a una disminución de la temperatura a mayor profundidad.

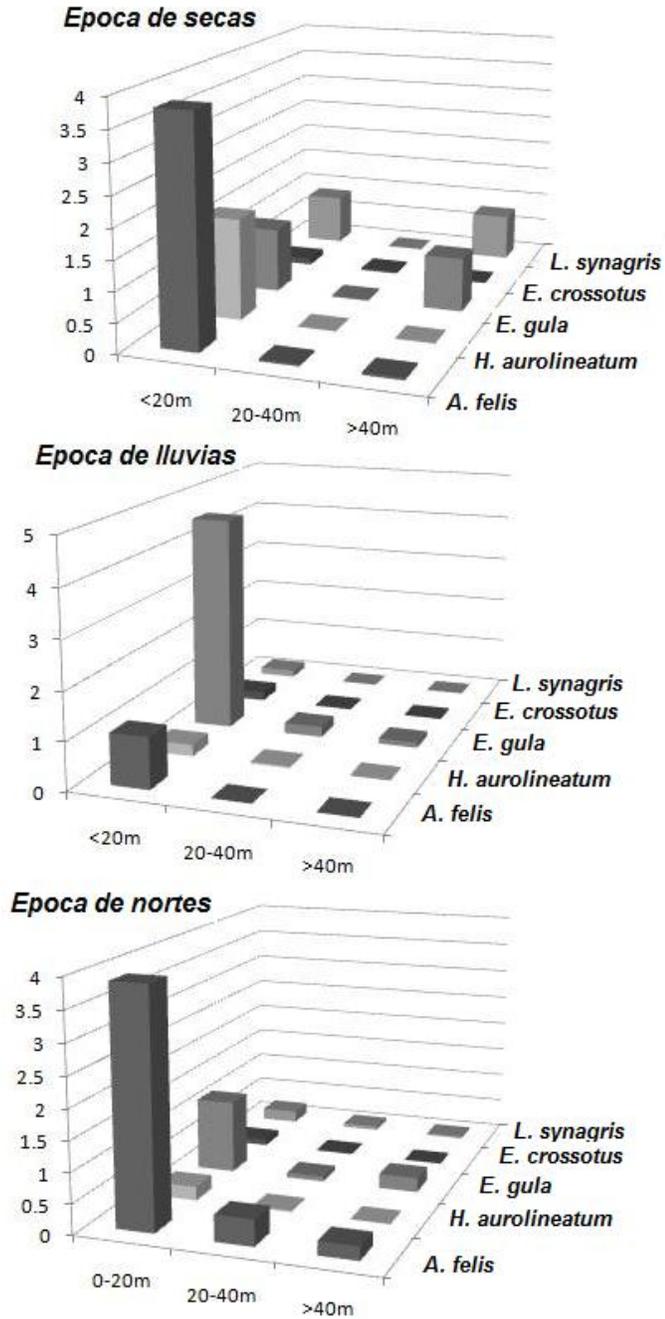


Figura 7. Distribución espacio-temporal de la abundancia relativa del Grupo 1 (a), se concentran durante todo el año en estratos <20m. Las especies mejor representadas en todo el gradiente son *A. felis* con dos pulsos, en secas y nortes; *E. gula* en lluvias.

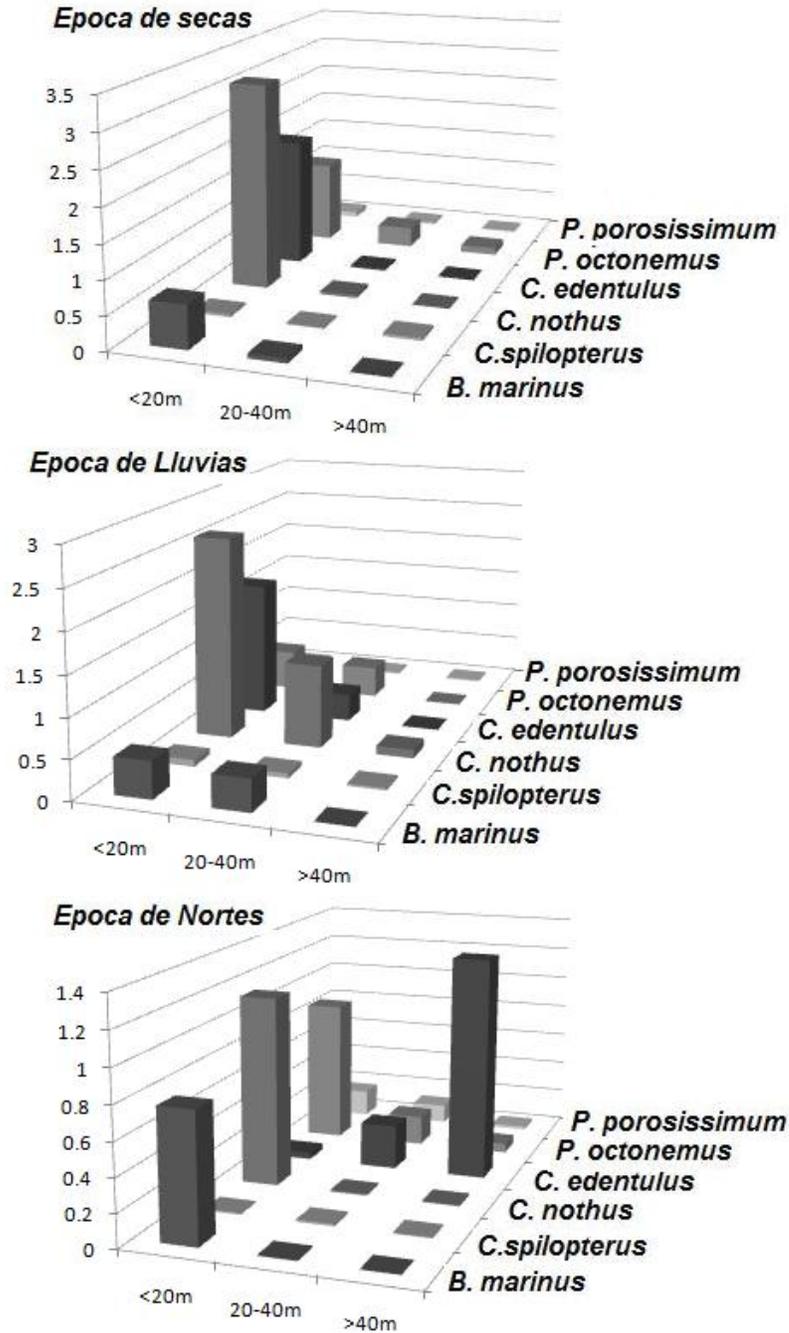


Figura 8. Distribución espacio-temporal de la abundancia relativa del Grupo 1 (b). La variación espacial presenta pulsos marcados durante la época de lluvias y nortes. Durante secas este grupo se concentra principalmente en aguas someras <20m. *Cynoscion nothus*, *Cetengraulis edentulus* y *Polydactylus octonemus*, presentan comportamientos parecidos durante la época de secas y lluvias.

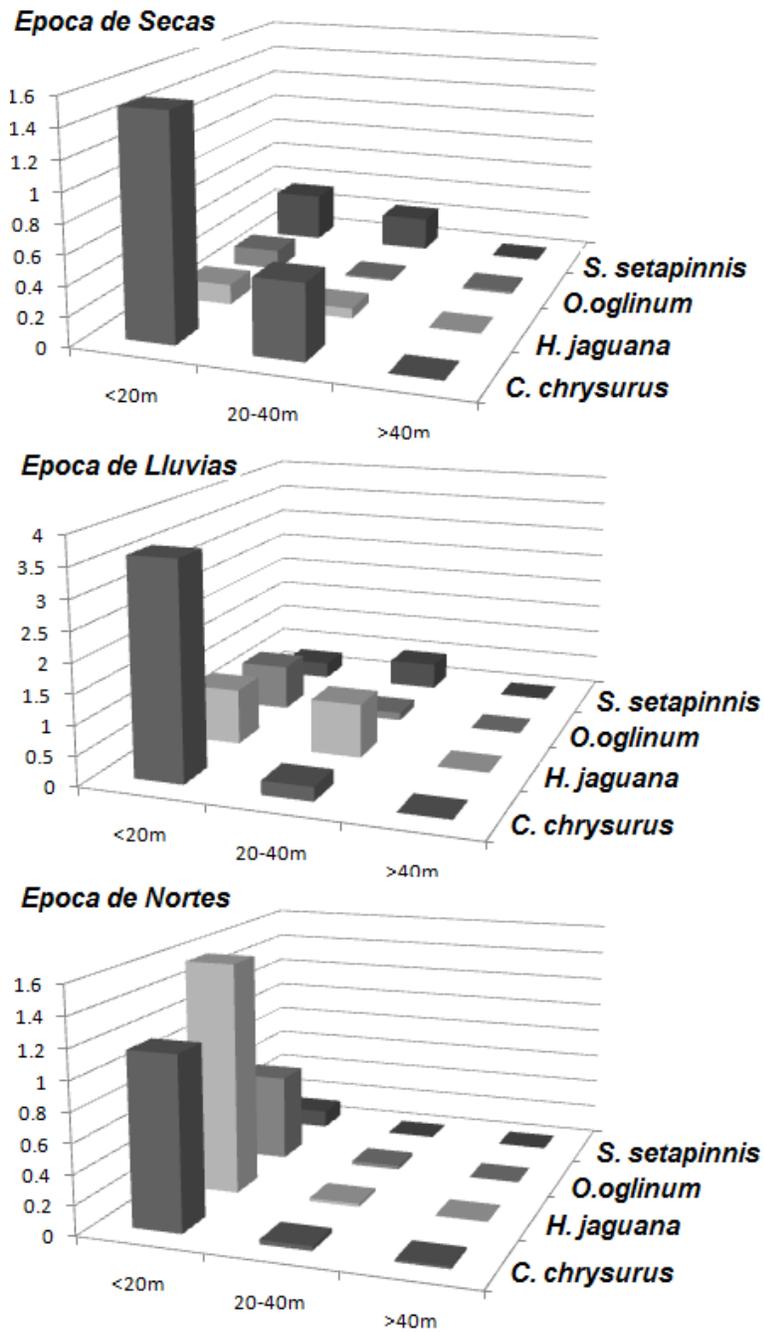


Figura 9. Distribución espacio-temporal de la abundancia relativa del Grupo 1 (c), la mayor abundancia se concentra durante todo el año en el estrato <40m, la variación estacional presenta marcados pulsos de abundancia durante la época de secas y lluvias. Estas especies, durante la época de nortes parecen permanecer en aguas someras (<20m).

Las figuras 10 y 11 integran la variación espacio-temporal de la abundancia de las especies definidas como **Grupo 2**. La relación de estas especies por las áreas someras de influencia estuarina es menos evidente, o estacional. En la figura 10, **Grupo 2a** se observa que al igual que el Grupo 1c, la mayor variación de la abundancia se presenta durante secas y lluvias. *Syacium gunteri*, y *Cynoscion arenarius* presentan pulsos de abundancia relacionados a movimientos evidentes a lo largo de todo el gradiente batimétrico. Es importante observar la dominancia de *S. gunteri* durante todo el año. La figura 11, corresponde a las especies definidas como **Grupo 2b**. Este grupo presenta un comportamiento muy marcado de variación estacional, concentrando la abundancia durante secas en aguas profundas (>40m), y durante nortes en aguas someras (<20m). Esto pone de manifiesto el movimiento migratorio de estas especies típicamente marinas, hacia las aguas de influencia estuarina, específicamente en la época de mayor presencia de la pluma estuarina. Se destacan *Priacanthus arenatus* y *Trachurus lathami* que siendo marinas estrictas marcan presencia en aguas someras <20m durante todo el año y particularmente durante nortes.

A pesar de la complejidad de las variaciones de abundancia y biomasa entre épocas del año, con éste análisis fue posible caracterizar áreas batimétricas estudiadas de acuerdo a las agrupaciones de especies características, como sigue. Las aguas someras (<20m) de la plataforma continental de Campeche, mantienen una evidente alta concentración de biomasa y heterogeneidad de especies durante todo el año (Fig. 5). Esto obedece a la presencia de la gran mayoría de las especies, principalmente las que por su marcada asociación con las condiciones estuarinas conforman el **Grupo 1**. También puede afirmarse que los incrementos observados durante la época de lluvias en este estrato, corresponden a los movimientos migratorios que hacia las aguas someras realizan especies como *E. gula*, *E. crossotus*, *C spilopterus*, *O. oglinum* y *H. jaguana* entre otras (Figs. 7 a 9). Confirmando esto, es importante mencionar que todas estas especies han sido descritas como visitantes cíclicos de la Laguna de Términos, y particularmente *E. gula*, la cual se considera como residente permanente y dominante ecológico en el interior del sistema lagunar. Además del **Grupo1**, también debe considerarse el incremento de biomasa, de este estrato, por la ocupación estacional de especies típicamente marinas, que se trasladan periódicamente desde profundidades mayores (>40m), como son las especies del **Grupo 2** (Figs. 10 y 11).

Es posible que algunas de estas especies ingresen a la Laguna de Términos, como el caso de *C. arenarius*. Todas las especies del **Grupo 2a**, están presentes en áreas de salinidades intermedias y alta turbulencia, cercanas a la Boca del Carmen. En el caso de las especies del **Grupo 2b**, no se tienen registros en el interior del sistema lagunar, pero su captura es muy frecuente en las aguas someras, particularmente durante la época de nortes (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a).

Diversos autores han observado patrones semejantes a lo descrito, argumentando que las aguas someras, particularmente en regiones tropicales y subtropicales, en general presentan una mayor heterogeneidad de especies porque se encuentran expuestas a los ciclos de marea y patrón de corrientes litorales, en una dinámica columna de agua (Darnell, 1990; Jesse, 1996). Por ello, las especies características están adaptadas a marcados cambios en los gradientes ambientales y su ocurrencia es más dependiente de la composición del sustrato que de las condiciones oceanográficas, tal como se comprobó en este estudio (Tabla 6). La alta productividad primaria de estas áreas, mantenida por las descargas provenientes del sistema lagunar-estuario adyacente, hacen de las aguas someras una zona de refugio y alimentación determinante (Pauly y Yáñez-Arancibia 1994; Blaber, 1997; Barletta *et al.*, 1998).

El estrato de profundidad entre 20 y 40m, conforma un área de flujo, o de paso, cuya biomasa es mantenida a lo largo del año por el movimiento migratorio de las especies. Tanto aquellas con una marcada relación a las aguas estuarinas ya descritas (**Grupo 1**), como las que aún siendo preferentemente marinas, estacionalmente migran hacia aguas someras (**Grupo 2**) evidenciando su relación a las aguas de la pluma estuarina. Por lo tanto, los incrementos observados en el estrato de 20 a 40m durante la época de lluvias, corresponden también al desplazamiento desde aguas profundas >40m, realizado por las especies del **Grupo 2b**. El área media de la plataforma presenta una actividad hidrodinámica menor y menor variación medioambiental, por lo que no pueden sugerirse especies características asociadas, como ha sido explicado por Darnell (1990) y corroborado en este estudio.

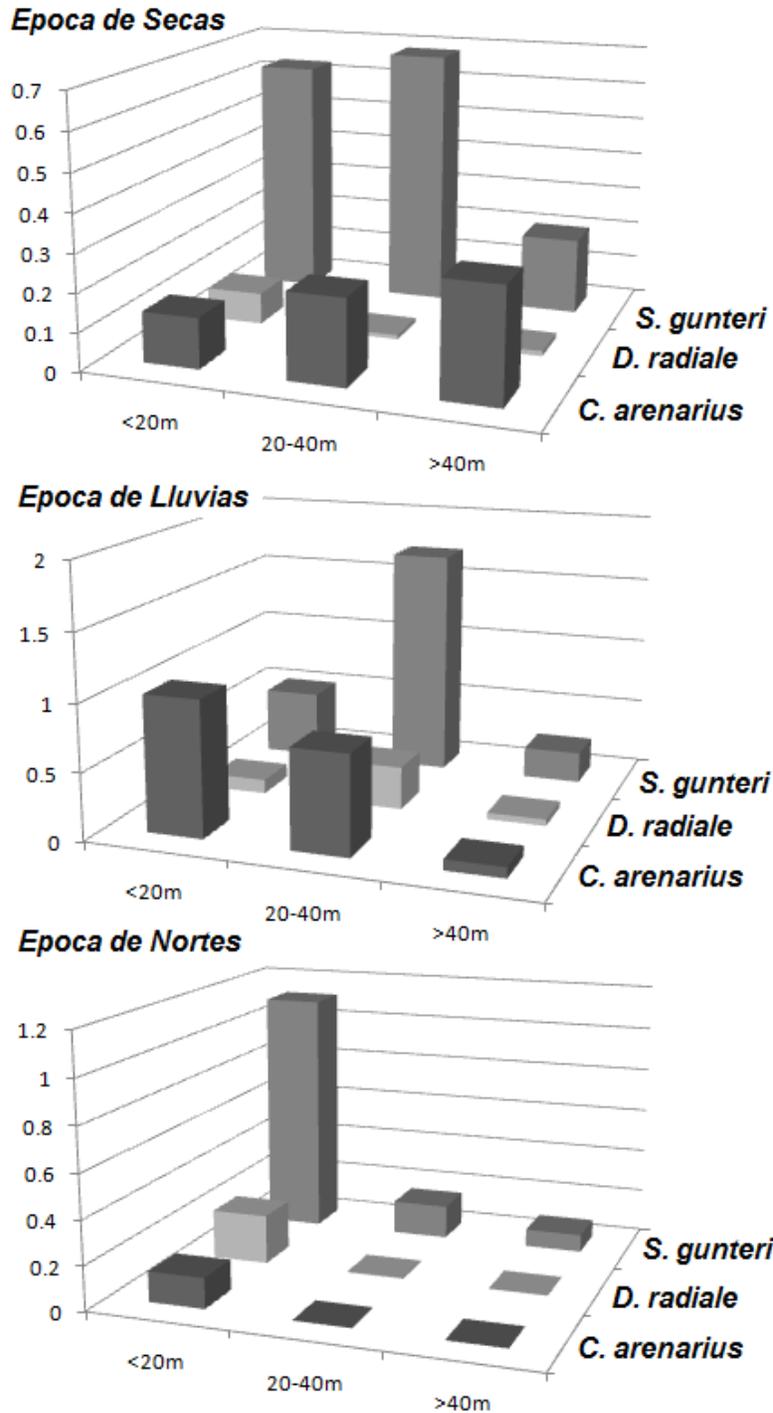


Figura 10. Distribución espacio-temporal de la abundancia relativa del Grupo 2 (a). Las variaciones de este grupo son marcadas, particularmente durante secas y lluvias. Durante nortes, estas especies siendo marinas, ocupan las aguas someras (<20m), de manera semejante el patrón del Grupo 1c.

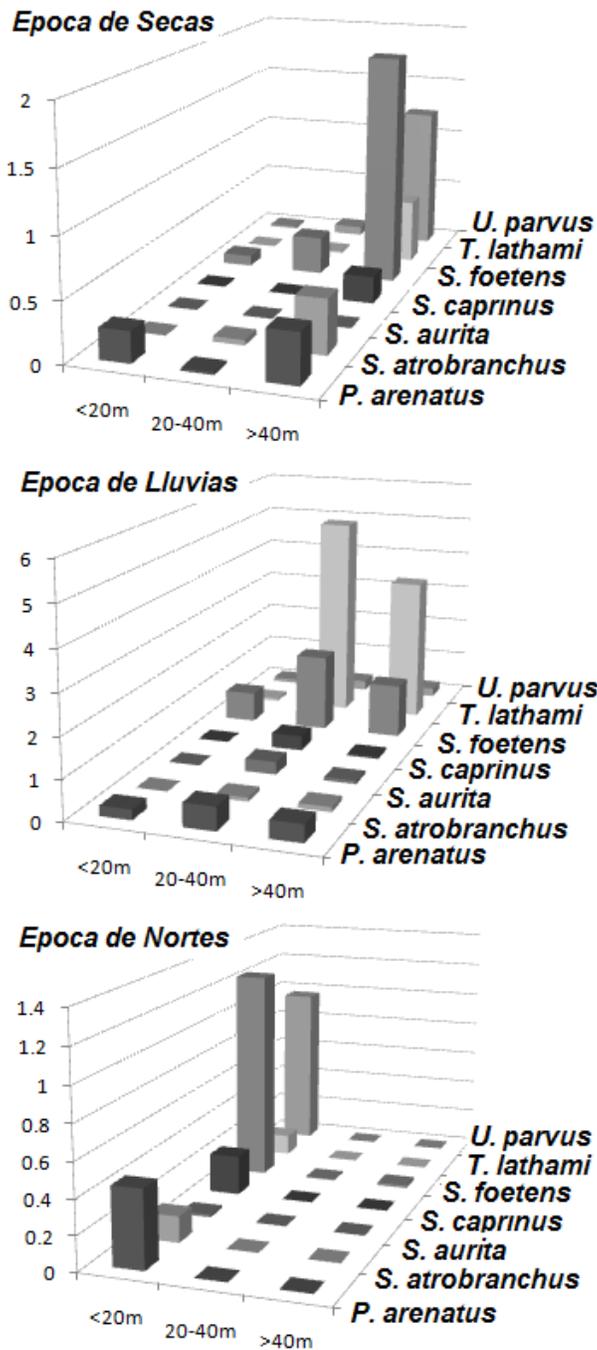


Figura 11. Distribución espacio-temporal de la abundancia relativa del Grupo 2 (b). Este grupo presenta una variación estacional de abundancia, muy marcada. Se presentan dos pulsos evidentes, durante secas en profundidades >40m, y durante nortes en aguas someras (<20m).

El estrato de mayor profundidad >40m, es el que aparenta una menor variación de la abundancia particularmente durante secas y lluvias, y está sostenida principalmente por las especies del **Grupo 2b**. Desde el punto de vista “funcional”, estas especies realizan el patrón “equivalente” al **Grupo 1**, solamente que en este caso, todas ellas se encuentran relacionadas a las aguas con características predominantemente marinas y los sedimentos de los fondos no son determinantes. Por esta razón, y su capacidad de desplazamiento, este grupo resulta ser el que presenta la distribución más amplia en toda el área de estudio. Las especies con mayor tendencia hacia aguas de menor profundidad a lo largo del año son *P. arenatus*, *T. lathamii* y *S. foetens* (Fig.11). Durante la época de nortes todas las especies de este grupo, migran hacia la plataforma continental somera, esto pareciera indicar que aún siendo típicamente marinas, sus desplazamientos hacia aguas menos profundas o costeras, depende de la extensión y temporalidad de la pluma estuarina. Todas las especies que componen el **Grupo 2b**, con excepción de *S. foetens*, son especies típicamente marinas, cuya presencia en el interior de lagunas costeras y estuarios es incidental o nula.

Los análisis realizados hasta este punto, permitieron identificar y describir las semejanzas entre las especies, por el uso del espacio a lo largo del año. Todo indica que las estrategias de distribución espacial están ligadas a “patrones de uso” de los hábitats de la plataforma continental dependientes del gradiente batimétrico. Mientras que las estrategias de distribución temporal, obedecen a los “patrones de migración” relacionados a la alimentación, crianza y reclutamiento, acoplados a los pulsos ecológicos que se suceden en cada época climática. Esto permite comprender que las relaciones de “dependencia-estuarina” están dadas por requerimientos específicos en el ciclo de vida de las especies, como es el caso de las especies estuarinas residentes y aún más en las diádromas. Pero también, permiten entender que los beneficios de estos “patrones de uso” en los estuarios, son estratégicos para la mayoría de las especies marino costeras, a las que puede identificarse como “estuarino oportunistas” o “facultativas” (Lenanton y Potter (1987). Sobre estas estrategias se ha discutido en los trabajos de Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1997) y Chestney y Baltz (2001).

Estos resultados enfatizan la importancia de las aguas marinas poco profundas, para las especies marino costeras que caracterizan al sur Golfo de México. Sobre esto, son varios los autores que actualmente continúan abundando sobre la demostrada importancia de las aguas someras de la plataforma continental tropical y particularmente en las regiones deltáicas, y su relación con la alta producción pesquera que las caracteriza; ya que un alto porcentaje de las especies comunes de importancia comercial en estas zonas, son especies marinas costeras relacionadas a estuarios. En estas zonas, los aportes de agua dulce y sedimentos desde los sistemas estuarinos hacia la plataforma continental, son el principal impulso a la productividad primaria de las aguas marinas de la plataforma, debido a la carga de nutrientes que se aportan particularmente hacia las aguas someras (Deegan *et al.*, 1986; Nixon, 1988; Iverson, 1990; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004). Una significativa fracción de la producción secundaria y su importancia pesquera en el Golfo de México, desde el Mississippi hasta la Península de Yucatán, se deriva de la relación con los sistemas estuarinos incluyendo las áreas someras marinas influenciadas por la pluma estuarina (Darnell, 1990; Christensen y Pauly, 1993; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Chestney y Baltz, 2001; Day *et al.*, 2004; Cowan *et al.* 2008).

#### 5.4. Conclusiones

1. Desde el punto de vista de la ecología teórica-conceptual de los recursos pesqueros tropicales, a través del análisis de la distribución espacial y las variaciones estacionales de las especies dominantes, es posible **caracterizar** el comportamiento general de la comunidad, **determinar** cuáles son las especies cuya variación espacio-temporal indica las tendencias principales de migración; y **definir** los patrones estacionales de la abundancia relativa a nivel de comunidad .

2. Las dos tendencias principales de distribución entre las especies de peces demersales dependen espacialmente del gradiente batimétrico, relacionado a la extensión y permanencia de la pluma estuarina, y al tipo de sedimento de los fondos. **Grupo 1**, especies marinas con marcada dependencia estuarina, ligadas a las áreas de extensión de la pluma (< 40m), y selectivas del tipo de sedimentos. **Grupo 2**, especies marinas (> 40m), relacionadas a estuarios.

3. Las *estrategias de distribución espacial* están ligadas a “patrones de uso” de las especies por los hábitats de la plataforma continental, de acuerdo al gradiente batimétrico. Las *estrategias de distribución temporal* obedecen a “patrones de migración” relacionados a la alimentación, crianza y reclutamiento, acoplados a los pulsos ecológicos que se suceden en cada época climática.

4. La variación espacial de la abundancia de las especies demersales se rige por patrones asociados al gradiente batimétrico en la plataforma continental. Estacionalmente la estructura y composición de las comunidades (en cada estrato), varía de acuerdo a la secuencia de las condiciones ambientales que caracterizan a la región. Por ello, los pulsos estacionales de abundancia dependen de los pulsos ecológicos.

5. En la región de estudio, preservar las interacciones estuario-plataforma y sus gradientes ecológicos (i.e., descarga de aguas dulces, contribución de nutrientes, y la diversidad de hábitat); es determinante en el sostenimiento de las comunidades y sus patrones ecológicos.

6. Estos resultados se aplican al avance del conocimiento ecológico de las comunidades costeras tropicales, pero esencialmente aportan elementos de manejo para una región de gran interés ecológico-pesquero como es el Golfo de México. El **Grupo 1** está integrado por especies que en su mayoría son de interés local como recurso pesquero, tales como *Haemulon aurolineatum* (ronco), *Lutjanus synagris* (pargo del Golfo o huachinango), *Cynoscion nothus* (corvina), *Eucinostomus gula* (mojarra), *Ariopsis felis* (bagre bandera) y *Bagre marinus* (bagre sapo).

## 6. OBJETIVO 2

### DEFINIR LOS GRUPOS ECOLÓGICOS FUNCIONALES QUE CARACTERIZAN A LAS COMUNIDADES DEMERSALES DEL SUR DEL GOLFO DE MEXICO

#### 6.1. Antecedentes Específicos

Las investigaciones realizadas sobre ecología demersal tropical en décadas pasadas se orientaron a describir la estructura global de las comunidades, su diversidad, patrones de distribución y sus variaciones con relación al medio ambiente (Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia, 1985; Deegan *et al.*, 1986; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986; Blaber *et al.*, 1989; Wolff, 1996). Estos estudios mostraron que la organización de las poblaciones, tiende a ser en agrupaciones o asociaciones de especies afines entre sí. Actualmente se sabe que la afinidad de estas asociaciones radica en que su comportamiento está acoplado a la dinámica ambiental del sistema y sus pulsos ecológicos, por ejemplo: a) descargas de ríos, b) patrón de productividad primaria, c) superficie de lagunas costeras y estuarios asociados a los deltas, d) calidad ambiental de los hábitats críticos, entre otros. El vínculo entre los ciclos de vida de las especies y la dinámica ecológica del sistema estuario-plataforma, ocurre a través de la optimización de los “pulsos ecológicos” como ventajas ambientales, a través de lo que se denomina programación estacional (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998; 2004). Esta programación estacional se describe como la interacción entre los grupos funcionales de productores primarios, y los patrones secuenciales de uso que tienen las especies por los hábitats estuarinos, reduciendo la competencia al realizar la reproducción, satisfacer sus requerimientos alimentarios y asegurar su reclutamiento. Los movimientos que realizan las especies para alcanzar este acoplamiento a nivel de población, a su vez “cumple” con una función a nivel de comunidad. Esta función está relacionada al sostenimiento de la biodiversidad funcional del sistema (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1993; Arreguín-Sánchez, *et al.*, 1993) y a los flujos de energía, a través de las relaciones tróficas (Christensen y Pauly 1993, 2004; Wolff *et al.*, 1998). En este contexto de estructura funcional del ecosistema, las estrategias ecológicas de las especies afines, se manifiestan como variaciones espacio-temporales de la abundancia, tal y como fue discutido en el Objetivo 1. Aún cuando estacionalmente la

estructura de las poblaciones va cambiando a lo largo del año, los Grupos Ecológicos Funcionales tienden a ser recurrentes en el espacio y en el tiempo (Longhurst y Pauly, 1987; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997).

Una de las hipótesis sobre comunidades demersales tropicales de alta diversidad (Tabla 1), se refiere a estas asociaciones de especies, o Grupos Ecológicos Funcionales. Este tópico de investigación se aborda como parte esencial de este trabajo de Tesis Doctoral, y define al concepto de Grupo Ecológico Funcional como: *“asociación de poblaciones de especies demersales de comportamiento similar, que desempeñan un papel análogo o función determinada en el ecosistema”*. Se considera que estos grupos ecológicos son clave en la estructura y dinámica de la comunidad; forman parte importante de los flujos de biomasa en el ecosistema, y realizan un papel funcional en la biodiversidad del sistema, y sus recursos pesqueros.

## 6.2. Estrategia de Investigación y Métodos

Las estrategias metodológicas generalizadas para definir estas asociaciones tienden a describir las características de “similitud ecológica” entre las especies (i.e., distribución espacial, variación estacional de la abundancia, dominancia ecológica, relación con parámetros ambientales, comportamiento trófico). En este Objetivo 2, se utilizaron estos criterios para *definir* los “Grupos Ecológicos Funcionales”, *cuantificar* su similitud ecológica, y *discutir* su función en las comunidades demersales de la región del Sur de Golfo de México. Los trabajos que resultaron ser indispensables para el desarrollo metodológico de este objetivo son: Field *et al.* (1982), Bund (1983), Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1986), Warwick y Clarke (1993), Clark y Warwick (1994a y 1994b), Blaber *et al.* (1994), Wolff (1996), Jesse (1996), Velasco y Wolff (2000) y Cowan *et al.* (2008).

La estrategia metodológica diseñada para este objetivo, se planteó como sigue:

- a) Definir y caracterizar (cuantitativa y cualitativamente), los Grupos Ecológicos Funcionales.

De acuerdo a la literatura específica, se usó la abundancia relativa como la variable biológica para interpretar la afinidad ecológica entre las especies. Se consideró la “similitud” como la “afinidad ecológica” entre las especies. El banco de datos general del cual partieron estos análisis se presenta en la tabla 5 (Anexo 1).

Considerando que en los resultados del análisis de distribución espacial (Objetivo 1 de este trabajo de Tesis), se señaló la *relación-batimétrica* de las especies como factor determinante de afinidad ecológica, se decidió realizar un análisis específico. A través de una matriz de similitud compuesta por los datos de biomasa ( $\text{g/m}^2$ ) de todas las especies en las 128 estaciones, se realizó el agrupamiento de especies o “cluster” basado en el coeficiente de Spearman (programa XLSTAT, 2008). El coeficiente de correlación simple por rangos de Spearman, es una prueba estadística que permite medir la correlación o asociación de dos variables y es aplicable cuando las mediciones se realizan en una escala ordinal, aprovechando la clasificación por rangos. El coeficiente de correlación de Spearman se rige por las reglas de la correlación simple de Pearson, y las mediciones de este índice corresponden de + 1 a - 1, pasando por el cero, donde este último significa no correlación entre las variables estudiadas, mientras que los dos primeros denotan la correlación máxima. La representación gráfica se hizo en un dendrograma de especies/estación (Fig. 12).

Para medir el grado de *coexistencia* entre las especies que comparten características de distribución semejantes (Janson y Vagelius, 1981), se usaron las herramientas del programa “PAST” (Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis), y se calcularon la similitudes con base en el empleo del coeficiente de Simpson. La matriz de datos se elaboró con base en el cálculo del “valor descriptivo”  $p$ , que es una expresión de las abundancias y biomasa propuesta por Warwick y Clarke (1993), la cual relativiza la importancia de especies abundantes con bajas biomasa y especies menos frecuentes con peso mayor. La relación es como sigue:

$$\text{Donde } p = (B/A)^{0.73} \times (A)$$

Los caracteres semejantes compartidos por dos estaciones, proporciona el grado de similitud entre ambas. Este grado de similitud toma valores que van de 0 (ningún carácter en común), a 1 (todos los caracteres compartidos). El análisis estadístico se repite por pares de

especies, hasta quedar todas con un valor de similitud asignado. La representación gráfica de los resultados, se hizo a través de dendrogramas (Fig. 13).

#### **b) Estructura y función de los Grupos Ecológicos**

**Para discutir la función que realizan los Grupos Ecológicos definidos, se analizó: La estructura y composición de especies de cada uno de estos Grupos, y sus variaciones estacionales de la abundancia asociadas a los movimientos migratorios (usando como referencia los resultados del Objetivo 1, este estudio). Los patrones de comportamiento de cada grupo, considerando sus características de dominancia ecológica en el sistema estuario-plataforma, y los hábitos alimentarios, teniendo en cuenta que dependiendo del componente trófico de las especies, es el papel que cumplen en el flujo de energía de las comunidades demersales de la región. Se usaron como referencia los criterios de Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia (1986), Yáñez-Arancibia *et al* (1988a, 1998).**

### **6.3. Resultados y Discusión**

Los resultados de la figura 12, muestran una clara separación de las especies de acuerdo a la similitud existente entre las características de distribución espacial ya descritas (Objetivo 1). La interpretación de estos grupos, establece que la afinidad ecológica de las asociaciones de poblaciones, está determinada por la combinación de características biológicas y ecológicas que comparten interespecíficamente, como son: **a) Comportamiento similar**. Como es su desplazamiento en la columna de agua, **b) Papel ecológico análogo**. Como es la dominancia ecológica en el sistema estuario-plataforma y las preferencias alimentarias (asociadas al tipo de fondo).

#### **6.3.1 Grupo Ecológico 1.**

Especies estuarinas que tienden a distribuirse en aguas marinas de profundidades menores de 40m, marcadamente relacionadas a la extensión de la pluma estuarina y el interior del sistema de Laguna de Términos.

**Grupo 1a**, especies típicamente estuarinas, cuya relación con el estuario es permanente. Con una afinidad inicial de 0.5, está compuesto por especies predominantemente demerso-pelágicas en su mayoría carnívoras (epifauna, piscívoras), todas incluyen detritus en su dieta y se relacionan a fondos carbonatados (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986). Su dominancia ecológica es tanto en la plataforma continental como en el interior de la Laguna de Términos, donde se consideran residentes permanentes. Son especies características *Ariopsis felis* y *Haemulon aurolineatum* mismas que aparecen con una similitud mayor a 0.3. *Eucinostomus gula* y *Lutjanus synagris* con una afinidad de 0.5.

**Grupo 1b**, especies cuya relación con el estuario es estacional. Compuesto por especies típicas demersales (bentónicas), demersopelágicas y pelágicas, en su mayoría se alimentan de infauna y epifauna. Su dominancia ecológica es tanto en la plataforma continental como en el sistema lagunar, particularmente las áreas cercanas a las bocas de conexión. Todas se consideran visitantes cíclicos del estuario y presentan una afinidad mayor a 0.3; estas son *Bagre marinus*, *Cynoscion nothus* y *Porichthys porosissimus*.

**Grupo 1c**, especies cuya relación con el estuario es “oportunista”. Compuesto por especies pelágico-neríticas, las cuales se alimentan tanto de fauna planctónica, como de invertebrados bentónicos, particularmente de fondos terrígenos. Su dominancia ecológica es exclusiva de la plataforma continental. A excepción de *H. jaguana* todas se consideran visitantes ocasionales del sistema lagunar. Este grupo presenta una afinidad mayor a 0.3. Como especies características se tienen a *Chloroscombrus chrysurus* y *Opisthonema oglinum*.

### **6.3.1 Grupo Ecológico 2.**

Especies marinas que tienden a distribuirse en profundidades mayores a 40m, por lo que su relación con las condiciones estuarinas se concreta a la pluma y es estacional u ocasional. Es evidente la presencia de dos subgrupos.

**Grupo 2a** su relación con las áreas de la pluma estuarina es mínima o estacional. Compuesto por especies demersales y demerso-pelágicas, carnívoras (epifauna) y piscívoras, cuya dominancia ecológica es exclusiva de la plataforma continental. *C. arenarius* es visitante estacional de la Boca del Carmen en el sistema lagunar. Mientras que

de *S. gunteri* y *D. radiale* no se tienen registros de que penetren al sistema lagunar, por ello su afinidad es mayor (0.6)

**Grupo 2b**, típicamente marinas cuya relación con la pluma estuarina es “oportunista” o “facultativa”. Compuesto por especies predominantemente demerso-pelágicas, carnívoras (infauna y epifauna) y piscívoras, cuya dominancia ecológica es exclusiva de la plataforma continental.

Estos resultados muestran que la utilización del sistema lagunar-estuarino por las especies marino-costeras no es al azar, y que el grado de “dependencia estuarina” que presenta cada Grupo, está dado de acuerdo a los requerimientos particulares de las especies por las condiciones ambientales que caracterizan a las áreas estuarinas y sus gradientes, desde el interior del estuario hasta la pluma estuarina (i.e., salinidad, turbidez, temperatura, etc). Tal y como mencionan Baltz y Jones (2003), esta combinación de características ambientales funcionan como filtros ecológicos que definen las condiciones “adecuadas” para desarrollar alguna etapa temprana del ciclo biológico, estas condiciones son determinantes en el reclutamiento de las poblaciones adultas. Relacionado a esto, hace más de una década, Yáñez-Arancibia et al. (1988 y 1998), describieron los patrones de “uso” de las especies en el interior de la Laguna de Términos, y en el presente estudio nos permitieron complementar la interpretación en el comportamiento de los Grupos Ecológicos definidos. Estos autores consideraron como especies *residentes permanentes* a las especies que se encuentran todo el tiempo en el sistema lagunar (para crecimiento y reproducción), en este estudio, coincide con el patrón de las especies integradas en el **Grupo 1a**. Los *visitantes cíclicos o estacionales*, cuya utilización del estuario es bajo un patrón regular (desovan en el mar, ingresan a la laguna como juveniles y regresan a la plataforma como adultos) en este caso define a las especies del **Grupo 1b**. Finalmente las *visitantes ocasionales*, que sin un patrón estacional definido utilizan el estuario y áreas adyacentes (protección y alimentación), especies con estas características quedaron comprendidas en el **Grupo 1c y Grupo 2a**.

Actualmente, la discusión no está orientada a los “patrones de uso” particulares de cada especie, por las áreas estuarinas, sino a entender cómo se beneficia el reclutamiento biológico de las poblaciones, con el desarrollo de estas estrategias grupales. Siendo el

reclutamiento la fase crítica del ciclo de vida de las especies, ¿cuál es el papel funcional que desempeña cada uno de estos Grupos Ecológicos en el sistema?

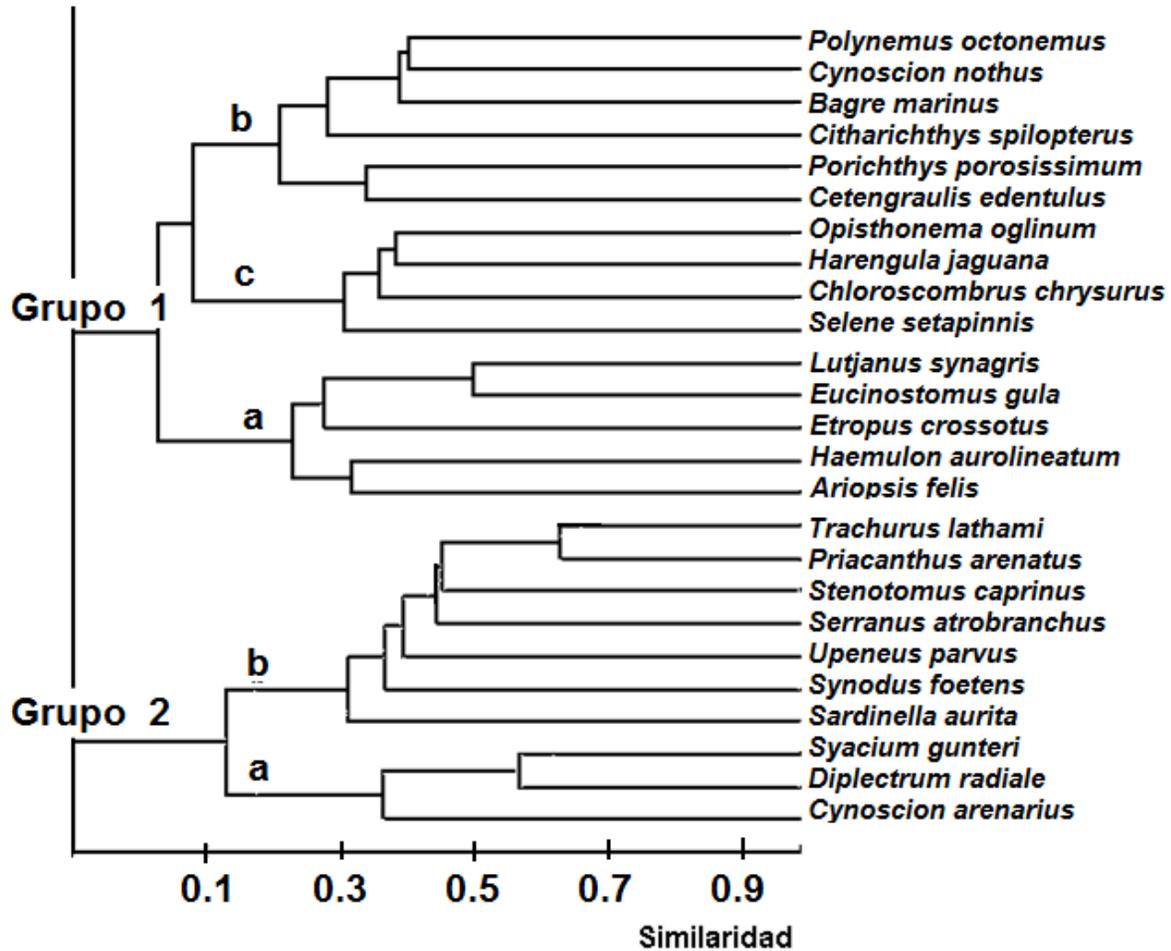


Figura 12. Dendrograma de similitud que muestra el agrupamiento de las especies, de acuerdo al coeficiente de correlación de Spearman. Se muestran dos Grupos según la tendencia de distribución espacial de la abundancia total ( $g/m^2$ ), para el total de las estaciones de muestreo, a lo largo del año.

Los resultados por escalamiento multidimensional, de acuerdo al coeficiente de Simpson, confirmó la clara separación de las especies afines en dos Grupos Ecológicos (Fig. 13). Estos grupos mostraron una alta semejanza en el agrupamiento de las especies, con los Grupos de la figura 12. Sin embargo, es importante señalar que éste análisis se refiere al

grado de coexistencia entre las especies. En todos los casos los valores de similitud fueron significativos.

**Grupo 1a**, Las especies *típicamente estuarinas* con similitud de 0.60 coinciden con las especies que conforman el Grupo 1 a de la Figura 12, y con más de 0.7 de afinidad, se agregan *P. porosissimus* y *C. edentulus*. **Grupo 1b**, con afinidad de 0.61, este grupo integra a las especies del Grupo 1b y 1c de la Figura 12. La coexistencia de estas especies pareciera estar favorecido por su comportamiento migratorio estacional.

La afinidad ecológica de las especies marinas fue mayor, integrándose al **Grupo 2a**, con similitud de 0.64 *S. caprinus* y *U. parvus*. Predominan especies que pudieran denominarse como *marinas migratorias estacionales*, ejemplos *Diplectrum radiale*, *Syacium gunteri*. El **Grupo 2 b**, con similitud de 0.64 confirma la alta coexistencia entre las especies definidas como *típicamente marinas*, *Trachurus lathami*, *Priacanthus arenatus*.

Independientemente de su desplazamiento en la columna de agua, o sus hábitos alimenticios, la coexistencia de los Grupos Ecológicos está definida por sus movimientos migratorios. En este estudio se observaron tres comportamientos principales. 1. **Especies típicamente estuarinas** (en su mayoría residentes en el sistema lagunar-estuarino), en este análisis se integran en el **Grupo 1a**. 2. **Especies migratorias estacionales** (en su mayoría visitantes cíclicos y ocasionales del sistema lagunar y pluma estuarina), en este análisis se integran tanto las especies estuarinas del **Grupo 1b**, como las especies marinas del **Grupo 2a**. 3. **Especies típicamente marinas** (en su mayoría residentes permanentes de la plataforma continental) que integran en el **Grupo 2 b**.

Se observa que conforme la afinidad ecológica aumenta, se presentan subgrupos o asociaciones como el caso de *Eucinostomus gula* y *Lutjanus synagris* en el **Grupo 1a**; *Citharychthys spilopterus* y *Synodus foetens* en el **Grupo 1b**; *Diplectrum radiale* y *Syacium gunteri* en el **Grupo 2a**, y *Priacanthus arenatus* y *Sardinella aurita* en el **Grupo 2b**. En todos los casos la afinidad de estos subgrupos es mayor a 0.80, lo que implicaría un grado muy alto de afinidad y coexistencia ecológica, motivo de estudios específicos posteriores.

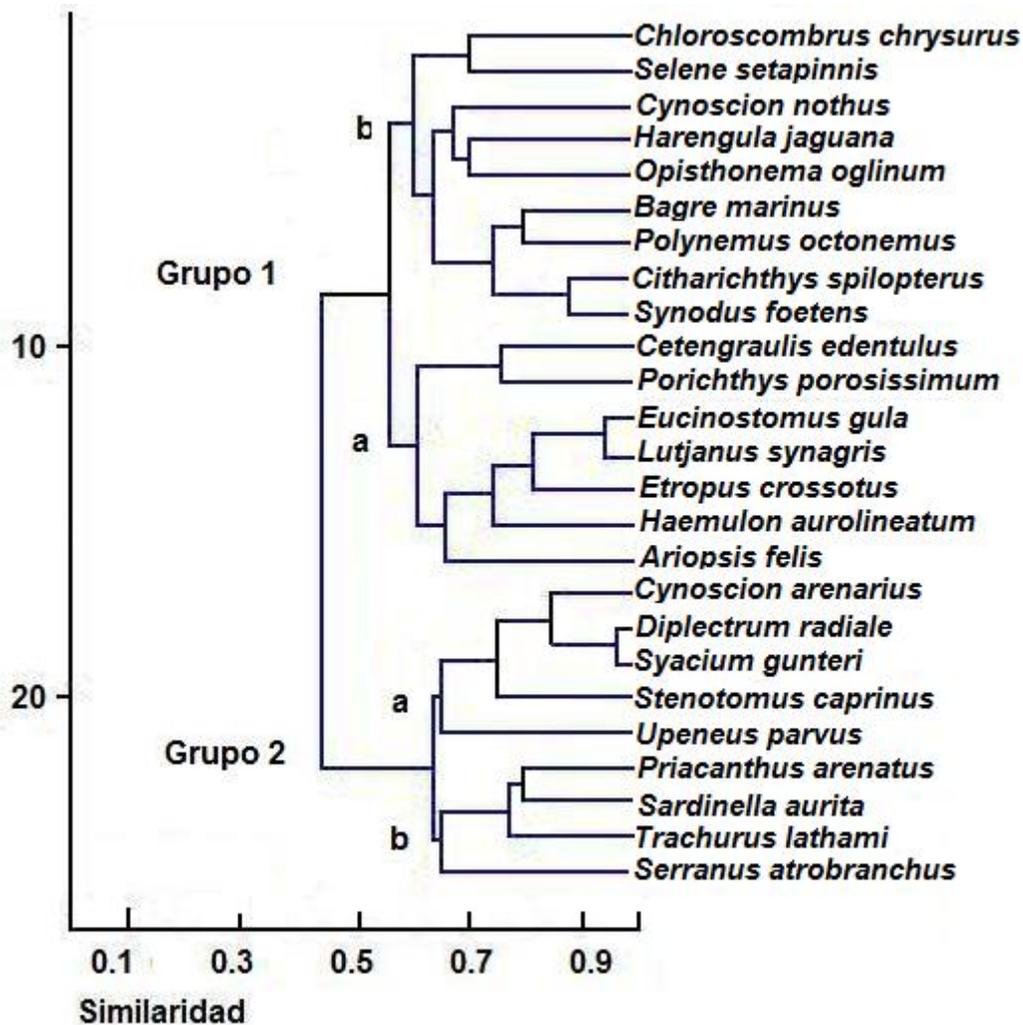
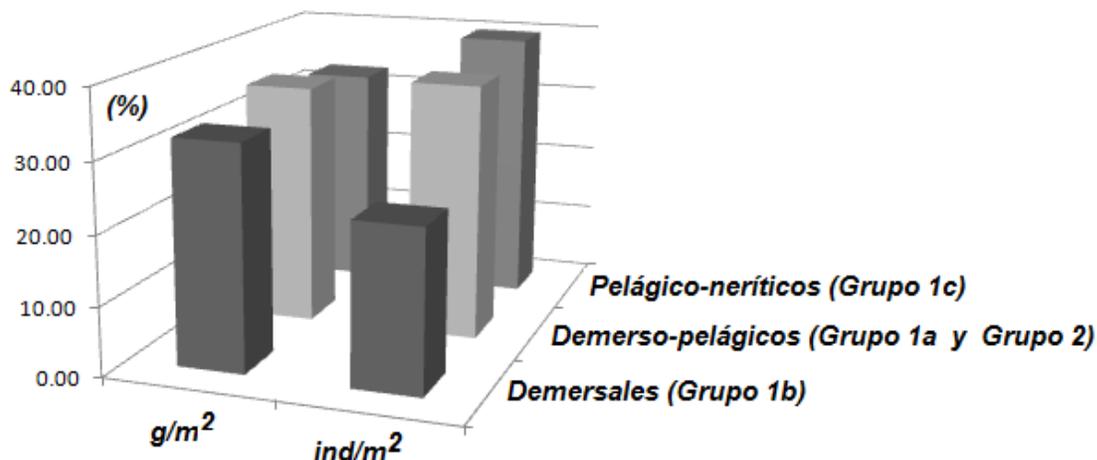


Figura 13. Dendrograma de similitud que confirma la presencia de dos grupos principales, de acuerdo al coeficiente de Simpson, para los valores descriptivos ( $p$ ) calculados. Ambos grupos presentan dos subgrupos. Explicación en el texto.

A este respecto, Sánchez-Gil *et al* (2008), demostró que el éxito ecológico en la coexistencia de especies marino-costeras de comportamiento semejante, radica en el uso secuencial (en tiempo y espacio) de las áreas someras de la plataforma continental con influencia estuarina. En esos estudios se puso de manifiesto que los movimientos migratorios de especies marinas “afines” hacia las aguas someras, está relacionada a los cambios estacionales en la disponibilidad de alimento y a las estrategias ecológicas relacionadas a

“asegurar” un reclutamiento óptimo. En el presente trabajo de Tesis, este es el tema central que aborda del Objetivo 3.



**Figura 14.** Se muestran los principales componentes de la estructura de la comunidad demersal, de acuerdo a las especies analizadas. Se asocian los Grupos Ecológicos de acuerdo a la función que ocupan como componente estructural.

La figura 14 muestra de manera muy clara, que la estructura de la comunidad de acuerdo a la clasificación de las especies dominantes según su comportamiento en la columna de agua, está compuesta por porcentajes muy semejantes de biomasa y densidad. Las especies analizadas que pertenecen a familias como Bothidae, Ariidae y Synodontidae; representan el 23% del total de los individuos y 32% del valor total de abundancia en peso a lo largo del ciclo anual. Las demersopelágicas como Sciaenidae, Serranidae, Priacanthidae, Gerridae, Lutjanidae y Haemulidae representan el 35% y 37%; el resto de las especies son pelágico-neríticas, quienes aportan el 39% y 32% respectivamente, caracterizadas por Carangidae, Clupeidae y Engraulidae. Una explicación a esto es que la dominancia de familias demersales y demersopelágicas, contribuye con un alto valor de biomasa como consecuencia de su alto número de especies, mientras que las pelágicas por un alto número de individuos (discutido por Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997).

Sin embargo, lo relevante de estos resultados, es observar que la contribución en peso y número de individuos de cada una de estas “unidades estructurales” tiene la una importancia ecológica equivalente en la biodiversidad de las comunidades. Esto muestra que una de las

funciones que desempeñan estas agrupaciones, es contribuir a través de su comportamiento migratorio, a mantener a lo largo del año, una alta diversidad en las comunidades (Fig. 14). Esta afirmación puede explicarse mejor al analizar la estructura de la comunidad en cada época del año (Figs. 15 a 17).

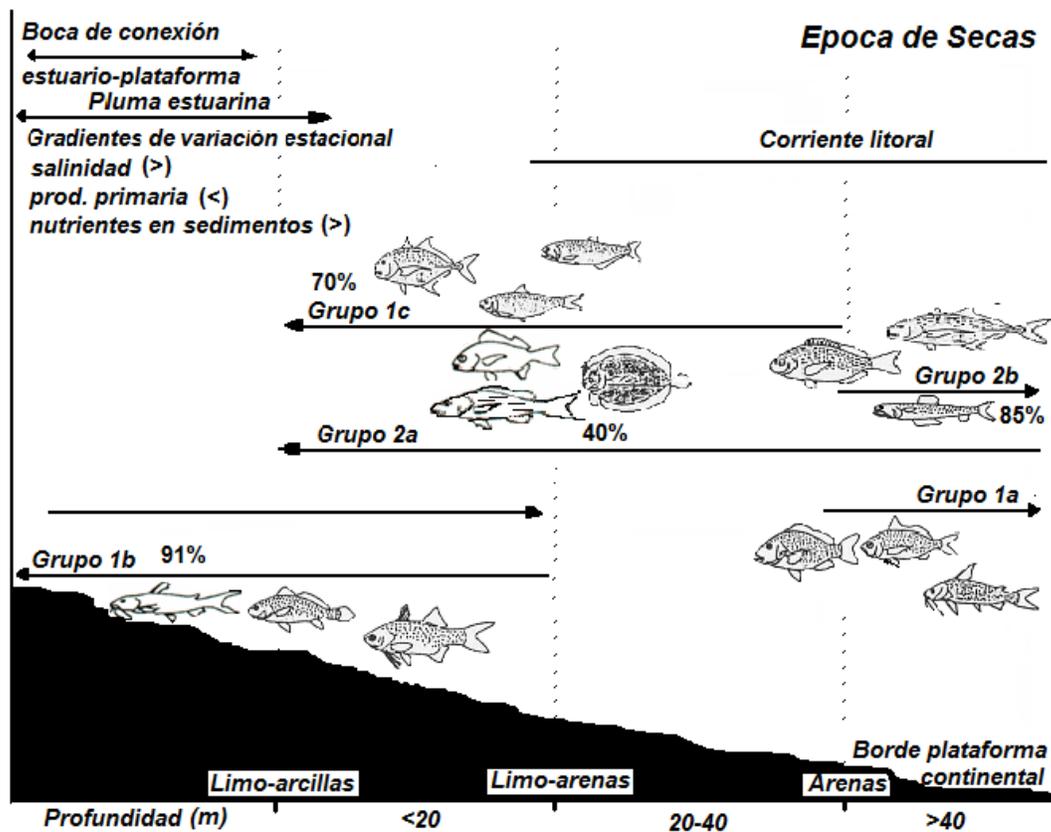


Figura 15. Modelo conceptual de la estructura de la comunidad demersal, se señala el aporte porcentual de biomasa, que representa cada uno de los conjuntos de acuerdo al comportamiento espacio-temporal de los Grupos Ecológicos, durante la época de Secas. Un alto porcentaje de las especies demersopelágicas se presenta en los **Grupos 1a** y **2b**.

Estos grupos, desempeñan un “*papel de residentes permanentes*”, es decir, sostienen la diversidad y abundancia en peso del sistema estuario-plataforma. El **Grupo 1a** aportando la

mayor abundancia en las áreas someras adyacentes al estuario <20m; y el **Grupo 2b** en las áreas profundas de la plataforma continental marina >40m. Las especies del **Grupo 1a**, siendo típicamente estuarinas, extienden su dominancia ecológica hacia el interior del estuario, concentrándose en aguas someras particularmente durante lluvias y nortes (Fig. 16 y 17), mientras que las del **Grupo 2b**, aún cuando presentan movimientos hacia las aguas someras, al ser típicamente marinas extienden su dominancia ecológica hacia la plataforma continental durante secas y lluvias (Figs. 15 y 17). Por lo tanto, estos comportamientos aparentemente opuestos, desempeñan un papel funcionalmente “equivalente” en la estructura de las comunidades. La variación estacional de los parámetros como salinidad, producción primaria y nutrientes en sedimentos (detritus), son aprovechados por los diferentes grupos utilizando los diferentes ambientes del gradiente batimétrico, caracterizados por la extensión y temporalidad de la pluma estuarina, evidenciando una programación estacional de acuerdo a lo descrito por Yáñez-Arancibia et al (1999), como el uso secuencial de las especies de peces (en tiempo y espacio), por los diferentes hábitat de la zona costera tropical.

**Los Grupos 1b, 1c y 2a, desempeñan un “papel de migratorios estacionales”, es decir de estos grupos dependen las principales variaciones estacionales de la densidad y biomasa del sistema estuario-plataforma, pero particularmente de la plataforma intermedia (20-40m) considerada como de paso. Todos estos grupos tienden hacia las aguas someras durante secas. Siendo las especies demersales del Grupo 1b predominantemente estuarinas, extienden su dominancia ecológica hacia el interior del estuario (Fig. 15). Durante Lluvias y nortes, es marcada las estrategia espacial en el comportamiento de estos grupos, ya que mientras los Grupos 1c y 2a tienden hacia las aguas someras; el Grupo 1b tiene una tendencia hacia las aguas profundas. Estos movimientos migratorios, son semejantes en magnitud proporcional de biomasa (Figs. 16 y 17). En particular, las pelágicas del Grupo 1c, mantienen a lo largo del año un porcentaje muy alto de la biomasa en aguas someras y penetran al sistema lagunar-estuarino durante nortes. Las especies de los Grupos 1b y 2a, permanecen en la plataforma continental.**

**Por sus hábitos alimentarios, los Grupos 1b y 1c, ocupan ambos extremos de la cadena, definiendo los principales flujos tróficos en el ecosistema. Mientras que por**

su comportamiento migratorio, los tres incluyendo al Grupo 2a, manifiestan una clara sucesión o programación estacional. Esta es una estrategia característica de las especies de ecosistemas costeros tropicales, lo que les permite optimizar los pulsos ecológicos de la dinámica ambiental, y estar bien representadas durante todo el año. Nuevamente, estos comportamientos opuestos, desempeñan un papel funcional en el equilibrio y soporte de la diversidad y abundancia de las comunidades.

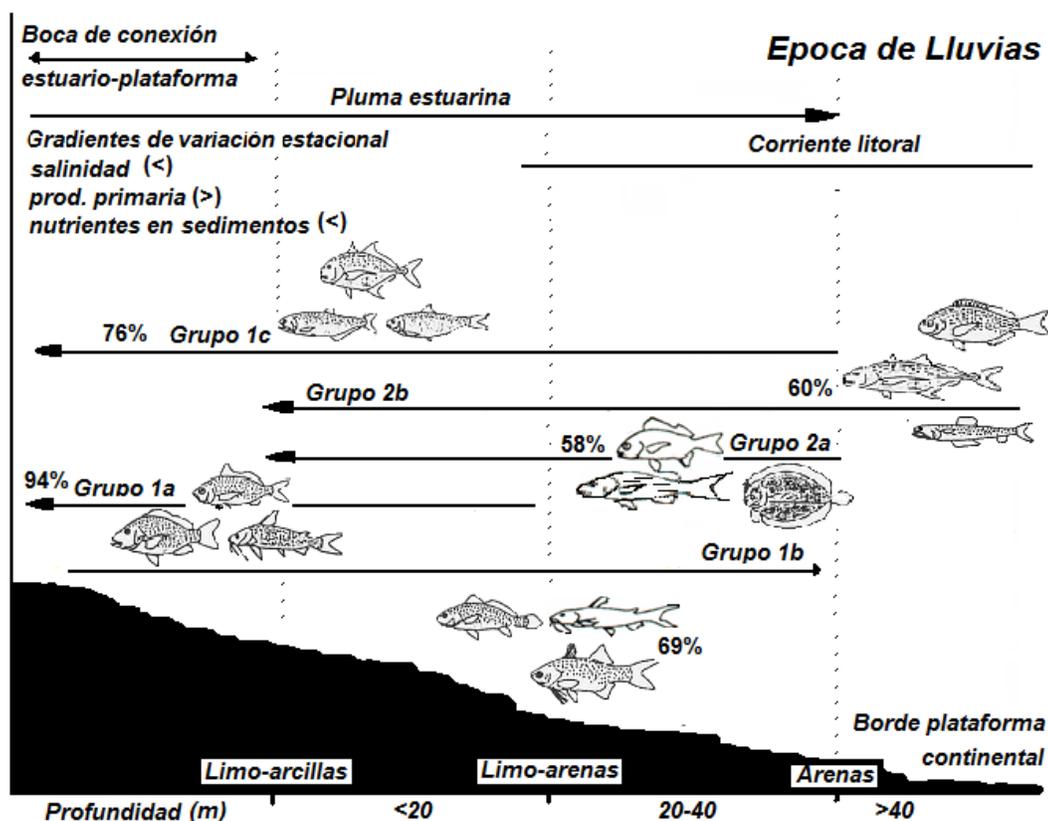


Figura 16. Modelo conceptual de la estructura de la comunidad demersal, se señala el aporte porcentual de biomasa, que representa cada uno de los conjuntos de acuerdo al comportamiento espacio-temporal de los Grupos Ecológicos, durante la época de Lluvias.

Es importante destacar la importancia que representa en todos los casos, la temporalidad y extensión de la pluma estuarina, como factor determinante en los modelos de

comportamiento descritos. La estacionalidad en la descarga de los ríos consecuencia de la época de lluvias (junio-octubre), controla la abundancia y movimientos migratorios de los Grupos Ecológicos Funcionales.

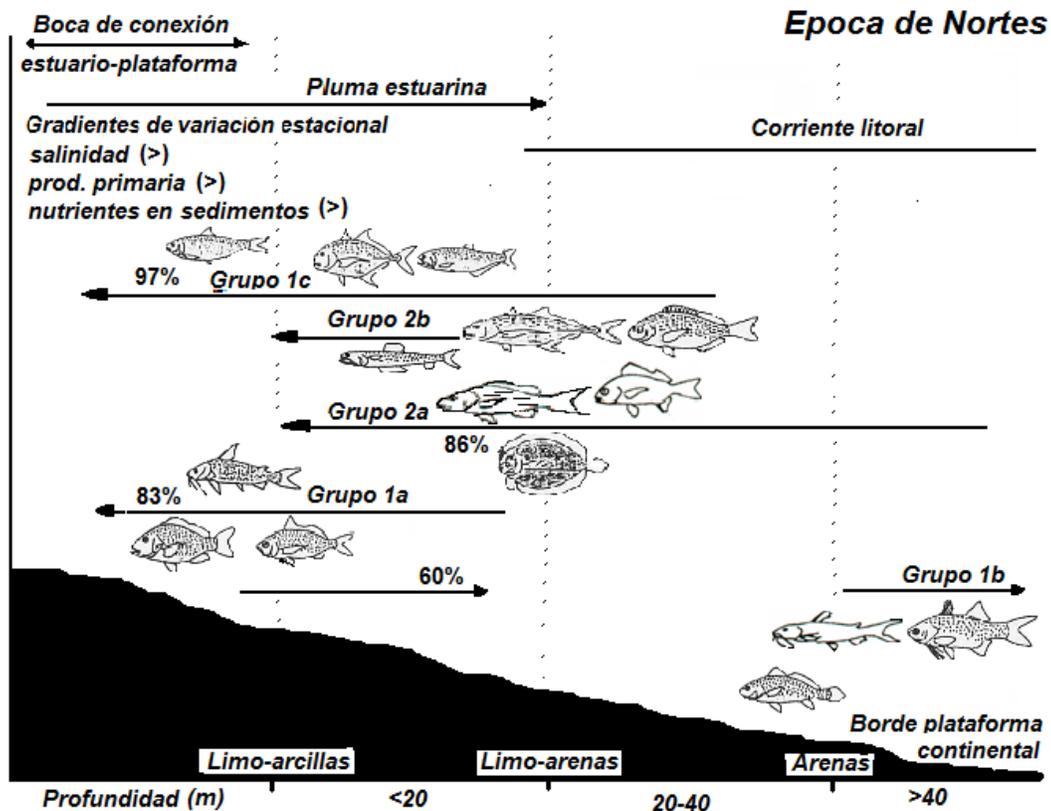


Fig. 17. Modelo conceptual de la estructura de la comunidad demersal, se señala el aporte porcentual de biomasa, que representa cada uno de los conjuntos de acuerdo al comportamiento espacio-temporal de los Grupos Ecológicos, durante la época de Nortes.

En lluvias, se presenta un aumento de la productividad en la Laguna de Términos, cuyo efecto trófico se manifiesta en la plataforma continental al final de esta época y principio de nortes; lo que se relaciona a las máximas descargas de agua dulce (septiembre-octubre) y la alta exportación de nutrientes (Day *et al.*, 1982). Es precisamente en este periodo en que un gran número de especies penetran al sistema lagunar a utilizar los distintos ambientes ecológicos, como es el caso de los Grupos 1a y 1c (Figs. 16 y 17), utilizándolos como áreas de crianza, reproducción y

**alimentación. En estas mismas Figuras, se observa que hasta los Grupos 2a y 2b compuestos por especies marinas se acercan a la línea de costa.**

La época de secas (Fig. 15) se caracteriza por migraciones opuestas. Siendo los **Grupos 1a** y **2b** los que se dirigen hacia a las aguas marinas, mientras que otras especies penetran al sistema lagunar (**Grupo 1b**). De acuerdo a lo descrito por Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1988a), estas son especies en maduración o reproductivas las cuales permanecen en el interior aportando a la plataforma la salida de juveniles de manera continua.

**Uno de los avances importantes de los resultados de este Objetivo, es entender que en general, los movimientos estratégicos de todos los Grupos Ecológicos Funcionales en el uso de los diferentes ambientes costeros de la región, determinan la composición de especies y mantienen la abundancia relativa tanto en la plataforma continental como; estacionalmente, del interior del sistema lagunar-estuarino de Laguna de Términos. Por lo que el papel funcional más importante que desempeñan en sus estrategias estos Grupos Ecológicos Funcionales, está la de conservar la biodiversidad del sistema estuario-plataforma, a través del sostenimiento de la producción secundaria del ecosistema. Esto complementa conceptualmente lo discutido por Yáñez-Arancibia *et al.*, (1993) y Arreguín-Sánchez, *et al.*, (1993) para la misma región, señalando la relevancia que tienen los flujos de energía y las relaciones tróficas de los diversos grupos funcionales, en el mantenimiento de la biodiversidad del ecosistema y sus recursos pesqueros. El conocimiento ecológico de estas asociaciones sigue siendo interesante, particularmente como elementos ecológicos de manejo en áreas de importancia pesquera como es el Golfo de México.**

#### **6.4. Conclusiones**

1. Es posible definir a los Grupos Ecológicos Funcionales que caracterizan una comunidad demersal, por diversos criterios de similitud o afinidad ecológica. La persistencia de estas asociaciones en el espacio y en el tiempo, depende de las características de comportamiento similar, papel ecológico análogo y función en el ecosistema que realizan las especies.

2. Entre las especies costero-marinas que definen a los Grupos Ecológicos Funcionales, existen tres comportamientos principales relacionadas a los requerimientos particulares de las especies por las condiciones ambientales que caracterizan a las áreas estuarinas: típicamente estuarinas, migratorias estacionales y típicamente marinas.
3. Los movimientos estratégicos de estos Grupos Ecológicos en el uso de los diferentes ambientes costeros de la región, determinan la composición de las comunidades y la abundancia relativa tanto en la plataforma continental como estacionalmente, en el interior del sistema lagunar-estuarino de Laguna de Términos. La composición de especies cambia a lo largo del año, pero los Grupos Ecológicos Funcionales tienden a ser recurrentes en el espacio y en el tiempo.
4. El *papel ecológico* que desempeña la composición de especies en los Grupos Ecológicos Funcionales y sus movimientos migratorios, es contribuir como “unidades estructurales” a través de su abundancia relativa, a mantener una alta diversidad en las comunidades a lo largo del año.
5. El *papel funcional* que desempeñan estos Grupos de acuerdo a su afinidad y estrategias ecológicas, es conservar la biodiversidad del sistema estuario-plataforma.
6. El abundar en el estudio de los Grupos Ecológicos Funcionales como “unidades estructurales” de acuerdo a su comportamiento trófico, permitiría entender las rutas del flujo energético en el sostenimiento de la producción secundaria en esta importante región pesquera del Golfo de México.
7. El estudio de los Grupos Ecológicos Funcionales, estimula la reflexión en la redefinición de conceptos en relación a la estructura y función de las comunidades demersales, las adaptaciones de las especies de peces y sus estrategias biológicas, y la comprensión de la biodiversidad funcional de las comunidades costeras tropicales. Por lo que los resultados de este Objetivo, deben ser usados como herramientas de interpretación, para el manejo ecológico hacia el desarrollo sustentable de los recursos costeros tropicales.

## 7. OBJETIVO 3

### **IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR DE ACUERDO A LOS GRUPOS FUNCIONALES, LOS PRINCIPALES PATRONES DE UTILIZACIÓN DE LOS HABITAT COSTEROS EN LA REGIÓN DEL SUR DEL GOLFO DE MEXICO**

#### **7.1. Antecedentes Específicos**

Normalmente los movimientos que realizan las especies marino-costeras tropicales son desde los estuarios hacia la plataforma continental y viceversa, denominados como anadromía de pequeña escala (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988). La razón principal de estos movimientos está relacionada a la producción primaria de las aguas estuarinas, las cuales con frecuencia son más productivas que las marinas (Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1986). El comportamiento particular de utilización de los diversos hábitats costeros, por las especies de peces dominantes de la región de la Sonda de Campeche, se ha definido con base a diversos estudios de caso. Los ciclos de vida de algunas especies de peces importantes para el Golfo de México en los trabajos de Lara-Domínguez *et al.* (1987), Alvarez-Guillén *et al.* (1985), en la utilización de postlarvas y juveniles de especies en las bocas estuarinas; Aguirre-León y Yáñez-Arancibia (1986), Díaz-Ruiz *et al.* (1982), Lara-Domínguez *et al.* (1987) para los modelos de ciclos de vida de especies estuarinas, y recientemente Lara-Domínguez (2001) sobre los patrones de especies dominantes, en el sistema de Laguna de Términos. Para especies de la Sonda de Campeche, Tapia García *et al.* (1988a, 1988b, 1995) y García-Abad *et al.* (1992, 1997, 1998 y 1999), avanzaron en describir algunas de las estrategias que desarrollan las especies dominantes, principalmente para optimizar su alimentación y reproducción, definiendo sus movimientos particulares en el espacio y en el tiempo. Estos antecedentes, junto con la interpretación de las relaciones de dependencia de esas y otras especies como el caso del camarón (Gracia y Soto, 1986) por los ambientes estuarinos, permitieron proponer los primeros modelos conceptuales de migración de las especies costero-marinas, en el sistema estuario-plataforma (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986, 1988a; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1991, 2004). Estos trabajos representaron un avance significativo en el conocimiento de las estrategias biológicas y alimentarias de las especies de peces dominantes. Pero esencialmente mostraron que las

principales interacciones que ocurren entre el estuario y la plataforma continental adyacente no son al azar, aún en áreas de alta diversidad biológica y heterogeneidad ambiental, tal como fue demostrado en los resultados del Objetivo 2 de este trabajo.

Actualmente se puede asegurar que la persistencia de las poblaciones en comunidades de alta diversidad y su éxito ecológico en el tiempo, dependen del éxito en las relaciones de interdependencia biológica de las múltiples especies como son, atenuación de la competencia y predación, pero especialmente de un reclutamiento óptimo (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988a; Sánchez-Gil *et al.*, 2008). También se sabe que los patrones biológicos de uso de los ambientes estuarinos se relacionan con la productividad de las aguas costeras, el aporte de materia orgánica, la disponibilidad de alimento y la protección de predadores (Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004; Sánchez-Gil *et al.*, 2008; Cowan *et al.*, 2008). Es decir, las aguas influenciadas por la pluma estuarina son un ambiente rico donde la dinámica física (i.e., convergencia, transporte de la columna de agua, estratificación y retención hidrodinámica de las larvas de peces) y la biológica (e.j., producción primaria y secundaria) parecen favorecer los procesos que regulan el reclutamiento, a través de la alimentación de larvas, crecimiento y supervivencia (Grimes, 2001). Estos aspectos, son también aplicables en la ecología de los camarones peneidos de la región (Gracia *et al.*, 1997). De ahí la importancia de entender que en las especies costeras tropicales de comunidades multiespecíficas, el estudio del reclutamiento debe hacer énfasis en las fluctuaciones intra-anales y sus diferencias espaciales, como fue sugerido por Pauly (1986), y que el reclutamiento es clave para entender las diferencias entre las especies dependientes-estuarinas y las relacionadas a estuarios (Yáñez-Arancibia y Pauly, 1986).

Por ello, en este Objetivo 3 se propuso avanzar en el entendimiento de los patrones de comportamiento de las especies marino-costeras que utilizan las áreas de influencia de la pluma estuarina, y describir los procesos que determinan las relaciones de su dependencia ecológica por los estuarios desde el punto de vista del reclutamiento. El análisis comparativo de las estrategias que realizan las especies, se presenta a través de especies representativas de los Grupos Ecológicos Funcionales del Sur del Golfo de México.

## 7.2. Estrategia de Investigación y Metodología

Los estudios que marcaron una nueva ruta metodológica en el análisis poblacional basado en la estructura de tallas adaptada para especies tropicales, surgieron de las limitaciones relacionadas a las dificultades de identificación de huevos y larvas de rápido crecimiento; en un sistema donde co-ocurren cientos de especies similares (Yáñez-Arancibia y Pauly, 1986), en este contexto, la metodología tradicional de análisis de dinámica poblacional hasta hace unos años, era prácticamente imposible. La interpretación de parámetros como crecimiento, edad relativa y reclutamiento a partir de etapas juveniles, abrió un panorama de acuerdo a lo propuesto por diferentes autores para comunidades multiespecíficas de zonas tropicales (Pauly, 1984; Gayanilo *et al.*, 1995; Sparre y Venema, 1992). Actualmente, esto implica que los estudios cuantitativos de reclutamiento en comunidades demersales tropicales, puede ser desde las etapas juveniles (Pauly, 1994; Sánchez-Gil *et al.*, 2008).

Los trabajos que resultaron ser indispensables para el desarrollo metodológico de este objetivo son: Sánchez-Gil *et al.* (1981); Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia (1986); Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1986); Ingles y Pauly (1984); Dwippongo *et al.* (1986); Gayanilo *et al.* (1995); Moreau *et al.* (1995).

La estrategia metodológica diseñada para este objetivo, se planteó como sigue:

**a) Analizar la estructura poblacional de cada una de las especies dominantes, de acuerdo a métodos basados en la relación peso/longitud utilizando las herramientas del programa FISAT (Fish Stock Assessment).**

La estimación de los parámetros poblacionales, se hizo en su totalidad basándose en datos de frecuencia de longitudes. Se utilizaron las diferentes rutinas contenidas en FISAT (The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo *et al.*, 1995). Estas herramientas incluyen metodologías implementadas para el uso de computadores, permitiendo al usuario la formulación de opciones en la estimación de parámetros en el manejo de pesquerías; especialmente en series de datos no continuas, típicas del contexto tropical.

Para cada especie, se generó una base de datos agrupados en muestras mensuales de frecuencia de longitudes, conformando un año artificial asumiendo cambios relativos entre

los diferentes años de muestreo. Se estimaron *crecimiento, mortalidad natural, y patrón estacional de reclutamiento*.

Los parámetros de crecimiento ***L<sub>oo</sub>*** y ***K***, fueron estimados de acuerdo a la ecuación de Von Bertalanffy, a través del uso de las diferentes rutinas ELEFAN-I (Pauly y Morgan, 1987), implementados en FISAT software (Gayanilo *et al.*, 1995). Con  $t_0$  como parámetro desconocido, en las curvas de crecimiento no se indica la edad absoluta, correspondiente a una talla dada. El procedimiento general para cada serie de datos fue el siguiente:

- Las muestras de frecuencia de longitudes de todas las especies fue “reestructurada”.
- Se seleccionó la curva que pasara por el mayor número de “picos”.
- Se usaron intervalos de clases de 1 cm (para todas las especies). Sin embargo, en algunos casos se reagruparon las clases de talla para adecuar su análisis.

Los parámetros de ***C*** (variación estacional) y ***WP*** (winter point), están relacionados al período del año en el que el crecimiento es reducido principalmente por variaciones climáticas. Las estimaciones de ***M*** fueron obtenidas de la ecuación empírica implementada en las rutinas de ELEFAN-II de FISAT. Para todas las especies se utilizó una temperatura de 28 °C. Las estimaciones de ***Z*** fueron obtenidas a través de la conversión de longitudes de la curva de captura, sugerida por Pauly (1984) e implementada en las rutinas de FISAT. Al respecto cabe hacer las siguientes observaciones:

Esta rutina provee estimaciones dentro del 1% del valor real, cuando los datos de frecuencia de longitudes usado es representativo de la población investigada. Considerando que los datos de frecuencia de longitudes provienen en su mayoría de individuos juveniles, la estimación de ***Z*** es un valor sobreestimado.

Para calcular el patrón estacional de reclutamiento, se partió de los parámetros de crecimiento calculados, e implementados en FISAT. La forma en que el patrón de reclutamiento es derivado de los datos de frecuencia de longitudes se ha descrito por Pauly y Navaluna (1983). Para poder asociar la estacionalidad anual del reclutamiento, con la época del año en que ocurre, y poder precisar los periodos de reproducción; se utilizaron

numerosas referencias bibliográficas específicas para el Golfo de México, e incluso en muchos casos literatura específica para las mismas especies en el área de estudio.

Se consideró el valor de “ $t_0$ ” no como un valor de edad, sino como una “magnitud cronológica” entre 0.1 y 1, referida a los 12 meses del año (i.e, 0.1 = principios de enero y 0.9 = fines de diciembre). Este “valor” se asignó de acuerdo al inicio datos de la reproducción, o la presencia de larvas en la región, de acuerdo a la literatura específica.

**b) Identificar las principales estrategias de las especies dominantes afines, compartidas por “Grupos Ecológicos Funcionales”, discutiendo los patrones generales de comportamiento y utilización de los hábitats costeros.**

Los resultados del Objetivo 1 mostraron que las especies dominantes presentan variaciones estacionales y espaciales, como consecuencia de estrategias biológicas, en los distintos hábitats costeros (relacionados al gradiente batimétrico y la pluma estuarina). Estas estrategias son compartidas a través de los “Grupos Ecológicos Funcionales” (Objetivo 2). Para resolver el presente Objetivo 3, se eligieron especies representativas de cada Grupo Funcional. De acuerdo a literatura específica, se analizaron sus ciclos biológicos, y se evaluaron cuantitativamente los parámetros poblacionales relacionados al crecimiento y estimación del reclutamiento. Se identificaron los principales patrones de utilización de los hábitats costeros por estas especies, adecuando los modelos conceptuales descritos por Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia (1986) y Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1988a). El análisis de estos patrones, integra las estrategias adaptativas de comportamiento similar que presentan los Grupos Ecológicos Funcionales.

### **7.3. Resultados y Discusión**

La tabla 8 integra el total de individuos y la longitud media, que se utilizaron para determinar los parámetros de crecimiento y el patrón de reclutamiento, en las especies representativas de cada Grupo Funcional.

Los parámetros poblacionales calculados para cada una de las especies dominantes seleccionadas se presentan integrados en las figuras 18 a 21. Estos resultados muestran

que la mayoría de las especies, independientemente del Grupo Funcional al que pertenecen, tienen un patrón de crecimiento muy semejante. Los valores de M indican también que en general son especies anuales y los de K que presentan un rápido crecimiento. Las tallas representativas de estas comunidades oscilan entre 20 y 30 cm. Los parámetros de  $C=0$  y  $WP=0$  en la mayoría de las especies (Figs. 19 a 21), indican que no fue detectada una variación estacional del crecimiento. Sin embargo, en el caso de *E. crossotus* (Fig. 18), con un valor de 0.03 y un  $WP=0.8$  implican, que es durante enero (época de nortes).

**Tabla 8. Resumen de datos de tallas analizadas para las especies Representativas de cada Grupo Ecológico Funcional**

| Especies              | Total  | Secas |       |       |     | Lluvias |       |       |       | Nortes |      |      |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-----|---------|-------|-------|-------|--------|------|------|
|                       | Mes    | 2     | 3     | 4     | 5   | 6       | 7     | 8     | 9     | 10     | 11   | 1    |
| <i>E. crossotus</i>   | N=789  | 92    | 36    | 32    |     | 6       | 14    | 27    | 331   | 38     | 98   | 115  |
| Rango de Tallas       | 5-20cm | 7-14  | 10-20 | 10-13 |     | 6-15    | 9-14  | 5-12  | 5-14  | 9-16   | 5-13 | 6-16 |
| <i>C. spilopterus</i> | N=355  |       | 75    | 90    | 11  | 18      | 37    | 31    | 27    | 22     | 10   | 34   |
| Rango de Tallas       | 5-21cm |       | 6-15  | 9-21  | 6-9 | 5-14    | 8-18  | 11-14 | 9-16  | 12-18  | 5-13 | 5-19 |
| <i>Ch. chrysurus</i>  | N=1988 |       | 473   | 129   |     | 195     | 421   | 162   | 26    | 397    |      | 185  |
| Rango de Tallas       | 6-23cm |       | 13-23 | 9-18  |     | 12-21   | 10-18 | 11-19 | 14-20 | 12-20  |      | 6-20 |
| <i>U. parvus</i>      | N=972  |       | 29    | 341   |     | 126     | 48    | 60    |       | 143    | 225  |      |
| Rango de Tallas       | 7-19cm |       | 13-18 | 8-19  |     | 8-18    | 11-16 | 12-16 |       | 12-17  | 7-17 |      |

Las variaciones mínimas de crecimiento relacionados a los cambios estacionales, implican, por un lado, que la renovación de las poblaciones tiende a ser “anual”, y por otro, que este crecimiento rápido debe estar acoplado a los cambios climáticos estacionales, como lo muestra el valor de  $C=0$  en la mayoría de las especies analizadas (Figs. 19 a 21). En especies de zonas frías, la temperatura es el parámetro que controla las variaciones estacionalmente; sin embargo, en condiciones tropicales la variación de la temperatura es relativa, comparada con otros factores como la turbidez, y salinidad. En este estudio, estos parámetros no parecieran ser un factor determinante en los cálculos de C, asociado al crecimiento.

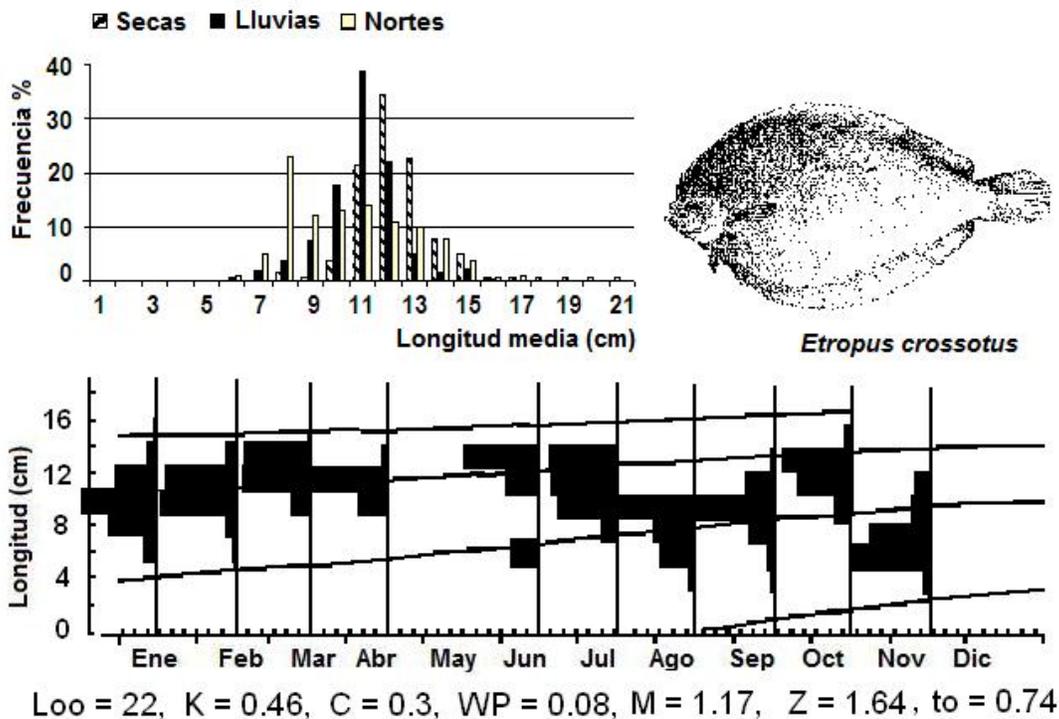


Figura 18. Con base en los datos agrupados en muestras mensuales de frecuencia de longitudes, se presentan los parámetros de *crecimiento y mortalidad natural*, para *E. crossotus*. Especie representativa del Grupo 1, típicamente estuarina.

La figura 18 muestra que la mayor frecuencia de tallas pequeñas menores a 9 cm de *E. crossotus*, se concentran a fines de lluvias y principalmente en la época de nortes, mientras que las tallas mayores se presentan durante lluvias y secas. Para *C. spiloterus* las tallas pequeñas se encuentran durante todo el año, y las mayores a 11 cm durante lluvias y nortes (Fig. 19). En el caso de *Ch. chrysurus* y *U. parvus* es evidente la poca frecuencia de individuos pequeños, encontrándose en ambos casos tallas menores a 11 cm en la época de secas y de tallas adultas durante todo el año, particularmente en nortes en aguas someras (Figs. 20 y 21).

Las especies analizadas, representan a los diferentes componentes estructurales de las comunidades, mostrando que las típicas demersales (Figs. 18 y 19), son muy semejantes en sus parámetros de crecimiento, presentando un valor de Z mucho menor que las otras dos especies, *Ch. chrysurus* como pelágica (Fig.20) y *U. parvus*, demersopelágica (Fig.21). El análisis particular de la distribución de tallas de cada caso, permite observar un claro uso secuencial del hábitat en el tiempo.

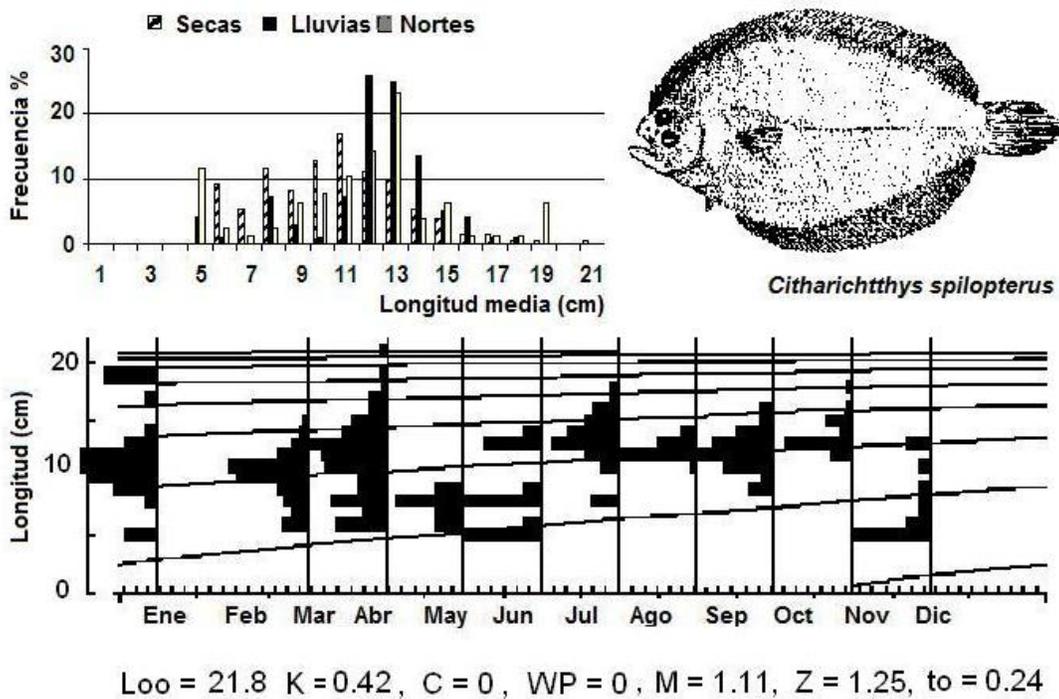
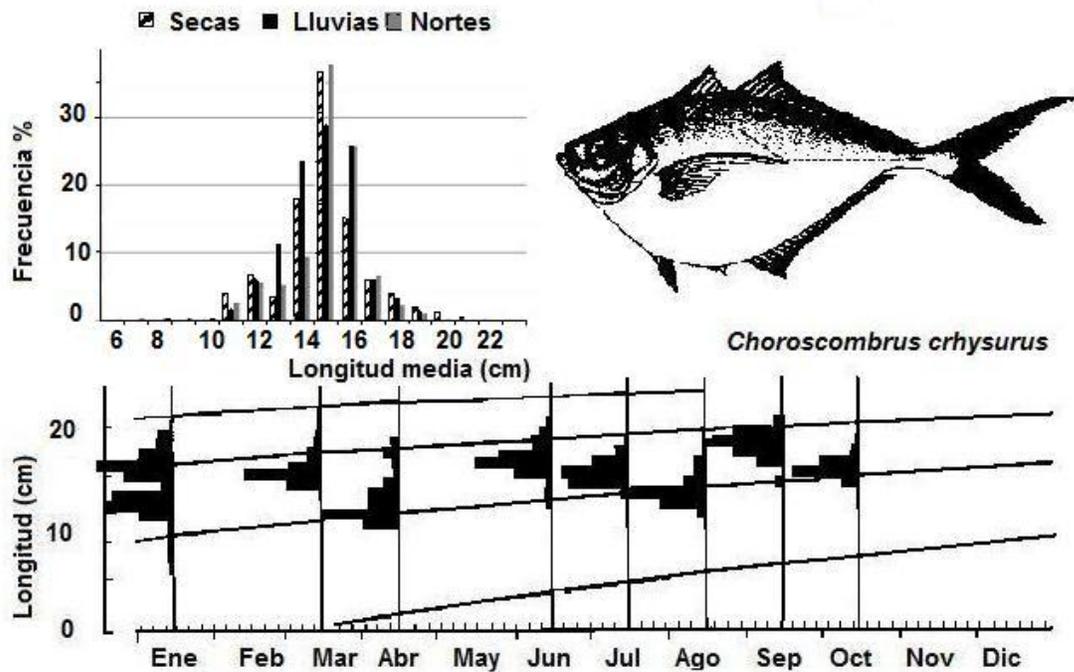


Figura 19. Con base en los datos agrupados en muestras mensuales de frecuencia de longitudes, se presentan los parámetros de crecimiento y mortalidad natural, para *C. spilopterus*. Especie representativa del Grupo 1b, estuarina migratoria estacional.

Estos resultados mostraron una evidente necesidad de considerar al reclutamiento como “proceso clave” para entender los patrones de comportamiento de las especies, ya en su mayoría presentan características de crecimiento semejantes, y el éxito como especies dominantes debería corresponder a estrategias asociadas al reclutamiento. Los resultados sobre la distribución y variaciones estacionales de la abundancia relativa de las especies dominantes (Objetivo 1) y particularmente los movimientos hacia las áreas de la pluma estuarina realizadas por los Grupos Ecológicos definidos (Objetivo 2), fueron decisivos para

establecer las diferentes estrategias biológicas y ecológicas relacionadas al reclutamiento, que realizan las especies y sus conjuntos funcionales. Estos patrones fueron clave para avanzar en el conocimiento de las relaciones de “dependencia estuarina”. El desarrollo de este Objetivo, es una propuesta de estrategia metodológica posible de aplicar en esta y otras regiones de la banda tropical.



$L_{\infty} = 30.50$   $K = 0.40$   $C = 0$   $WP = 0$   $M = 0.97$   $Z = 4.09$   $t_0 = 0.40$   
 Figura 20. Con base en los datos agrupados en muestras mensuales de frecuencia de longitudes, se presentan los parámetros de *crecimiento y mortalidad natural*, para *Ch. chrysurus*. Especie representativa del Grupo 1c estuarina oportunista o facultativa.

El análisis de estos resultados, muestra que la mayoría de las especies presentan dos pulsos de reclutamiento (bimodales), en una secuencia estacional; es decir que mientras *C. spilopterus* y *U. parvus* presentan los picos más altos en abril-agosto, *Ch. chrysurus* lo hace en julio-octubre y *E. crossotus* en octubre-noviembre, con una clara programación estacional. En el caso de *E. crossotus*, el desfase es de más de cuatro meses, en relación a las otras especies, particularmente de *C. spilopterus*. Esto muestra que esta estrategia tiende a reducir la competencia por espacio y alimento de especies muy semejantes como lo discute Sánchez-Gil *et al.* (2008) (Fig. 22).

También se observa que *Upeneus parvus*, presenta un solo periodo de reclutamiento, pero muy prolongado. En este caso la estrategia es que se incorporan individuos de manera continua a la población, encontrándose individuos pequeños (<10cm) a lo largo del año (Fig. 21). Cabe señalar que esta especie a diferencia de las otras tres, es demersopelágica y típicamente marina.

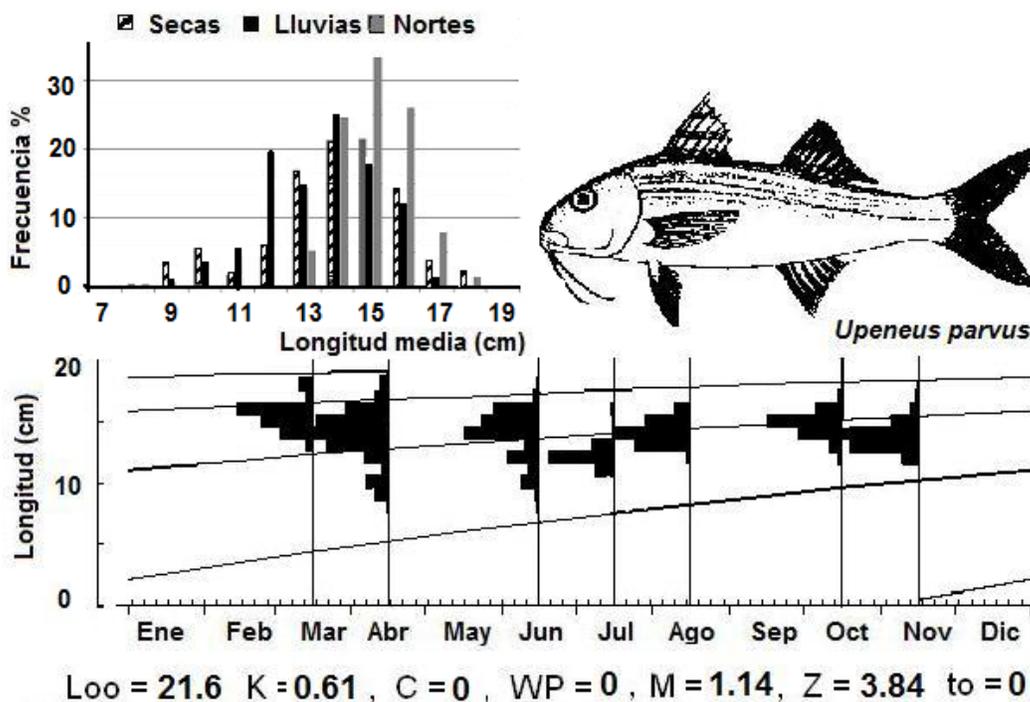


Figura 21. Con base en los datos agrupados en muestras mensuales de frecuencia de longitudes, se presentan los parámetros de *crecimiento y mortalidad natural*, para *U. parvus*. Especie representativa del Grupo 2, marina migratoria estacional.

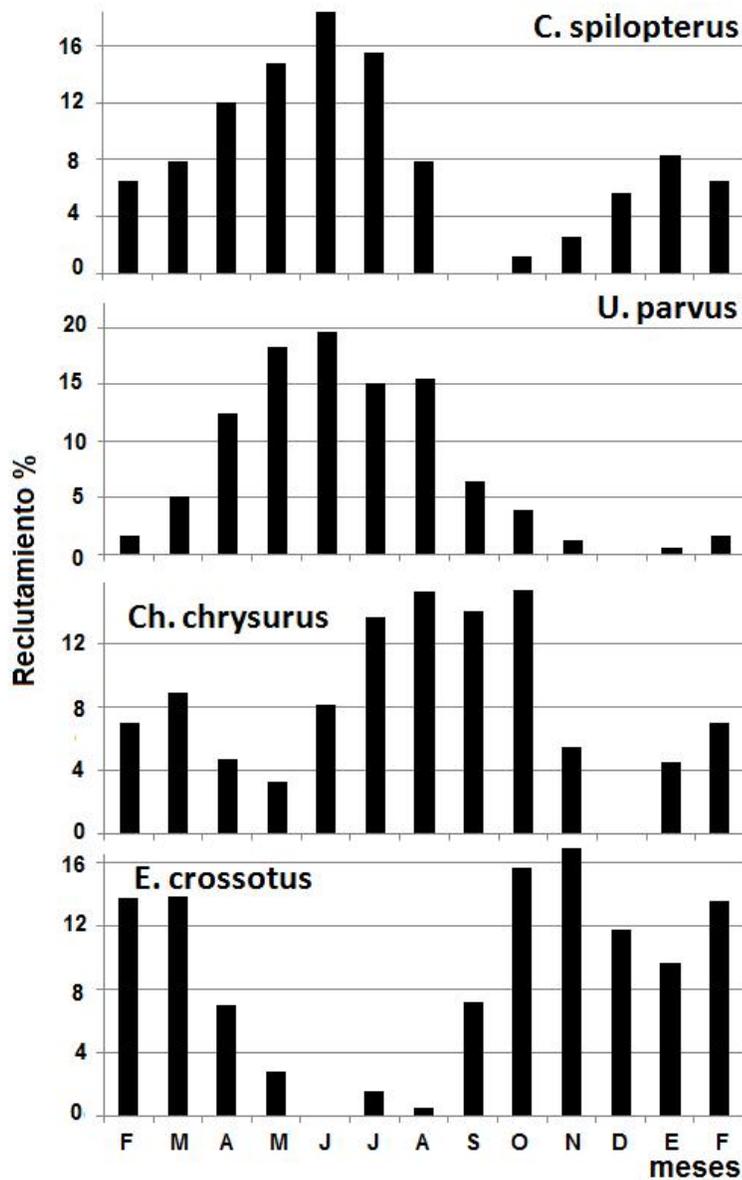


Figura 22. Se presentan los patrones de reclutamiento calculados para las especies representativas. Se observa una secuencia o programación estacional de los pulsos principales de cada especie.

Basándose en los resultados y complementando la información con literatura específica en cada caso, se proponen los siguientes modelos de ciclo de vida para cada una de las especies. Estos modelos fueron adaptados de los propuestos por Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia (1986); Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1988a). La actualización de estos patrones ecológicos, se fundamenta en el análisis poblacional y muestra las tendencias de utilización en los ambientes del sistema estuario-plataforma continental, de acuerdo a sus relaciones de

dependencia por las condiciones estuarinas, ya sea el propio sistema lagunar, o la pluma estuarina. A través de ellos, los resultados de este estudio pueden ser explicados (Fig.23).

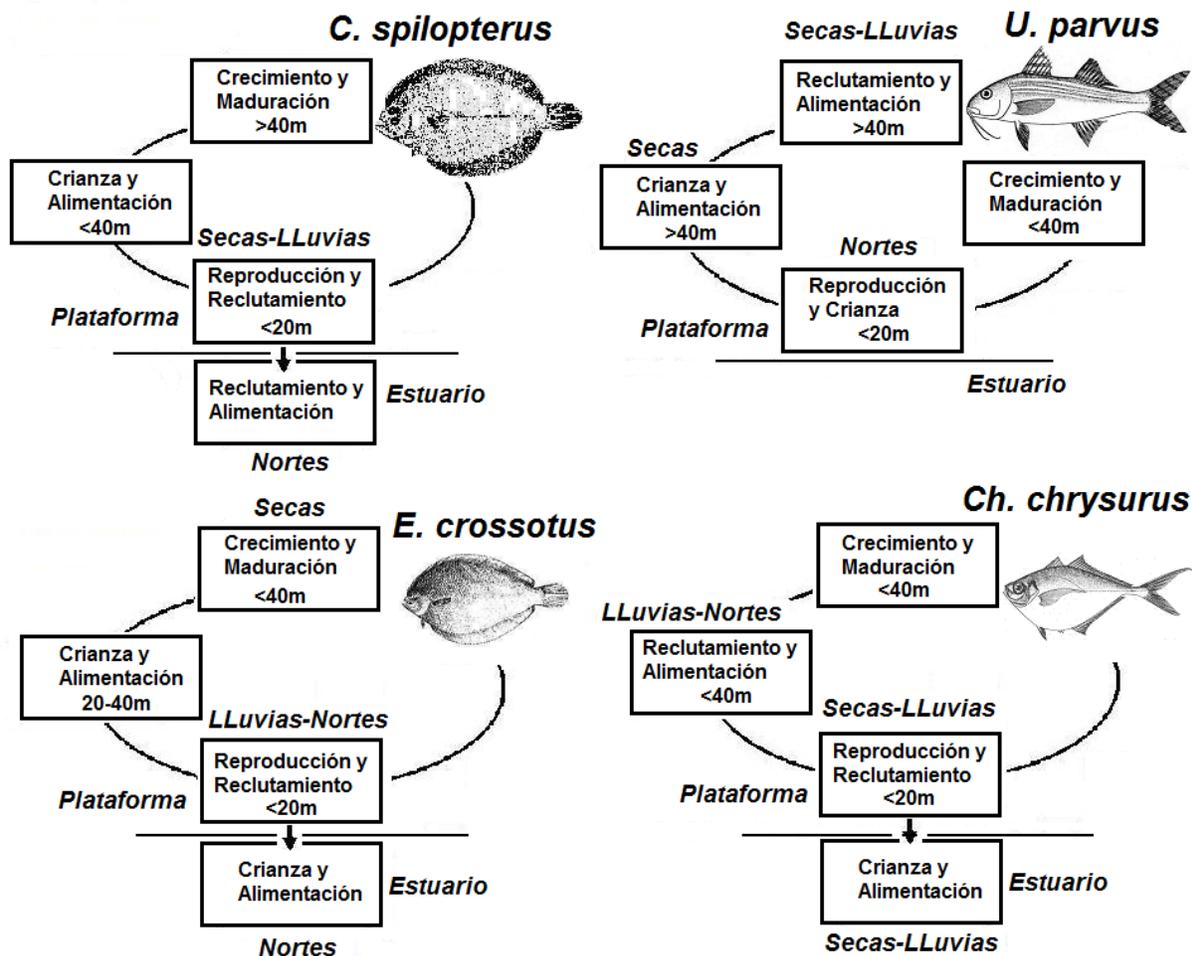


Figura 23. Se proponen los ciclos de vida de las 4 especies analizadas. Estos modelos diagramáticos integran la información de los resultados, y complementan el análisis comparativo de la Tabla 9. Es una adaptación actualizada a los modelos propuestos por Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1986).

La figura 23 muestra que el reclutamiento de la mayoría de las especies ocurre en la plataforma continental somera (<20m), durante todo el año y con frecuencia relacionado a la extensión de la pluma estuarina (lluvias-nortes). A estas especies se les denomina “relacionadas a estuarios” (i.e., *E.crossotus*, *Ch. chrysurus*, *U. parvus*). En el caso de *C. spilopterus*, el reclutamiento se lleva a cabo en el interior del sistema lagunar, por lo que se le considera “dependiente- estuarina”. En este caso, el principal pulso ocurre en áreas de influencia de la pluma estuarina, y el pulso secundario o residual se presenta en el interior de

Laguna de Términos (Tabla 9). Es claro observar que la mayoría de las especies presentan dos pulsos de reclutamiento. Este reclutamiento continuo de la gran mayoría de las especies, se ve favorecido por la alternancia de los hábitats en el sistema estuario-plataforma, como estrategia para asegurar un reclutamiento óptimo.

Es claro que el éxito ecológico de estas especies costero-marinas tropicales de comportamiento similar, se refieren al uso secuencial (en tiempo y espacio). En este estudio se confirma la importancia que tienen las áreas de influencia estuarina, en los patrones de comportamiento de los Grupos Ecológicos Funcionales. También es clara la programación estacional en el uso de los diferentes hábitats y las migraciones hacia las aguas de la plataforma somera, particularmente en las épocas de lluvias y nortes, relacionadas con la disponibilidad de alimento. En este caso, el comportamiento alimentario de las especies, incluye la diferente dieta entre juveniles y adultos, como es el caso de *C. spilopterus* y *U. parvus* (Tabla 9) y/o la alternancia entre diferentes hábitats para la alimentación, relacionados al gradiente batimétrico, como es el caso de *E. crossotus* y *Ch. chrysurus* (Fig. 23) y determinadas por el tipo de fondo. Para todas las especies, es evidente la importancia de la dinámica ambiental en relación a la pluma estuarina, particularmente el flujo de biomasa de detritus proveniente de Laguna de Términos. Es importante mencionar que la mayoría de las especies son consumidores de 2º y 3er orden, los cuales a excepción de *E. crossotus*, no se alimentan directamente de detritus, sin embargo; optimizan la disponibilidad del epibentos dependiente del detritus, asegurando el alimento durante el reclutamiento.

Estos resultados muestran cómo las especies de comunidades de alta diversidad, a través de sus patrones de comportamiento y diversas estrategias asociadas, reducen la competencia en diferentes formas: a) ocupando diferentes estratos batimétricos durante la reproducción y reclutamiento, b) presentan diferente estacionalidad durante los periodos de reproducción y reclutamiento, c) utilizan los ambientes dentro del sistema lagunar para crianza y alimentación, y e) presentan diferentes preferencias alimentarias en las diferentes tallas, como se sintetiza de manera comparativa en la tabla 9.

**Tabla 9. Análisis comparativo de los patrones de comportamiento de las especies seleccionadas de cada Grupo Ecológico Funcional, en la utilización de los hábitats costeros.**

|   | <i>Etropus crossotus</i>  | <i>Citharichthys spilopterus</i>   | <i>Choroscombrus chrysurus</i>  | <i>Upeneus parvus</i>   |
|---|---|--|---|---|
| Distribución Espacial                                 | Áreas de la pluma estuarina, en todo tipo de sedimentos, relacionada a aguas someras < 20 a 40m.  | Áreas de la pluma estuarina hasta zonas marinas, sedimentos terrígenos, de < 20 a > 40m.   | Áreas de la pluma estuarina hasta zonas marinas, todo tipo de sedimentos, de < 20 a > 40m.  | Áreas de menor influencia estuarina (>40m), todo tipo de sedimentos, relacionada estacionalmente a aguas someras < 20.  |
| Distribución Temporal (abundancia)                    | Sin variación temporal de la abundancia, con un pulso principal durante lluvias, en aguas de 20-40m.  | Marcada variación temporal de la abundancia, con dos pulsos principales; durante época de lluvias en profundidad 20-40m; y otra durante secas en >40m.   | Sin variación temporal de la abundancia, con un pulso principal durante época de secas en profundidad <40m.   | Marcada variación temporal de la abundancia, con dos pulsos principales; durante época de secas en profundidad >40; y otra durante nortes en <20m.  |
| Distribución de Tallas                                | Rango de 5 at 20 cm. Alta frecuencia de tallas pequeñas (< 9 cm) durante nortes. Alta frecuencia de tallas grandes (> 11 cm) durante lluvias y secas. Concentración de tallas pequeñas y grandes en aguas someras durante época de lluvias. | Rango de 5 a 21 cm. Alta frecuencia de tallas pequeñas (< 10 cm) durante todo el año. Alta frecuencia de tallas grandes (> 12 cm) durante nortes y lluvias. Concentración de tallas pequeñas y grandes en aguas someras durante época de nortes. | Rango de 6 a 23 cm. Escasas tallas menores a 11cm durante secas. Alta frecuencia de tallas grandes (> 12 cm) durante todo el año, particularmente secas-nortes. Concentración de tallas pequeñas y grandes en aguas someras durante época de secas-lluvias. | Rango de 7 a 19 cm. Tallas menores a 11cm durante secas-lluvias. Alta frecuencia de tallas grandes (> 11 cm) durante todo el año, particularmente nortes. Concentración de tallas pequeñas y grandes en aguas profundas (>40) durante época de secas y en aguas someras (<20m) en nortes. |
| Parámetros de crecimiento                             | $L_{\infty} = 22$ cm; $K = 0.46$ (1/año); $C = 0.3$ ; $WP = 0.08$ ; $M = 1.17$ (1/año); $t_0 = 0.74$ y $Z = 1.64$ año.  | $L_{\infty} = 21.8$ cm; $K = 0.42$ (1/año); $C = 0$ ; $WP = 0$ ; $M = 1.11$ (1/año); $t_0 = 0.24$ y $Z = 1.25$ año.  | $L_{\infty} = 30.5$ cm; $K = 0.4$ (1/año); $C = 0$ ; $WP = 0$ ; $M = 0.97$ (1/año); $t_0 = 0.4$ y $Z = 4.09$ año.   | $L_{\infty} = 21.6$ cm; $K = 0.61$ (1/año); $C = 0$ ; $WP = 0$ ; $M = 1.41$ (1/año); $t_0 = 0$ y $Z = 3.84$ año.  |
| Reproducción<br>(Yáñez-Arancibia & Sánchez-Gil, 1986) | Un largo periodo de mayo a noviembre, marcado en época de lluvias. En la pluma estuarina <40m.  | Dos periodos cortos. En época de lluvias de agosto a octubre y en la época de secas de febrero a abril. En la pluma estuarina <20 m.   | Un largo periodo de marzo a octubre, marcado en época de secas-lluvias. en la pluma estuarina <20m.   | Un largo periodo de marzo a julio, marcado en época de lluvias, en aguas marinas < 40m.   |

Tabla 9 (continuación).

|   | <i>Etropus crossotus</i>  | <i>Citharichthys spilopterus</i>  | <i>Choroscombrus chrysurus</i>  | <i>Upeneus parvus</i>   |
|---|---|---|---|---|
| <b>Reclutamiento</b><br><br>(Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986; Sánchez-Gil et al., 2008)   | Dos pulsos en la misma época del año (nortes). De octubre a diciembre y de febrero hasta abril, ambos relacionados a la alta biomasa de detritus en la pluma estuarina (20-40m). Especie relacionada a estuarios. | Dos pulsos el principal de abril a agosto en la pluma estuarina (secas-lluvias). Secundario diciembre a febrero (nortes), dentro de Laguna de Términos. Ambos relacionados con la biomasa de detritus. Especie dependiente estuarina. | Un pulso importante de junio a octubre (lluvias-nortes), relacionado al patrón de descarga de aguas estuarinas a la plataforma, y un secundario de febrero-abril (secas), en la pluma estuarina. Especie relacionada a estuarios. | Un pulso importante de abril a agosto (secas-lluvias), sin relación aparente a la pluma estuarina. Especie relacionada a estuarios.                     |
| <b>Uso de Laguna de Términos</b><br><br>(Yáñez-Arancibia et al., 1988)  | Visitante ocasional de aguas claras en áreas de <i>Thalassia</i> , cerca de la Boca de Puerto Real, con propósito de alimentación.  | Visitante cíclico en áreas cerca de la Boca del Carmen, con propósito de crianza.   | Visitante cíclico de aguas turbias en la Boca del Carmen y ocasional en áreas de <i>Thalassia</i> , cerca de la Boca de Puerto Real, con propósito de alimentación y crianza respectivamente.                                     | Típicamente marina, no penetra a Laguna de Términos. Su presencia en aguas someras es con propósito de reproducción y crianza.                          |
| <b>Hábitos alimenticios</b><br><br>(De Tarso, et al., 1997, 1998; Cervigón, 1994; Castillo Rivera, et al., 2000; Flores Coto et al., 1991, 1992; Reinchert, 2003; Sánchez-Velasco, 1995 ) | Consumidor de segundo orden. Se alimenta principalmente de epifauna béntica y pequeñas cantidades de detritus orgánico. La dieta es similar entre juveniles y adultos.  | Consumidor de segundo orden. Diferente dieta entre adultos peces y juveniles epifauna béntica, copépodos y peracaridos.   | Consumidor de segundo orden. Se alimenta principalmente de epifauna béntica, crustáceos, poliquetos, anfípodos y ostrácodos. Diferente dieta entre adultos y juveniles.   | Consumidor de tercer orden (carnívoro). Se alimenta principalmente de epifauna béntica, crustáceos, y peces. Diferente dieta entre adultos y juveniles. |

## 7. 4. Conclusiones

1. Dada la alta diversidad característica de las comunidades demersales de la región, el estudio de las especies dominantes sigue siendo una buena estrategia de investigación para identificar las interacciones ecológicas que existen entre especies y grupos de especies de comportamiento similar en una comunidad de peces demersales.
2. El porqué de la dominancia ecológica en las comunidades demersales tropicales, sigue siendo un tema poco explorado; sobre todo en el contexto multiespecífico que caracteriza a estas regiones. Los resultados de este estudio permiten proponer que el éxito de estas especies depende de estrategias relacionadas a la separación de las diferentes etapas del ciclo biológico en diferentes hábitats de la zona costera y que las estrategias en el reclutamiento, aseguran la persistencia de las comunidades y sus recursos.
3. Existe un fuerte acoplamiento entre la variabilidad ambiental y los patrones ecológicos de cada Grupo Ecológico (programación estacional). Los patrones estacionales de variación de abundancia están controlados por la estacionalidad de la descarga estuarina hacia la plataforma continental, la disponibilidad de detritus en la pluma estuarina y la persistencia de estas condiciones por los vientos nortes.
4. Las diferencias en la programación estacional de las especies de un mismo Grupo Ecológico Funcional es clara, reduciendo la competencia en diferentes formas: utilizan diferentes estratos de profundidad para la reproducción; diferente época climática para la reproducción, y particularmente presentan el uso de diferentes ambientes para la alimentación y reclutamiento.
5. El reclutamiento es el proceso clave para entender la dependencia-estuarina a nivel de comunidad en las áreas tropicales. La contribución de productividad primaria desde el estuario hacia la plataforma continental adyacente, la persistencia de la pluma estuarina y la estacionalidad de las interacciones estuario-plataforma, determinan los patrones ecológicos de reproducción y reclutamiento de las especies.

6. El estudio de los Grupos Ecológicos Funcionales en las comunidades de alta diversidad, es una estrategia de investigación adecuada para discutir la presencia de diversas modalidades o patrones en los ciclos de vida de las comunidades multiespecíficas, posible de aplicar en esta y otras regiones de la banda tropical. Dependiendo de la capacidad termohalina, requerimientos y hábitos tróficos de las especies, estos Grupos permanecen como “unidades estructurales” en el ecosistema y su éxito en el tiempo depende del éxito en las relaciones interespecíficas (competencia y predación), hacia un reclutamiento óptimo.

7. Preservar el gradiente de salinidad, la contribución de nutrientes, y la diversidad de hábitat, generados por la dinámica de las bocas estuarinas, es clave en las interacciones estuario-plataforma, y necesaria para mantener y asegurar la fertilidad de las aguas de la plataforma continental, la alta diversidad de las comunidades demersales tropicales, los patrones ecológicos de “dependencia estuarina” y el consecuente sostenimiento de sus recursos pesqueros asociados.

## 8. ALCANCES Y PERSPECTIVAS

Mientras los peces continúen siendo un recurso natural importante, las perspectivas científicas sobre las comunidades demersales seguirán siendo enormes, tanto desde el punto de vista de ecología teórica-conceptual, como del punto de vista práctico, al intentar resolver las demandas alimentarias de la población humana creciente.

Un gran número de investigaciones han demostrado que la importante producción pesquera de los estuarios y la pluma estuarina, son el resultado de la relación ecológica existente entre las descargas de agua dulce y el aporte de nutrientes hacia las zonas de la plataforma continental somera, adyacentes a los sistemas lagunares-estuarinos (Deegan *et al.*, 1986; Nixon, 1988; Iverson, 1990; Sánchez-Gil y Yáñez-Arancibia, 1997; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004). Esta información, aunada a las bases científicas y tecnológicas de los últimos 25 años, conforman fundamentos insustituibles para enfrentar adecuadamente la explotación de los recursos pesqueros tropicales en este Siglo XXI (ver Tabla 1). Actualmente, el Golfo de México incluyendo las costas de los Estados Unidos, aporta capturas pesqueras de más de  $1 \times 10^6$  ton/año; sin considerar el descarte de la pesca incidental o acompañante del camarón, compuesta por especies típicas demersales. De estas capturas, entre el 50 y el 75% se identifican como recursos estuarino-dependientes (Gunter, 1967; Houde y Rutherford, 1993; Vidal-Hernández y Pauly, 2004; Cowan *et al.*, 2008).

Por todo esto, uno de los aspectos importantes del presente estudio, es que representa una puesta al día para retomar estos tópicos y un avance cruzando el umbral para la comprensión ecológica de las comunidades de peces costeras tropicales, características de los fondos blandos de la plataforma continental, y sus relaciones de dependencia estuarina, desde el punto de vista de sus estrategias en el ciclo de vida y su implicancia en el reclutamiento biológico. Este es uno de los primeros trabajos de investigación donde se pone de manifiesto cuantitativamente, que las comunidades demersales del Sur del Golfo de México, son una parte integral de todo el ecosistema y que sólo a través del conocimiento y el uso adecuado de los fundamentos ecológicos en las iniciativas de explotación pesquera, se encontrarán respuestas en la búsqueda de la sustentabilidad de estos recursos. Es decir que la importante contribución a la producción pesquera que tienen los estuarios y los

ambientes “estuarinos” de la plataforma continental interna de las zonas tropicales, forzosamente inducen a un mejor entendimiento de la función de estos ecosistemas, como punto clave para el manejo de sus recursos explotables.

Por otro lado, este trabajo ofrece la perspectiva de que el interés científico sobre estos recursos del ecosistema marino-costero, actualmente enfrenta nuevas preguntas ante los cambios globales, relacionadas a: la biodiversidad funcional de los ecosistemas tropicales, al desarrollo de las estrategias biológicas de las especies en un contexto de “multiestoc” y sus posibles adaptaciones naturales al impacto potencial causado por el hombre, la importancia de los hábitats costeros de influencia estuarina para especies de interés ecológico y/o económico. Todo esto estimula a la redefinición de conceptos, y sugiere la generación de nuevas hipótesis que sirvan como herramientas de manejo en los ecosistemas costeros tropicales y sus recursos, continuando con el avance secuencial que se muestra en la Introducción de este trabajo (Tabla 1).

El Golfo de México a nivel de Gran Ecosistema Marino (Large Marine Ecosystem), presenta problemas globales como las actividades de pesca insostenibles, la degradación de hábitats y eutroficación de aguas costeras y contaminación. Razón por la cual la UNEP- UNESCO (Sherman y Hempel, 2008), reconoce como necesario agilizar las acciones hacia un desarrollo sustentable en el uso de los recursos oceánicos, señalando como relevantes: la introducción de una “visión de ecosistema” en la evaluación y manejo de los recursos marinos hacia 2010, y mantener y restaurar los estocs pesqueros hacia las capturas máximas sostenibles hacia el 2015.

A nivel regional, al igual que los denominados mares “semiabiertos”, el Golfo de México es actual y potencialmente uno de los cuerpos de agua más susceptibles a la influencia humana (Ketchum, 1983; Caddy, 1993) y sus pesquerías proveen las principales bases para evaluar los impactos humanos sobre los ecosistemas marinos (Grassle *et al.*, 1990; Caddy y Griffiths, 1995). Actualmente los principales problemas a los que se enfrenta la gran cuenca del Golfo de México, son entre otros: a) la pérdida de hábitats críticos, b) la reducción de las descargas de agua dulce y su decremento en calidad, hacia la llanura costera y el mar, c) la alteración de la dinámica de las bocas de conexión entre los humedales y el mar, d) pérdida de biodiversidad (Day *et al.*, 2004). Es decir, a la zona costera le urgen estimaciones y

estudios de pronóstico sobre el estado de la biodiversidad funcional, no con un interés exclusivo de conservación; sino como pautas indicadoras de los cambios en los ecosistemas. Sólo de esta forma se podrá evaluar el impacto de las actividades humanas (i.e., pesca, industria, desarrollo costero) y esencialmente, conocer la capacidad de respuesta del ecosistema costero tropical ante las perturbaciones globales, naturales o inducidas.

En esta Tesis Doctoral, se avanzó además en demostrar que el papel funcional más importante que desempeñan en sus estrategias los Grupos Ecológicos, está la de conservar la biodiversidad del sistema estuario-plataforma, a través del sostenimiento de la producción secundaria en los ambientes costeros de la región. Es decir, el entendimiento de estas asociaciones, sigue siendo interesante, particularmente desde la perspectiva de la integridad ecológica, de los ambientes costeros, cuyo manejo debería comenzar por la integración del conocimiento ecológico al desarrollo social y económico, como se demuestra no sólo en recientes trabajos específicos en la región (Sánchez-Gil *et al.*, 2004; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004, 2009b; Cato *et al.*, 2009); sino a nivel internacional (Sherman y Hempel, 2008).

Finalmente, en el Siglo XXI las agendas ambientales de cualquier latitud ya incorporan el tema del cambio climático global. Por lo que, la pregunta obligada es ¿Cuál es el impacto esperado sobre los recursos pesqueros en la zona costera tropical?. Recientemente la FAO (2009) señala como principales efectos sobre los recursos pesqueros: 1. Al desplazamiento de las especies de aguas templadas hacia los polos, por causa del cambio en los hábitats y la productividad y 2. A la afectación de procesos biológicos particulares (i.e., reclutamiento), por cambios en la estacionalidad climática. A nivel de ecosistema, esto se traduce en alteración de las cadenas tróficas, cuyas consecuencias en la producción son todavía impredecibles. En el mismo reporte de FAO (2009), se considera que el cambio climático debiera ejercer un impulso positivo en la investigación de las regiones pesqueras hacia la sustentabilidad. Señalando al estudio de la resiliencia y las capacidades adaptativas de los ecosistemas marinos y sus recursos, como una necesidad para la aplicación de buenos principios de manejo desde un enfoque ecosistémico.

Particularmente en el Golfo de México, este tema genera nuevos retos y perspectivas de investigación, especialmente al observar las condiciones cambiantes en los hábitats críticos

para los peces (p.ej., humedales y arrecifes de coral), asociados a las variaciones en los ciclos naturales de los deltas en importantes regiones pesqueras (Kennedy *et al.*, 2002; Caddy, 2008; Cowan *et al.*, 2008; Gracia 2004; Day *et al.*, 2008; Yáñez-Arancibia *et al.*, 2004, 2007; 2009a). Así como los evidentes cambios en las condiciones oceánicas de temperatura en la superficie marina (SST) y su consecuencia en la estructura del ecosistema, la productividad primaria y las capturas pesqueras de la región (Manzano *et al.*, 2008). O el daño en la estructura de las áreas de arrecifes de coral, por acidificación de los océanos debido las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico (Veron *et al.*, 2009). Pero también, surgen preguntas relacionadas a si ¿Existen procesos de recuperación natural de los ecosistemas y sus recursos? ¿Cuál es la capacidad de respuesta de los recursos ante los cambios potenciales en la estacionalidad y la consecuente modificación de los “pulsos ecológicos”?

Los resultados de este estudio, muestran que la estructura de las comunidades demersales caracteriza la estructura del ecosistema y la forma en cómo la energía es utilizada, caracteriza la función, complejidad y variabilidad de la abundancia de las comunidades. Por lo que los Grupos Ecológicos Funcionales y sus patrones ecológicos de utilización de los ambientes costeros propuestos y discutidos en este trabajo, posiblemente sean clave en un futuro, para entender los mecanismos de readaptación y “resiliencia” de las especies demersales y su ecosistema. Para ello habría que considerar el seguir incluyendo al menos tres importantes indicadores ecológicos en el estudio de las comunidades: las variaciones de abundancia, los cambios en la biodiversidad y la sucesión en la dominancia de las especies, tal y como lo menciona recientemente Pauly (2009).

El presente trabajo de investigación, ofrece avances a cuestiones fundamentales con un enfoque ecosistémico: 1. ¿Cuáles son las especies críticas en una región de gran potencial pesquero como es el Sur del Golfo de México? 2. ¿Cómo caracterizar la variación natural de la abundancia relativa de estas especies? 3. ¿Cuáles son las épocas y áreas de mayor abundancia en la región? 4. ¿Cuál es la afinidad entre las especies o grupos de especies que representan (por comportamiento), las variaciones estacionales de la comunidad y sus recursos pesqueros? 5. ¿Cuáles son las características ambientales y procesos biológicos que controlan el comportamiento de estas especies o grupos de especies? 7. ¿Qué parámetros determinan los movimientos de las especies marinas hacia los hábitats

costeros? 8. ¿Existe una programación en los patrones de utilización de los hábitats estuarinos con relación a la alimentación, reclutamiento y crianza? 9. ¿Cuáles son las relaciones de dependencia ecológica de las especies marinas por los sistemas lagunares-estuarinos?

Cuando estos conceptos y resultados sean incorporados en la administración y el manejo de las pesquerías del Golfo de México; sólo entonces se estará incursionando en la explotación sustentable del ecosistema y sus recursos y habrán quedado atrás los errores que han caracterizado al manejo y explotación de ésta región pesquera desde los años 70's.

## 9. LITERATURA CITADA

- Aguirre-León, A., A. Yáñez-Arancibia, 1986. Las mojarras de Laguna de Términos: Taxonomía, biología, ecología y dinámica trófica (Pisces: Gerreidae) An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13 (1): 369-444.
- Alvarez-Guillén, H., A. Yáñez-Arancibia, A. Lara-Domínguez, 1985. Ecología de la boca del Carmen, Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces (Sur del Golfo de México) An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 12 (1): 109-143.
- Arreguín-Sánchez, F., 1994. Biodiversidad y la explotación de los recursos pesqueros del ecosistema, p. 87-109. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos Faunísticos del Litoral de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica 2, 136p.
- Arreguín-Sánchez, F., E. Valero, E. A. Chávez, 1993. A trophic box model on the coastal fish communities of the Southwestern Gulf of Mexico. In: Christensen, V., D. Pauly (Eds.) Trophic Models of Aquatic Ecosystems. ICES Theme Session, DANIDA, ICLARM Conf. Proc., 26: 390.
- Bakun, A., J. Beyer, D. Pauly, J.G. Pope, G.D. Sharp, 1982. Ocean sciences in relation to living resources. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39: 1059-1070.
- Baltz, D. M. y R. F. Jones, 2003. Temporal and spatial patterns of microhabitats use by fishes and decapods crustaceans in a Louisiana estuary. Transactions of the American Fisheries Society 132: 662-678.
- Barletta, M., 1999. Seasonal changes of density, biomass and species composition of fishes in different habitats of the Caeté estuary (North Brazilian coast-east Amazon). ZMT Bremen, Contr., 7: 115.
- Barletta, M., A. Barletta-Bergan, U. Saint Paul, 1998. Description of the fishery structure in the mangrove dominated region of the Bragaca (Pará North Brazil). Ecotropica, 4: 41-53.
- Blaber, S. J. M., 1997. Fish and Fisheries of Tropical Estuaries, 1<sup>st</sup> Edition, Chapman & Hall, London.
- Blaber, S. J. M., D. A. Milton, J. P. Salini, 1989. Species composition and biomass of fishes in different habitats of a tropical Northern Australia Estuary: Their occurrence in the adjoining sea and estuarine dependence. Estuarine and Coastal Shelf Science, 29: 509-531.
- Blaber, S.J.M., T. D. Brewer, J.P. Salini, 1994. Comparisons of fish communities of tropical estuarine and inshore habitats in the Gulf of Carpentaria, northern Australia, p. 363-372. In: Dyer, K.R., R.J. Orth (Eds.) Changes in Fluxes in Estuaries: Implications from Sciences to Management. Olsen & Olsen. International Symposium Series, University of Plymouth, 485p.
- Bund, J. B., 1983. Multivariate Data Analysis: An Introduction. Richard D. Irwin, Inc., 245 p.
- Caddy, J.F., 1993. Towards a comparative evaluation of human impacts on fishery ecosystems of enclosed and semi-enclosed seas. Rev. Fish. Sci., 1(1): 57-95.
- Caddy, J.F., 2008. The importance of "cover" in the life histories of demersal and benthic marine resources: a neglected issue in fisheries assessment and management?, Bull. Mar. Sci., 83:7-52.
- Caddy, J.F., G.D. Sharp, 1986. An ecological framework for marine fishery investigations. Fish Tech. Pap., 283:152.
- Caddy, J.F. y R.C. Griffiths, 1995. Living marine resources and their sustainable development. Some environmental and institutional perspectives. FAO Fish. Tech. Pap. 353:167p.
- Cardoch, L., J.W. Day, C. Ibáñez, 2002. Net primary productivity as an indicator of sustainability in the Ebro and Mississippi deltas. Ecological Applications, 12(4): 1044-1055.

Carranza Edwards, A., L. Rosales-Hoz, M. Caso Chávez, E. Morales de la Garza, 2004. La geología ambiental de la zona litoral, p. 573-602. In: Caso, M., I. Pisanty, E. Ezcurra (Eds.) Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. México D.F., Vol. 1 y 2, 1108 pp.

Caso, M., I. Pisanty, E. Ezcurra (Eds.), 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. México D.F., Vol. 1 y 2, 1108 pp.

Castillo-Rivera, M., A. Kobelkowsky, A.M., Chávez, 2000. Feeding biology of the flatfish *Citharichthys spilopterus* (Bothidae) in a tropical estuary of Mexico. *J. Appl. Ichthyol.*, 16 (2): 73–78.

Cato, J.C. (Ed.), 2009. Gulf of Mexico: Origin, Waters, and Biota. Vol. 1-2. Ocean and Coastal Economy. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University Press, 110pp.

Cervigón, F., 1994. Los Peces Marinos de Venezuela. Vol. III. Fundación Científica los Roques. Caracas.

Chestney, E. J., D. M. Baltz, 2001. The effects of hypoxia on the northern Gulf of Mexico coastal ecosystem: a fisheries perspective, p. 321–354. In: Rabalais, N. N., R. E. Turner (Eds.) Coastal hypoxia—consequences for living resources and ecosystems. Coastal and Estuarine Studies 58. American Geophysical Union, Washington, D.C.

Christensen, V., D. Pauly (Eds.), 1993. Trophic Models of Aquatic Ecosystems. ICES Theme Session, DANIDA, ICLARM Conf. Proc., 26: 390.

Christensen, V., D. Pauly, 1995. Fish production, catches and the carrying capacity on the world oceans. *NAGA The ICLARM Quarter*, (3):34-40.

Christensen, V., D. Pauly, 2004. Placing fisheries in their ecosystem context, an introduction. *Ecological Modeling*, 172 (2):103-107.

Clark, K.R., R.M. Warwick, 1994a. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory, 144 p.

Clark, K.R., R.M. Warwick, 1994b. Similarity-based testing for community pattern: The two-way layout with no replication. *Mar. Biol.*, 118: 167-176.

COI/FAO/OSLR, 1984. Workshop on the IREP Component of the IOC Program on Ocean Sciences in Relation to Living Resources (OSLR), Halifax, Nova Scotia, Canada, 26-30 September, 1983. COI-UNESCO Workshop Report 33: 1-17. Annex I-III.

COI/FAO/OSLR, 1985. First Session of the IOC-FAO Guiding Group of Experts of the Program on Ocean Sciences in Relation to Living Resources (OSLR), Paris France, 16-20 July, 1984. COI-UNESCO Report SC 85/VS/18: 1-12. Annex I-VI.

COI/FAO/OSLR, 1986. Workshop in Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities. IOC Program on Ocean Sciences in Relation to Living Resources (OSLR), Cd. del Carmen Campeche, México, 21-25 April 1986. COI-UNESCO Workshop Report 44: 1-3. Annex I-V.

Cowan, J.H., C.B. Grimes, R.F Shaw, 2008. Life history, history, hysteresis, and habitat changes in Louisiana's coastal ecosystem. *Bulletin of Marine Sciences*, 83(1): 197-215.

Cury, P., C. Roy, 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal and Aquatic Sciences*, 46: 670-680.

Cury, P., D. Pauly, 2000. Note and comment: Patterns and propensities in 683 reproduction and growth of marine fishes. *Ecol. Res.*, 15: 101–106.

- Czitrom, S.P.R., F. Ruíz, M.A. Alatorre, A.R. Padilla, 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, México. In: J.C.J. Nihoul (Ed.). *Marine Interfaces Ecohydrodynamics*. Elsevier Oceanography Series, 303-311.
- Darnell, R.M., 1990. Mapping of the biological resources of the continental shelf. *Amer. Zool.*, 30: 15-21.
- David, L.T., Kjerfve, B., 1998. Tides and currents in a two inlet coastal lagoon: Laguna de Terminos, Mexico. *Continental Shelf Research*, 18: 1057-1079.
- Day, J.W., R. H. Day, M. T. Barreiro, F. Ley-Lou, C. Madden, 1982. Primary production in the Laguna de Terminos, a tropical estuary in the Southern Gulf of Mexico, p. 269-276. In: Lasserre P, H. Postma (Eds), *Coastal Lagoons*. *Oceanologica Acta*, Special Issue 5 (4): 462 pp.
- Day, J.W., W. Conner, F. Ley Lou, R. Day, A. Machado, 1987. The productivity and composition of mangrove forest, Laguna de Terminos Mexico. *Aquatic Botany*, 27: 267-284.
- Day, J.W., C.J. Madden, F. Ley Lou, R.L. Wetzel, A. Machado, 1988. Aquatic primary productivity in Terminos Lagoon, p. 221-236. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day, (Eds.). *Ecology of Coastal Ecosystems in the Southern Gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region*. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México*, 518.
- Day, J.W., J.F. Martin, L. Cardoch, 1997. System functioning as a basic for sustainable management of deltaic ecosystem. *Coastal Management*, 25: 115-153.
- Day, J.W., A. Díaz de León, G. González Sansón, P. Moreno Casasola, A. Yáñez-Arancibia, 2004. Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Resumen ejecutivo, p. 15-44. In: Caso, M., I. Pisanty, E. Ezcurra (Eds.) *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. Mexico D.F., Vol. 1, 626 pp.
- Day, J.W., R. Christian, D.M. Boesch, A. Yáñez-Arancibia, J.T. Morris, R.R. Twilley, L. Naylor, L. Schaffner, C. Stevenson, 2008. Consequence of climate change on the ecogeomorphology of coastal wetlands. *Estuaries and Coasts* 31: 477-491.
- De Tarso, C., P. Chaves, A.L. Vendel, 1997. Indicadores reproductivos das especies de *Citharichthys Bleeker* (Teleostei, Pleuronectiformes) na Baía de Guaratuba, Parana, Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, 14 (1): 73-79.
- De Tarso, C., P. Chaves, A. Serenato, 1998. Diversity of diets in flatfish (Teleostei, Pleuronectiformes) in mangrove swamps of Guaratuba Bay, Parana, Brazil. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 1: 61-68.
- Deegan, L.A., B.A. Thompson, 1985. The ecology of fish communities in the Mississippi river deltaic plain. Chap. 4. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons : Towards an Ecosystem Integration*. UNAM-PUAL-ICML, Editorial Universitaria, México, 654p.
- Deegan, L. A., J.W. Day, J.G. Gosselink, A. Yáñez-Arancibia, G. Soberón-Chávez, P. Sánchez-Gil, 1986. Relationships among physical characteristics, vegetation distribution and fisheries yield in Gulf of Mexico estuaries, p. 83-100. In: Wolf, A.D. (Ed.) *Estuarine Variability*, Academic Press NY., 509p.
- Díaz-Ruiz, S., A Yáñez-Arancibia, F. Amezcua-Linares, 1982. Los pomadasidos de Laguna de Términos (Pisces: Pomadasyidae). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón.*, México, 9 (1): 251- 278.
- Dwiponggo, A., T. Hariati, S. Banon, M. L. Palomares, D. Pauly, 1986. Growth, mortality and recruitment of commercially important fishes and penaeid shrimps in Indonesian waters. *ICLARM Technical Reports*, 17: 91p.
- FAO, 2009. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. FAO Fisheries and Aquaculture Department. ISSN 1020-5489 Rome, 176p.

Field, J.G., K.R. Clarke, R.M. Warwick, 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 88: 37-52.

Flores-Coto, C., F. Abundio-López, F. Zavala-García, 1991. Larval distribution and abundance of Pleuronectiformes from the southern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 32 (5): 439–450.

Flores-Coto, C., A. Sánchez-Iturbe, F. Zavala-García, D. López, 1992. Age and growth of *Achirus lineatus*, *Etropus crossotus*, *Syacium gunteri* and *Symphurus civitatus* larvae in southern Gulf of Mexico. *An. Cien. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón., México*, 19 (2):167–173.

García, M.C., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. Tapia García, 1992. Distribución, reproducción y alimentación de *Syacium gunteri* Gingsburg (Pisces: Bothidae), en el Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 39 (1): 27-34. 5 figs., 1 Cuadro.

García, M.C., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. Tapia García, 1997. Distribución, abundancia y reproducción de *Harengula jaguana* Goode y Bean, 1879, en la plataforma continental del sur del Golfo de México (Pisces: Clupeidae). *Biotropica*.

García, M.C., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. Tapia García, 1998. Distribución, abundancia y reproducción de *Opisthonema oglinum*, (Pisces: Clupeidae), en la plataforma continental del sur del Golfo de México). *Rev. Biol. Trop.* 46 (2): 75-84.

García, M.C., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. Tapia García, 1999. Distribución, abundancia y reproducción de *Synodus foetens* (Linnaeus 1766) (Pisces: Synodontidae), en la plataforma continental del sur del Golfo de México *Thalassas*, 15:9-18.

Gayanilo, F. C., P. Sparre, D. Pauly, 1995. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) user's guide. *FAO Comput. Info. Ser., (Fish)* 7: 124p.

Gracia, A. L. Soto, 1986. Condiciones de reclutamiento de las poblaciones de camarones peneidos en el sistema lagunar-marino tropical de Laguna de Términos. Banco de Campeche. p. 257-265. In: Yáñez-Arancibia, A., D. Pauly. *IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities, Workshop Report 44: (Supplement)*, Paris, 323p.

Gracia, A., A. R. Vázquez-Bader, F. Arreguín, L. Schultz, 1997. Ecología de camarones peneidos del Golfo de México. p. 127-144. In: Flores, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo, F. Arreguín (Eds.) *Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México*. Univ. Autón. Campeche. EPOMEX Serie Científica, 7:496p.

Gracia, A., 2004. Aprovechamiento y conservación del recurso camarón, p. 713-726. In: Caso, M., I. Pisanty, E. Ezcurra (Eds.), *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. México D.F., Vol: 1 y 2, 1108 pp.

Graham, D.S., J. P. Daniels, J.M. Hill, J.W. Day, 1981. A preliminary model of the circulation of the Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 8 (1): 51-62.

Grassle, J.F., P. Lasserre, A.D. McIntyre, G.C. Ray, 1990. Marine biodiversity and ecosystem function. A proposal for an international programme of research. *IUBS/SCOPE/UNESCO Biology International, Union of International Sciences, Special Issue 23* : 19p.

Grimes, C. B., 2001. Fishery production and the Mississippi River discharge. *Fisheries* 26: 17-26.

Gunter, G., 1967. Some relationships of estuaries to the fisheries of the Gulf of Mexico, p.621–638. In: Lauff, G. H. (Ed.) *Estuaries*. Publication 83. American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C.

Gutiérrez-Estrada, M., 1977. Sedimentología del área de transición entre las provincias terrígena y carbonatada del sureste del Golfo de México. Tesis M. en C. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 175p.

Gutiérrez-Estrada, M., A. Castro, 1988. Origen y desarrollo geológico de la Laguna de Términos, Cap. 5:89-100. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds.) Ecología de los Ecosistemas Costeros del Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México, 518.

Houde, E. D., E. S. Rutherford, 1993. Recent trends in estuarine fisheries: predictions of fish production and yields. *Estuaries*, 16: 161–176.

Hu, J., 1996. Methods of generating surfaces in environmental GIS applications, [tp://www.esri.com/resources/userconf/proc95/to100/p089.html](http://www.esri.com/resources/userconf/proc95/to100/p089.html).

Ingles, J., D. Pauly, 1984. An Atlas of the growth, mortality and recruitment of Philippine Fishes. ICLARM Technical Reports, 13: 127p.

Iverson, R. L., 1990. Control of marine fish production. *Limnol. Oceanogr.*, 35: 1593–1604.

Jesse, S., 1996. Demersal crustacean assemblages along Pacific coast of Costa Rica: a quantitative and multivariate assessment based on the Victor Hensen Costa Rica Expedition (1993/1994).

Kennedy, V. S., R. Twilley, J. Kleypas, J. H. Cowan, S. R. Hare, 2002. Coastal and marine ecosystems and global climate change. Potential effects on U.S. resources. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginia. 52 p.

Ketchum, B.H. (Ed.), 1983. *Ecosystems of the World*, 26. Estuaries and Enclosed Seas, Elsevier Sci. Publ., 500p.

Kjerfve, B., K.E. Magill, E. Sheed, 1988. Modeling of circulation and dispersion in Terminos Lagoon, Chap. 6: 111-130. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds.) Ecología de los Ecosistemas Costeros del Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México, 518.

Kumpf, H., K. Steindinger, K. Sherman (Eds.), 1999. *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, Sustainability, and Management*. Blackwell Science, Malden, USA.

Lara-Domínguez, A.L., 2001. Ecological structure of estuarine fish communities: Habitat linkages among dominant species groups in Terminos Lagoon, Mexico. PhD Thesis. Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, 250p.

Lara-Domínguez, A.L., M. Caso-Chávez, A. Yáñez-Arancibia, 1987. Modelos de ciclos de vida de peces estuarinos en el Sur del Golfo de México: Anadromía y catadromía tropical en *Arius melanopus* (Ariidae), *Bairdiella chruysura* (Sciaenidae) y *Cichlasoma urophthalmus* (Cichlidae). In: Symposium on the Ecology and Conservation of the Usumacinta-Grijalva Delta. Villahermosa Tabasco, México 2-6 febrero.

Lara-Domínguez, A.L., F. Arreguín, H. Álvarez-Guillén, 1993. Biodiversity and the use of natural resources: the fish communities in the southern Gulf of Mexico. *Rev.Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Espec.*, 44: 345-385.

Lenanton, C.J., I.C. Potter, 1987. Contribution of estuaries to commercial fisheries in temperate West Australia, and the concept of estuarine-dependence. *Estuaries*, 10:28-35.

Longhurst, A., D. Pauly, 1987. Species assemblages in tropical fisheries, Cap. 6:145-183. In: Longhurst, A., D. Pauly (Eds.) *Ecology of Tropical Oceans*. Academic Press San Diego, 407p.

Mancilla, N., M. Vargas, 1980. Los primeros estudios sobre la circulación y el flujo neto de agua a través de la Laguna de Términos, Campeche. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 7(2): 1-12.

Manickchand-Heileman, S., F. Arreguín-Sánchez, A.L. Lara-Domínguez, L.A. Soto, 1998. Energy flow and network analysis of Terminos Lagoon SW Gulf of México. *Journal of Fish Biology* 53 (Supplement A): 179-197.

Mann, K.H., 2000. Ecology of Coastal Waters. With Implications for Management. Secod Edition, Blackwell Science, Inc., 406p.

Manzano-Sarabia, M., C. A. Salinas-Zavala, M. Kahru, S. E. Lluch-Cota, A. González-Becerril, 2008. The impact of the 1997–1999 warm-SST and low-productivity episode on fisheries in the southwestern Gulf of Mexico. *Hidrobiología*, DOI 10.1007/s10750-008-9440-y

Mas, J.F., L. Ayala-Pérez, P. Sánchez-Gil y A. Pérez 1997. Elaboración de un mapa de abundancia de peces por interpolación de puntos de muestreo. Programa EPOMEX, Univ. Autón. Campeche, 10p. (manuscrito)

Mercer, M.C. (Ed.), 1982. Multispecies approaches to Fisheries Management. *Advice, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 169p.

Monreal-Gómez, M.A., D.A. Salas de León, A.R. Padilla-Pilotze, M.A. Alatorre, 1992. Hidrografía y estimación de corrientes de densidad en el Sur de la Bahía de Campeche, México. *UABC, Ciencias Marinas*, 18: 115-133.

Monreal-Gómez, M.A., D.A. Salas de León, A. Velasco-Mendoza, 2004. La hidrodinámica del Golfo de México, p.47-68. In: Caso, M., I. Pisanty, E. Ezcurra (Eds.) *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. Mexico D.F., Vol. 1, 626 pp.

Moore, K.A., R.L. Wetzel, 1988. The distribution and productivity of seagrass in the Terminos Lagoon Mexico, Cap. 12: 207-220. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds.) *Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. ICMYL-UNAM México, OEA Washington DC, Louisiana State University USA, Editorial Universitaria México D.F., 518 p.

Moreau, J., M. L. D. Palomares, F. S. B. Torres, D. Pauly, 1995. Atlas démographique des populations de poissons deau douce d'Afrique. *ICLARM Technical Reports*, 45: 140p.

Nixon, S. W., 1988. Physical energy inputs and the comparative ecology of lake and marine ecosystems. *Limnol. Ocean.*, 33: 1005–1025.

Pauly, D., 1984. Methods for assessing the marine stocks of Burma, with emphasis on the demersal species. *FAO FI: DP/BUR/77/003, Field Doc.*, 6:22p.

Pauly, D., 1986. Problems of tropical inshore fisheries: Fishery research on tropical soft bottom communities and the evolution of its conceptual base, p. 29-54. In: Mann Borgese, E., N. Ginsburg (Eds.) *Ocean Year Book 6*, The University of Chicago Press, London, 686p.

Pauly, D., 1994. Fish recruitment studies: getting unstuck, Essay 10: 78-86. In: D. Pauly, *On the Sex of Fish and Gender of Scientist: A Collection of Essays in Fisheries Science*. Fish & Fisheries Chaptman y Hall, London.14: 250p.

Pauly, D., 1997. Integrando dimensiones ecológicas a la investigación pesquera en el Golfo de México, Cap. 23 p. 437-446. In: Flores, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo, F. Arreguín (Eds.) *Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México*. Univ. Autón. Campeche. EPOMEX Serie Científica, 7:496p.

Pauly, D., G. I. Murphy (Eds.), 1982. *Theory and Management of Tropical Fisheries*. ICLARM Conference Proceeding 9. Manila Philippines, 360p.

Pauly, D., G.R., Morgan (Eds.), 1987. *Length-Based Methods in Fisheries Research*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines, and Kuwait Institute for Research, Stat Kuwait, ICLARM Conference, Proc., 13: 468p.

Pauly, D., N. A. Navaluna, 1983. Monson-induced seasonality in the recruitment of Philippine fishes . *FAO. Fish. Rep.*, 291(3): 823-833.

Pauly, D., A. Yáñez-Arancibia, 1994. Fisheries in coastal lagoons, Cap. 13: 377-399. In: Kjerfve, B. (Ed.) Coastal Lagoons Processes. Elsevier Oceanography Series, 60: 577p.

Pauly, D., F. Arreguín Sánchez, J. Browder, V. Christensen, S. Manickchand, E. Martínez, L. Vidal, 1999. Toward a stratified mass-balance model of trophic fluxes in the Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem, p. 279-293. In: Kumpf, H., K. Steindinger, K. Sherman, (Eds.) The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, Sustainability, and Management. Blackwell Sciences, Inc., 704p.

Pauly, D., 2009. Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. *SCI. MAR.*, 73(2): 215-224.

Reichert, M.J.M., 2003. Diet, consumption, and growth of juvenile fringed flounder (*Etropus crossotus*): A test of the maximum growth & optimum food hypothesis in a subtropical nursery area. *J. Sea Res.*, 50(2-3): 97-116.

Reyes, E., J.W. Day, F.H. Sklar, 1994. Ecosystem model of aquatic primary production and fish migration in Laguna de Terminos, México, p. 519-536. In: Mitsch, W.J. (Ed.) Global Wetlands: Old World and New. Elsevier Science B.V., 967p.

Rivera-Arriaga, E., A.L. Lara-Domínguez, G.J. Villalobos, A. Yáñez-Arancibia, 2003. Trophodynamic ecology of two critical habitats (seagrass and mangrove) in Terminos Lagoon, southern Gulf of Mexico, In: Arreguín, F., D. Pauly, D. Zeeler (Eds.) ECOPATH-II Workshop Proceeding. Fisheries Research Center Rep. Univ. British Columbia, Canada.

Rueda, M., O. DeFeo, 2003. Spatial structure of fish assemblages in a tropical estuarine lagoon: combining multivariate and geostatistical techniques. *Journal of Experimental Marine Biology*, 296:93-112.

Sánchez-Gil, P., A. Yáñez-Arancibia, 1986. Discusión sobre relaciones de reclutamiento en sistemas lagunares estuarinos de los peces del sur del Golfo de México, p. 215-228. In: Yáñez-Arancibia, A., D. Pauly (Eds.) IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities, Workshop Report 44: (Supplement), Paris, 323p.

Sánchez-Gil, P., A. Yáñez-Arancibia, 1997. Grupos ecológicos funcionales y recursos pesqueros tropicales, p. 357-389. In: Flores, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo, F. Arreguín (Eds.) Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México. Univ. Autón. Campeche. EPOMEX Serie Científica, 7:496p.

Sánchez-Gil, P., A. Yáñez-Arancibia, F. Amezcua Linares, 1981. Diversidad, distribución y abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda de Campeche (Verano de 1978), *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Autón. México*, 8(1): 209-240.

Sánchez-Gil, P., F. Arreguín, M.C., García-Abad, A. Yáñez-Arancibia, 1994. Ecological strategies and recruitment of *Syacium gunteri* in the Southern Gulf of Mexico shelf. *Netherland Journal of Sea Research*, 32(3-4): 433-439.

Sánchez-Gil, P., A. Yáñez-Arancibia, J. Ramírez-Gordillo, J. W. Day, P. H. Templet, 2004. Some socio-economic indicators in the Mexican states of the Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 47 (11-12): 581-597.

Sánchez-Gil, P., A. Yáñez-Arancibia, M. Tapia García, J.W. Day, C.A. Wilson, J.H. Cowan, 2008. Ecology and biological strategies of *Etropus crossotus* and *Citharichthys spilopterus* (Pisces: Paralichthyidae) related to the estuarine plume, Gulf of Mexico shelf. *Netherland Journal of Sea Research*, 59:173-185.

Sherman, K., G. Hempel (Editors), 2008. The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's Regional Seas. UNEP Regional Seas Report and Studies No. 182. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

Silverman, B., 1995. Effects of interpolation techniques on point data in a GIS, <http://128.138.166/Silverman/away/Final report.htm>.

Soberón-Chávez, G., A. Yáñez-Arancibia, 1985. Control ecológico de los peces demersales: Variabilidad ambiental de la zona costera y su influencia en la producción natural de los recursos pesqueros, Cap. 9: 399-486.

In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Fauna Acompañante del Camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar Limnol., Inst. Nal. Pesca, UNAM, México, 784p.

Soberón-Chávez, G., A. Yáñez-Arancibia, J.W. Day, 1988. Fundamentos para un modelo ecológico preliminar de la Laguna de Términos. Cap. 20:381-414. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds) Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM., Coast. Ecol. Inst. LSU, Ed. Universitaria México D.F., 518.

Sparre, P., S. C. Venema, 1992. Introduction to tropical stock assessment. FAO Fish. Rep. Tech. Pap., 306(1): 369p.

Tapia García, M., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. C. García-Abad, 1988a. Biología y ecología de *Cynoscion nothus* (Holbrook), en las comunidades demersales de la plataforma continental del Sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). Revista de Biología Tropical, 36(1): 29-54.

Tapia García, M., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. C. García-Abad, 1988b. Biología y ecología de *Cynoscion arenarius* Ginsburg, en las comunidades demersales de la plataforma continental del Sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). Revista de Biología Tropical, 36(1): 1-27.

Tapia García, M., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil, M. C. García-Abad, 1995. Distribución, abundancia y reproducción de *Priacanthus arenatus* Cuvier (Pisces: Priacanthidae), en la plataforma continental del sur del Golfo de México *Biotropica*, 27(2): 232-237.

Turner, E., 1977. Intertidal vegetation and commercial yields of penaeid shrimp. Trans. Am. Fish. Soc., 106 (5): 411-416.

Vidal-Hernández, L., D. Pauly. 2004. Integration of subsystem models as a tool toward describing feeding interactions and fisheries impacts in a large marine ecosystem, the Gulf of Mexico. Ocean Coastal Management, 47: 709–725.

Velasco, A., M. Wolf. 2000. Ictiofauna juvenil de fondos blandos durante la transición de “secas” a lluvias en la costa pacífica de Colombia, Rev. Biol. Trop., 48(1): 215-228.

Veron, J.E.N., O. Hoegh-Guldberg, T.M. Lenton, J.M. Lough, D.O. Obura, P. Pearce-Kelly, C.R.C. Sheppard, M. Spalding, M.G. Stafford-Smith, A.D. Rogers, 2009. The coral reef crisis: The critical importance of <350 ppm CO<sub>2</sub>. Marine Pollution Bulletin 58: 1428–1436.

Warwick, R.M., K.R. Clarke, 1993. Comparing the severity of disturbance: A meta analysis of marine macrobenthic community data. Mar. Ecol. Progr. Ser., 92: 221-231.

Whiters, K, M. Nipper (Eds.), 2007. Environmental Analysis of the Gulf of Mexico, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi, Special Publication Series, No. 1.

Wolff, M., 1996. Demersal fish assemblages along the Pacific coast of Costa Rica: a quantitative and multivariate assessment based on the Victor Hensen Costa Rica Expedition 1993/1994. Rev. Biol. Trop., 44 Supl. 3: 187-214.

Wolff, M., V. Koch., J. Bautista Chavarría, J.A. Vargas, 1998. A trophic flow model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 46(6): 63-79.

Yáñez-Arancibia, A. (Ed.), 1985. Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards Ecosystem Integration. UNAM-PUAL-ICML. Editorial Universitaria, México, 654p.

Yáñez-Arancibia, A., 2005. Middle America, Coastal Ecology and Geomorphology, p. 639–645. In: Schwartz, M. L. (Ed.) Encyclopedia of Coastal Science. Springer, Dordrecht The Netherlands, 1211 pp.

Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day, 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the Southern Gulf of Mexico, p. 431-440. In: Lasserre, P., H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons. Oceanologica Acta, 5(4): Special Volume.

- Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds.), 1988. Ecology of Coastal Ecosystems in the Southern Gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México, 518pp.
- Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, 2004. Environmental sub-regions in the Gulf of México coastal zone: the ecosystem approach as an integrated management tool. *Ocean & Coastal Management* , 47 (11-12): 727-757.
- Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, 2006. Hydrology, water budget, and residence time in the Terminos Lagoon estuarine system, Southern Gulf of Mexico, p. 423-435. In: Singh, V.P., Y. Jun Xu (Eds.) Coastal Hydrology and Processes, Water Resources Publications LLC, Colorado, USA, 509 pp.
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A.L., 1988. Ecology of three sea catfishes (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem-southern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 49: 215–230.
- Yáñez-Arancibia, A., D. Pauly, 1986. IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities, Workshop Report 44: (Supplement), Paris, 323p.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, 1983. Environmental behavior of Campeche Sound ecological system, off Terminos Lagoon, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 10(1): 117-136.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, 1986. Los Peces Demersales de la Plataforma Continental del Sur del Golfo de México: Caracterización Ambiental, Ecología y Evaluación de las Especies, Poblaciones y Comunidades. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Espec.* 9:230p.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, 1988a. Ecología de los Recursos Demersales Marinos: Fundamentos en Costas Tropicales. AGT Editorial, S.A., 228p.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, 1988b. Caracterización ambiental de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos, Cap. 3:41-50. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds) Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM., Coast. Ecol. Inst. LSU, Ed. Universitaria México D.F.*, 518.
- Yáñez-Arancibia, A., F. Amezcua, J. W. Day, 1980. Fish community structure and function in Terminos Lagoon a tropical estuary in the southern Gulf of México, p. 465-482. In: Kennedy, V. (Ed.) *Estuarine Perspectives*. Academic Press Inc. New York, 534 p.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Chavance, D. Flores, 1983. Environmental behavior of Terminos Lagoon ecological system, Campeche, Mexico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 10 (1): 137-176.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, M. Tapia García, M. C. García-Abad, 1985a. Ecology community structure and evaluation of tropical demersal fishes in the Southern Gulf of México. *Cahie. Biol. Mar. France*, 26(2): 137-163.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, I. Vargas, M. García-Abad, H. Álvarez, M. Tapia García, F. Amezcua, 1985b. Ecology and evaluation of fish community in coastal ecosystems: Estuary-shelf interrelationships in the southern Gulf of Mexico, Chap. 22: 475-498. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. UNAM-PUAL-ICML. Editorial Universitaria, México, 654p.
- Yáñez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, J. L. Rojas Galavíz, H. Álvarez Guillén, 1988a. Dinámica de las comunidades nectónicas costeras, en el Sur del Golfo de México. Cap. 19:357-380. In: Yáñez-Arancibia, A., J.W. Day (Eds.), Ecology of Coastal Ecosystems in the Southern Gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México*, 518pp.

Yáñez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, J. L. Rojas Galavíz, P. Sánchez-Gil, J. W. Day, C. J. Madden, 1988b. Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (southern Gulf of México). *Journal of Fish Biology*, 33 (Supl. A): 191-200.

Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, A. L. Lara-Domínguez, 1991. Interacciones ecológicas estuario-mar: estructura funcional de bocas estuarinas y su efecto en la productividad del ecosistema. *Academia de Ciencias de Sao Paulo*. Publ. ACIESP, 71 (4): 49-83.

Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, J.W. Day, 1993. Interactions between mangrove and sea grass habitats mediated by estuarine nekton assemblages: Coupling of primary and secondary production. *Hydrobiologia*, 264:1-12.

Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, D. Pauly, 1994. Coastal lagoons as fish habitats, p. 363–399. In: Kjerfve, B. (Ed.) *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Science Publ., Amsterdam., 577pp.

Yáñez-Arancibia, A., J. L. Rojas Galavíz, P. Sánchez-Gil, A. L. Lara-Domínguez, 1997. El ecosistema del Golfo de México: Prioridad estratégica para el desarrollo sostenible. *Revista Mexicana del Caribe*, 4: 130-147.

Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil, A. L. Lara-Domínguez, 1998. Functional groups and ecological biodiversity, in Terminos lagoon. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 49:163-172.

Yáñez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, J. W. Day, 2004. Interacciones ecológicas estuario-mar: Marco conceptual para el manejo ambiental costero, p. 431-490. In: Caso, M., I. Pisanty, E. Ezcurra (Eds.) *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. Mexico D.F., Vol. 1, 626 pp.

Yáñez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, J. W. Day, 2007. Estuary-sea interactions: A theoretical framework for the management of coastal environment, Chapter 14:271-301. In: *Environmental Analysis of the Gulf of Mexico*, Whithers, K, M. Nipper (Eds.). Harte Institute for Gulf of Mexico Studies, Texas A & M University Corpus Christi, Special Publication Series No. 1.

Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, B. Currie-Alder, 2009a. Functioning of the Grijalva-Usumacinta River Delta, México: Challenges for Coastal Management, p. 479-507. In: *Ocean Yearbook Vol. 23*, The University of Chicago Press, 961pp.

Yáñez-Arancibia, A., J. J. Ramírez-Gordillo, J. W. Day, D. W. Yoskowitz, 2009b. Environmental sustainability of economic trends in the Gulf of México: What is the limit for Mexican Coastal Development, Chapter 5:82-104. In: Cato J.C. (Ed.) *Gulf of México: Origin, Waters, and Biota*. Vol. 2 *Ocean and Coastal Economy*. Harte Research Institute for Gulf of México Studies, Texas A&M University Press, 110pp.

# ANEXO 1

**Tabla 4. Matriz total de parámetros ambientales e identificación de estaciones de muestreo**

| Crucero               | Coordenadas              |         |          | Características ambientales |            |           |             |       | Arrastre       |         |
|-----------------------|--------------------------|---------|----------|-----------------------------|------------|-----------|-------------|-------|----------------|---------|
|                       | Estación                 | Latitud | Longitud | Profundidad                 | *Sedimento | Salinidad | Temperatura | Época | m <sup>2</sup> | RF      |
| Ecoesmar 1            | 1                        | 18.55   | -91.29   | 12.9                        | 1,2        | 37.4      | 23          | 1     | 27434          | 0.77    |
| Enero-85              | 2                        | 18.54   | -91.3    | 11                          | 1,2        | 37.5      | 23.5        | 1     | 30664          | 0.69    |
|                       | 3                        | 18.55   | -91.28   | 10.7                        | 1,2        | 37.6      | 23          | 1     | 30664          | 0.69    |
|                       | 4                        | 18.56   | -91.27   | 10.5                        | 1,2        | 37.6      | 23          | 1     | 27434          | 0.77    |
|                       | 5                        | 18.51   | -91.29   | 10.4                        | 1,2        | 37.5      | 23          | 1     | 23860          | 0.89    |
|                       | 6                        | 18.55   | -91.28   | 11.8                        | 1,2        | 37.5      | 23          | 1     | 21293          | 0.99    |
|                       | 7                        | 18.48   | -91.57   | 12                          | 2,3        | 36.4      | 23.2        | 1     | 30664          | 0.69    |
|                       | 8                        | 18.48   | -91.56   | 11.1                        | 2,3        | 36.4      | 23.2        | 1     | 23860          | 0.89    |
|                       | 9                        | 18.48   | -91.57   | 10.6                        | 2,3        | 36.6      | 22.3        | 1     | 23860          | 0.89    |
|                       | 10                       | 18.48   | -91.47   | 12.6                        | 2,3        | 36.5      | 23.5        | 1     | 24702          | 0.86    |
|                       | 11                       | 18.47   | -91.56   | 13.7                        | 2,3        | 36.5      | 23.3        | 1     | 29518          | 0.72    |
|                       | 12                       | 18.48   | -91.57   | 12.6                        | 2,3        | 36.5      | 23.3        | 1     | 25295          | 0.84    |
|                       | Imeco- Pto<br>Febrero-84 | 13      | 18.47    | -91                         | 10.4       | 2,3       | 36.7        | 24.8  | 2              | 28393.6 |
| 14                    |                          | 18.47   | -91.57   | 11.6                        | 2,3        | 36.6      | 24.9        | 2     | 20560.9        | 1.03    |
| 15                    |                          | 18.47   | -91.57   | 12.5                        | 2,3        | 36.2      | 25          | 2     | 31330.9        | 0.68    |
| 16                    |                          | 18.46   | -91.57   | 15                          | 2,3        | 35.5      | 24.7        | 2     | 25682.3        | 0.82    |
| 17                    |                          | 18.47   | -91.56   | 13                          | 2,3        | 36.2      | 24.8        | 2     | 31330.9        | 0.68    |
| 18                    |                          | 18.51   | -91.57   | 15                          | 2,3        | 36.6      | 24.7        | 2     | 26360.6        | 0.8     |
| 19                    |                          | 18.55   | -91.26   | 15                          | 1,2        | 36.4      | 24.5        | 2     | 24401.9        | 0.86    |
| 20                    |                          | 18.56   | -91.28   | 13.8                        | 1,2        | 36.4      | 24.4        | 2     | 24477.2        | 0.87    |
| 21                    |                          | 18.55   | -91.28   | 15                          | 1,2        | 36.7      | 24.4        | 2     | 25305.7        | 0.84    |
| 22                    |                          | 18.56   | -91.29   | 16                          | 1,2        | 36.6      | 24.3        | 2     | 32535.9        | 0.65    |
| 23                    |                          | 18.55   | -91.29   | 14                          | 1,2        | 36.7      | 24.6        | 2     | 30502.4        | 0.69    |
| 24                    |                          | 18.55   | -91.29   | 13.5                        | 1,2        | 36.7      | 24.6        | 2     | 14912.3        | 1.42    |
| OPLAC/P-6<br>Marzo-82 | 25                       | 18.4    | -92.45   | 15.4                        | 3          | 36.9      | 25.5        | 2     | 24007          | 0.88    |
|                       | 26                       | 18.51   | -92.51   | 30.6                        | 3          | 36.7      | 25.5        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 27                       | 18.59   | -92.55   | 75.6                        | 2,3        | 36.5      | 22          | 2     | 10591          | 1       |
|                       | 28                       | 19.14   | -92.34   | 72                          | 2          | 36.4      | 22.4        | 2     | 14122          | 1       |
|                       | 29                       | 19.02   | -92.28   | 30.6                        | 2          | 36.9      | 25.1        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 30                       | 18.5    | -92.21   | 18                          | 3          | 37.2      | 26.2        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 31                       | 18.46   | -91.57   | 10.8                        | 3          | 37.1      | 25.1        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 32                       | 18.56   | -92.02   | 18                          | 1,3        | 37.1      | 26.2        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 33                       | 19.13   | -92.11   | 30.6                        | 2          | 36.7      | 25.8        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 34                       | 19.43   | -91.51   | 54                          | 2          | 36.6      | 25.7        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 35                       | 19.2    | -91.41   | 30.6                        | 2          | 36.6      | 25.7        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 36                       | 19.1    | -91.37   | 18                          | 1,2        | 36.7      | 25.7        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 37                       | 18.53   | -91.3    | 10.8                        | 1          | 37        | 26.4        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 38                       | 19.09   | -91.11   | 10.8                        | 1          | 36.9      | 27          | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 39                       | 19.21   | -91.16   | 18                          | 1          | 36.7      | 26.9        | 2     | 21182          | 1       |
|                       | 40                       | 19.45   | -91.25   | 27                          | 1          | 36.6      | 25.5        | 2     | 24713          | 0.85    |
|                       | 41                       | 19.47   | -91.06   | 18                          | 1          | 36.7      | 25.8        | 2     | 13556          | 0.15    |
|                       | 42                       | 19.48   | -90.53   | 10.8                        | 1          | 36.5      | 26          | 2     | 21182          | 1       |

\*Tipos de sedimento : 1 limos, 2 arcillas, 3 arenas. Época climática: 1 Nortes, 2 Secas, 3 Lluvias.

**Tabla 4 (continuación).**

| Crucero                | Coordenadas |         |          | Características ambientales |            |           |             |       | Arrastre       |      |
|------------------------|-------------|---------|----------|-----------------------------|------------|-----------|-------------|-------|----------------|------|
|                        | Estación    | Latitud | Longitud | Profundidad                 | *Sedimento | Salinidad | Temperatura | Época | m <sup>2</sup> | RF   |
| Progmx-1<br>Abril-83   | 43          | 19.05   | -92.43   | 87                          | 2          |           |             | 2     | 33892          | 0.62 |
|                        | 44          | 18.53   | -92.28   | 21                          | 2,3        |           |             | 2     | 33892          | 0.62 |
|                        | 45          | 18.57   | -92.4    | 16                          | 2          |           |             | 2     | 33892          | 0.62 |
|                        | 46          | 19.12   | -92.21   | 37                          | 2,3        |           |             | 2     | 33892          | 0.62 |
|                        | 47          | 19.21   | -92.31   | 100                         | 2,3        |           |             | 2     | 33892          | 0.62 |
|                        | 48          | 19.29   | -92.41   | 185                         | 2,3        |           |             | 2     | 11297          | 1.88 |
|                        | 49          | 19.27   | -91.55   | 45                          | 2          |           |             | 2     | 25419          | 0.83 |
|                        | 50          | 19.11   | -91.41   | 17                          | 2,3        |           |             | 2     | 25419          | 0.83 |
|                        | 51          | 19.22   | -91.19   | 17                          | 2,4        |           |             | 2     | 25419          | 0.83 |
|                        | 52          | 19.41   | -91.43   | 42                          | 2,4        |           |             | 2     | 8780           | 3.12 |
| OPLAC/P-1<br>Junio-78  | 53          | 19.59   | -92.03   | 100                         | 2,4        |           |             | 2     | 20335          | 1.04 |
|                        | 54          | 18.42   | -92.46   | 18.9                        | 3          | 35.5      | 28          | 3     | 15816          | 1.34 |
|                        | 55          | 18.5    | -92.54   | 36                          | 3          | 36        | 28          | 3     | 27113          | 0.78 |
|                        | 56          | 18.55   | -92.58   | 72                          | 3          | 36        | 28          | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 57          | 19.1    | -92.34   | 71.1                        | 2          | 35.5      | 27.8        | 3     | 25419          | 0.83 |
|                        | 58          | 19.04   | -92.28   | 36                          | 2          | 35.5      | 28          | 3     | 21113          | 0.78 |
|                        | 59          | 18.5    | -92.14   | 8                           | 3          | 35.5      | 28          | 3     | 33892          | 0.62 |
|                        | 60          | 18.44   | -92.08   | 12.6                        | 3          | 35.7      | 28          | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 61          | 18.5    | -91.38   | 11.7                        | 3          | 36        | 28          | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 62          | 18.59   | -91.54   | 18                          | 1,2,3      | 35.5      | 28.3        | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 63          | 19.12   | -92.14   | 36                          | 2          | 35        | 28          | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 64          | 19.26   | -91.45   | 36                          | 2          | 35        | 28          | 3     | 27961          | 0.76 |
|                        | 65          | 19.12   | -91.32   | 18                          | 1          | 35.5      | 28          | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 66          | 19.05   | -91.26   | 12.6                        | 1          | 35.7      | 28.3        | 3     | 20476          | 1.03 |
|                        | 67          | 19.23   | -91.1    | 12.6                        | 1          | 35.5      | 28.3        | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 68          | 19.29   | -91.15   | 18                          | 1          | 35.5      | 28.3        | 3     | 18640          | 1.14 |
|                        | 69          | 19.45   | -91.32   | 36                          | 1          | 35.5      | 28          | 3     | 27113          | 0.78 |
| OPLAC/P-4<br>Julio -81 | 70          | 20.11   | -91.47   | 43.2                        | 1,2        | 35.7      | 27.7        | 3     | 23724          | 0.9  |
|                        | 71          | 19.57   | -91.33   | 36                          | 1          | 36        | 27.7        | 3     | 25419          | 0.83 |
|                        | 72          | 19.41   | -91.23   | 27                          | 1          | 36        | 28          | 3     | 25419          | 0.83 |
|                        | 73          | 19.28   | -91.14   | 18                          | 1          | 6         | 28.3        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 74          | 19.28   | -91.04   | 12.6                        | 1          | 36.6      | 28.3        | 3     | 21182          | 1    |
|                        | 75          | 19.27   | -91.11   | 18                          | 1          | 37.1      | 28.4        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 76          | 19.41   | -91.32   | 34                          | 1          | 37.4      | 22.6        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 77          | 19.46   | -91.4    | 42                          | 2          | 37.7      | 23.8        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 78          | 19.24   | -91.46   | 31                          | 2          | 36.9      | 21.8        | 3     | 18640          | 1.14 |
|                        | 79          | 19.1    | -91.37   | 18                          | 1          | 37.3      | 26.1        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 80          | 19.05   | -91.51   | 18                          | 1,2        | 37.3      | 27.3        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 81          | 19.18   | -91.53   | 30                          | 2          | 37.2      | 28.2        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 82          | 19.12   | -92.12   | 30                          | 2          | 37.1      | 29.9        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 83          | 18.53   | -91.02   | 30                          | 1,2,3      | 37.3      | 27.3        | 3     | 15251          | 1.39 |
|                        | 84          | 18.46   | -92.17   | 13                          | 3          | 36.9      | 22.3        | 3     | 18640          | 1.14 |
|                        | 85          | 18.58   | -92.23   | 26                          | 2          | 37.1      | 22.2        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 86          | 18.51   | -92.37   | 24                          | 2,3        | 36.9      | 22.3        | 3     | 16946          | 1.25 |
|                        | 87          | 18.43   | -92.33   | 13                          | 3          | 36.9      | 22.3        | 3     | 17511          | 1.21 |

\*Tipos de sedimento : 1 limos, 2 arcillas, 3 arenas. Época climática: 1 Nortes, 2 Secas, 3 Lluvias.

**Tabla 4 (continuación). Matriz total de parámetros ambientales e identificación de estaciones de muestreo**

| Crucero       | Coordenadas |         |          | Características ambientales |            |           |             |       | Arrastre       |      |
|---------------|-------------|---------|----------|-----------------------------|------------|-----------|-------------|-------|----------------|------|
|               | Estación    | Latitud | Longitud | Profundidad                 | Sedimento* | Salinidad | Temperatura | Época | m <sup>2</sup> | RF   |
| OPLAC/P-2     | 88          | 18.51   | -92.36   | 18                          | 3          | 36        | 24.9        | 3     | 23500          | 0.9  |
| Agosto-80     | 89          | 19      | -92.41   | 36                          | 2          | 36        | 22.6        | 3     | 21888          | 0.97 |
|               | 90          | 19.05   | -92.44   | 72                          | 2          | 35        | 22.6        | 3     | 21888          | 0.97 |
|               | 91          | 19.13   | -92.29   | 54                          | 2          | 36        | 26.5        | 3     | 21182          | 1    |
|               | 92          | 19.04   | -92.25   | 36                          | 2          | 36        | 23.4        | 3     | 21182          | 1    |
|               | 93          | 18.53   | -92.18   | 18                          | 3          | 36        | 28.3        | 3     | 24007          | 0.88 |
|               | 94          | 19      | -92.04   | 18                          | 2          | 36        | 26.2        | 3     | 21182          | 1    |
|               | 95          | 19.17   | -92.11   | 36                          | 2          | 36        | 23.4        | 3     | 24007          | 0.88 |
|               | 96          | 19.26   | -92.15   | 54                          | 2          | 36        | 22.5        | 3     | 20476          | 1.03 |
|               | 97          | 19.21   | -91.54   | 36                          | 2          | 36        | 2.8         | 3     | 21888          | 0.97 |
|               | 98          | 19.07   | -91.47   | 18                          | 1          | 36        | 25.1        | 3     | 21182          | 1    |
|               | 99          | 19.12   | -91.32   | 18                          | 1          | 36        | 28.6        | 3     | 21182          | 1    |
|               | 100         | 19.28   | -91.4    | 36                          | 2          | 36        | 22.3        | 3     | 21888          | 0.97 |
|               | 101         | 19.44   | -91.32   | 36                          | 1          | 36        | 21.8        | 3     | 21182          | 1    |
| 102           | 19.29       | -91.1   | 18       | 1                           | 36         | 24.4      | 3           | 21888 | 0.97           |      |
| ECOESMAR      | 103         | 18.48   | -91.56   | 12.1                        | 1,2        | 36.4      | 28          | 3     | 28213          | 0.75 |
| Septiembre-85 | 104         | 18.48   | -91.56   | 10.9                        | 1,2        | 36.4      | 28.7        | 3     | 28248          | 0.75 |
|               | 105         | 18.48   | -91.57   | 12.1                        | 1,2        | 36.4      | 28.1        | 3     | 28277          | 0.75 |
|               | 106         | 18.47   | -91.56   | 10.5                        | 1,2        | 36.4      | 28.5        | 3     | 28213          | 0.75 |
|               | 107         | 18.48   | -91.57   | 10.9                        | 1,2        | 36.5      | 28          | 3     | 28294          | 0.75 |
|               | 108         | 18.47   | -91.57   | 12.4                        | 1,2        | 36.4      | 28.5        | 3     | 28239          | 0.75 |
|               | 109         | 18.55   | -91.29   | 12.4                        | 2,3        | 36.6      | 29.3        | 3     | 27971          | 0.76 |
|               | 110         | 18.55   | -91.29   | 12.7                        | 2,3        | 36.6      | 28.4        | 3     | 28244          | 0.75 |
|               | 111         | 18.55   | -91.29   | 12.1                        | 2,3        | 36.6      | 29.3        | 3     | 28241          | 0.75 |
|               | 112         | 18.55   | -91.28   | 12.1                        | 2,3        | 36.6      | 29.2        | 3     | 28233          | 0.75 |
|               | 113         | 18.54   | -91.29   | 11.5                        | 2,3        | 36.7      | 29.5        | 3     | 28238          | 0.75 |
|               | 114         | 18.55   | -91.29   | 11.9                        | 2,3        | 36.8      | 29.7        | 3     | 28253          | 0.75 |
| OPLAC/P-5     | 115         | 19.27   | -91.11   | 18                          | 1          | 36        | 26          | 1     | 16946          | 1.25 |
| Octubre-81    | 116         | 19.41   | -91.32   | 36                          | 1          | 35        | 29          | 1     | 18076          | 1.17 |
|               | 117         | 19.46   | -91.4    | 43.2                        | 2          | 36        | 27.5        | 1     | 15251          | 1.39 |
|               | 118         | 19.24   | -91.46   | 30.6                        | 2          | 36        | 29          | 1     | 16946          | 1.25 |
|               | 119         | 19.1    | -91.37   | 18                          | 1          | 36        | 26.5        | 1     | 17511          | 1.21 |
|               | 120         | 19.05   | -91.51   | 16.2                        | 1,2        | 36        | 28          | 1     | 16946          | 1.25 |
| 121           | 19.18       | -91.53  | 27       | 2                           | 35         | 29        | 1           | 18076 | 1.17           |      |
| OPLAC/P-3     | 122         | 18.31   | -93.08   | 21.6                        | 1,2        | 35        | 25.6        | 1     | 19205          | 1.1  |
| Noviembre-80  | 123         | 18.31   | -92.49   | 18                          | 1          | 36        | 26.1        | 1     | 19205          | 1.1  |
|               | 124         | 18.5    | -92.55   | 18                          | 3          | 36        | 28.5        | 1     | 16946          | 1.25 |
|               | 125         | 19.06   | -92.4    | 75.6                        | 3          | 37        | 25.9        | 1     | 18640          | 1.14 |
|               | 126         | 18.52   | -92.33   | 20.7                        | 2          | 36        | 26.1        | 1     | 16946          | 1.25 |
|               | 127         | 18.43   | -92.29   | 14.4                        | 2,3        | 36        | 26.1        | 1     | 16946          | 1.25 |
|               | 128         | 18.54   | -92.06   | 14.4                        | 3          | 36        | 26.3        | 1     | 16946          | 1.25 |

\*Tipos de sedimento : 1 limos, 2 arcillas, 3 arenas. Época climática: 1 Nortes, 2 Secas, 3 Lluvias.

**Tabla 5a. Distribución espacio-temporal de Biomasa (g/m<sup>2</sup>), de las especies dominantes del Sur del Golfo de México.**

| Profundidad<br>(m) | Secas<br>(Febrero-Mayo) |       |      | Lluvias<br>(Junio-Septiembre) |       |      | Nortes<br>(Octubre-Enero) |       |      |
|--------------------|-------------------------|-------|------|-------------------------------|-------|------|---------------------------|-------|------|
|                    | <20                     | 20-40 | >40  | <20                           | 20-40 | >40  | <20                       | 20-40 | >40  |
| <b>Especie</b>     |                         |       |      |                               |       |      |                           |       |      |
| A. felis           | 3.77                    | 0.04  | 0.04 | 1.07                          | 0.00  | 0.00 | 3.88                      | 0.44  | 0.23 |
| B. marinus         | 0.65                    | 0.07  | 0.00 | 0.47                          | 0.41  | 0.00 | 0.77                      | 0.01  | 0.00 |
| C. arenarius       | 0.13                    | 0.23  | 0.30 | 1.02                          | 0.74  | 0.08 | 0.14                      | 0.00  | 0.00 |
| C. Chrysurus       | 1.50                    | 0.51  | 0.00 | 3.61                          | 0.24  | 0.00 | 1.16                      | 0.03  | 0.02 |
| C. edentulus       | 1.93                    | 0.03  | 0.00 | 1.74                          | 0.35  | 0.01 | 0.04                      | 0.27  | 1.35 |
| C. nothus          | 3.11                    | 0.04  | 0.00 | 2.61                          | 1.07  | 0.11 | 1.15                      | 0.01  | 0.01 |
| C. spilopterus     | 0.04                    | 0.01  | 0.04 | 0.09                          | 0.06  | 0.03 | 0.01                      | 0.01  | 0.01 |
| D. radiale         | 0.08                    | 0.01  | 0.01 | 0.10                          | 0.32  | 0.05 | 0.22                      | 0.00  | 0.00 |
| E. gula            | 1.08                    | 0.02  | 0.91 | 4.55                          | 0.22  | 0.11 | 1.22                      | 0.08  | 0.24 |
| E. crossotus       | 0.11                    | 0.04  | 0.01 | 0.19                          | 0.02  | 0.00 | 0.10                      | 0.02  | 0.00 |
| H. aurolineatum    | 1.69                    | 0.01  | 0.01 | 0.24                          | 0.04  | 0.00 | 0.23                      | 0.03  | 0.01 |
| H. jaguana         | 0.14                    | 0.07  | 0.00 | 0.93                          | 0.91  | 0.01 | 1.57                      | 0.02  | 0.00 |
| L. synagris        | 0.85                    | 0.00  | 0.78 | 0.15                          | 0.00  | 0.00 | 0.20                      | 0.06  | 0.03 |
| O. oglinum         | 0.13                    | 0.01  | 0.02 | 0.77                          | 0.13  | 0.00 | 0.59                      | 0.03  | 0.00 |
| P. arenatus        | 0.26                    | 0.02  | 0.41 | 0.26                          | 0.58  | 0.44 | 0.45                      | 0.00  | 0.00 |
| P. octonemus       | 1.25                    | 0.31  | 0.11 | 0.52                          | 0.41  | 0.00 | 0.88                      | 0.18  | 0.06 |
| P. porosissimus    | 0.08                    | 0.03  | 0.01 | 0.05                          | 0.02  | 0.02 | 0.16                      | 0.11  | 0.02 |
| S. atrobranchus    | 0.00                    | 0.04  | 0.45 | 0.00                          | 0.10  | 0.12 | 0.15                      | 0.00  | 0.00 |
| S. aurita          | 0.00                    | 0.00  | 0.00 | 0.00                          | 0.32  | 0.08 | 0.02                      | 0.00  | 0.00 |
| S. caprinus        | 0.00                    | 0.00  | 0.23 | 0.01                          | 0.38  | 0.06 | 0.23                      | 0.00  | 0.00 |
| S. foetens         | 0.09                    | 0.32  | 1.95 | 0.77                          | 1.94  | 1.36 | 1.24                      | 0.01  | 0.02 |
| S. gunteri         | 0.63                    | 0.68  | 0.20 | 0.51                          | 1.71  | 0.23 | 1.11                      | 0.15  | 0.08 |
| S. setapinnis      | 0.34                    | 0.23  | 0.00 | 0.28                          | 0.46  | 0.00 | 0.12                      | 0.00  | 0.00 |
| T. lathami         | 0.00                    | 0.01  | 0.54 | 0.07                          | 5.19  | 3.68 | 0.12                      | 0.00  | 0.00 |
| U. parvus          | 0.02                    | 0.07  | 1.22 | 0.10                          | 0.25  | 0.22 | 0.97                      | 0.00  | 0.00 |
| <b>Total</b>       | 17.88                   | 2.81  | 7.25 | 20.12                         | 15.88 | 6.61 | 16.75                     | 1.47  | 2.07 |

**Tabla 5b. Distribución espacio-temporal de Densidad (ind/m<sup>2</sup>), de las especies dominantes del Sur del Golfo de México**

| Profundidad<br>(m) | Secas<br>(Febrero-Mayo) |               |               | Lluvias<br>(Junio-Septiembre) |               |               | Nortes<br>(Octubre-Enero) |               |               |
|--------------------|-------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------|
|                    | <20                     | 20-40         | >40           | <20                           | 20-40         | >40           | <20                       | 20-40         | >40           |
| <b>Especie</b>     |                         |               |               |                               |               |               |                           |               |               |
| A. felis           | 0.0299                  | 0.0003        | 0.0002        | 0.0119                        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0370                    | 0.0132        | 0.0640        |
| B. marinus         | 0.0026                  | 0.0011        | 0.0000        | 0.0029                        | 0.0011        | 0.0000        | 0.0051                    | 0.0001        | 0.0054        |
| C. arenarius       | 0.0014                  | 0.0016        | 0.0011        | 0.0378                        | 0.0075        | 0.0004        | 0.0024                    | 0.0000        | 0.0024        |
| C. Chrysurus       | 0.0438                  | 0.0233        | 0.0000        | 0.1462                        | 0.0081        | 0.0084        | 0.0398                    | 0.0015        | 0.0445        |
| C. edentulus       | 0.0543                  | 0.0007        | 0.0000        | 0.1005                        | 0.0091        | 0.0003        | 0.0016                    | 0.0050        | 0.6110        |
| C. nothus          | 0.0989                  | 0.0020        | 0.0000        | 0.0713                        | 0.0224        | 0.0004        | 0.0610                    | 0.0003        | 0.0618        |
| C. spilopterus     | 0.0037                  | 0.0012        | 0.0027        | 0.0031                        | 0.0043        | 0.0016        | 0.0008                    | 0.0014        | 0.0044        |
| D. radiale         | 0.0043                  | 0.0006        | 0.0006        | 0.0185                        | 0.0166        | 0.0023        | 0.0119                    | 0.0003        | 0.0128        |
| E. gula            | 0.0562                  | 0.0007        | 0.0328        | 0.2332                        | 0.0142        | 0.0051        | 0.0737                    | 0.0055        | 0.0897        |
| E. crossotus       | 0.0130                  | 0.0020        | 0.0020        | 0.0143                        | 0.0017        | 0.0005        | 0.0115                    | 0.0018        | 0.0158        |
| H. aurolineatum    | 0.0616                  | 0.0003        | 0.0007        | 0.0053                        | 0.0006        | 0.0000        | 0.0114                    | 0.0008        | 0.0138        |
| H. jaguana         | 0.0108                  | 0.0024        | 0.0000        | 0.0343                        | 0.0317        | 0.0002        | 0.0566                    | 0.0014        | 0.0598        |
| L. synagris        | 0.0185                  | 0.0000        | 0.0022        | 0.0050                        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0039                    | 0.0014        | 0.0076        |
| O. oglinum         | 0.0065                  | 0.0004        | 0.0004        | 0.0201                        | 0.0049        | 0.0000        | 0.0156                    | 0.0025        | 0.0211        |
| P. arenatus        | 0.0008                  | 0.0004        | 0.0024        | 0.0180                        | 0.0287        | 0.0067        | 0.0042                    | 0.0000        | 0.0042        |
| P. octonemus       | 0.0165                  | 0.0055        | 0.0016        | 0.0118                        | 0.0062        | 0.0000        | 0.0166                    | 0.0045        | 0.0279        |
| P. porosissimus    | 0.0027                  | 0.0015        | 0.0007        | 0.0022                        | 0.0025        | 0.0019        | 0.0083                    | 0.0046        | 0.0192        |
| S. atrobranchus    | 0.0000                  | 0.0032        | 0.0382        | 0.0000                        | 0.0136        | 0.0120        | 0.0125                    | 0.0000        | 0.0126        |
| S. aurita          | 0.0000                  | 0.0000        | 0.0001        | 0.0001                        | 0.0082        | 0.0015        | 0.0003                    | 0.0000        | 0.0003        |
| S. caprinus        | 0.0000                  | 0.0000        | 0.0047        | 0.0013                        | 0.0558        | 0.0078        | 0.0335                    | 0.0000        | 0.0335        |
| S. foetens         | 0.0011                  | 0.0036        | 0.0139        | 0.0135                        | 0.0300        | 0.0128        | 0.0211                    | 0.0001        | 0.0221        |
| S. gunteri         | 0.0517                  | 0.0451        | 0.0110        | 0.0247                        | 0.1156        | 0.0138        | 0.0950                    | 0.0111        | 0.1299        |
| S. setapinnis      | 0.0073                  | 0.0067        | 0.0000        | 0.0136                        | 0.0108        | 0.0001        | 0.0024                    | 0.0001        | 0.0028        |
| T. lathami         | 0.0000                  | 0.0003        | 0.0151        | 0.0033                        | 0.1360        | 0.0714        | 0.0035                    | 0.0000        | 0.0035        |
| U. parvus          | 0.0021                  | 0.0022        | 0.0409        | 0.0004                        | 0.0090        | 0.0076        | 0.0275                    | 0.0000        | 0.0275        |
| <b>Total</b>       | <b>0.4877</b>           | <b>0.1053</b> | <b>0.1712</b> | <b>0.7932</b>                 | <b>0.5386</b> | <b>0.1546</b> | <b>0.5572</b>             | <b>0.0555</b> | <b>1.2974</b> |

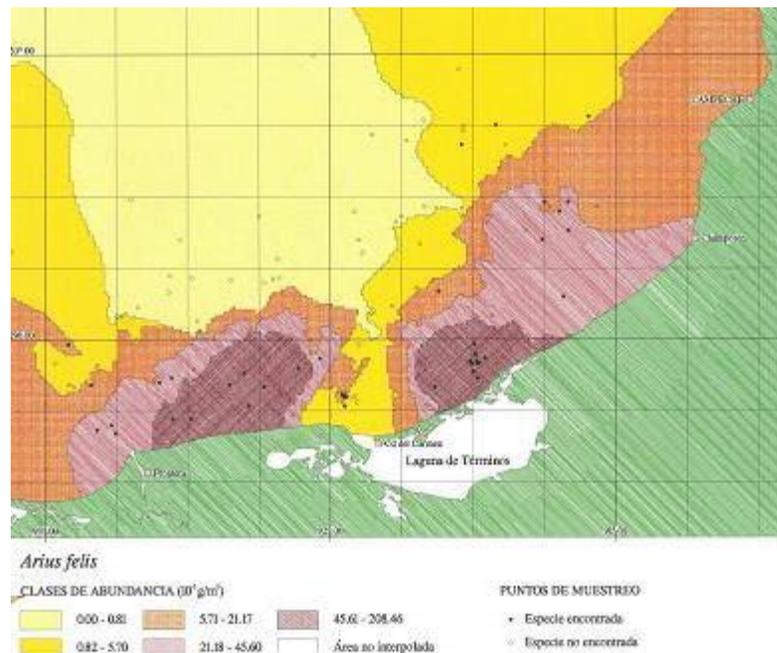


Lámina 1. Nombre de la especie : *Ariopsis (Arius) felis* (Linnaeus) (Pisces : Ariidae)  
 Nombre común / Common Name : Bagre / Hard head seacatfish . La distribución espacial de *Ariopsis felis*, muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades < 20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias.

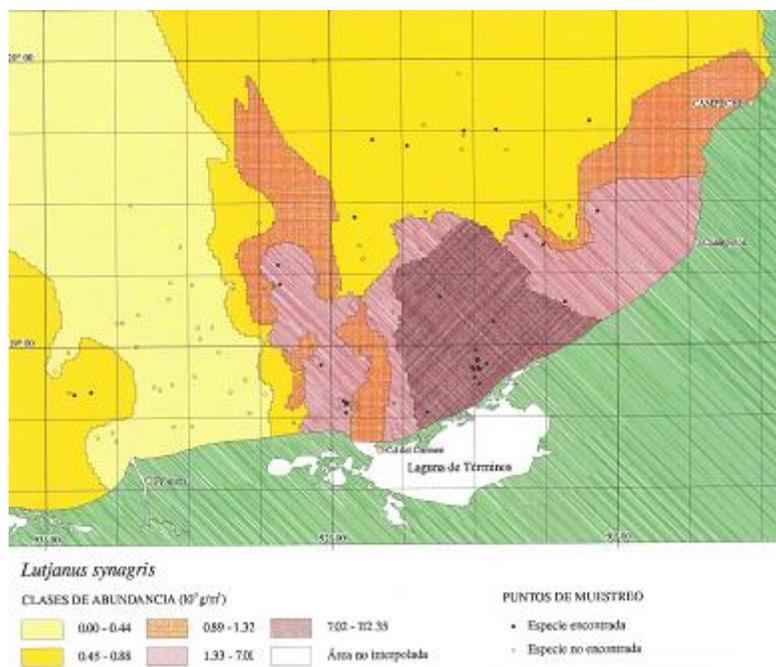


Lámina 2. Nombre de la especie : *Lutjanus synagris* (Linnaeus) (Pisces : Lutjanidae)  
 Nombre común / Common Name : Pargo / Lane snapper. La distribución espacial de *Lutjanus synagris*, no muestra una clara relación con el gradiente batimétrico; sin embargo, la mayor abundancia se presenta en profundidades de < 20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas de la región. Se observa una marcada tendencia a ocupar la provincia carbonatada y las áreas de fondos arenosos con vegetación sumergida.

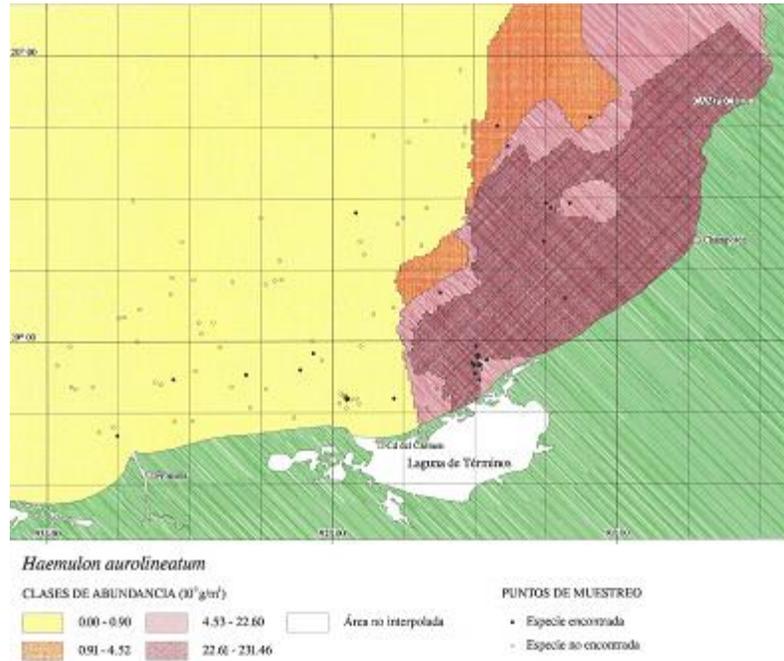


Lámina 3. Nombre de la especie : *Haemulon aurolineatum* Cuvier y Valenciennes (Pisces : Haemulidae)  
 Nombre común / Common Name : Ronco / White grunt, Tomtate grunt. La distribución espacial de *Haemulon aurolineatum*, muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades de < 20m. Este patrón marino-estuarino, no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas de la región. Se observa una marcada tendencia a ocupar la provincia carbonatada y las áreas de fondos arenosos con vegetación sumergida.

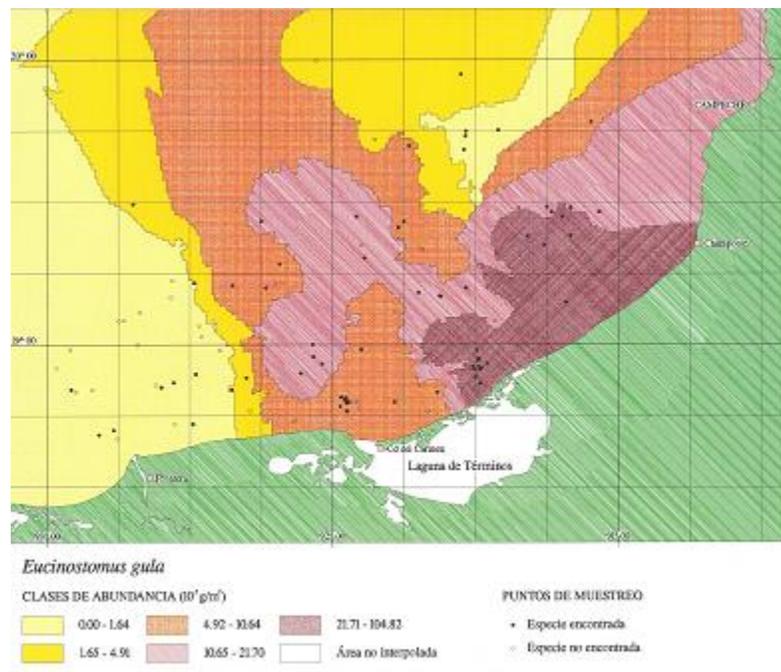


Lámina 4. Nombre de la especie : *Eucinostomus gula* Cuvier (Pisces : Gerreidae)  
 Nombre común / Common Name : Mojarra blanca, Molpich / Silver Jenny. La distribución espacial de *Eucinostomus gula* no muestra una clara relación con el gradiente batimétrico; sin embargo, la mayor abundancia se presenta en profundidades de < 20m. Este patrón marino-estuarino, no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia carbonatada y las áreas de fondos arenosos con vegetación sumergida.

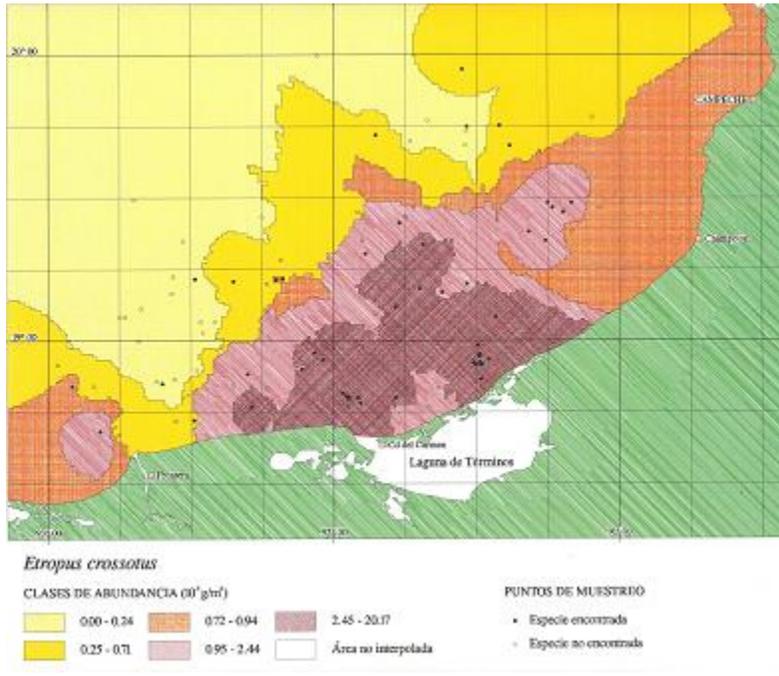


Lámina 5. Nombre de la especie : *Etropus crossotus* Jordan y Gilbert (Pisces : Bothidae)  
 Nombre común / Common Name : Lenguado / Fringed flounder. La distribución espacial de *Etropus crossotus* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades <20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y en menor grado a los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias.

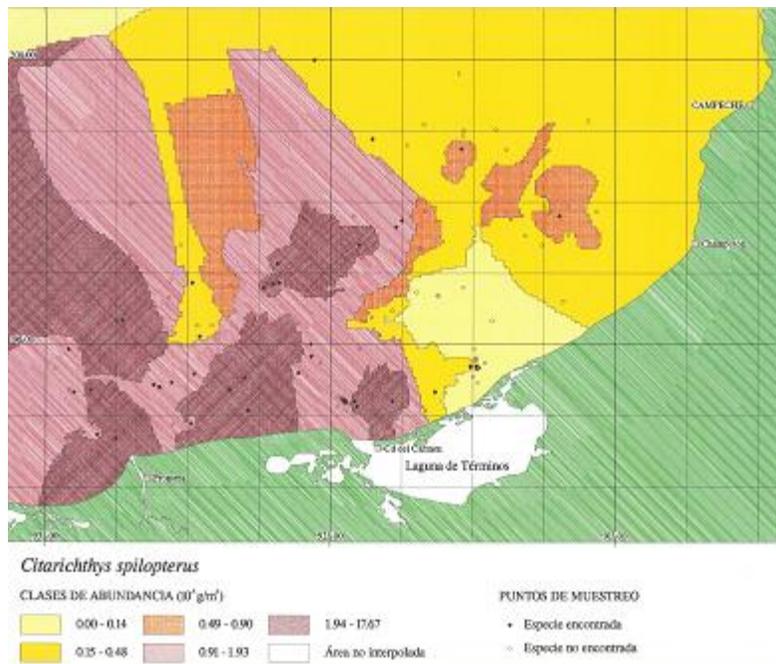


Lámina 6. Nombre de la especie : *Citharichthys spilopterus* Gunter (Pisces : Bothidae)  
 Nombre común / Common name : Lenguado / Bay whiff. La distribución espacial de *Citharichthys spilopterus* no muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades <40m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias, con tendencia a ocupar las áreas de fondos arcillo-limosos.

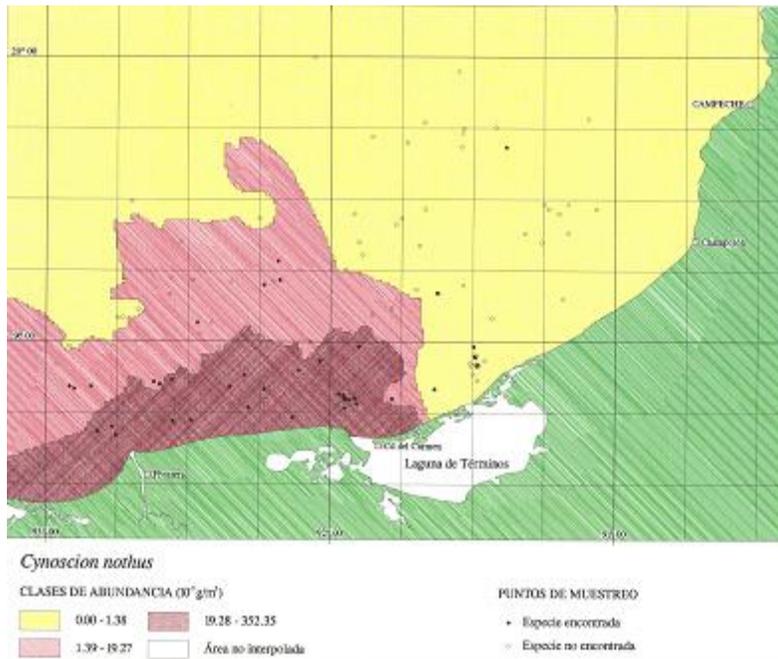


Lámina 7. Nombre de la especie : *Cynoscion nothus* Holbrook (Pisces : Sciaenidae)  
 Nombre común / Common Name : Corvina blanca /Silver weakfish, Silver seatrout. La distribución espacial de *Cynoscion nothus* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades <20m. Este patrón marino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena y las áreas de fondos arcillo-limosos.

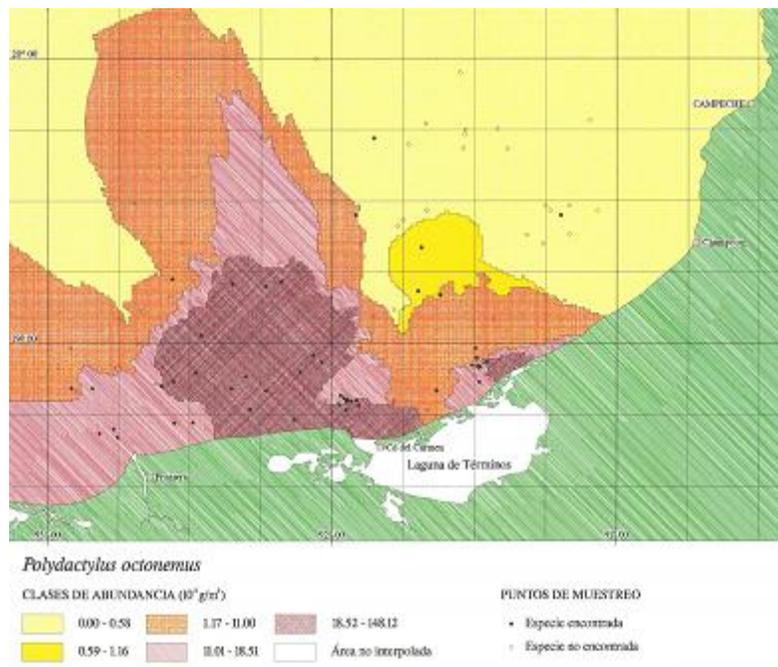


Lámina 8. Nombre de la especie : *Polydactylus octonemus* (Girard) (Pisces : Polynemidae)  
 Nombre común / Common Name : Ratón / Atlantic threadfin. La distribución espacial de *Polynemus octonemus*, muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades < 20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de las bocas estuarinas y en menor grado a los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena y las áreas de fondos limosos.

Lámina 9. Nombre de la especie : *Bagre marinus* (Mitchill) (Pisces : Ariidae)  
 Nombre común / Common Name : Bagre bandera / Gafftopsail seacatfish. La distribución espacial de *Bagre marinus* muestra relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades > 10m. Este patrón marino se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena y las áreas de fondos limosos.

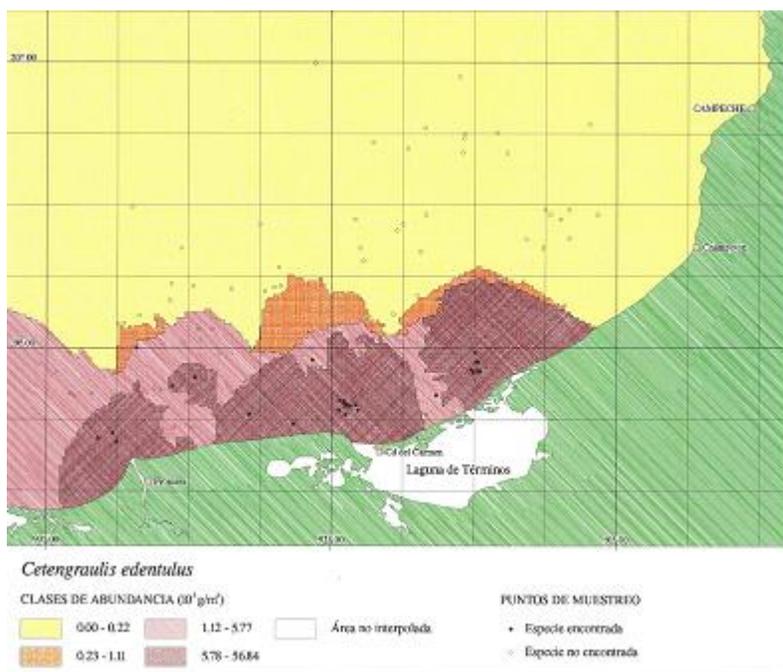


Lámina 10. Nombre de la especie : *Cetengraulis edentulus* Cuvier (Pisces : Engraulidae)  
 Nombre común / Common Name : Anchoqueta del Golfo / Atlantic anchoveta. La distribución espacial de *Cetengraulis edentulus* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades < 20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena.

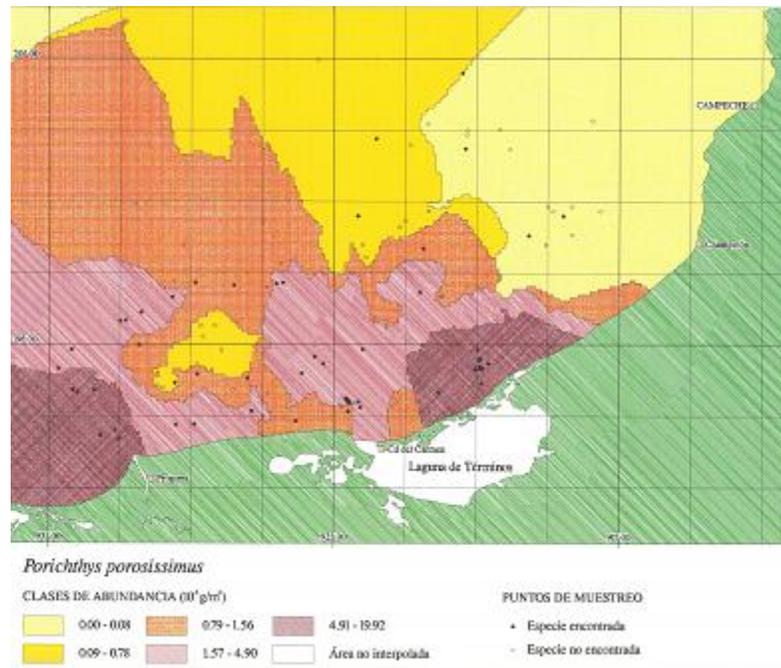


Lámina 11. Nombre de la especie : *Porichthys porosissimus* (Cuvier y Valenciennes) (Pisces : Batrachiodidae)  
 Nombre común / Common Name : Pez sapo / Singing fish. La distribución espacial de *Porichthys porosissimus* no muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades < 20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena

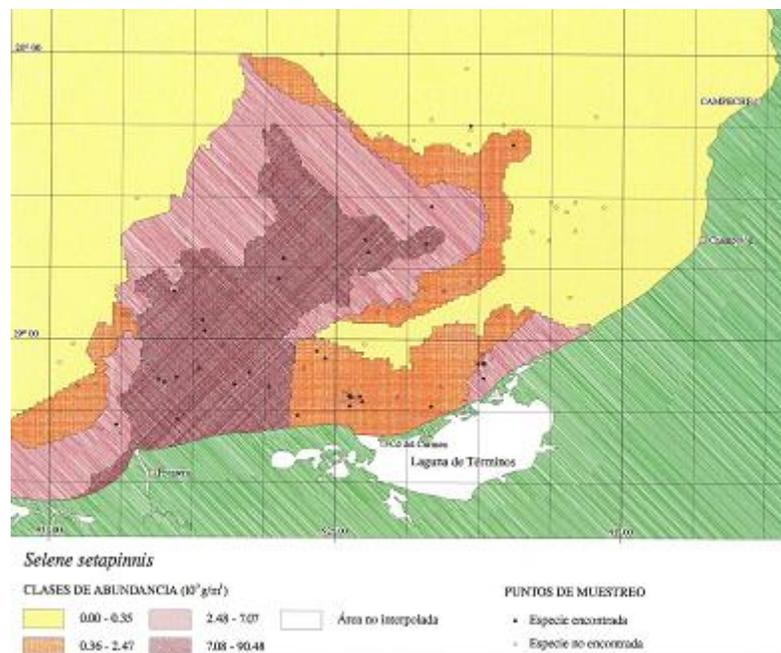


Lámina 12. Nombre de la especie : *Selene setapinnis* (Mitchill) (Pisces : Carangidae)  
 Nombre común / Common name: Papelillo /Atlantic moonfish. La distribución espacial de *Selene setapinnis*, muestra relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades > 40m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena y las áreas de fondos limo-arcillosos.

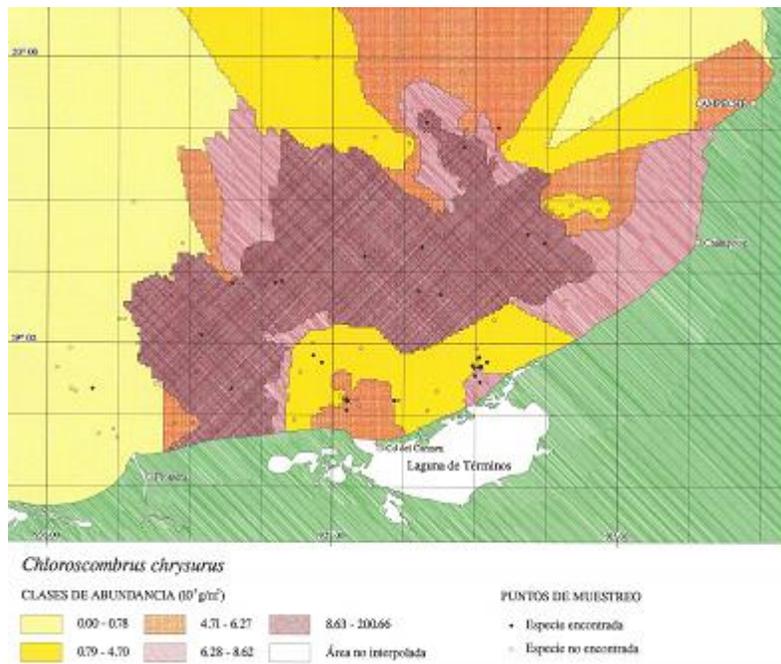


Lámina 13. Nombre de la especie : *Chloroscombrus chrysurus* Linnaeus (Pisces : Carangidae)  
 Nombre común / Common Name : Horqueta, Chicharra / Atlantic bumper. La distribución espacial de *Chloroscombrus chrysurus* no muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades de 20 a 40 m. Este patrón marino no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias.

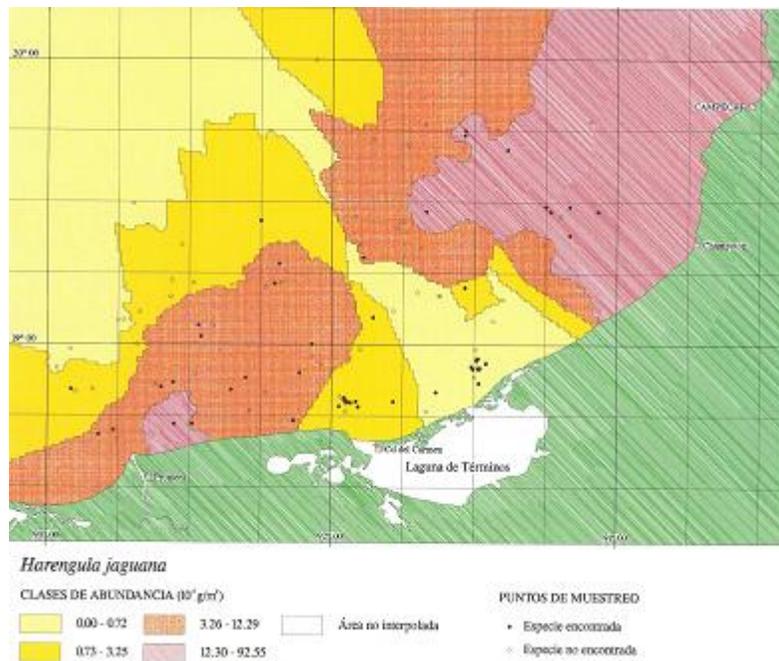


Lámina 14. Nombre de la especie : *Harengula jaguana* Gode y Bean (Pisces : Clupeidae)  
 Nombre común / Common Name : Sardina escamada / Scaled herring. La distribución espacial de *Harengula jaguana* no muestra relación con el gradiente batimétrico; sin embargo, la mayor abundancia se presenta en profundidades <20m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de las bocas estuarinas.

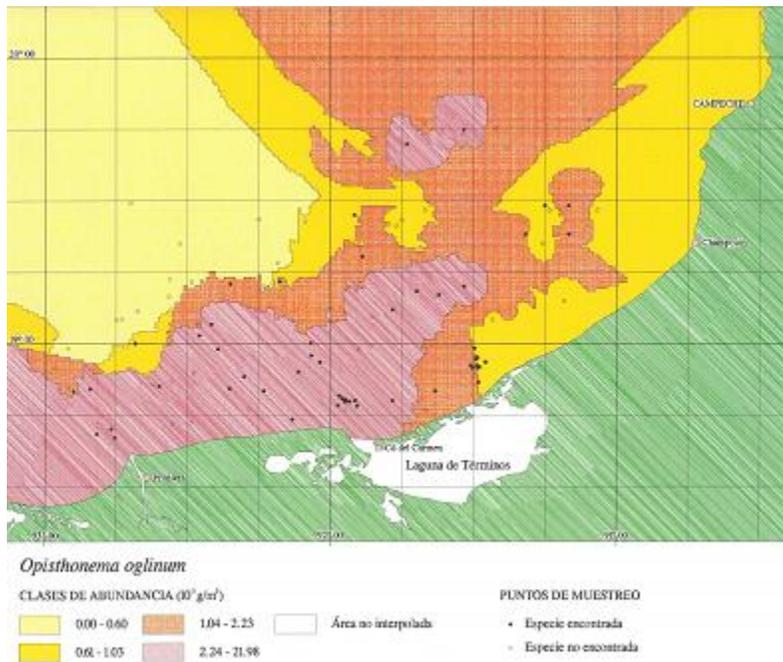


Lámina 15. Nombre de la especie : *Opisthonema oglinum* (Le Sueur) (Pisces : Clupeidae)  
 Nombre común / Common Name : Sardina / Atlantic thread herring. La distribución espacial de *Opisthonema oglinum*, muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades <70m. Este patrón marino, se encuentra marcadamente asociado a la descarga de los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena las áreas de fondos limosos.

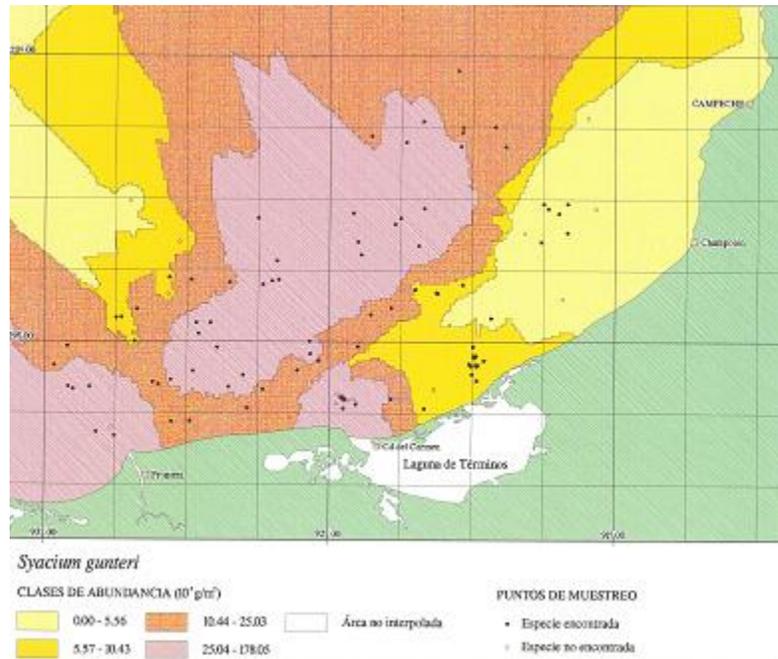


Lámina 16. Nombre de la especie : *Syacium gunteri* Gingsburg (Pisces : Bothidae)  
 Nombre común / Common name: Lenguado / Shoal flounder. La distribución espacial de *Syacium gunteri* no muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades de 20 a 40 m. Este patrón marino se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias, con tendencia a ocupar las áreas de fondos limo-arcillosos.

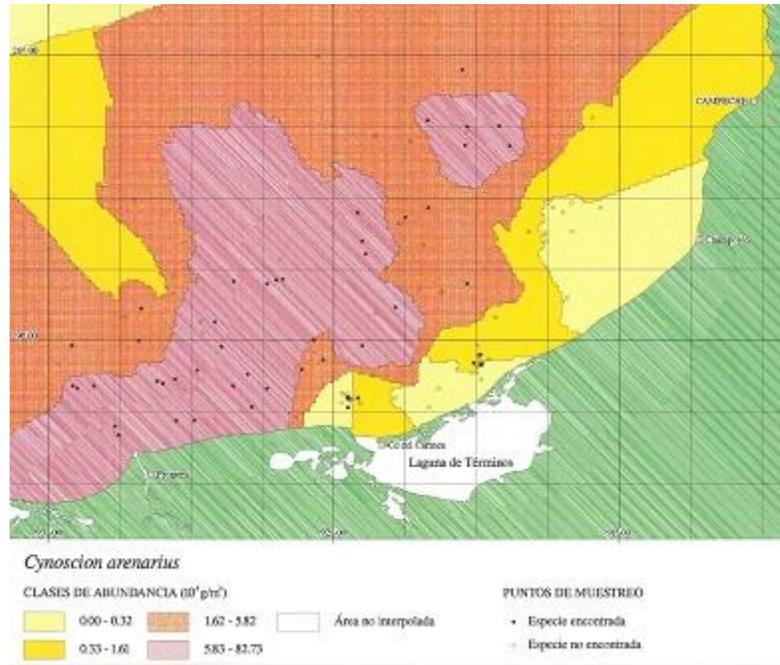


Lámina 17. Nombre de la especie : *Cynoscion arenarius* Gingsburg (Pisces : Sciaenidae)  
 Nombre común / Common Name : Corvina de arena / Sand weakfish, Sand seatrout. La distribución espacial de *Cynoscion arenarius* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades <40m. Este patrón marino-estuarino, se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en el área, con tendencia a ocupar la provincia terrígena y las áreas de fondos arcillo-limosos.

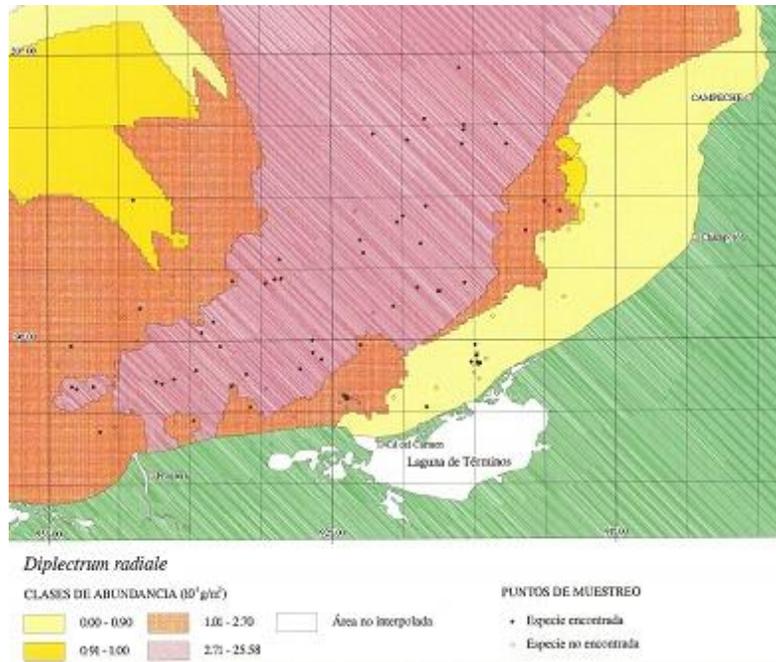


Lámina 18. Nombre de la especie : *Diplectrum radiale* (Linnaeus) (Pisces : Serranidae)  
 Nombre común / Common Name : Aguavina / Sea bass. La distribución espacial de *Diplectrum radiale* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades de 20 a 40m. Este patrón marino, no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas pero ligeramente a los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias.

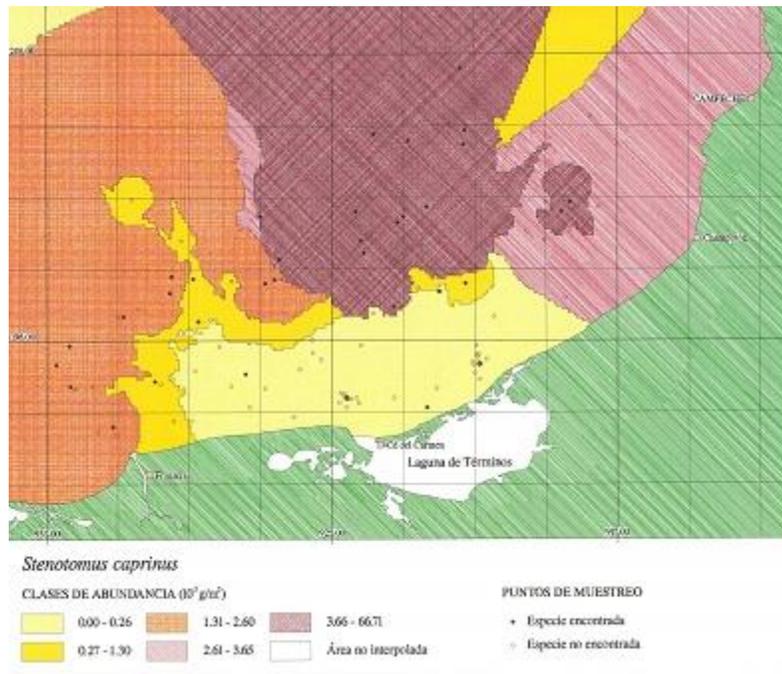


Lámina 19. Nombre de la especie : *Stenotomus caprinus* Goode y Bean (Pisces : Sparidae)  
 Nombre común / Common name: Sargo de espina / Longspine porgy. La distribución espacial de *Stenotomus caprinus* muestra relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades de > 20m. Este patrón macadamamente marino, no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia carbonatada y las áreas de fondos arenosos con vegetación sumergida.

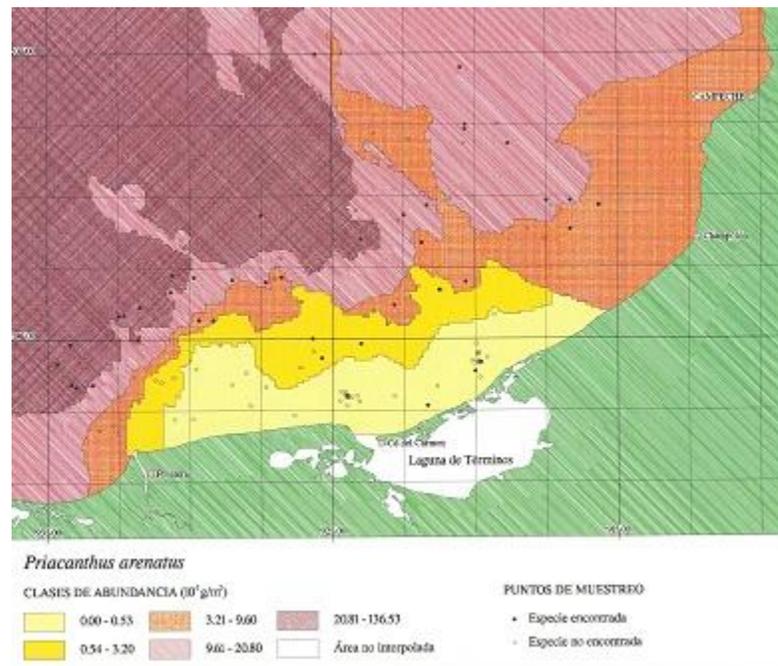


Lámina 20. Nombre de la especie : *Priacanthus arenatus* Cuvier y Valenciennes (Pisces : Priacanthidae)  
 Nombre común / Common name: Ojón, Cataluña / Atlantic bigeye. La distribución espacial de *Priacanthus arenatus* muestra relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades > 20m. Este patrón marino, se encuentra asociado a la descarga de los ríos de la región. Se observa una distribución amplia en ambas provincias, con tendencia a ocupar las áreas de fondos limosos.

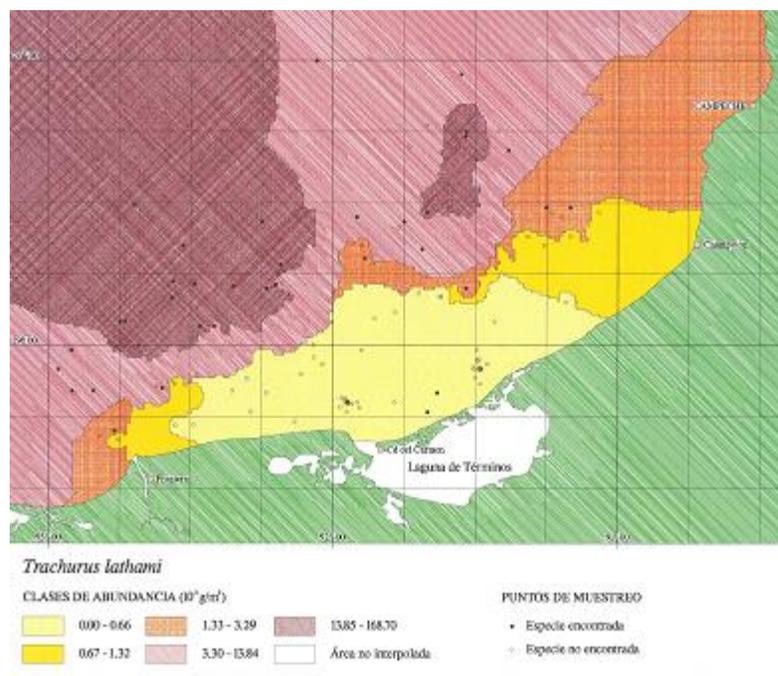


Lámina 21. Nombre de la especie : *Trachurus lathami* Nichols (Pisces : Carangidae)  
 Nombre común / Common name: Macarela, Charrito / Rough scad, Horse mackerel. La distribución espacial de *Trachurus lathami*, muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades de > 40m. Este patrón marino no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias, con tendencia a ocupar las áreas de fondos limosos.

Lámina 22. Nombre de la especie : *Sardinella aurita* (Cuvier y Valenciennes) (Pisces : Clupeidae)  
 Nombre común / Common Name : Sardineta, Sardina de España/Round sardinella. La distribución espacial de *Sardinella aurita* muestra relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades >40m. Este patrón marino no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una amplia distribución en ambas provincias sedimentarias.

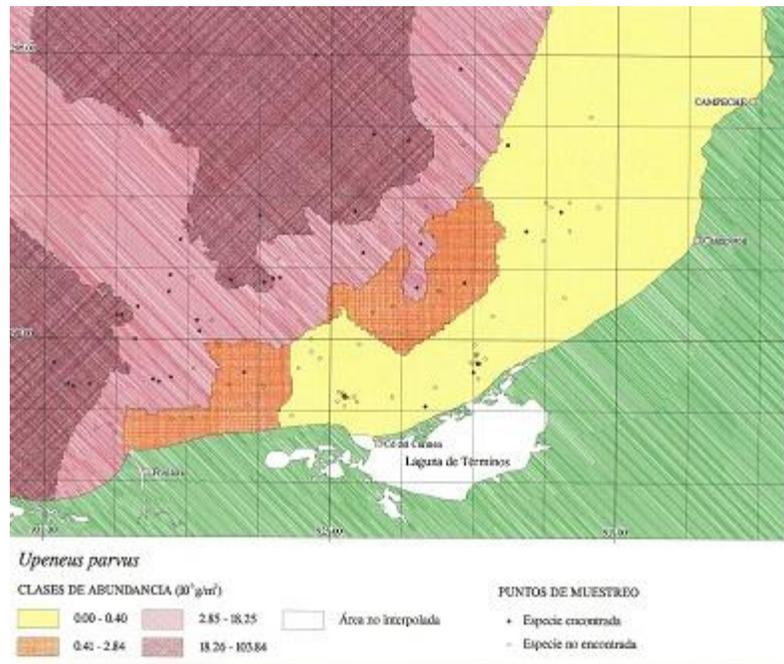


Lámina 23. Nombre de la especie : *Upeneus parvus* Poey (Pisces : Mullidae)  
 Nombre común / Common name: Chivo / Goatfish. La distribución espacial de *Upeneus parvus* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades > 40m. Este patrón no se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena en las áreas de fondos limosos.

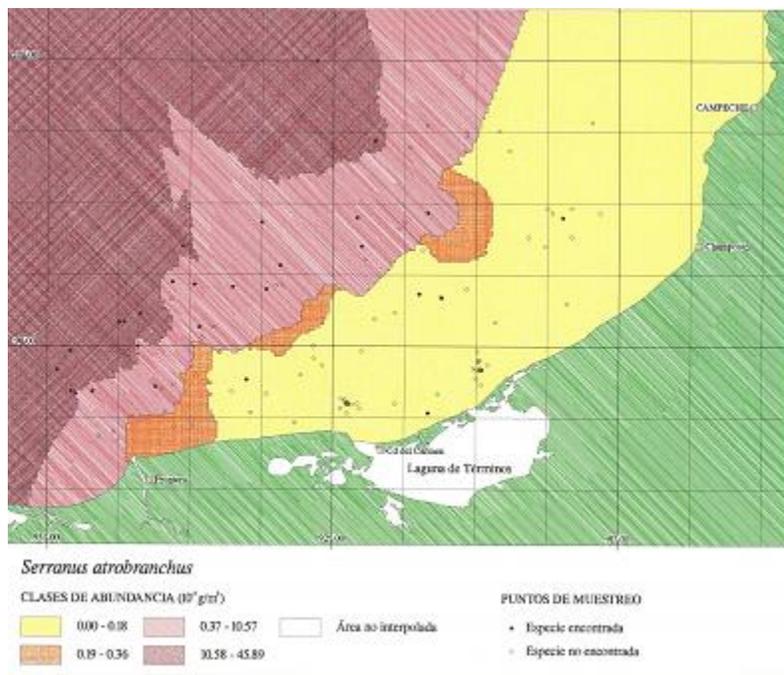


Lámina 24. Nombre de la especie : *Serranus atrobranchus* (Cuvier) (Pisces : Serranidae)  
 Nombre común / Common name: Aguavina / Blackear sea bass. La distribución espacial de *Serranus atrobranchus* muestra una clara relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades > 40m. Este patrón marino, se encuentra asociado a la descarga de los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena las áreas de fondos limo-arcillosos.

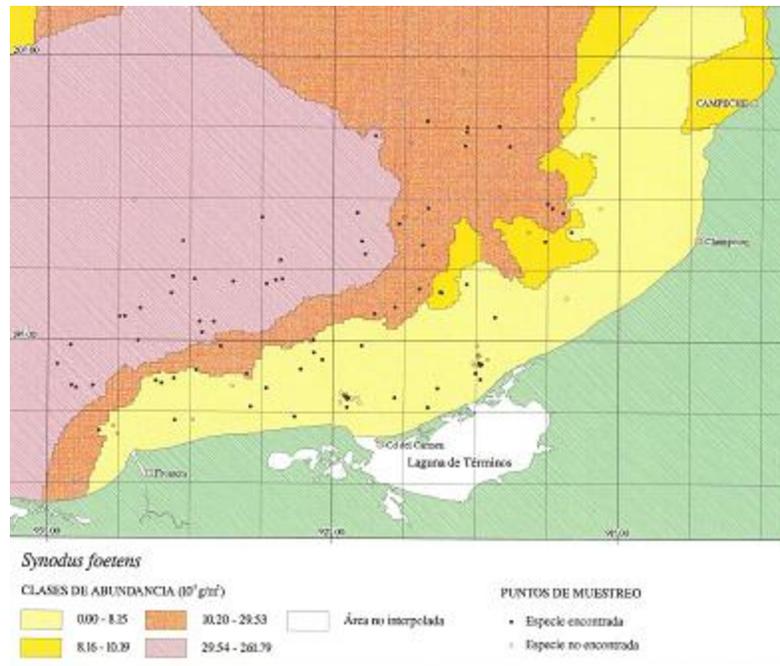


Lámina 25. Nombre de la especie : *Synodus foetens* (Linnaeus) (Pisces : Synodontidae)  
 Nombre común / Common Name : Chile, Lagartija / Lizard-fish. La distribución espacial de *Synodus foetens*, muestra relación con el gradiente batimétrico, la mayor abundancia se presenta en profundidades > 20m. Este patrón marino se encuentra asociado a la descarga de las bocas estuarinas y los ríos de la región. Se observa una tendencia a ocupar la provincia terrígena y las áreas de fondos limosos.

# ANEXO 2