

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

**MODELO DE SIMULACIÓN DE LA COMUNIDAD DE PECES EN EL
ÁREA NATURAL PROTEGIDA LAGUNA DE TÉRMINOS,
CAMPECHE, MÉXICO.**

Tesis que para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas

PRESENTA

LUIS AMADO AYALA PÉREZ

Comité Tutorial:

DR. MARGARITO TAPIA GARCÍA

DRA. MA. GUADALUPE MIRANDA ARCE

DR. ISAÍAS SALGADO UGARTE

Julio, 2006

El doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Posrados 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

LUIS AMADO AYALA PÉREZ

Jurado:

Nombre

Firma

Tutor: Dr. Margarito Tapia García

Asesor: Dra. Ma. Guadalupe Miranda Arce

Asesor: Dr. Isaías H. Salgado Ugarte

Sinodal: Dr. Domingo Flores Hernández

Sinodal: Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

DEDICATORIA

Con todo mi Amor por la Familia que me han ayudado a construir

Ofelia, Luis Miguel y Pedro Julian

A mis Papás por el respaldo constante con todo mi agradecimiento, respeto y cariño

Luis y Gloria

A mis Hermanos por las grandes aventuras que nos ha tocado compartir

Martha de la Salud

Pedro Benito

Pablo Marcelo

Patricia Margarita

AGRADECIMIENTOS

A las siguientes Instituciones por el respaldo financiero, de infraestructura y administrativo:

- Universidad Autónoma Metropolitana
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – Fondo Justo Sierra
- Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche
- Estación El Carmen de la Universidad Nacional Autónoma de México

A las siguientes personas por su apoyo en distintos momentos del desarrollo de este trabajo:

- M. en C. Arturo Aguirre-León
- Dra. Julia Ramos Miranda
- Biól. Oscar Chávez Rivero
- Biól. Víctor Alfredo Nava Hernández
- Biól. Andrea Gómez Montes
- Biól. Hernán Álvarez Guillen
- Biól. Obed A. Avilés Alatraste

RESUMEN

El área de protección de flora y fauna Laguna de Términos en el estado de Campeche, es una región que tiene gran importancia científica, social y económica por su biodiversidad, abundancia de recursos naturales de interés comercial, actividad pesquera de alta incidencia en el camarón, producción de alimento por cultivo, actividades de exploración y explotación de petróleo e iniciativas de acuicultura en zonas inundables.

Diversos reportes manifiestan la preocupación por los niveles de deterioro ambiental y el efecto de las actividades antropogénicas sobre los niveles de biodiversidad, sin embargo, es evidente la necesidad de estudios que continúen con las tareas de evaluación de recursos, de monitoreo de procesos ecológicos y de desarrollo de estrategias de conservación y uso sustentable.

La macro fauna más importante de la comunidad acuática de los sistemas comprendidos en el área natural son los peces; la cual presenta características particulares de abundancia, diversidad y distribución en espacio y tiempo y utiliza los distintos hábitat para cubrir parte de sus ciclos de vida. Muchas especies son recursos pesqueros actuales o potenciales y otras son el vehículo de transferencia de grandes cantidades de energía, lo cual indica su valor ecológico.

Esta Tesis presenta una integración de la información existente para cada uno de los subsistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos, así como para la propia cuenca lagunar haciendo énfasis en los modelos de dinámica poblacional de las especies de peces más importantes por su abundancia y desarrollando un modelo de simulación de los patrones de comportamiento de dichas especies en el ecosistema. Se hacen consideraciones sobre el nivel de impacto ambiental en la región y se destacan a las especies de peces que constituyen recursos pesqueros de alta importancia económica comparando magnitudes de intercambio con ecosistemas adyacentes. De esta forma el objetivo planteado es: Desarrollar un modelo de simulación que describa los procesos más importantes de transferencia de energía de la comunidad de peces en la Laguna de Términos considerando el desarrollo de los ciclos de vida de las especies dominantes y de importancia económica.

En los resultados se describe la variabilidad espacio-temporal de las condiciones ambientales y de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces. De manera conjunta, la comunidad de peces para el área natural queda representada por un total de 129 especies agrupadas en 44 familias y 102 géneros. Considerando el número total de individuos y el peso total (53,694 individuos y 1,241.8 kg) de todas las especies capturadas en los cinco subsistemas ecológicos, y considerando el índice de importancia se han identificado a las especies dominantes que en conjunto representan al 81.1% en número de individuos y al 81.7% en peso de la captura total. Las especies dominantes son: *Cathorops melanopus*, *Diapterus rhombeus*, *Sphoeroides testudineus*, *Eugerres plumieri*, *Bairdiella chrysoura*, *Bairdiella ronchus*, *Archosargus rhomboidalis*, *Ariopsis felis*, *Eucinostomus gula*, *Chaetodipterus faber*, *Cetengraulis edentulus*, *Bagre marinus*, *Micropogonias undulatus* y *Cynoscion arenarius*.

Para cada una de las especies dominantes de la región, se han determinado los principales parámetros poblacionales tales como la relación talla-peso, la estructura por tallas, la frecuencia de aparición en escala temporal y espacial y los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy así como la mortalidad y el patrón de reclutamiento. Se describe el comportamiento de la abundancia en escala temporal con base en el análisis georreferenciado de la densidad para las temporadas de lluvias y secas. También se precisa el espectro trófico de cada especie con base en el análisis de contenidos estomacales.

La matriz de densidad por estación y mes de las especies dominantes fue analizada mediante una técnica cluster para identificar asociaciones jerárquicas. De esta manera se ha encontrado que *Cathorops melanopus* (CAME) se asocia con *Diapterus rhombeus* (DIRH), *Sphoeroides testudineus* (SPTTE) y *Eugerres plumieri* (EUPL), en un primer grupo, el segundo grupo queda integrado por *Eucinostomus gula* (EUGU), *Chaetodipterus faber* (CHFA) y *Archosargus rhomboidalis* (ARRH) y el tercer grupo lo constituye *Micropogonias undulatus* (MIUN), *Bairdiella ronchus* (BARO), *Bairdiella chrysoura* (BACH), *Arius felis* (ARFE), *Cetengraulis edentulus* (CEED), *Cynoscion arenarius* (CYAR) y *Bagre marinus* (BAMA). Lo cual permite establecer las bases para la construcción de un modelo conceptual.

El análisis particular de cada una de las asociaciones integrando los patrones de abundancia, distribución y estructura por tallas, permite identificar al menos tres estrategias generales de uso del ecosistema: La primera asociación muestra una estrategia de uso permanente y considera al conjunto de especies que desarrollan todo su ciclo de vida dentro del sistema. Se encuentran perfectamente adaptadas a condiciones estuarinas. A pesar de la selectividad del arte de pesca se observa una estructura por tallas con alta frecuencia de tallas grandes. Normalmente se encuentra distribuidas en hábitat claramente delimitados y tienen un espectro trófico amplio pero representativo de la disponibilidad en el hábitat. La segunda estrategia de uso considera a especies que para el desarrollo de su ciclo de vida han incorporado una visita temporal asociada a una condición ambiental definida por la época climática: Existe un detonador de la migración. Se identifican como funciones de fuerza al volumen de descarga de los ríos asociados con un efecto con retraso de la temporada de lluvias y que se refleja en la disminución de la salinidad y por otra parte el estiaje que se ve reflejado en la temperatura del agua. El ingreso a estos sistemas es por tallas pequeñas, esto es, organismos juveniles que buscan alimentarse y crecer. El tercer esquema de uso identifica a todas las especies que utilizan de manera intensiva del sistema pero con un patrón de distribución y abundancia asociado a condiciones ambientales muy particulares y efímeras. Son especies mejor representadas en la plataforma continental adyacente que tienen baja tolerancia a la disminución de la salinidad y al incremento de la temperatura del agua, tienen hábitos de alimentación más estrictos. Este grupo es el más diverso.

Con la intención de estructurar el modelo de simulación se ha incorporado el comportamiento general de los productores como la fuente de alimentación. Los productores principales considerados son el manglar y los pastos marinos dada su magnitud de aporte a la cadena del detritus. El pulso máximo de aportación de biomasa se presenta hacia la parte inicial de la época de secas cuando disminuye la temperatura y la frecuencia de vientos del norte se incrementa.

De esta forma el modelo de simulación que se desarrolla considera cuatro módulos denominados: Productores, Residentes, Visitantes Cíclicos y Visitantes Ocasionales.

El módulo de productores integra a los dos productores más importantes del sistema en estudio que son el manglar y los pastos marinos. Para fines de la construcción del modelo se consideran como funciones de fuerza al sol y la marea. La respuesta de este módulo arroja un comportamiento donde se aprecia que durante un ciclo anual la mayor producción proveniente del manglar y de los pastos se presenta durante la época de secas cuando la frecuencia de vientos del norte se incrementa, por consecuencia se presenta acumulación de materia orgánica y se incrementa gradualmente la producción de detritus.

El módulo Residentes considera el desarrollo completo del ciclo de vida de las especies dentro del sistema. La reproducción y reclutamiento son los procesos que mejor reflejan el acoplamiento a la variabilidad ambiental, en particular la temperatura. La mortalidad se considera principalmente de ídole natural por efectos de depredación.

El módulo Visitantes Cíclicos considera la visita temporal al sistema, particularmente en estadios juveniles que buscan alimento y refugio. Se considera que detonador ambiental que dispara y condiciona los procesos de inmigración y emigración del sistema es la precipitación. La precipitación afecta los gradientes de salinidad principalmente por el volumen de descarga de los ríos asociados. En el modelo se enfatiza que la abundancia de los juveniles tiene una respuesta al detonador ambiental en tanto que los adultos se mantienen en un nivel de estabilidad.

Finalmente el módulo Visitantes Ocasionales considera a las especies que utilizan al sistema de manera muy precisa en periodos de tiempo cortos y que presentan niveles altos de tolerancia a la variabilidad ambiental pero que sin embargo sus preferencias son hacia hábitat de mayor estabilidad ambiental. El ingreso al sistema esta condicionado por una interacción compleja entre variables ambientales. En el modelo solo se consideran la temperatura, precipitación, vientos del norte y volumen de descarga de los ríos. Este módulo es el que mayor posibilidad de simulación tiene, sin embargo para los fines del presente trabajo se muestra como resultado la incorporación de migrantes al sistema en un periodo que comprende desde el final de la época de lluvias y se continúa hacia avanzada la época de secas.

La región de Laguna de Términos y pantanos asociados ha merecido su catalogación como área natural protegida con la categoría de área de protección de flora y fauna dados sus niveles de productividad primaria y secundaria, altos valores de diversidad y abundancia de una compleja comunidad biótica y alta capacidad de amortiguamiento a presiones antropogénicas. A pesar de esta condición, se sigue identificando un importante incremento en la destrucción y/o modificación de diversos hábitat por efecto de deforestación, alteraciones en el caudal de los ríos, sobreexplotación de recursos, asentamientos humanos irregulares y contaminación.

Evidentemente los alcances de los resultados de este tipo de investigación van en la dirección de un conocimiento más profundo de los sistemas y sus recursos, mejor entendimiento de los mecanismos de interacción entre condiciones ambientales y patrones bióticos, en su caso, la

generación de modelos que permitan predecir comportamientos bajo distintas condiciones, y finalmente, tener mejores elementos para la toma de decisiones en aspectos de uso y conservación de sistemas y recursos costeros tropicales.

En esta región se conjugan actividades productivas y extractivas tales como la pesca, agricultura y explotación petrolera, por tanto es necesario profundizar en el conocimiento ecológico integral, como base de información para la toma de decisiones sobre políticas de crecimiento y desarrollo regional. Entre los puntos más importantes que a nuestro juicio deben ser observados para incorporarlos en acciones de manejo y conservación de estos sistemas se encuentra en primer lugar el mantenimiento del volumen de descarga de los ríos asociados, y el mantenimiento de la calidad del agua. El gran riesgo que se corre en este tipo de sistemas es que cualquier alteración dentro de la planicie costera se ve reflejado tarde o temprano y en mayor o menor medida en la estructura y función ecológica.

Finalmente es necesario “traducir” los procesos ecológicos a un concepto de valor antropocéntrico (que es el que mejor entendemos), de tal forma que en función de los beneficios directos e indirectos que recibimos por la función que de forma natural realizan estos sistemas y sus recursos, se apliquen las acciones necesarias para conservarlas.

En una región tan vasta como la que aquí se ha descrito, las actividades de vigilancia para evitar o disminuir estos impactos parece casi imposible, sin embargo con base en investigación sobre el tamaño de estas poblaciones y una buena inversión en educación ambiental y en un programa de incentivos para la conservación a los pobladores de esta región, desde nuestro punto de vista tendría buenos resultados.

ABSTRACT

Terminos Lagoon is a protected area in Campeche, México. This region has economical, social and scientific importance because it has high level of biodiversity, abundance of economic resources, fisheries activities focused mainly on shrimp, food production by agriculture, oil industry (exploration and exploitation) and aquaculture initiatives. The concern about the environmental and biodiversity level decline due to antropogenic activities has been reflected in many scientific contributions, however, it is necessary to continue with research on resource assessment, environmental and ecological monitoring leading to develop management strategies for it conservation and sustainable use.

The most conspicuous macro fauna into the aquatic community of this natural area are the fish. The fish community shows high abundance and diversity, wide distribution in space and time and it uses different habitats across their life cycles.

This work presents an integration of the existing information for each one of the fluvial-lagoon subsystems associated to the Terminos lagoon, as well as that for the lagoon basin itself, emphasizing the dynamic models for the most important fish populations. A simulation model considering the abundance and behavior patterns of such species is developed. The environmental impact level in the region is discussed and the interchange between adjacent ecosystems with high economically important fisheries resources is compared.

Therefore, the objective of this research is to develop a simulation model that depicts the most important processes of energy transference into the fish community of Terminos Lagoon considering the development of life cycles of dominant and economically important species.

The results describe the environmental variability and the abundance and diversity of fish community of each one of the subsystems, with spatial-temporal comparisons. The fish community for the natural area is represented by a total of 129 species grouped in 44 families and 102 genera. Considering the importance index and the total number of individuals with the total weight (53,694 individuals and 1,241.8 kg) of all the species captured in the five ecological subsystems, the dominant species have been identified. The dominant species represent the 81.1% in number of individuals and the 81.7% in weight of the total capture. The dominant species are: *Cathorops melanopus*, *Diapterus rhombeus*, *Sphoeroides testudineus*, *Eugerres plumieri*, *Bairdiella chrysoura*, *Bairdiella ronchus*, *Archosargus rhomboidalis*, *Ariopsis felis*, *Eucinostomus gula*, *Chaetodipterus faber*, *Cetengraulis edentulus*, *Bagre marinus*, *Micropogonias undulatus* and *Cynoscion arenarius*.

For each one of the dominant species in the region, the main population parameters have been determined such as the Weight-Length relationship, structure by length, and appearance frequency in temporal scale, the parameters of von Bertalanffy model as well as the mortality and the recruitment pattern. The abundance pattern in temporal scale is described considering the rain and dry seasons. Spatial distribution of the density is described by diagrammatic models in a geospatial scale. Also the trophic spectrum for each species is determined by the stomach contents analysis.

Hierarchical associations between the dominant species are described analyzing the matrix of density by station and month by means of a cluster technique. In a first group *Cathorops melanopus* (CAME) is associated with *Diapterus rhombeus* (DIRH), *Spherooides testudineus* (SPTE) and *Eugerres plumieri* (EUPL), the second group is integrated by *Eucinostomus gula* (EUGU), *Chaetodipterus faber* (CHFA) and *Archosargus rhomboidalis* (ARRH) and the third group constitutes *Micropogonias undulatus* (MIUN), *Bairdiella ronchus* (BACH), *Bairdiella chrysoura* (BACH), *Arius felis* (ARFE), *Cetengraulis edentulus* (CEED), *Cynoscion arenarius* (CYAR) and *Bagre marinus* (BAMA). This allows establishing the bases for the construction of a conceptual model.

Three general use strategies of the ecosystem have been identified considering the abundance patterns, length structure and the hierarchical associations. The first association shows a strategy of permanent use and considers to the set of species that develop all their life cycles within the system. They are adapted perfectly to estuarine conditions. In spite of the gear selectivity a length structure with high frequency of great lengths is observed. Normally their habitat is clearly delimited and they have wide trophic spectrum but representative of the habitat availability.

The second use strategy considers to species that development a portion of their life cycles within the system in advantage of environmental conditions specified by the climatic season. A climatic detonator of the migration exists. The force function is the rivers unloading with an effect on the salinity gradient in the rainy season and the water temperature in the dry season. Small lengths come in the system looking for food and refuge for growing.

The third scheme of use identifies to all the species that use intensively the system but with a distribution and abundance patterns associated to particular and ephemeral environmental conditions. They are species represented better in the adjacent continental shelf and they have low tolerance to the decrease of the salinity and the increase of the water temperature. They have stricter feeding habits. This group is the most diverse.

The Producer module has been incorporated in the model because is the base for the detritus food chain. The main producers are manglar and seagrass because the comparative biomass contribution. The maximum pulse of biomass contribution appears towards the initial portion of the dry season when the temperature decrease and the wind frequency of the north “nortes” is increased.

In this way, the simulation model has been developed with four modules named: Producers, Residents, Cyclic visitors and Occasional visitors.

The force functions in the Producers module are the sun and the tides. The simulation model let observe the increase in the biomass contribution during the dry season when the “nortes” increase, consequently the detritus production increase gradually.

The Residents module considers the complete development of life cycles species within the system. The reproduction and recruitment are the processes that reflect the accomplishment with the environmental variability, specially the temperature. Mortality is considered of ídole

natural mainly by depredation effects.

The Cyclic Visitors module considers the temporal stay within the system, particularly by juveniles looking for food and refuge. The immigration and emigration processes are started by the precipitation like environmental detonator. The precipitation affects the salinity gradients mainly by the volume of discharge of the associated rivers. The model emphasizes that the abundance of the youthful has an answer to the environmental detonator while the adults are in a stability level.

Finally, the Occasional Visitors module considers to the species that utilize the system by short time and that they present high levels of tolerance to the environmental variability but that nevertheless they preferences are toward habitat of greater environmental stability. The income to the system is conditioned by a complex interaction among environmental variables. In the model are considered the temperature, precipitation, "nortes" and discharge volume of the rivers. The simulation possibility in this module is comparatively greater, nevertheless it show the migrant income to the system in a period among the end of rainy season and the middle of the dry season.

The Terminos Lagoon region has been cataloged as natural protected area with the category of flora and fauna protection by its levels of primary productivity, secondary production, diversity and abundance values of a complex biotic community and resilience capacity. However the increment in destruction and modification of diverse habitat by effect of deforestation, change in the discharge volume of the rivers, overexploitation of resources, irregular human establishments and contamination are increasing.

A goal of this work is to contribute to improve the knowledge of these systems and its resources, to improve our understanding of the interaction between environmental conditions and biotic patterns, to built models that permit to predict behaviors under different conditions, and finally, to have better elements for it takes of decisions in aspects of use and conservation of systems and tropical coastal resources.

The extractive and productive activities such as the fishing, agriculture and oil industry coexists in the region, therefore is necessary an integral ecological knowledge as base of decisions on economic growth politics and regional development. Among the most important points than should be observed and incorporated in management actions for conservation of these systems are the maintenance of the discharge volume of the associated rivers, and maintenance of the water quality. The great risk in this natural area is that any alteration inside the coastal plain is reflected in the structure and ecological function of these systems.

Finally, it is necessary "to translate" the ecological processes to a concept of anthropocentric value (that is the one that we understand better). The natural function of these systems and its resources should be protected considering all the direct and indirect benefits to the human.

The vigilance activities in the natural protected area is almost imposible because it's territorial extension, nevertheless the support to research, environmental education and incentives programs should be increased and developed.

INDICE

INTRODUCCIÓN	14
ANTECEDENTES	17
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
ÁREA DE ESTUDIO	21
Sistema Laguna de Términos	25
Sistema Pom-Atasta	26
Sistema Palizada-Del Este	28
Sistema Chumpam-Balchacah	29
Sistema Candelaria-Panlau	31
MATERIAL Y MÉTODO	33
Trabajo de Campo	33
Trabajo de Laboratorio	35
Trabajo de Gabinete	36
RESULTADOS	43
Sistema Palizada-Del Este	43
Sistema Chumpam-Balchacah	49
Sistema Pom-Atasta	56
Sistema Candelaria-Panlau	63
Sistema Laguna de Términos	71
Especies Dominantes	79
<i>Cathorops melanopus</i>	84
<i>Diapterus rhombeus</i>	88
<i>Sphoeroides testudineus</i>	93
<i>Eugerres plumieri</i>	98
<i>Bairdiella chrysoura</i>	103
<i>Bairdiella ronchus</i>	108
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	113
<i>Ariopsis felis</i>	118
<i>Eucinostomus gula</i>	123
<i>Chaetodipterus faber</i>	128
<i>Cetengraulis edentulus</i>	133
<i>Bagre marinus</i>	137
<i>Micropogonias undulatus</i>	141
<i>Cynoscion arenarius</i>	145

Modelo Conceptual _____	152
Modelo de Simulación _____	155
DISCUSIÓN _____	167
Comportamiento ambiental _____	169
Estructura de la comunidad de peces _____	174
Sistemas fluvio-lagunares _____	174
Sistema Laguna de Términos _____	178
Especies dominantes _____	181
Estrategias de Uso _____	189
LITERATURA CITADA _____	196

INTRODUCCIÓN

El área de protección de flora y fauna Laguna de Términos en el estado de Campeche, está constituida por una de las lagunas costeras más grandes en el Golfo de México, y por el conjunto de pantanos fluvio-deltáicos más importante después de los pantanos asociados al río Mississippi. Su superficie es de 7,061.47 km²; 1,662 km² corresponden al cuerpo de agua de la laguna y el resto a la plataforma continental y pantanos asociados (Anónimo, 1994).

La región tiene importancia científica, social y económica por su biodiversidad, la abundancia de recursos naturales renovables de interés comercial, la actividad pesquera de alta incidencia en el camarón, la producción de alimento por cultivo (arroz entre otros), las actividades de exploración y explotación de petróleo y por las iniciativas de acuicultura en zonas inundables bajo un régimen de tenencia de la tierra tanto privada como ejidal, entre otros.

Diversos reportes manifiestan la preocupación por los niveles de deterioro ambiental y el efecto de las actividades antropogénicas sobre los niveles de biodiversidad en esta región (Lara-Domínguez *et al.* 1990). Sin embargo, todavía es evidente la necesidad de estudios que continúen con las tareas de evaluación de recursos, de monitoreo y de desarrollo de estrategias de conservación y uso sustentable. Algunas referencias de consulta obligada son: Yáñez-Arancibia y Day (1988), Botello *et al.* (1996), Villalobos-Zapata *et al.* (1999).

Diversos estudios ecológicos han ayudado a conocer la estructura y la función del sistema Laguna de Términos y se coincide en definirlo como un “puente ecológico” entre la planicie costera y la porción proximal de la plataforma continental de la Sonda de Campeche (Yáñez-

Arancibia *et al.* 1980; Yáñez-Arancibia y Day, 1982).

Los sistemas fluvio-lagunares son áreas de almacenamiento y transporte de sedimentos, materia orgánica, nutrientes, detritos y organismos, y están sujetos a presiones ambientales definidas principalmente por los volúmenes de descarga de los ríos asociados, los niveles de marea, la geomorfología, el tipo y abundancia de la vegetación asociada y la temporada climática (Rojas-Galavíz *et al.* 1990). Funcionan como “hábitat” de diversas comunidades bióticas acuáticas (plancton, bentos y necton) y terrestres (manglar, llanuras de inundación, aves, reptiles y pequeños mamíferos, entre otras), además, se identifican algunas actividades humanas a las que están asociados directa e indirectamente, entre las cuales sobresalen la pesca, la agricultura y la explotación petrolera, que en mayor o menor medida se han identificado como las principales fuentes de impacto (Day y Yáñez-Arancibia, 1988).

La macro fauna más importante de la comunidad acuática de estos sistemas son los peces; ésta presenta características particulares de abundancia, diversidad y distribución en espacio y tiempo y utiliza los distintos hábitat para cubrir parte de sus ciclos de vida. Muchas especies son recursos pesqueros actuales o potenciales y otras son el vehículo de transferencia de grandes cantidades de energía, lo cual indica su gran valor ecológico. Existen contrastes en el estado actual de algunas especies, por ejemplo el peje lagarto *Atractosteus tropicus* es una especie que se encuentra bajo el concepto de amenazada, en tanto que otros peces de la familia Cichlidae (mojarras de agua dulce), además de su abundancia, se encuentran en un proceso muy importante de diversificación (Ayala-Pérez y Avilés Alatraste, 1991; Ayala-Pérez *et al.* 1998).

Los trabajos encaminados a describir y analizar el comportamiento ambiental y la estructura de las comunidades bióticas en ecosistemas costeros tropicales, se encuentran con mucha frecuencia en la literatura científica contemporánea (Ayala-Pérez *et al.* 1993; Ansari *et al.* 1995; Archambault y Bourget, 1996), lo que indica la relevancia y necesidad de generar conocimiento por distintas razones, entre las cuales destacan la evaluación de la biodiversidad, la identificación de hábitat y especies críticas, la evaluación del grado de deterioro, el uso y conservación de recursos naturales, la potencialidad económica, entre otras.

Todos estos aspectos tienen que abordarse con un enfoque de sistemas, aproximándose a la descripción y análisis de la estructura y la función mediante modelos. Si bien el desarrollo de modelos ecológicos como estrategia metodológica no es nueva, el uso de la computadora para hacer simulaciones con dichos modelos es una práctica reciente y las técnicas de análisis cada vez son mas completas. La revista *Ecological Modelling* publica los avances en este campo y algunos ejemplos son: Jorgensen (2002) y Reynolds (2002).

En este sentido el presente trabajo se propone presentar una integración de la información existente para cada uno de los subsistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos, así como para la propia cuenca lagunar haciendo énfasis en los modelos de dinámica poblacional de las especies de peces más importantes por su abundancia y desarrollando un modelo de simulación de los patrones de comportamiento de dichas especies en el ecosistema. Se hacen consideraciones sobre el nivel de impacto ambiental en la región y se destacan a las especies de peces que constituyen recursos pesqueros de alta importancia económica comparando magnitudes de intercambio con ecosistemas adyacentes.

ANTECEDENTES

En la Laguna de Términos se han realizado numerosos estudios ictiológicos desde 1971. Estos han abordado diversos aspectos como son la composición específica de las comunidades de peces; el análisis de la estructura de las comunidades en los diferentes hábitat; la descripción de la dinámica de poblaciones de las especies dominantes respecto a sus patrones de abundancia, reproducción y hábitos alimentarios; el análisis de la interacción de las comunidades de peces de la Laguna con las de los sistemas fluvio-lagunares; la descripción de los patrones migratorios de las poblaciones dominantes y la descripción de las fluctuaciones en la diversidad y abundancia de las especies con relación al comportamiento ambiental de la Laguna de Términos (Reséndez, 1981a; Reséndez, 1981b; Mallard-Colmenero *et al.* 1982; Chavance *et al.* 1984; Álvarez-Guillén *et al.* 1985; Aguirre-León y Yáñez-Arancibia, 1986; Caso-Chávez *et al.* 1986; Chavance *et al.* 1986; Lara-Domínguez *et al.* 1988; Yáñez-Arancibia *et al.* 1988b; Yáñez-Arancibia y Aguirre-León, 1988; Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1988; Ayala-Pérez *et al.* 1995; Ramos-Miranda *et al.* 1999; Ayala-Pérez *et al.* 2003, entre otros muchos). La primera descripción de la comunidad de peces de los cuatro sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos, la presentan Amezcua-Linares y Yáñez-Arancibia (1980).

En el sistema Palizada-del Este, existen trabajos sobre el análisis de la variabilidad ambiental, considerando la influencia de los cambios hidrológicos en la abundancia de peces (Fuentes-Yaco, 1990), sobre la composición de especies de peces en la Laguna del Vapor, utilizando un arte de pesca pasivo (Morales, 1986), análisis de la estructura de la comunidad de peces de

acuerdo a su nicho y por su frecuencia de ocurrencia (residentes, visitantes cíclicos y visitantes ocasionales) (Rojas-Galavíz *et al.* 1988 y Ayala-Pérez *et al.* 1996), la evaluación de la dinámica de poblaciones de especies con dominio ecológico y potencial pesquero Ayala-Pérez (1989) y la integración de aspectos de diversidad de la vegetación sumergida con la estructura de la comunidad de peces, abordando la evolución geomorfológica del sistema (Vera-Herrera *et al.* 1988b).

En el caso de los sistemas Chumpam-Balchacah, Pom-Atasta y Candelaria-Panlau los estudios realizados son escasos y solo se cuenta con reportes técnicos de investigación que presentan los parámetros ambientales y las especies capturadas para un ciclo anual (Ayala-Pérez *et al.* 1992; Nitsch, 1992; Ayala-Pérez *et al.* 1995; Ayala-Pérez y Avilés Alatríste, 1997; Ayala-Pérez *et al.* 1998; Bernal, 2000).

Las investigaciones realizadas en los sistemas fluvio-lagunares sugieren que, por su función, son responsables de procesos físico-químicos y biológicos tales como mezcla, amortiguamiento, gradiente de salinidad, aporte de nutrientes, descomposición de materia orgánica, reclutamiento, crecimiento, reproducción, crianza y alimentación de numerosas especies de la comunidad de peces, además de constituir reservas naturales de fauna y flora (Vera-Herrera *et al.* 1988b; Ayala-Pérez *et al.* 1993).

Algunas referencias internacionales que han sido revisadas para contrastar los enfoques conceptuales en el estudio de distribución, abundancia y diversidad de comunidades de peces en sistemas costeros son los siguientes: Sedberry y Carter (1993), Rojas *et al.* (1994), Blaber *et al.* (1995), Archambault y Bourget (1996), Cowan *et al.* (1996), Gibson *et al.* (1996),

Halliday y Young (1996), Jones *et al.* (1996), Kimani *et al.* (1996), Pusey y Kennard (1996), Sánchez-Velasco *et al.* (1996), West (2002), Potter *et al.* (2001).

En los aspectos metodológicos que permiten comparar y discutir los resultados se citan las siguientes referencias: Reyes *et al.* (1994), Ansari *et al.* (1995), Savenkoff *et al.* (1995), Reynolds (2002), Odum.H.T (2002).

Para la comparación y validación de resultados, en cuanto a correlación entre parámetros ambientales y ecológicos, algunas referencias consultadas son: Blaber *et al.* (1995), Barbier y Strand (1998), Baran y Hambrey (1999), Blanc *et al.* (2001).

Sobre dinámica de poblaciones, modelos talla-peso, crecimiento, mortalidad y reclutamiento algunas referencias consultadas son: Austin (1971), Vidal (1985), Chavance *et al.* (1986), Tapia García *et al.* (1988), Ayala-Pérez *et al.* (1995), Guerrero (1997), Gamito (1998), Flores-Hernández *et al.* (2000), Godefroid *et al.* (2001), Galindo (2002), Amezcua *et al.* (2006).

Sobre aspectos de modelación ecosistémica las aproximaciones son muy diferentes sin embargo por el uso del programa de computación Stella, algunas de las referencias consultadas son: Reyes *et al.* (1994), Bernal (2000), Jorgensen (2002), Gertseva *et al.* (2004).

Finalmente en los argumentos de discusión en cuanto a manejo y conservación de sistemas estuarinos existe abundante información publicada y se refieren los trabajos de: Day y Yáñez-Arancibia (1988), Barbier (1993), Imperial y Hennessey (1996), Baran y Hambrey (1999), Adger y Luttrell (2000), Barrett y Lybbert (2000), Mitsch y Gosselink (2000), Villalobos-Zapata *et al.* (1999).

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de simulación que describa los procesos más importantes de transferencia de energía de la comunidad de peces en la Laguna de Términos considerando el desarrollo de los ciclos de vida de las especies dominantes y de importancia económica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar los modelos de crecimiento, mortalidad, y reclutamiento de especies de interés ecológico y pesquero a partir del análisis de frecuencia de tallas.

Generar modelos de dinámica e interacción trófica de las especies dominantes y de interés pesquero.

Desarrollar un modelo de dinámica espacial por temporada climática y estacional de la comunidad de peces representada por las especies dominantes.

Generar un modelo diagramático y de simulación de la comunidad de peces destacando la interacción entre poblaciones y de estas a su vez con el marco ambiental.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de protección de flora y fauna de Laguna de Términos se ubica en la zona costera del estado de Campeche, entre el río San Pedro y San Pablo y el área de drenaje del estero de Sabancuy con una superficie de 706,147-67-00 ha. Se encuentra ubicada en los municipios de Carmen, Palizada y Champotón (Anónimo, 1997).

El municipio del Carmen tiene una extensión territorial de 9,720.09 km² que representa el 17.1% de la superficie del estado, carece de sistemas montañosos, su superficie es plana con pendientes menores al 0.3%, así, la orografía está constituida por una planicie ligeramente inclinada de este a oeste, sin elevaciones de consideración, por lo que se define como un terreno de escasa deformación geográfica. La altitud va de un metro en la región costera y se incrementa a medida que se adentra al municipio, alcanzando una altura máxima de 85 metros sobre el nivel del mar en la parte este; la zona noroeste, cercana a la Laguna de Términos, es la parte más baja del municipio, tiene una altura de 0 a 10 metros sobre el nivel del mar. Ciudad del Carmen tiene una altura de 2 metros sobre el nivel del mar. En este municipio se localiza la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, que mantiene un régimen de corrientes poco irregulares a través del año, registrándose los mayores caudales en la época de lluvias de verano y otoño, con una disminución en invierno y primavera.

Las lagunas que destacan en el municipio son: Pom, Panlau, Balchacah, Atasta y Términos. Esta última es una laguna costera de agua salada que cuenta con una superficie de 160 mil hectáreas. En la actualidad, en esta región 705,016 has. son consideradas área de protección para la flora y fauna de la región (Yáñez-Arancibia *et al.* 1993).

Tres clases de clima prevalecen en la región: cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, que cubre 24.1% de la superficie municipal, particularmente la región sur y oeste del municipio, donde colinda con Palizada y el estado de Tabasco; cálido subhúmedo con lluvias en verano y alto grado de humedad, característico en 43.6% del territorio municipal; y cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad relativa, que cubre 32.3% de superficie municipal (García, 1988).

El municipio se caracteriza por tener las siguientes clases de suelo:

Gleysol sálico: Se encuentra en la zona ístmica, esta formado por suelos de acumulación de materias orgánicas en el que se estanca el agua, es arcilloso y pesado. Su vegetación natural es pastizal, cañaveral y tular. Representa el 26% del total de la superficie del municipio.

Vertisol pélico: Se encuentra en zonas con escasa o nula pendiente. Se caracteriza por ser profundo y compuesto de arcilla y capa orgánica. Es de media a alta fertilidad, con drenaje natural muy lento, adecuado para cultivo de arroz y ganadería bovina. Son suelos negros y rojizos susceptibles a la erosión. Representa el 16% de la superficie municipal.

Rendzinas líticas: Se localiza en los límites con el municipio de Champotón, son suelos jóvenes, poco profundos, aptos para la siembra de frutas y hortalizas. El 34% de la extensión territorial la compone este tipo de suelo.

Luisol gleyco: Localizados en una pequeña franja, son suelos que presentan altas concentraciones de sal sódica, características de las marismas, pantanos costeros y manglares. Susceptibles a la erosión, ocupan el 4% de la superficie del este del municipio.

Regosol eutrico: Suelos marinos de alta concentración de sal sódica que ocupan el 7% del municipio.

Litosol: Suelos sin desarrollo, con roca dura y escasa profundidad, abarca el 13% de la superficie total municipal (Gutiérrez-Estrada *et al.* 1982).

Esta región forma parte de la provincia fisiográfica llanura costera del golfo de México. La plataforma continental frente a la Laguna corresponde a los extremos sureste y suroeste de las provincias geológicas Bahía de Campeche y Sonda de Campeche. La bahía de Campeche es una extensión marina de la cuenca Macuspana-Tabasco, en tanto que la Sonda de Campeche es una amplia plataforma carbonatada con topografía casi llana hacia la subprovincia Península de Yucatán y terrígena hacia la subprovincia zona pantanosa de Tabasco.

La cuenca de la Laguna de Términos es el remanente de un cuerpo lagunar más extenso rellenado por el aporte de sedimentos y el desarrollo de llanuras aluviales de los ríos que fluyen hacia sus riberas sur y occidental, así como la acreción orgánica. La barrera litoral esta formada principalmente por varias series de antiguas líneas de playa.

La principal unidad geohidrológica esta constituida por materiales no consolidados de origen lacustre y palustre entre los que predominan las arcillas de baja permeabilidad, lo cual restringe mucho la posibilidad de almacenamiento de agua, incluye a las zonas circundantes a los ríos Candelaria, Chumpam, Marentes y Piñas, Palizada y San Pedro y San Pablo.

En la región de la Laguna de Términos desemboca una parte de la principal red hidrológica de la zona costera mexicana del Golfo de México, constituida por los ríos Mezcalapa, Grijalva y

Usumacinta, los cuales han desarrollado un amplio complejo fluvio-lagunar estuarino que incluye a los ríos Palizada, Chumpam y Candelaria, a las lagunas litorales Pom-Atasta-Puerto Rico, San Carlos y Del Corte y al sistema Palizada-Del Este-San Francisco-El Vapor, Balchacah, Chacahito y Panlau (González, 1974).

En la figura 1 se muestra la ubicación del área natural protegida Laguna de Términos incluyendo el cuerpo lagunar y la ubicación de los sistemas fluvio-lagunares asociados.

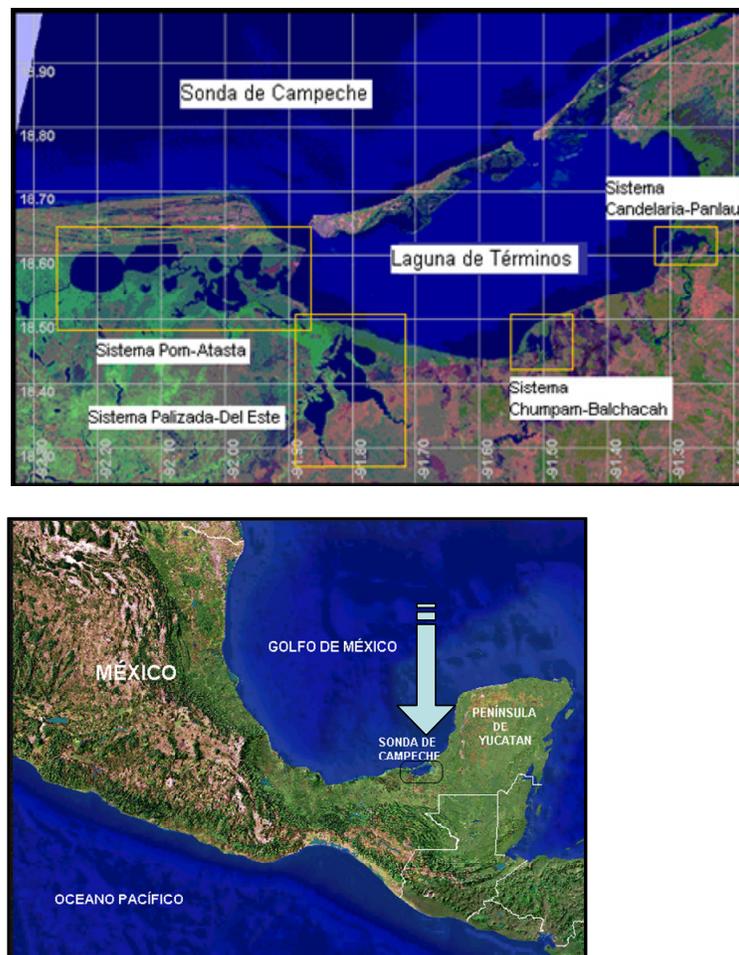


Figura 1. Ubicación geográfica de la Laguna de Términos y de los sistemas fluvio-lagunares asociados: Pom-Atasta, Palizada-Del Este, Chumpam-Balchacah y Candelaria-Panlau.

Sistema Laguna de Términos

La Laguna de Términos se localiza entre los meridianos 91°10' y 92° 00' de longitud Oeste y los paralelos 18° 20' y 19° 00' de latitud norte en el estado mexicano de Campeche, al sur del golfo de México. Es un sistema estuarino somero con profundidad promedio de 4 m conectado al mar a través de dos bocas, cada una de las cuales tienen una profundidad entre 14 y 18 m. La superficie aproximada de la Laguna es de 1662 km².

La boca de Puerto Real, con un ancho promedio de 3.2 km presenta aguas marinas transparentes y un notable delta interior. La boca del Carmen, con un ancho promedio de 3.8 km, es influenciada por las aguas del río Palizada, con abundantes terrígenos finos en suspensión que producen turbidez y forman un delta exterior, aquí se observa la mayor variación ambiental.

Diversos estudios detallan las condiciones ambientales tanto en escala espacial como temporal para la Laguna de Términos, por tanto se sugiere consultar los trabajos de Bravo-Núñez y Yáñez-Arancibia (1979), Álvarez-Guillén *et al.* (1985), Day y Yáñez-Arancibia (1988), Yáñez-Arancibia *et al.* (1988a), Ayala-Pérez *et al.* (2003).

En la figura 2 se muestran los principales rasgos geomorfológicos de la Laguna de Términos, además de los sitios de muestreo que se trabajaron para este estudio.

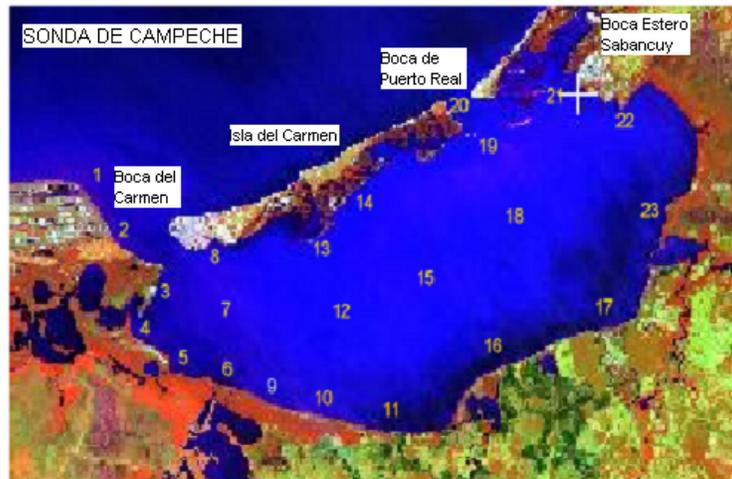


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo en la Laguna de Términos

Sistema Pom-Atasta

El sistema Pom-Atasta se encuentra en la porción occidental de la Laguna de Términos entre los 18°30' y 18°35' N y los 91°50' y 92°20' W (Fig. 3). Forma parte de la llanura costera de Campeche formada por los ríos Grijalva y Usumacinta (Gutiérrez-Estrada *et al.* 1982). Este sistema alargado y paralelo a la línea de costa, queda limitado por la Boca de Atasta, la cual lo comunica con la Laguna de Términos, y por la Laguna Colorada. Parte del drenaje estacional de agua dulce proveniente de los ríos San Pedro y San Pablo, en el límite entre los estados de Tabasco y Campeche, fluye a través del sistema.

Este sistema está formado por más de 10 lagunas interiores de dimensiones variables, con una superficie total aproximada de 300 Km² y una profundidad promedio de 2.7 m. Estas lagunas son de este a oeste: Lodazal, Loros, Puerto Rico, Palmas, San Carlos, Del Corte, Palancares, Atasta, Pom y Colorada. Atasta y Pom son las más grandes e incluyen bancos de almeja

(*Rangia cuneata*) y de ostión (*Crassostrea virginica*) actualmente productivos.

Presenta un gradiente estuarino con un intervalo de salinidad de 3 a 26 UPS que varía dependiendo de la época climática. La temperatura del agua oscila de 25.6 a 32.6°C y la transparencia del 20% al 83.3%. El oxígeno disuelto presenta variaciones muy amplias, desde 4.2 hasta 8.2 mL/L, según la localidad. El sistema está dominado por sedimentos limo arcillosos con gran cantidad de concha entera y bajo contenido de carbonato de calcio (<25%) (Amezcuca-Linares y Yáñez-Arancibia, 1980).

La vegetación sumergida, tipo praderas, es muy escasa y se localiza principalmente en las lagunas San Carlos y del Corte. El manglar circunda al sistema y se encuentra representado, en las partes más bajas, por *Rhizophora mangle*, seguido por *Avicenia germinans* y escasos árboles de *Laguncularia racemosa* (Ayala-Pérez *et al.* 1993).

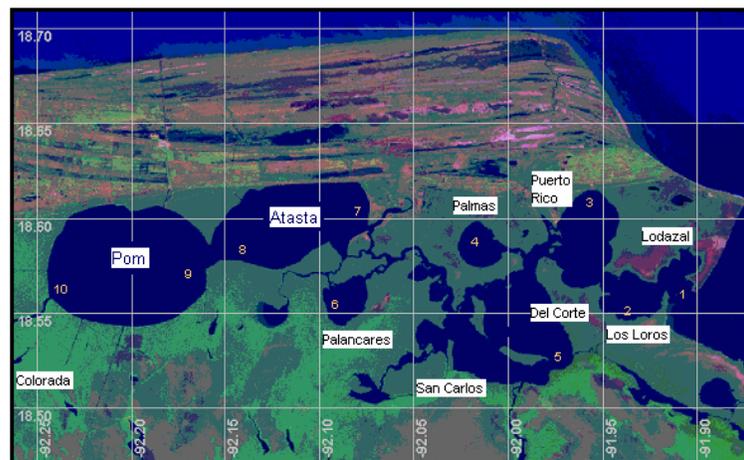


Figura 3. Ubicación geográfica del sistema Pom-Atasta. La numeración del 1 al 10 señala la localización de las estaciones de muestreo.

Sistema Palizada-Del Este

El sistema Palizada-Del Este, se localiza en la porción sur oeste de la Laguna de Términos. Su ubicación está comprendida entre los 18°29'13" y 18°29'04" N y los 91°44'36" y 91°51'31" W (Fig. 4). Incluye: a) la desembocadura del río Palizada en dos ramales y sus deltas respectivos; b) tres lagunas denominadas (de sur a norte) Laguna del Vapor, Laguna Del Este y Laguna San Francisco, con una superficie conjunta de 89 Km² aproximadamente; c) la desembocadura de tres ríos secundarios, Las Piñas y Marentes, que drenan en la porción sur de la Laguna del Vapor, y Las Cruces, que dreña en la porción sur este de la Laguna Del Este; d) la conexión entre el sistema y la Laguna de Términos, constituida por dos bocas de las cuales la occidental es la principal y se denomina Boca Chica.

El río Palizada es la primera rama del delta del río Usumacinta (Coll De Hurtado, 1975). Es un brazo estrecho y con numerosas sinuosidades de radio corto que tiene un volumen de descarga promedio anual de 11.9×10^9 m³ (Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia, 1985).

El sistema Palizada-Del Este presenta un intervalo de salinidad promedio de 0 a 8 UPS, temperatura de 22 a 31°C y transparencia de 48 a 66% (Ayala-Pérez, 1989).

La vegetación presente en el sistema esta representada por: angiospermas hidrófitas sumergidas, hidrófitas supralitorales características de las zonas dulceacuícolas, juncos, tules y pastos anuales y perennes (Vera-Herrera *et al.* 1988a; Vera-Herrera *et al.* 1988b). La vegetación circundante esta representada por manglar ribereño bien desarrollado (10-25 m), dominado por *Avicennia germinans*, se encuentra también *Rhizophora mangle* y en menor

proporción *Laguncularia racemosa* (Jardel et al. 1987).

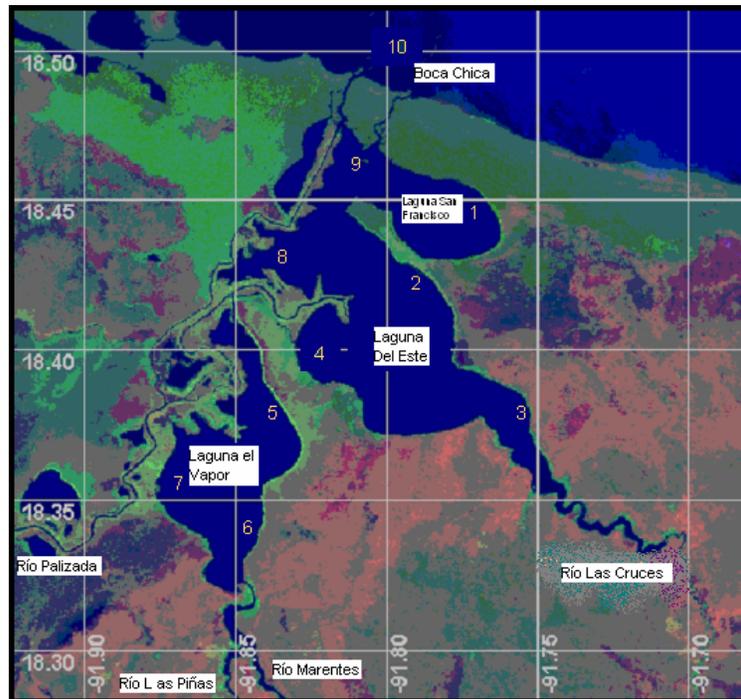


Figura 4. Ubicación geográfica del sistema Palizada-Del Este. La numeración del 1 al 10 señala la localización de las estaciones de muestreo.

Sistema Chumpam-Balchacah

El sistema Chumpam-Balchacah se localiza en la parte sur de la Laguna de Términos, entre los 18°15' y 18° 20' N y los 91°35'55" y 91°30'65" W (Fig. 5). Lo forman la desembocadura del río Chumpam, la Laguna El Sitio Viejo y la boca de Balchacah.

El río Chumpam tiene su origen en una zona cercana al río Usumacinta, sus afluentes principales son los arroyos de San Joaquín y la Piedad y el río Salsipuedes, su origen ocurre a una altitud no mayor de 50 metros sobre el nivel del mar, tiene un cauce aproximado de 110

Km. para un recorrido total de 20 Km (Anónimo, 1975), desemboca en la Laguna de Términos a través de la boca de Balchacah, su volumen anual de escurrimientos es de $298 \times 10^6 \text{ m}^3$. Este río marca la frontera entre las dos provincias sedimentológicas más importantes del sur del Golfo de México; al este la provincia de carbonatos y al oeste la provincia de terrígenos.

La laguna El Sitio Viejo o laguna de Balchacah tiene una superficie de 13.1 Km^2 y una profundidad media de 1.5 m. Presenta un típico ambiente estuarino con un gradiente de salinidad que varía entre 9.6 y 20 UPS dependiendo de la época climática, de la influencia fluvial y de las mareas. La temperatura del agua oscila entre 26.5 y 29.3°C y la transparencia entre 48 y 53%. El oxígeno disuelto presenta variaciones entre 4.7 y 6.0 mL/L. El sistema está dominado por sedimento limo arcilloso con alto contenido de carbonato de calcio (Ayala-Pérez *et al.* 1992).

La boca de Balchacah comunica al sistema fluvio-lagunar con la Laguna de Términos a través de un canal de 2.5 m de profundidad, donde se localiza un importante banco de ostión.

El sistema Chumpam-Balchacah no presenta vegetación sumergida, y al igual que en los otros sistemas la vegetación circundante está representada por manglar, menos desarrollado en este caso y dominado por *Rhizophora mangle* con presencia de *Avicennia germinans*.

La temperatura media anual para un periodo de 30 años es de 26.8°C y la precipitación y evaporación media anual para el mismo periodo va de 1984.7 mm a 1363.9 mm respectivamente (SARH, 1985).

La fauna nectónica adicional a la comunidad de peces esta representada por los crustáceos

Penaeus aztecus, *P. setiferus*, *Callinectes sapidus*, *C. similis*, *C. rathbunae*, *C. bocourti*, y el calamar *Loliguncula brevis* (Ayala-Pérez *et al.* 1992).

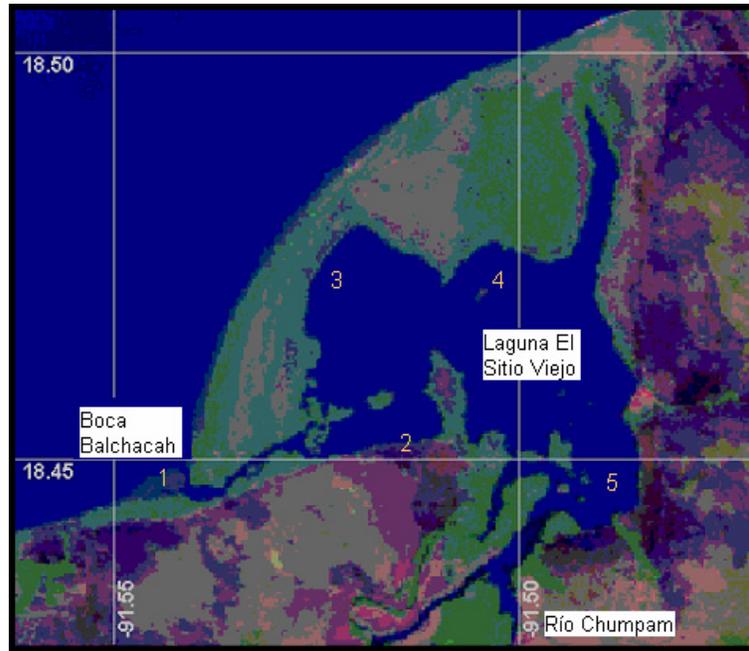


Figura 5. Ubicación geográfica del sistema Chumpam-Balchacah. La numeración del 1 al 5 señala la localización de las estaciones de muestreo.

Sistema Candelaria-Panlau

El sistema Candelaria-Panlau se localiza en la porción este de la Laguna de Términos entre los 18°36' y 18°38'30" N y 91°17'30" y 91°12'30" W (Fig. 6). Se integra por los ríos Candelaria y Mamantel, la Laguna de Panlau y la boca de conexión con la Laguna de Términos denominada Boca de los Pargos. La cuenca del río Candelaria se localiza en la Península de Yucatán y se ha calculado que tiene un aporte de 21.5 m³/s (SARH, 1976). El río Mamantel tiene una longitud de 45 Km, corre de este a oeste sobre terrenos de formación caliza. Su volumen

medio anual de escurrimiento es de 139 millones de metros cúbicos. Su anchura es de 250 m en su curso bajo, de 40 a 50 m en su curso alto y tiene una profundidad máxima de 10 m. Del poblado de Mamantel toma su nombre y tiene como afluente los arroyos de Cheneil, Montaraz y Xothukan.

La Laguna de Panlau tiene un área aproximada de 14 Km². Como característica particular se encuentra los vestigios de lo que fue un camino que cruza de lado a lado a la laguna Panlau, que según los habitantes de la región fue construido por los Mayas como camino comercial. La salinidad del agua oscila entre S= 5 y S= 26, la temperatura entre 28 y 31°C. El sedimento es limo arcilloso con carbonato de calcio y la vegetación circundante es *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* principalmente (Ayala-Pérez *et al.* 1998).

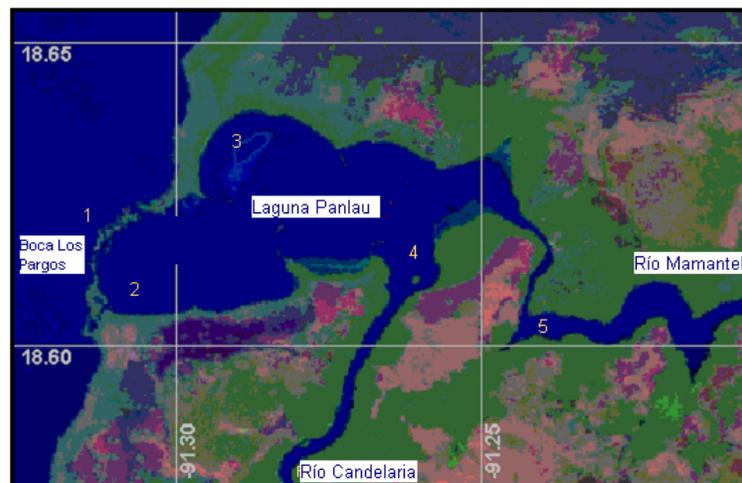


Figura 6. Ubicación geográfica del sistema Candelaria-Panlau. La numeración del 1 al 5 señala la localización de las estaciones de muestreo.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de Campo

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se integró la información recabada en muestreos específicos para cada uno de los sistemas antes descritos. Considerando la estrategia de trabajo en campo en el siguiente cuadro se presentan los periodos de muestreo y el número de estaciones para cada sistema:

Sistema	Número de Estaciones	Periodo de Muestreo
Palizada-Del Este	10	agosto 1985 - julio 1986
Chumpam-Balchacah	5	marzo 1990 - marzo 1991
Pom-Atasta	10	abril 1991 - abril 1992
Candelaria-Panlau	5	abril 1993 - abril 1994
Laguna de Términos	23	septiembre 1997 – marzo de 1999

En todos los casos la frecuencia de muestreo fue mensual y la ubicación de las estaciones para cada uno de los sistemas se presenta en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6. Los sitios de muestreo fueron ubicados considerando los siguientes criterios: gradiente salino, patrones de circulación, profundidad y vegetación sumergida y circundante, de manera que se tuviese una buena representación de cada ambiente. Todas las estaciones fueron geoposicionadas y para el caso particular de la Laguna de Términos, la ubicación de las estaciones para el muestreo mensual se realizó con la ayuda de un GPS marca Garmin.

Las muestras biológicas se obtuvieron con una red de prueba camaronera de 5 m de largo, 2.5 m de abertura y luz de malla de 2 cm, equipada con tablas de arrastre de 0.8 x 0.5 m, a bordo de una lancha de 7 m de eslora con motor fuera de borda de 55 HP, a una velocidad promedio de 2 nudos. La velocidad de arrastre se determinó como un promedio del tiempo utilizado en

recorrer 100 metros, a favor y en contra de la corriente, con la red operando y a una potencia de motor tal que permitiera que la red realmente arrastrara.

El arrastre tuvo una duración de entre 10 y 20 minutos dependiendo de las condiciones de operación del arte de pesca. La ubicación de la estación, la presencia de vegetación sumergida y/o la velocidad de la corriente definieron el tiempo de arrastre. En todos los casos la base de trabajo fue 10 minutos y la mayor parte de los registros corresponden a este tiempo. La operación de arrastre en todos los casos fue circular de tal forma que el efecto de la corriente se promediara, además el operador de la embarcación siempre fue el mismo, lo que disminuye en gran medida la variación de la velocidad y la operación del arte de pesca.

Las muestras biológicas se almacenaron en bolsas plásticas etiquetadas y se fijaron con una solución de formol al 10% (v/v) para ser procesadas posteriormente en el laboratorio.

Se hicieron las mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH en superficie y en fondo, además se midió la penetración luminosa y la profundidad. En superficie las mediciones se hicieron directamente colocando los sensores a 10 cm de profundidad y en fondo se tomó una muestra de agua de aproximadamente 10 cm del fondo. El equipo utilizado fue: termómetro de cubeta con precisión de 0.5°C, salino-conductivímetro YSI con precisión de 0.5 unidades de salinidad, potenciómetro CORNING con temperatura compensada y precisión de 0.05 H⁺, oxímetro YSI con 0.005 mL/L de precisión, botella Van Dorn y disco de Secchi. En los muestreos más recientes se utilizó un equipo hidrolab H-20 para la determinación de los parámetros ambientales del agua.

Trabajo de Laboratorio

La identificación de las especies capturadas se realizó utilizando literatura especializada (Hildebrand, 1943; Álvarez Del Villar, 1970; Toral y Reséndez, 1974; Hoese y Moore, 1977; Castro-Aguirre, 1978; Fischer, 1978; Reséndez, 1981a; Reséndez, 1981b; Cervigón *et al.* 1992; Castro-Aguirre, 1999). El ordenamiento sistemático de las especies se hizo en concordancia con Nelson (1984) y Eschmeyer (1998).

Los peces fueron medidos con un ictiómetro convencional y se pesaron con una balanza digital de 2,160 g de capacidad y 0.1 g de precisión.

Para el análisis del contenido estomacal, en primer lugar se construyó una tabla de frecuencia por tallas de manera que la extracción de los estómagos sea proporcional a la abundancia de cada talla. Se procesó entre un 10 y un 20% del total de organismos de cada talla.

Ya que se separaron los organismos y conociendo su talla y peso individual se extrajo el total de las vísceras y se registró el peso eviscerado del organismo. Se separó el estómago (desde la porción final de las branquias y hasta el inicio del intestino) y se pesó completo, se vació su contenido y luego se pesó nuevamente con lo que se conoce el peso del contenido. Se hicieron anotaciones sobre el grado de llenado del estómago (lleno, vacío, medio lleno o casi vacío), dependiendo de la rugosidad de la pared interna del estómago y de la cantidad de alimento.

Se revisó el contenido del estómago y se clasificó de acuerdo a su grado de digestión en fresco, medio digerido o digerido. Se procedió a la separación e identificación de los ítems o grupos alimentarios, los cuales se pesaron de manera individual con una balanza analítica.

También se calculó su volumen a través de medir el desplazamiento de agua en una probeta graduada en mililitros. Para algunos casos, dada la escasa cantidad de contenido estomacal fue necesario definir proporciones y a partir del peso y volumen del contenido total asignar peso y volumen estimado de los grupos alimentarios.

Para el análisis del contenido estomacal se siguieron los criterios propuestos por Laevastu (1971), Yáñez-Arancibia *et al.* (1976), Hyslop (1980), Prejs y Colomine (1981), Andersen (1982), González y Aguilar (1983).

Trabajo de Gabinete

El área barrida por el arte de pesca se calculó obteniendo el producto de la velocidad de arrastre por el tiempo de operación y por la abertura de trabajo de la red (Stevenson, 1982). Los parámetros de abundancia se expresan en densidad (ind/m²), biomasa (g/m²) y peso promedio (g/ind), los cuales se analizaron en escalas espacial y temporal. En escala espacial se generó un modelo de interpolación por temporada climática de secas y lluvias con ayuda del programa Surfer utilizando la rutina kriging como técnica geoestadística (Smith *et al.* 1995).

Para determinar las especies dominantes se consideró la abundancia numérica y en peso y la frecuencia de aparición de acuerdo con el índice de importancia relativa propuesto por Koranteng (2001). y que se define como: $IRI = \%W * \%N * \%F$.

Donde: %W= Porcentaje de la contribución en peso de la especie a la captura total; %N= Porcentaje de la contribución en número de la especie a la captura total; %F= Porcentaje del número de estaciones en las que se presenta la especie en relación con el número total de

estaciones muestreadas. Las especies con valores $IRI \geq 20$ se consideraron como especies dominantes, si el $IRI < 20$ y ≥ 1 se consideran como de importancia media y si el $IRI < 1$, se consideraron como de baja importancia.

Adicionalmente se consideró que la suma total de la abundancia en número y la abundancia en peso de las especies seleccionadas debe representar al menos el 80% del total de la captura (Deegan y Thompson, 1985; Subrahmanyam, 1985; Yáñez-Arancibia *et al.* 1985).

La representación de la estadística descriptiva por mes de la estructura por tallas para cada especie se realizó mediante diagramas de violín. La gráfica de violín combina un resumen de la estadística básica de una gráfica de caja con la información visual proporcionada por un estimador local de densidad. El objetivo es revelar la distribución de la estructura en una variable. Tal como una gráfica de caja, la gráfica de violín despliega la mediana como una corta línea horizontal, los cuartiles primero y tercero (25 y 75) se presentan como una caja negra y el rango de valores del máximo al mínimo se presenta como una línea vertical. Estas cajas de datos son rodeadas por curvas de densidad en espejo y se etiqueta en el eje de las y's los valores de datos observados mínimo, máximo y mediana. En todos los casos el estimador de densidad Gausiano fue el utilizado incorporando el ancho de banda óptima de Silverman. (Hintze y Nelson, 1988).

Los modelos de crecimiento, mortalidad y reclutamiento se generaron a partir del análisis de frecuencia de tallas utilizando programas especializados de cómputo. Para la determinación de la distribución de frecuencia por tallas, se aplicaron los estimadores de densidad por kernel

(EDK) (Rosenblatt, 1956): $f_x = 1/hn \sum_{i=1}^n K(x - X_i / h)$

Donde: f_x = estimación de densidad de la variable x ; n = número de observaciones; h = amplitud de banda o parámetro de suavización; y $K(x - X_i / h)$ = función kernel (densidad de probabilidad suave, simétrica y que integra a la unidad). Se asume que las muestras presentan un comportamiento normal por lo que se utilizó el kernel Gaussiano: $(1/\sqrt{2\pi}) * e^{(-1/2)z^2}$

En todos los casos se utilizó el ancho de banda óptimo de Silverman (1986):

$$\hat{h} = 0.79(RIC)n^{-1/5}$$

Donde: \hat{h} = amplitud de banda estimada; n = número de observaciones y RIC = recorrido intercuartilico.

Los pasos antes mencionados se realizaron de acuerdo a las rutinas descritas por Salgado-Ugarte (2002), e incluidas en el software Stata (StataCorp, 1999). Tanto el método como el análisis e interpretación de resultados de los estimadores de densidad por kernel se desarrollaron con el respaldo de los trabajos de Salgado Ugarte, *et al.* 1993, Salgado Ugarte, *et al.* 1995a y b, Salgado Ugarte, *et al.* 2000 a y b, y Salgado Ugarte, *et al.* 2005.

Una vez construidas las tablas de frecuencia por talla para cada especie se incorporaron los valores al programa FiSAT (FAO-iclar Stock Assessment Tools) (Pauly y Gaschütz, 1979). A través de la rutina ELEFAN I se estimaron los valores de los parámetros L_{∞} y K del modelo de crecimiento de von Bertalanffy; este software describe el crecimiento a partir de la versión estacionalizada:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{(-K(t-t_0) - (CK/2\pi)\sin(2\pi(t-t_s)))}]$$

Donde: L_t = Longitud a la edad t , L_∞ = Longitud infinita, K = Constante de crecimiento, C = Expresa el factor de la amplitud de las oscilaciones de crecimiento con respecto al tiempo, t_0 = Edad a la cual la longitud es cero, t_s = Es definido como $t_s + 0.5 = \text{WP}$ (winter point), que representa la fracción del año en que la tasa de crecimiento es mínima. El valor de t_0 se calculó a partir del despeje de este parámetro de la ecuación original de von Bertalanffy, quedando de la siguiente forma: $t_0 = t + 1/K * \ln(L_\infty - L_t / L_\infty)$

La mortalidad total se cuantificó mediante el análisis de curvas de captura por medio del siguiente modelo exponencial negativo: $N_t = N_0 e^{-Zt}$

Donde: N_t = Es el número de organismos a la edad t , Z = Mortalidad total. Al linealizar esta expresión queda de la siguiente forma: $\ln N_t = \ln N_0 - Zt$

Finalmente al graficar N_t vs t , el valor obtenido de la pendiente es Z (mortalidad total) y el valor de la ordenada al origen (N_0).

La mortalidad natural se estimó mediante el algoritmo propuesto por Pauly (1980):

$$\log M = -0.0066 - 0.279 * \log L_\infty + 0.6543 * \log K + 0.4634 * \log T$$

Donde: M = Mortalidad natural, L_∞ = Longitud infinita, K = Constante de crecimiento, T = Temperatura en grados Celsius.

Para el análisis de la información de contenidos estomacales de las especies dominantes o con relevancia económica se aplicaron los siguientes indicadores:

Índice de frecuencia: $F = ne / NE * 100$. Donde: F= Porcentaje de frecuencia de aparición de un tipo de alimento, ne = número de estómagos con un tipo de alimento, NE = número de estómagos examinados.

Índice gravimétrico: $G = pe / PE * 100$. Donde: G= porcentaje en peso de un grupo de alimento particular, pe = suma del peso (g) de este grupo en todos los estómagos, PE = suma del peso (g) del contenido estomacal de todos los estómagos.

Índice volumétrico: $V = ve / VE * 100$. Donde V= porcentaje en volumen de un grupo trófico dado, ve = suma del volumen de los elementos de este grupo en todos los estómagos y VE = suma del volumen de los elementos de todos los grupos tróficos de todos los estómagos.

Índice numérico: $N = nee / NEE * 100$. Donde N= porcentaje numérico de un grupo trófico dado, nee = suma de los elementos de este grupo en todos los estómagos y NEE = suma de los elementos de todos los grupos tróficos de todos los estómagos.

Índice de importancia relativa (Pinkas *et al.* 1971): $IRI = F(N + G)$. Donde IRI= Índice de importancia relativa, F= Porcentaje de frecuencia, N= Porcentaje numérico, y G= Porcentaje gravimétrico.

En el análisis de datos se aplicaron diversas técnicas estadísticas en particular en la construcción de clusters se utilizó el método de Wards que usa un análisis de varianza como aproximación para evaluar la distancia entre los cluster. Brevemente este método intenta

minimizar la suma de cuadrados de cualquiera de dos clusters hipotéticos que pueden ser formados a cada paso. Ward (1963) detalla este método. En general este método es considerado muy eficiente, sin embargo tiende a crear clusters de tamaño pequeño. El algoritmo inicia con un gran cluster envolviendo a todos los objetos que serían agrupados. En este caso, el error de la suma de cuadrados es cero. El error de la suma de cuadrados es calculada como: $SSE = \sum x_i^2 - 1/n(S_{xi})^2$. El método de Ward crea clusters de cercano igual tamaño, teniendo formas hiperesfericas.

Para la construcción del modelo de simulación se ha utilizado el respaldo teórico del análisis de sistemas en especial lo propuesto por Hall y Day Jr. (1977), Shoemaker (1977), Odum (1983), Reyes *et al.* (1994), Austin (2002), Jorgensen (2002), Reynolds (2002) y Gertseva *et al.* (2004).

La secuencia para la construcción del modelo de simulación consistió en desarrollar un modelo conceptual a partir de la problemática y de los objetivos planteados, seguido por el desarrollo de un modelo diagramático utilizando la simbología de circuitos de energía de Odum (1983), finalmente este modelo se expresó utilizando como herramienta el software Stella 9.0. La integración del modelo y las pruebas de simulación se realizan mediante el uso de variables de estado, flujos, conectores y convertidores que el software tiene como herramientas.

Diversas fuentes de información fueron consultadas como el Servicio Meteorológico Nacional, la Comisión Nacional del Agua, el Instituto de Tecnología del Agua y el Instituto de Geofísica y la Estación de Investigaciones Marinas El Carmen de la UNAM para la

recopilación de datos sobre registros climáticos como la temperatura ambiente, precipitación, volumen de descarga de ríos, evaporación, frecuencia e intensidad de vientos, irradianza y frecuencia y amplitud de mareas, para la región de estudio. En la medida de la disponibilidad de información se consideró un periodo de diez años para calcular promedios de variación que fueron incorporados en el modelo de simulación.

Los valores de inicio de las variables de estado del modelo se estimaron considerando tanto lo reportado por la literatura especializada para la región así como los valores poblacionales determinados en este trabajo. Un proceso de iteración dinámica permitió estimar los coeficientes de transferencia ajustando el modelo a respuestas lógicas. Funciones algebraicas generales definen comportamientos armónicos como la radiación solar y las mareas. Entre la literatura de apoyo utilizada para el desarrollo de este proceso de construcción de un modelo de simulación se encuentra Reyes *et al.* (1994), Blazer *et al.* (1995), Gibson *et al.* (1996), Barbier y Strand (1998), Blanc *et al.* (2001), Odum (2002).

Finalmente el proceso de validación del modelo de simulación se hace comparando los resultados con lo publicado en la literatura y con los resultados propios. Algunas referencias que permite hacer comparaciones se encuentran Amezcua-Linares y Yáñez-Arancibia (1980), Vargas-Maldonado *et al.* (1981), Yáñez-Arancibia y Day, Jr. (1982), Yáñez-Arancibia *et al.* (1985a), Yáñez-Arancibia *et al.* (1985b) y Soberón-Chávez y Yáñez-Arancibia (1985), entre otros.

RESULTADOS

Considerando la secuencia temporal de los trabajos de campo realizados, a continuación se presentan los resultados para cada uno de los sistemas estudiados. En primer lugar se describe la variabilidad ambiental tanto en escala temporal como espacial y a continuación se describe la estructura de la comunidad de peces así como el comportamiento de distribución y abundancia en escalas temporal como espacial, para concluir con la identificación de las especies dominantes.

Sistema Palizada-Del Este

En escala temporal, la temperatura promedio del agua en superficie osciló entre 23.8°C en enero y 31.3°C en agosto; en el fondo la variación fue de 23.7°C en enero y 30.9°C en agosto. La salinidad promedio en superficie presentó valores de entre $S= 0.4$ en noviembre y $S= 7.5$ en junio, con un intervalo de variación de $S=0-33.0$; en el fondo los valores promedio fueron de $S= 1.2$ en octubre y $S= 8.8$ en junio con un intervalo de variación de $S=0-33.2$ (Fig. 7). La profundidad registrada tuvo variaciones entre 1.38 y 1.87 m.

La temperatura ambiente mostró una variación de 23.1°C en enero a 31.2°C en septiembre con una variación entre 21°C y 35.2°C. Finalmente la transparencia presentó valores promedio entre 48 y 69.9% en marzo y diciembre respectivamente con una variación entre 6.3 y 100%.

La tendencia temporal se presenta en la figura 8.

En escala espacial, los valores promedio de la temperatura en superficie oscilaron entre 27.7°C en la estación 10 y 29.2°C en la estación 4; los valores mínimo y máximo registrados fueron

23°C y 32.5°C. En el fondo la temperatura promedio mínima fue 27.7°C en la estación 10 y la máxima de 28.8°C en la estación 8. La salinidad promedio de superficie presentó valores entre S=0 para la estación 5 y S= 13.1 para la estación 10, de igual forma en el fondo la estación 5 presentó una salinidad promedio de S=0 y la estación 10 una salinidad de S= 33.3. Este comportamiento se observa gráficamente en la figura 9.

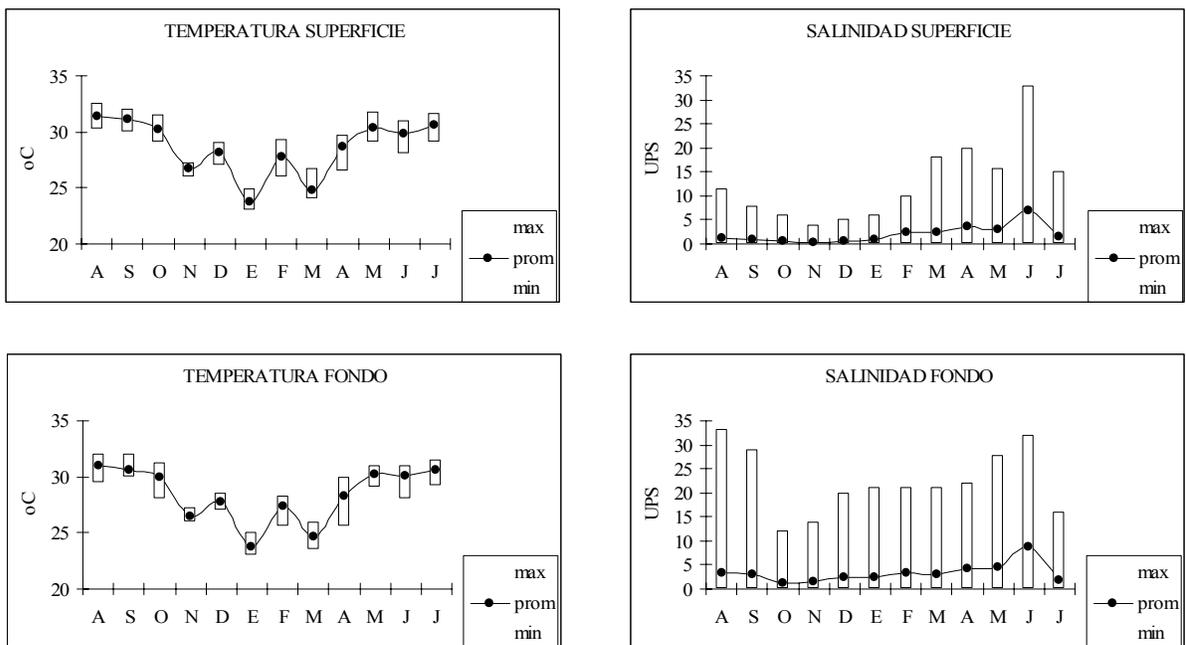


Figura 7. Comportamiento temporal de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Palizada-Del Este

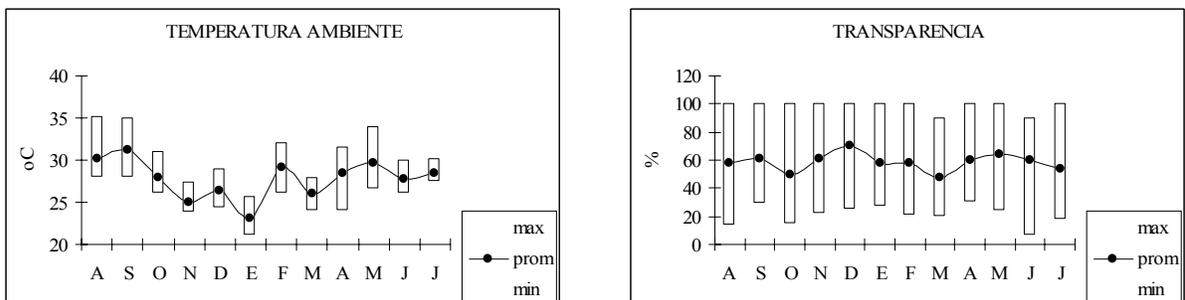


Figura 8. Comportamiento temporal de la temperatura ambiente y la transparencia en el Sistema Palizada-Del Este

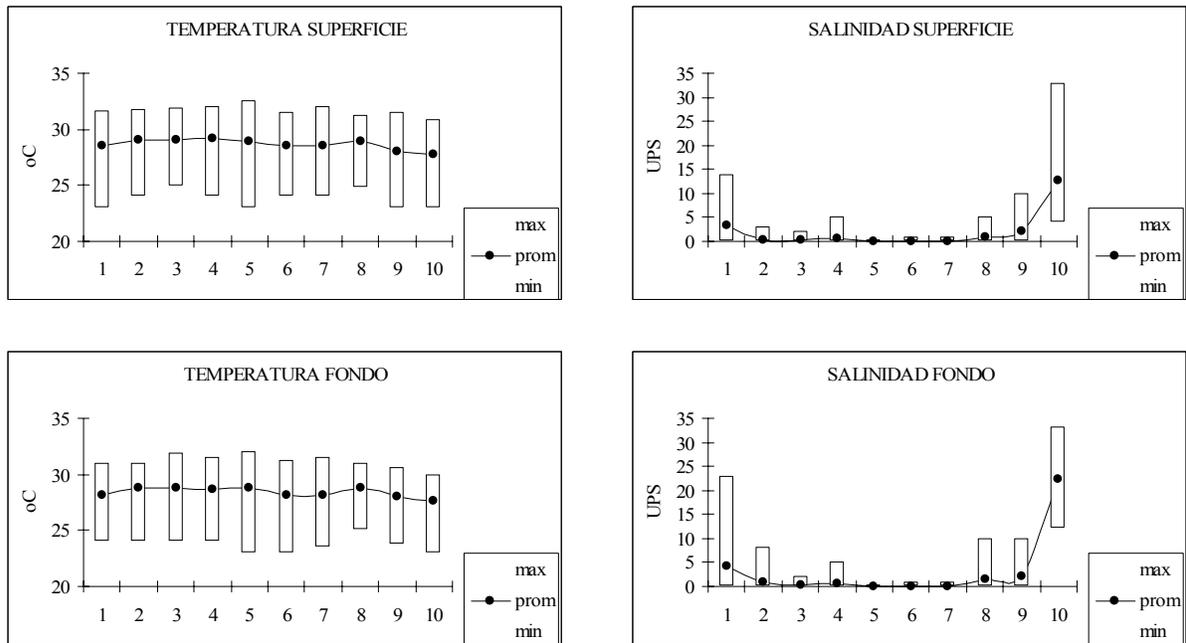


Figura 9. Comportamiento espacial de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Palizada-Del Este.

La temperatura ambiente registrada en el sistema Palizada-Del Este muestra valores promedio de entre 26.9°C en la estación 8 y 28.7°C en la estación 6. Finalmente, los valores promedio de transparencia se encuentran en el intervalo de 30.1% para la estación 9 y 98.0% para la estación 3. Este comportamiento espacial se muestra gráficamente en la figura 10.

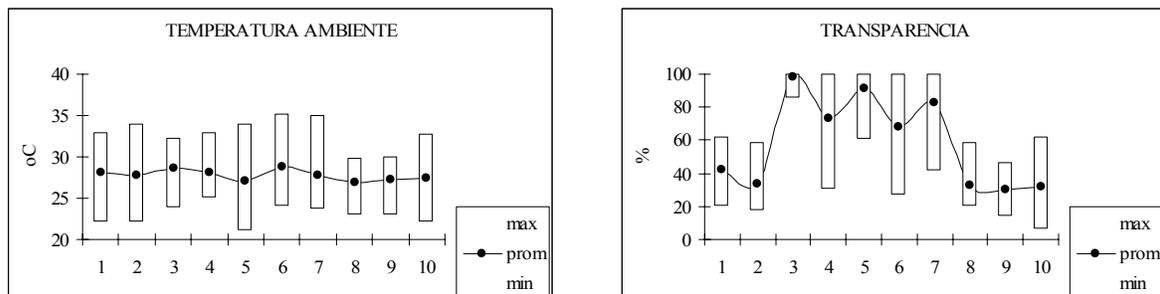


Figura 10. Comportamiento espacial de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Palizada-Del Este

En el sistema Palizada-Del Este se capturaron un total de 7500 organismos que alcanzaron un peso total de 167.1 Kg. Se identificaron un total de 64 especies agrupadas en 50 géneros y 29 familias. Considerando el área total de arrastre (171,750 m²), la abundancia relativa fue de 0.0437 ind/m², 0.973 g/m² y 22.26 g/ind (Tabla 1).

Tabla 1. Especies del sistema Palizada-Del Este ordenadas de acuerdo al valor del índice de importancia y con sus valores de abundancia en número de individuos (No. Ind.), peso en gramos y frecuencia de aparición.

Espece	No. Ind.	% No. Ind.	Peso	% Peso	% FREC.	Índice de Importancia
<i>Cathorops melanopus</i>	3924	52.3	110313.8	66.0	2.5	8706.6
<i>Cichlasoma champtonis</i>	886	11.8	15094.9	9.0	5.0	538.0
<i>Bairdiella ronchus</i>	157	2.1	2900.5	1.7	52.9	192.3
<i>Anchoa mitchilli</i>	681	9.1	307.8	0.2	27.7	46.4
<i>Eugerres plumieri</i>	254	3.4	9453.1	5.7	1.7	32.2
<i>Diapterus rhombeus</i>	222	3.0	830.34	0.5	21.0	30.9
<i>Micropogonias undulatus</i>	134	1.8	742.3	0.4	38.7	30.7
<i>Bairdiella chrysoura</i>	163	2.2	1284.9	0.8	16.8	28.1
<i>Petenia splendida</i>	156	2.1	5248.5	3.1	3.4	22.0
<i>Dasyatis sabina</i>	14	0.2	5694.5	3.4	26.1	16.6
<i>Centropomus undecimalis</i>	7	0.1	3025	1.8	64.7	10.9
<i>Centropomus parallelus</i>	16	0.2	3469	2.1	4.2	1.9
<i>Diapterus auratus</i>	124	1.7	517.2	0.3	2.5	1.3
<i>Cetengraulis edentulus</i>	37	0.5	185.5	0.1	19.3	1.1
<i>Cynoscion arenarius</i>	27	0.4	574	0.3	7.6	0.9
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	46	0.6	902.56	0.5	2.5	0.8
<i>Brevoortia gunteri</i>	30	0.4	272	0.2	9.2	0.6
<i>Dorosoma petenense</i>	100	1.3	542.9	0.3	0.8	0.4
<i>Opsanus beta</i>	7	0.1	630.3	0.4	8.4	0.3
<i>Eucinostomus argenteus</i>	27	0.4	225.4	0.1	5.9	0.3
<i>Sphoeroides nephelus</i>	53	0.7	140.4	0.1	4.2	0.2
<i>Bagre marinus</i>	11	0.1	152.6	0.1	16.8	0.2
<i>Trinectes maculatus</i>	35	0.5	138.6	0.1	5.0	0.2
<i>Ariopsis felis</i>	4	0.1	610.9	0.4	7.6	0.1
<i>Stellifer lanceolatus</i>	22	0.3	157.9	0.1	5.0	0.1
<i>Cynoscion nebulosus</i>	6	0.1	200.6	0.1	13.4	0.1
<i>Chaetodipterus faber</i>	5	0.1	195.4	0.1	14.3	0.1
<i>Sphoeroides testudineus</i>	15	0.2	363.3	0.2	2.5	0.1
<i>Anchoa hepsetus</i>	52	0.7	75	0.0	2.5	0.1
<i>Polydactylus octonemus</i>	19	0.3	283.9	0.2	1.7	0.1
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	7	0.1	43.6	0.0	29.4	0.1
<i>Citharichthys spilopterus</i>	28	0.4	329.6	0.2	0.8	0.1
<i>Trichiurus lepturus</i>	14	0.2	290.3	0.2	1.7	0.1
<i>Achirus lineatus</i>	14	0.2	39.5	0.0	10.1	0.0
<i>Eugerres mexicanus</i>	18	0.2	360.9	0.2	0.8	0.0

<i>Ictalurus furcatus</i>	4	0.1	298.6	0.2	2.5	0.0
<i>Poecilia sp</i>	73	1.0	34.3	0.0	0.8	0.0
<i>Eucinostomus gula</i>	11	0.1	37	0.0	5.0	0.0
<i>Dorosoma anale</i>	12	0.2	154.2	0.1	0.8	0.0
<i>Potamarius nelsoni</i>	8	0.1	201.2	0.1	0.8	0.0
<i>Atractosteus tropicus</i>	1	0.0	254.2	0.2	3.4	0.0
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	1	0.0	24.7	0.0	29.4	0.0
<i>Symphurus civitatus</i>	2	0.0	19.6	0.0	16.0	0.0
<i>Pomadasys croco</i>	7	0.1	91.2	0.1	0.8	0.0
<i>Opisthonema oglinum</i>	2	0.0	8.9	0.0	21.0	0.0
<i>Astyanax fasciatus</i>	17	0.2	24.9	0.0	0.8	0.0
<i>Gobioides broussonneti</i>	2	0.0	103.2	0.1	1.7	0.0
<i>Gerres cinereus</i>	9	0.1	9.9	0.0	3.4	0.0
<i>Menticirrhus saxatilis</i>	3	0.0	18.8	0.0	5.0	0.0
<i>Gobionellus hastatus</i>	4	0.1	73	0.0	0.8	0.0
<i>Sphoeroides pachygaster</i>	7	0.1	15.4	0.0	1.7	0.0
<i>Harengula jaguana</i>	4	0.1	49.6	0.0	0.8	0.0
<i>Eleotris pisonis</i>	1	0.0	18.3	0.0	6.7	0.0
<i>Selene vomer</i>	1	0.0	7.5	0.0	7.6	0.0
<i>Syngnathus scovelli</i>	6	0.1	2.8	0.0	3.4	0.0
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	2	0.0	1.5	0.0	10.1	0.0
<i>Rhamdia laticauda</i>	1	0.0	2.2	0.0	10.1	0.0
<i>Archosargus probatocephalus</i>	1	0.0	26.4	0.0	0.8	0.0
<i>Porichthys porosissimus</i>	1	0.0	24.6	0.0	0.8	0.0
<i>Epinephelus itajara</i>	1	0.0	2.4	0.0	3.4	0.0
<i>Atherinomorus stipes</i>	1	0.0	8.2	0.0	0.8	0.0
<i>Menticirrhus americanus</i>	1	0.0	7.8	0.0	0.8	0.0
<i>Selene setapinnis</i>	1	0.0	0.9	0.0	0.8	0.0
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	1	0.0	0.6	0.0	0.8	0.0
Total General	7500		167118.9			

Los parámetros de abundancia agrupados por mes muestran los siguientes intervalos de variación: densidad máxima en diciembre (0.111 ind/m²) y mínima en agosto (0.022 ind/m²), biomasa máxima en diciembre (1.529 g/m²) y mínima en noviembre (0.589 g/m²), peso promedio de 34.39 g/ind en octubre y 13.84 g/ind en diciembre (Fig. 11).

Considerando los valores agrupados por estación, la abundancia relativa muestra los siguientes intervalos: la densidad entre 0.142 ind/m² en la estación 10 y 0.009 ind/m² en la estación 6, la biomasa entre 2.593 g/m² en la estación 9 y 0.093 g/m² en la estación 3 y el peso promedio entre 49.7 g/ind en la estación 2 y 5.9 g/ind en la estación 3 (Fig. 12). En las figuras 13 y 14 se

representa al abundancia espacial (densidad) por época climática (lluvias y secas).

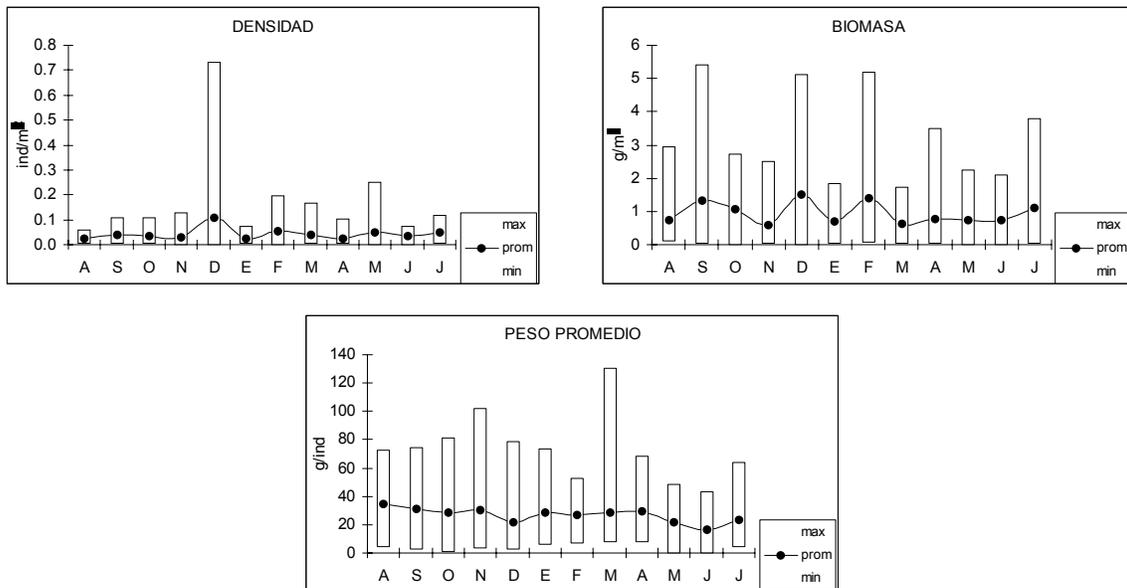


Figura 11. Comportamiento temporal de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el Sistema Palizada-Del Este.

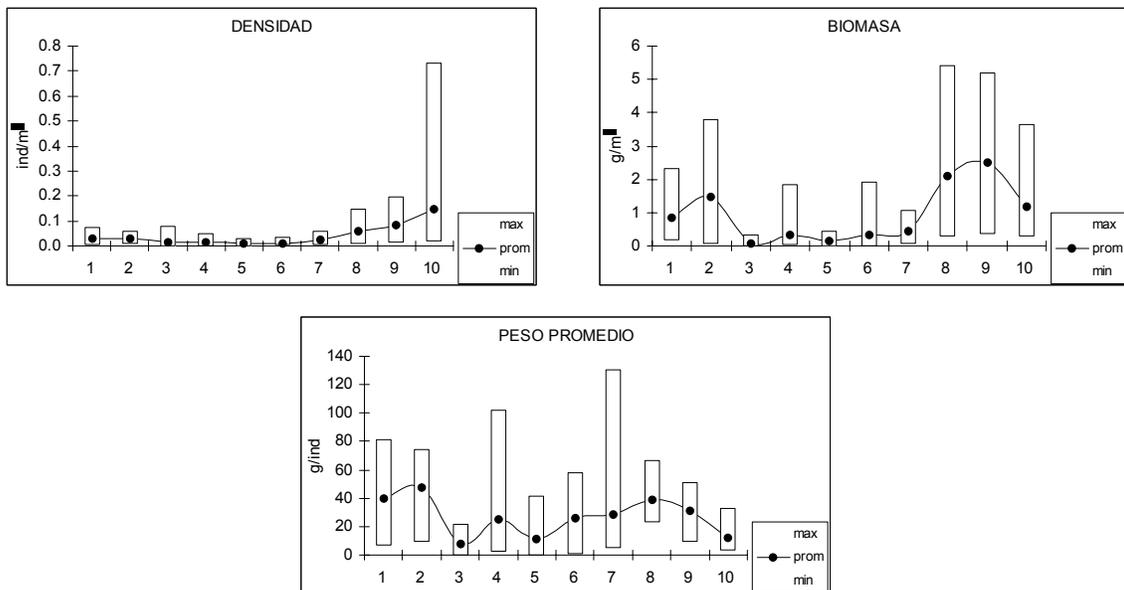


Figura 12. Comportamiento espacial de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el Sistema Palizada-Del Este.



Figura 13. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Palizada-Del Este en lluvias.

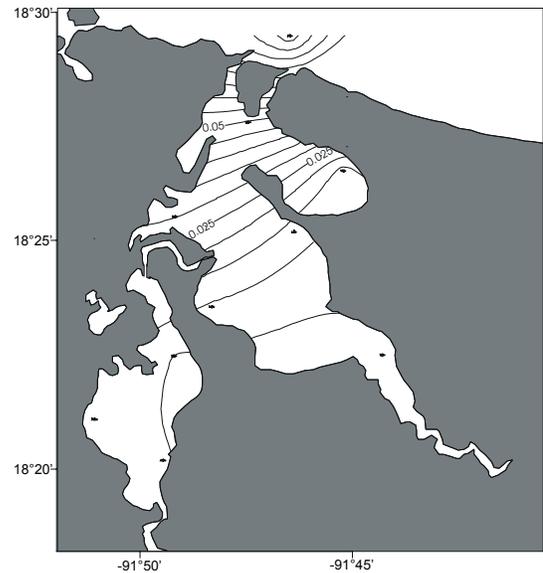


Figura 14. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Palizada-Del Este en secas.

Sistema Chumpam-Balchacah

En la figura 15 se presenta el patrón temporal de la variación de temperatura y salinidad en el sistema Chumpam-Balchacah. La temperatura promedio del agua en superficie osciló entre 22.1°C en diciembre y 31.9°C en octubre, en el fondo la variación fue de 22.4 en diciembre y 31.8 en agosto. La salinidad promedio en superficie presentó valores entre $S= 2.6$ en diciembre y $S= 26.6$ en junio, en el fondo los valores fueron de 5.1 en diciembre y 21.5 en agosto. La profundidad registrada mostró variaciones entre 1.0 y 1.98 m.

Los valores promedio de oxígeno disuelto en superficie oscilaron entre 5.2 mL/L en noviembre y 7.5 en enero; en el fondo los valores fueron de entre 3.1 en octubre y 7.6 en enero, los valores promedio de pH en superficie fueron máximos en enero con 8.5 y mínimos

en noviembre con 5.9; en el fondo el intervalo fue de 8.5 en enero y 5.8 en noviembre (Fig. 16). Por otra parte, la transparencia presentó valores promedio entre 25.2% en diciembre y 77.7% en septiembre, la temperatura ambiente mostró una variación de 26.4°C en marzo a 32.6°C en junio (Fig. 17).

Por estaciones de muestreo, los valores promedio de la temperatura en superficie oscilaron entre 27.5°C y 29.0°C, y en el fondo entre 27.5°C y 28.9°C. La salinidad de superficie presentó valores entre S= 7.5 para la estación 5, y S= 22.1 para la estación 1, en fondo la estación 5 presentó una salinidad de S= 10.1 y la estación 1 una salinidad de S= 24.1 (Fig. 18). El oxígeno disuelto en superficie mostró valores entre 5.0 en la estación 4 y 5.8 mL/L en la estación 3, en fondo 4.4 en la estación 5 y 5.3 en la estación 3. El pH mostró alta uniformidad con valores entre 7.5 y 7.7 para las cinco estaciones tanto en superficie como en fondo (Fig. 19).

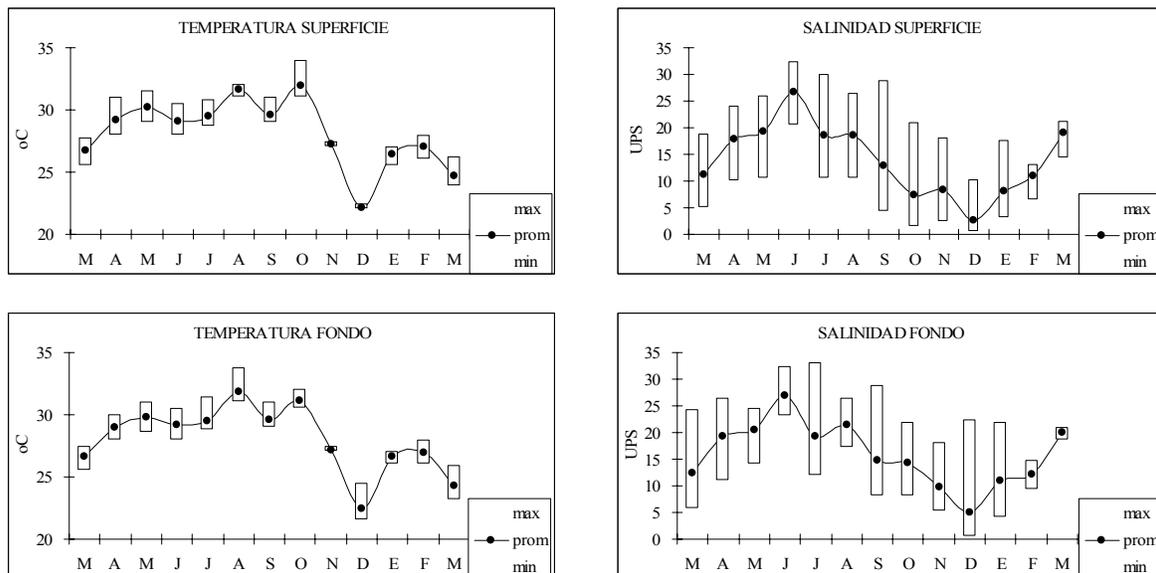


Figura 15. Comportamiento temporal de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Chumpam-Balchacah

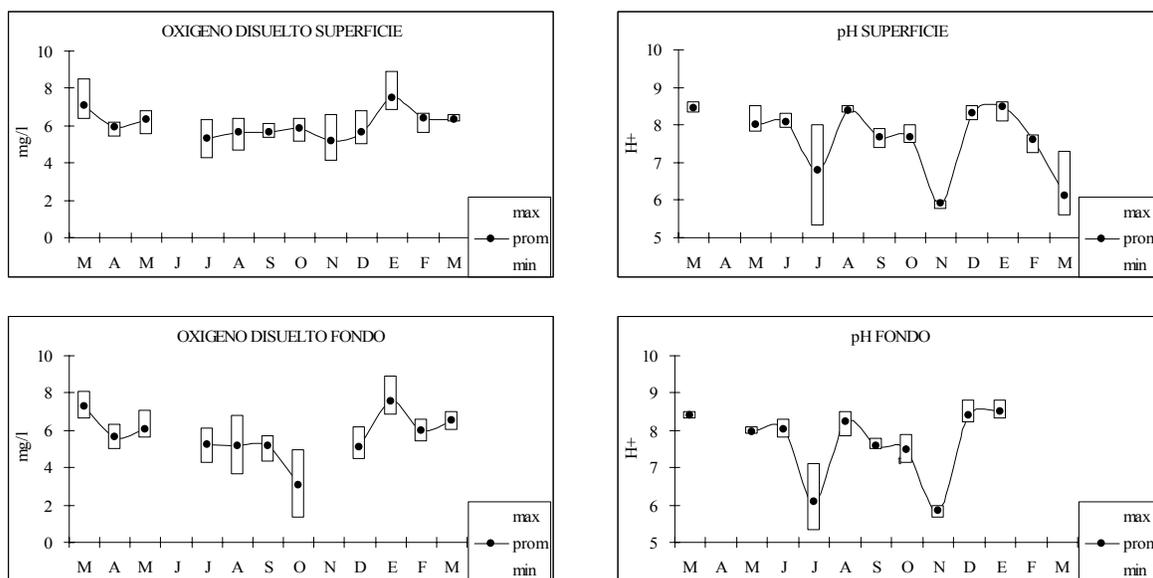


Figura 16. Comportamiento temporal del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Chumpam-Balchacah

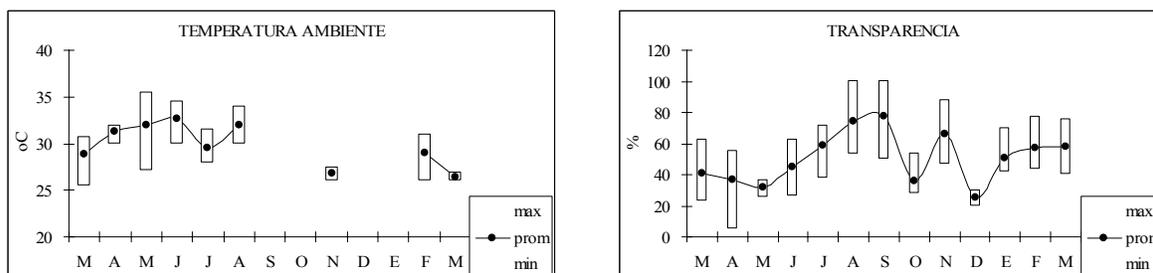


Figura 17. Comportamiento temporal de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Chumpam-Balchacah

Los valores promedio de transparencia se encuentran en el intervalo de 44.5% para la estación 2 y 59.3% para la estación 3. Finalmente, la temperatura ambiente registrada muestra valores promedio de entre 27.7 en la estación 1 y 31.4°C en la estación 5 (Fig. 20).

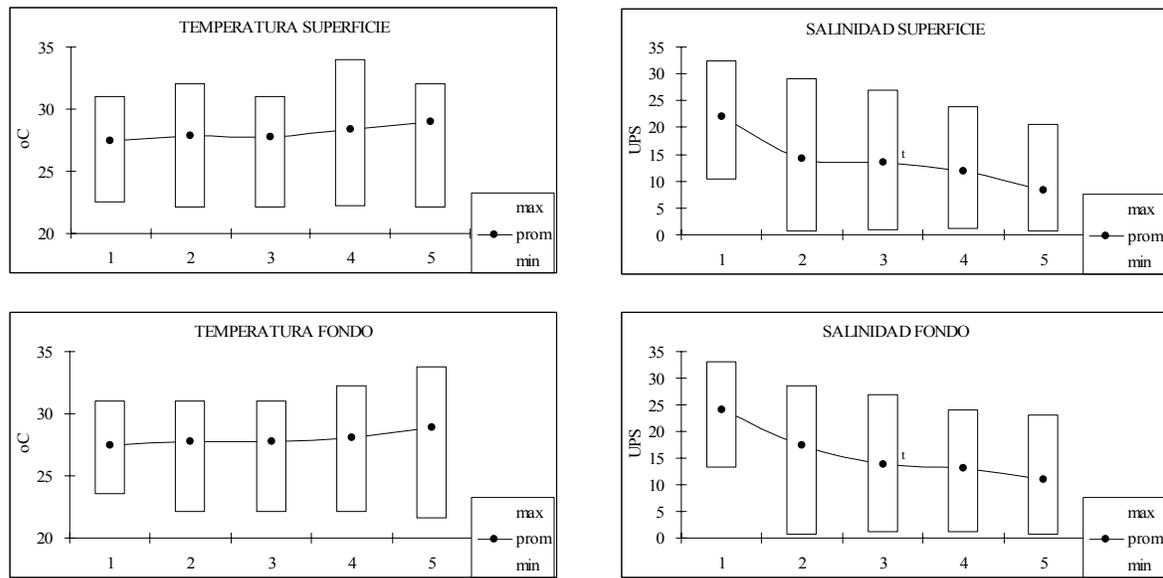


Figura 18. Comportamiento espacial de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Chumpam-Balchacah

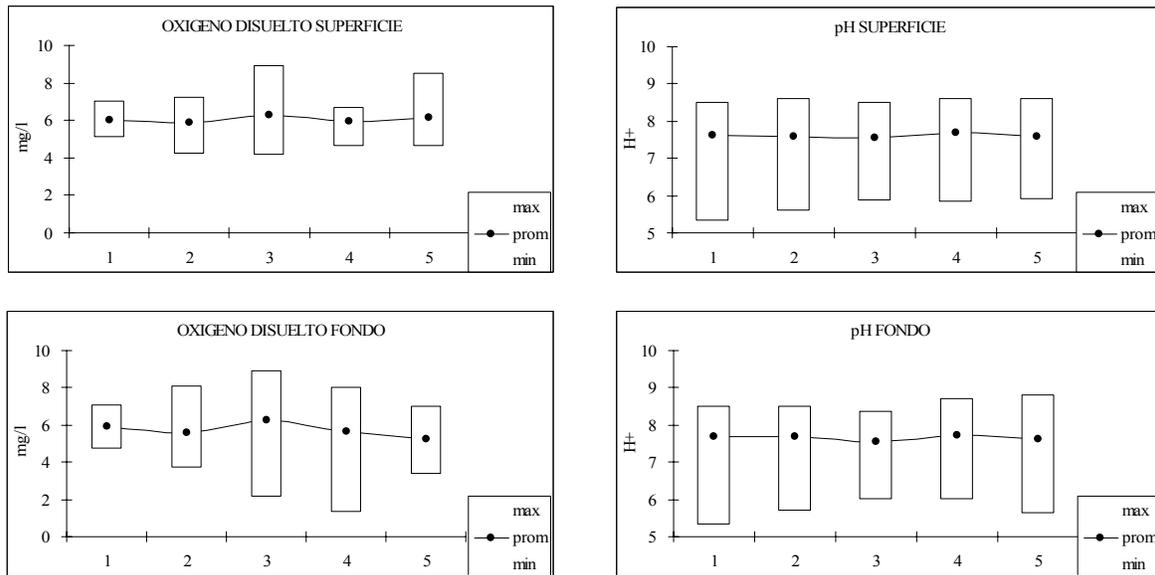


Figura 19. Comportamiento espacial del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Chumpam-Balchacah

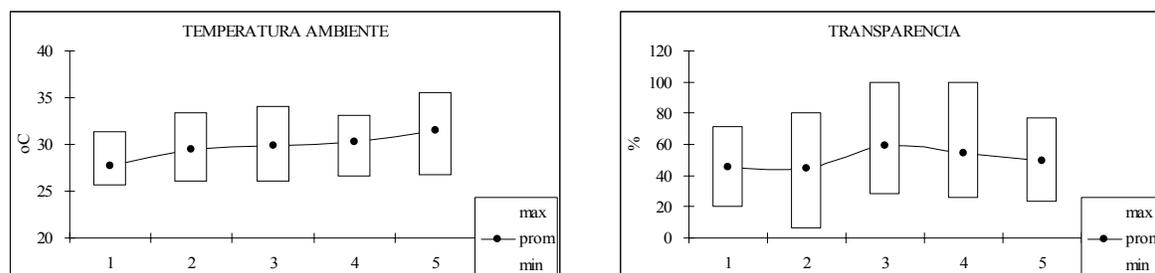


Figura 20. Comportamiento espacial de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Chumpam-Balchacah

En el sistema Chumpam-Balchacah se capturaron 4929 organismos con un peso total de 100.7 Kg. Los peces recolectados corresponden a 50 especies agrupadas en 40 géneros y 25 familias. Considerando el área de muestreo total (100350 m²), la abundancia relativa fue de 0.0491 ind/m², 1.0036 g/m² y 20.44 g/ind.

Tabla 2. Especies del sistema Chumpam-Balchacah ordenadas de acuerdo al valor del índice de importancia y con sus valores de abundancia en número de individuos (No. Ind.), peso en gramos y frecuencia de aparición.

Especie	No. Ind.	% No. Ind.	Peso	% Peso	% FREC.	Índice de Importancia
<i>Cathorops melanopus</i>	1894	38.4	48262.0	47.9	84.6	155803.8
<i>Bairdiella ronchus</i>	556	11.3	9501.8	9.4	66.2	7040.1
<i>Diapterus rhombeus</i>	725	14.7	5991.6	5.9	73.8	6461.7
<i>Bairdiella chrysoura</i>	252	5.1	2708.9	2.7	43.1	592.3
<i>Eugerres plumieri</i>	65	1.3	8775.5	8.7	35.4	406.6
<i>Sphoeroides testudineus</i>	105	2.1	2648.7	2.6	49.2	275.8
<i>Anchoa mitchilli</i>	627	12.7	295.9	0.3	49.2	184.0
<i>Micropogonias undulatus</i>	145	2.9	985.2	1.0	40.0	115.1
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	64	1.3	3758.7	3.7	18.5	89.5
<i>Citharichthys spilopterus</i>	98	2.0	937.0	0.9	36.9	68.3
<i>Dasyatis sabina</i>	13	0.3	4976.1	4.9	18.5	24.1
<i>Dorosoma petenense</i>	69	1.4	526.6	0.5	21.5	15.8
<i>Polydactylus octonemus</i>	27	0.5	543.3	0.5	23.1	6.8
<i>Chaetodipterus faber</i>	12	0.2	1530.0	1.5	16.9	6.3
<i>Cetengraulis edentulus</i>	41	0.8	271.9	0.3	26.2	5.9
<i>Ariopsis felis</i>	19	0.4	1179.8	1.2	10.8	4.9
<i>Bagre marinus</i>	57	1.2	427.9	0.4	9.2	4.5
<i>Eucinostomus gula</i>	27	0.5	219.9	0.2	16.9	2.0
<i>Diapterus auratus</i>	36	0.7	211.5	0.2	12.3	1.9
<i>Centropomus undecimalis</i>	6	0.1	1650.3	1.6	9.2	1.8
<i>Lutjanus griseus</i>	5	0.1	1293.4	1.3	7.7	1.0
<i>Centropomus parallelus</i>	6	0.1	708.8	0.7	7.7	0.7

<i>Cynoscion nebulosus</i>	6	0.1	368.6	0.4	4.6	0.2
<i>Cichlasoma sp</i>	5	0.1	328.5	0.3	6.2	0.2
<i>Trichiurus lepturus</i>	8	0.2	270.4	0.3	3.1	0.1
<i>Prionotus scitulus</i>	6	0.1	186.1	0.2	4.6	0.1
<i>Sphoeroides nephelus</i>	5	0.1	109.4	0.1	6.2	0.1
<i>Mugil curema</i>	3	0.1	213.7	0.2	4.6	0.1
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	8	0.2	38.8	0.0	7.7	0.0
<i>Gobionellus hastatus</i>	4	0.1	62.8	0.1	4.6	0.0
<i>Eucinostomus argenteus</i>	7	0.1	51.7	0.1	3.1	0.0
<i>Archosargus probatocephalus</i>	1	0.0	670.8	0.7	1.5	0.0
<i>Oligoplites saurus</i>	4	0.1	33.4	0.0	6.2	0.0
<i>Epinephelus itajara</i>	2	0.0	129.0	0.1	3.1	0.0
<i>Lutjanus synagris</i>	1	0.0	477.2	0.5	1.5	0.0
<i>Gerres cinereus</i>	4	0.1	15.8	0.0	4.6	0.0
<i>Opsanus beta</i>	1	0.0	169.6	0.2	1.5	0.0
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	1	0.0	79.4	0.1	1.5	0.0
<i>Harengula jaguana</i>	2	0.0	12.4	0.0	1.5	0.0
<i>Porichthys porosissimus</i>	1	0.0	22.5	0.0	1.5	0.0
<i>Trachinotus falcatus</i>	1	0.0	20.0	0.0	1.5	0.0
<i>Selene vomer</i>	1	0.0	15.7	0.0	1.5	0.0
<i>Cynoscion arenarius</i>	1	0.0	14.2	0.0	1.5	0.0
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	2	0.0	3.5	0.0	3.1	0.0
<i>Albula vulpes</i>	1	0.0	5.3	0.0	1.5	0.0
<i>Opisthonema oglinum</i>	1	0.0	3.8	0.0	1.5	0.0
<i>Prionotus carolinus</i>	1	0.0	3.8	0.0	1.5	0.0
<i>Achirus lineatus</i>	1	0.0	2.7	0.0	1.5	0.0
<i>Syngnathus louisianae</i>	1	0.0	1.3	0.0	1.5	0.0
<i>Hippocampus zosterae</i>	1	0.0	0.7	0.0	1.5	0.0
Total General	4929		100715.9			

Los parámetros de abundancia agrupados por mes muestran los siguientes intervalos de variación: la densidad es máxima en abril (0.1077 ind/m²) y mínima en febrero (0.01547 ind/m²), la biomasa máxima se registra en julio (2.9852 ind/m²) y mínima en febrero (0.3563 g/m²), finalmente, el peso promedio osciló entre 15.5072 g/ind en agosto y 30.1459 g/ind en enero (Fig. 21).

Considerando los valores agrupados por estación, la abundancia relativa muestra los intervalos siguientes: la densidad entre 0.0335 ind/m² en la estación 4 y 0.0754 ind/m² en la estación 2, la biomasa entre 0.8272 g/m² en la estación 1 y 1.3966 g/m² en la estación 5, y el peso promedio

entre 13.716 g/ind en la estación 2 y 27.29 g/ind en la estación 4 (Fig. 22). En las figuras 23 y 24 se presentan los modelos de distribución espacial de la densidad por época climática.

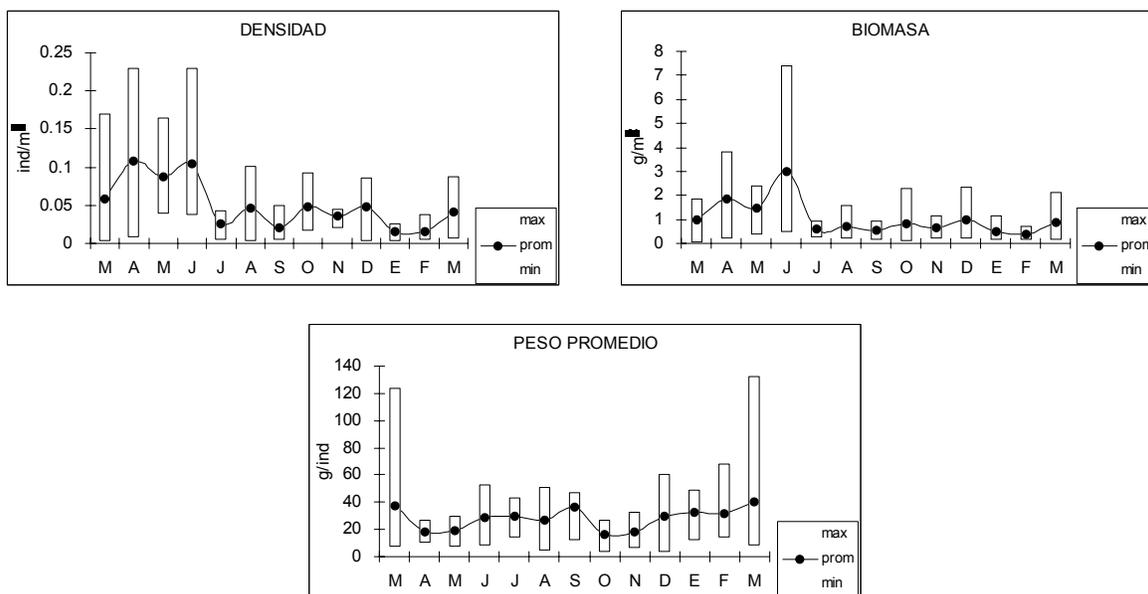


Figura 21. Comportamiento temporal de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Chumpam-Balchacah.

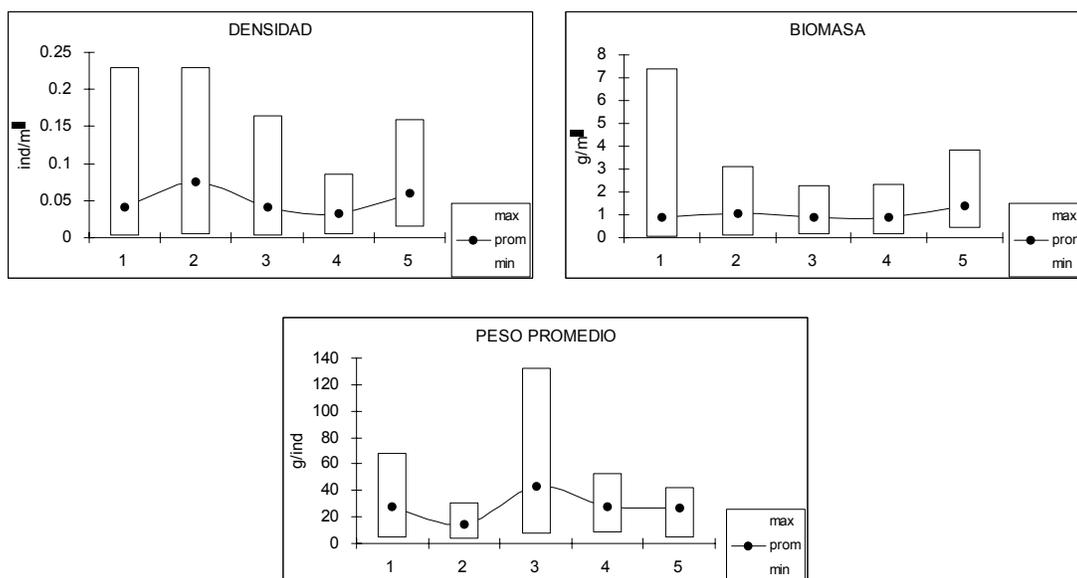


Figura 22. Comportamiento espacial de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Chumpam-Balchacah.

de transparencia oscilaron entre 28.4% y 58.6% y se presentaron en diciembre y junio respectivamente. Finalmente, la temperatura ambiente promedio mínima se presentó en enero con 27.2°C y la máxima en mayo con 32.6°C.

En las figuras 28, 29 y 30 se presentan gráficamente los patrones de comportamiento de los parámetros ambientales en escala espacial. En primer lugar, los valores promedio de temperatura en la superficie fueron 27.5°C en la estación 1 y 29.3°C en la estación 10, en el fondo el intervalo fue 27.3°C en la estación 1 y 28.9°C en la estación 10. La salinidad tanto de superficie como de fondo, también presentó sus valores extremos en las estaciones 1 y 10 y fueron $S = 3.5 - S = 18.4$ y $S = 3.5 - S = 21.4$ respectivamente. El oxígeno en superficie osciló entre 5.6 mL/L y 6.8 mL/L en las estaciones 2 y 8 y en el fondo entre 4.4 mL/L y 5.4 mL/L en las estaciones 4 y 8. El intervalo de variación de los valores promedio del pH en superficie y en fondo fue mínimo, en superficie de 7.8 a 8.0 en las estaciones 10 y 3, y en fondo de 7.8 a 7.9 en las estaciones 9 y 5 respectivamente. En cuanto a la transparencia los valores oscilan entre 22.4 y 56.1% en las estaciones 1 y 10. Finalmente, la temperatura ambiente mostró valores entre 27.5°C y 31.6°C que se registraron en las estaciones 1 y 10.

Se capturaron 7750 organismos con un peso total de 227.8 Kg en el sistema Pom-Atasta. La comunidad de peces comprende 49 especies que se agruparon en 42 géneros y 23 familias, el ordenamiento sistemático se muestra en la tabla 3. El área de muestreo total fue de 171750 m² por lo tanto la abundancia relativa fue de 0.0214 ind/m², 0.6302 g/m² y 29.396 g/ind.

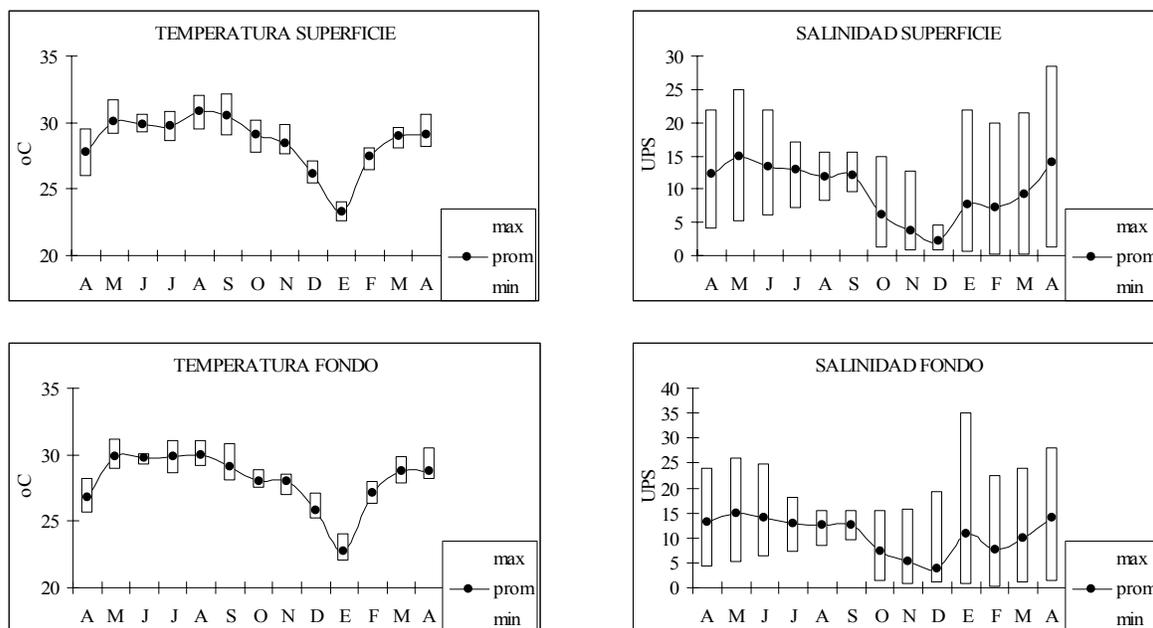


Figura 25. Comportamiento temporal de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Pom-Atasta

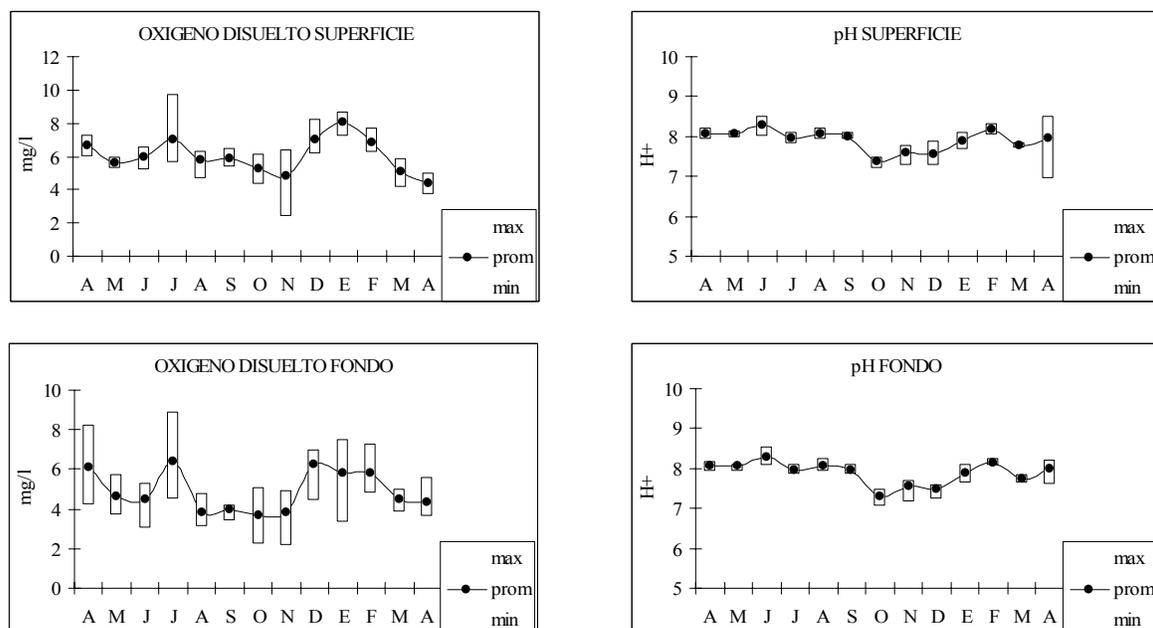


Figura 26. Comportamiento temporal del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Pom-Atasta

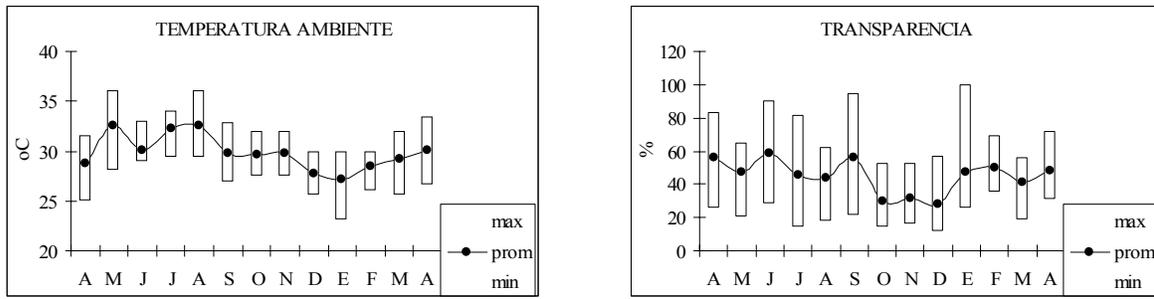


Figura 27. Comportamiento temporal de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Pom-Atasta

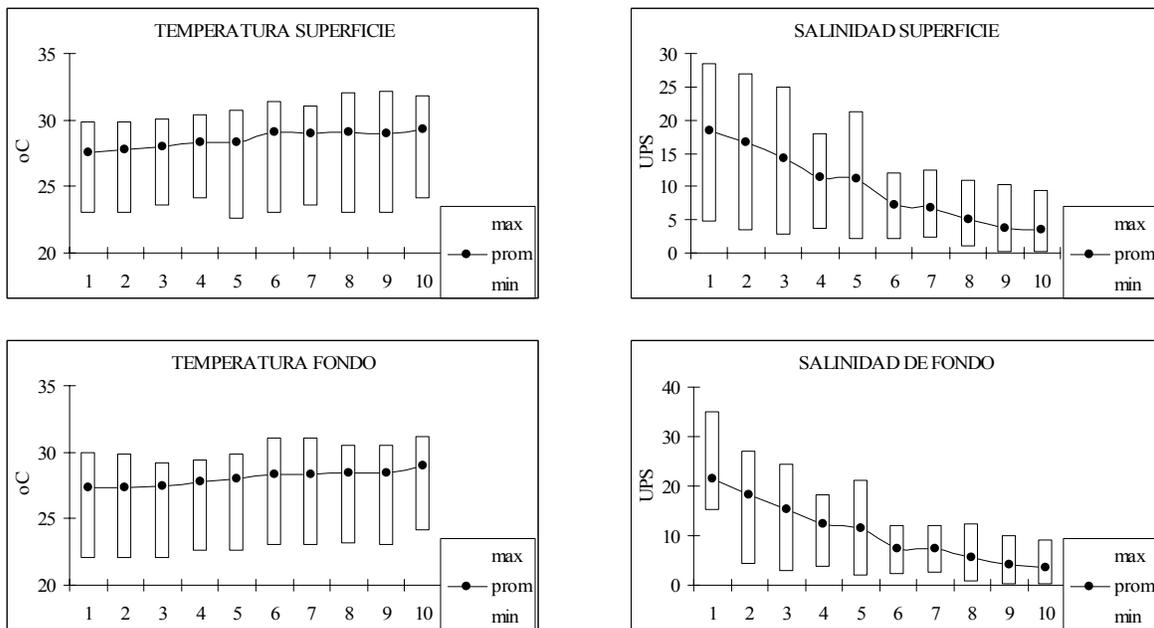


Figura 28. Comportamiento espacial de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Pom-Atasta

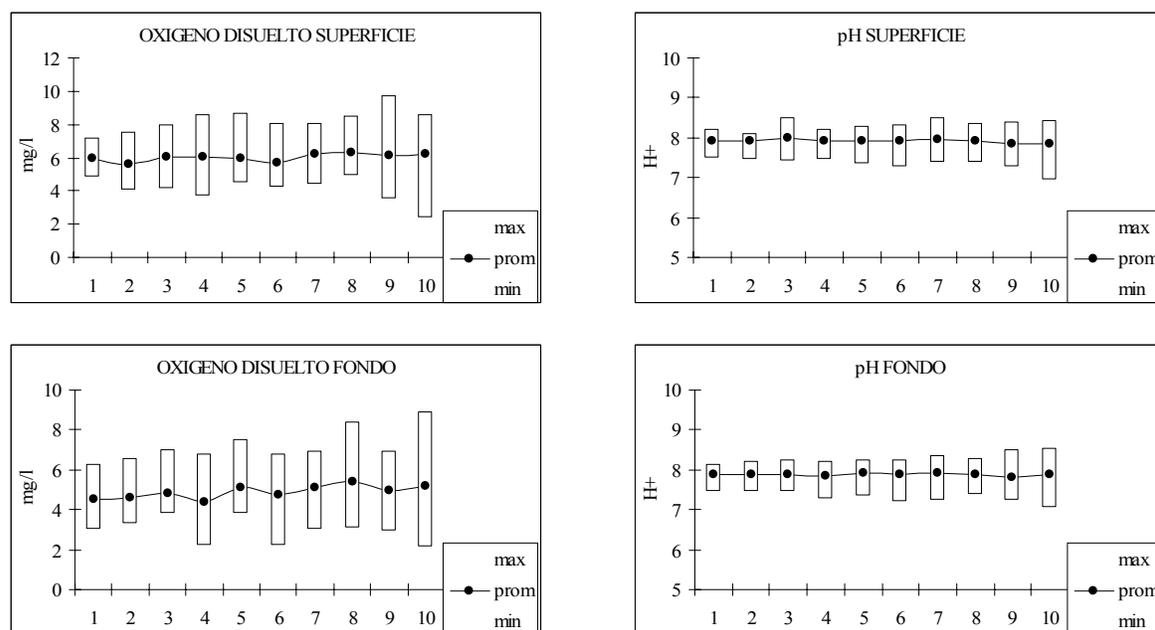


Figura 29. Comportamiento espacial del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Pom-Atasta

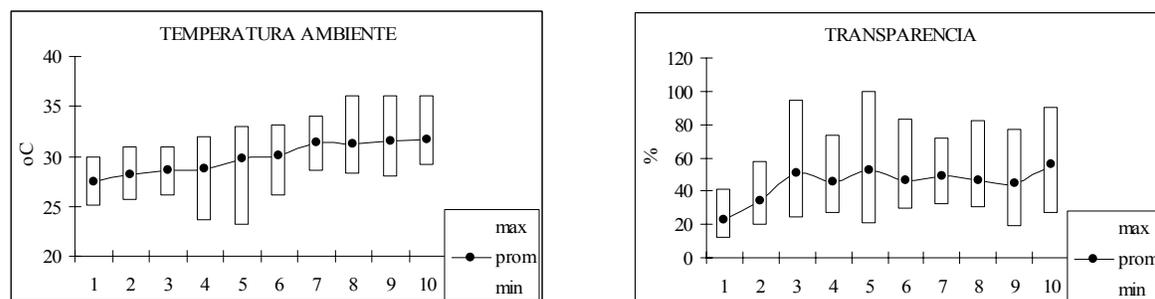


Figura 30. Comportamiento espacial de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Pom-Atasta

Tabla 3. Especies del sistema Pom-Atasta ordenadas de acuerdo al valor del índice de importancia y con sus valores de abundancia en número de individuos (No. Ind.), peso en gramos y frecuencia de aparición.

Especie	No. Ind.	% No. Ind.	Peso	% Peso	% FREC.	Índice de Importancia
<i>Cathorops melanopus</i>	2622	33.8	90884.1	39.9	78.1	105429.6
<i>Sphoeroides testudineus</i>	1632	21.1	57224.4	25.1	74.2	39252.5
<i>Eugerres plumieri</i>	380	4.9	22889.2	10.0	64.1	3155.5
<i>Diapterus rhombeus</i>	878	11.3	3816.6	1.7	53.9	1023.0
<i>Bairdiella chrysoura</i>	351	4.5	4704.7	2.1	11.7	109.6
<i>Bairdiella ronchus</i>	219	2.8	4095.8	1.8	19.5	99.2

<i>Micropogonias undulatus</i>	153	2.0	2275.9	1.0	33.6	66.2
<i>Dasyatis sabina</i>	36	0.5	11986.6	5.3	15.6	38.2
<i>Anchoa mitchilli</i>	577	7.4	195.7	0.1	57.0	36.5
<i>Ariopsis felis</i>	43	0.6	5881.3	2.6	17.2	24.6
<i>Sphoeroides nephelus</i>	54	0.7	1740.7	0.8	14.1	7.5
<i>Centropomus parallelus</i>	20	0.3	4231.3	1.9	10.9	5.2
<i>Eucinostomus gula</i>	86	1.1	447.8	0.2	18.8	4.1
<i>Diapterus auratus</i>	80	1.0	424.0	0.2	14.8	2.9
<i>Bagre marinus</i>	96	1.2	595.2	0.3	7.0	2.3
<i>Eucinostomus argenteus</i>	76	1.0	277.7	0.1	18.8	2.2
<i>Achirus lineatus</i>	42	0.5	333.6	0.1	20.3	1.6
<i>Chaetodipterus faber</i>	13	0.2	2747.2	1.2	7.8	1.6
<i>Cynoscion arenarius</i>	39	0.5	910.0	0.4	7.8	1.6
<i>Cichlasoma heterospilum</i>	14	0.2	3124.9	1.4	4.7	1.2
<i>Centropomus undecimalis</i>	9	0.1	2319.6	1.0	6.3	0.7
<i>Citharichthys spilopterus</i>	60	0.8	174.7	0.1	11.7	0.7
<i>Dorosoma petenense</i>	29	0.4	464.3	0.2	6.3	0.5
<i>Stellifer lanceolatus</i>	111	1.4	159.2	0.1	2.3	0.2
<i>Cetengraulis edentulus</i>	17	0.2	217.4	0.1	5.5	0.1
<i>Gerres cinereus</i>	26	0.3	152.2	0.1	3.9	0.1
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	20	0.3	141.6	0.1	4.7	0.1
<i>Cichlasoma synspilum</i>	5	0.1	571.3	0.3	1.6	0.0
<i>Opsanus beta</i>	4	0.1	429.9	0.2	2.3	0.0
<i>Epinephelus itajara</i>	2	0.0	741.9	0.3	1.6	0.0
<i>Oligoplites saurus</i>	5	0.1	100.0	0.0	3.9	0.0
<i>Himanthura schmardae</i>	1	0.0	2000.0	0.9	0.8	0.0
<i>Harengula jaguana</i>	10	0.1	61.6	0.0	2.3	0.0
<i>Trichiurus lepturus</i>	4	0.1	104.4	0.0	3.1	0.0
<i>Polydactylus octonemus</i>	5	0.1	167.0	0.1	1.6	0.0
<i>Cynoscion nebulosus</i>	5	0.1	48.4	0.0	3.9	0.0
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	5	0.1	54.2	0.0	2.3	0.0
<i>Lutjanus griseus</i>	2	0.0	169.1	0.1	1.6	0.0
<i>Archosargus probatocephalus</i>	1	0.0	461.5	0.2	0.8	0.0
<i>Porichthys porosissimus</i>	1	0.0	236.2	0.1	0.8	0.0
<i>Cichlasoma robertsoni</i>	1	0.0	61.5	0.0	0.8	0.0
<i>Selene vomer</i>	2	0.0	12.8	0.0	1.6	0.0
<i>Cichlasoma champotonis</i>	1	0.0	47.3	0.0	0.8	0.0
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	1	0.0	40.8	0.0	0.8	0.0
<i>Trinectes maculatus</i>	2	0.0	8.5	0.0	1.6	0.0
<i>Lutjanus synagris</i>	1	0.0	32.0	0.0	0.8	0.0
<i>Caranx crysos</i>	1	0.0	21.7	0.0	0.8	0.0
<i>Peprilus paru</i>	1	0.0	14.3	0.0	0.8	0.0
<i>Synodus foetens</i>	1	0.0	12.9	0.0	0.8	0.0
<i>Gobiosoma bosci</i>	4	0.1	0.6	0.0	3.1	0.0
<i>Prionotus carolinus</i>	1	0.0	2.5	0.0	0.8	0.0
<i>Trachinotus falcatus</i>	1	0.0	2.2	0.0	0.8	0.0
<i>Gobionellus hastatus</i>	1	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0
Total General	7751		227819.25			

Los patrones de variación mensual de la abundancia se presentan en la figura 31 donde se observa que la densidad es máxima en abril (0.04376 ind/m²), y mínima en mayo (0.01031 ind/m²), la biomasa oscila entre 0.11498 y 1.2496 g/m² (marzo), y el peso promedio presenta un pulso máximo en julio (64.3106) y un valor mínimo en agosto (7.4822).

Considerando los valores agrupados por estación, la abundancia relativa muestra los intervalos siguientes: la densidad entre 0.0063 ind/m² en la estación 10 y 0.0572 ind/m² en la estación 1, la biomasa entre 0.2661 g/m² en la estación 10 y 1.2538 g/m² en la estación 5 y el peso promedio entre 15.6012 g/ind en la estación 1 y 43.7025 g/ind en la estación 6 (Fig. 32).

En las figura 33 y 34 se presentan los modelos de distribución espacial de la densidad por época climática.

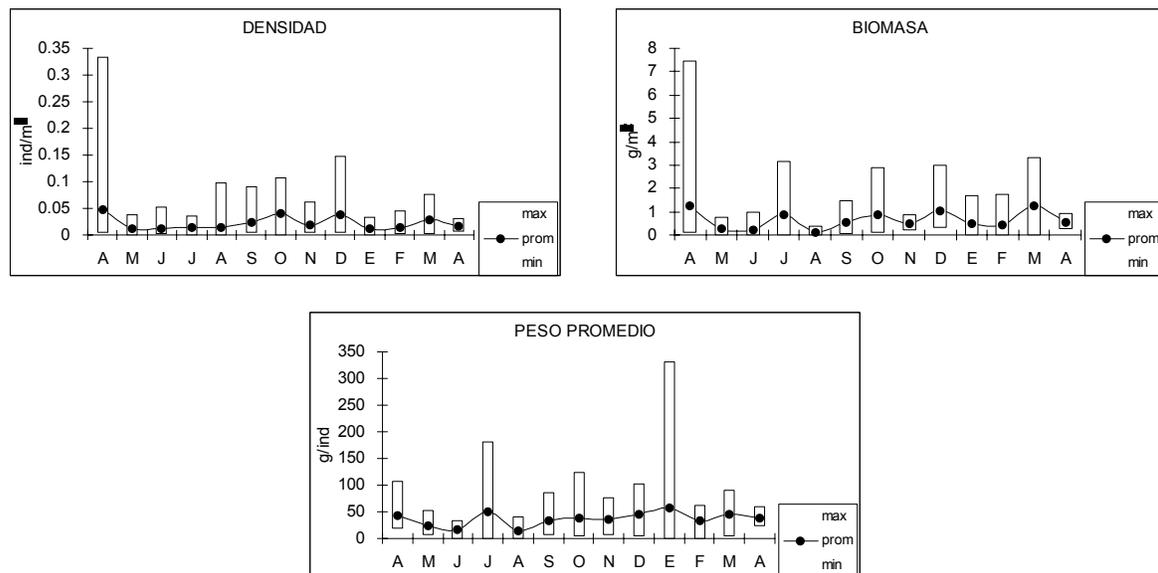


Figura 31. Comportamiento temporal de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Pom-Atasta.

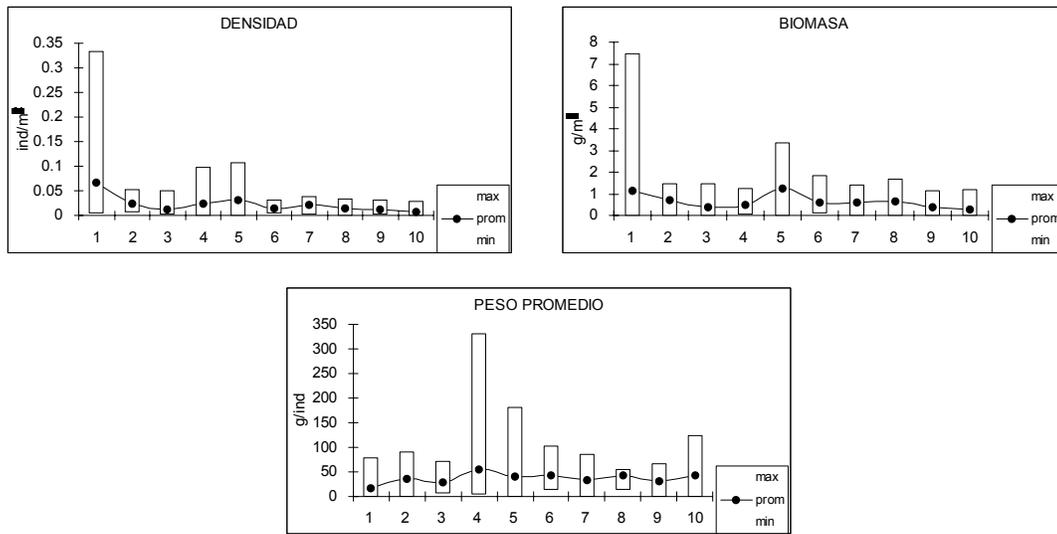


Figura 32. Comportamiento espacial de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Pom-Atasta.

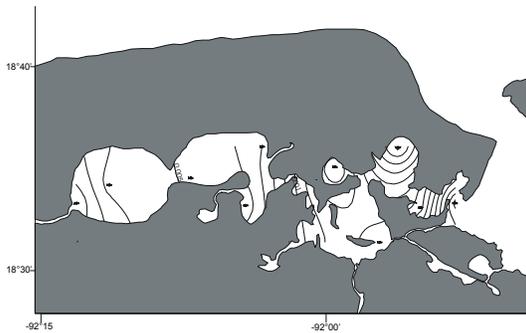


Figura 33. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Pom-Atasta en lluvias

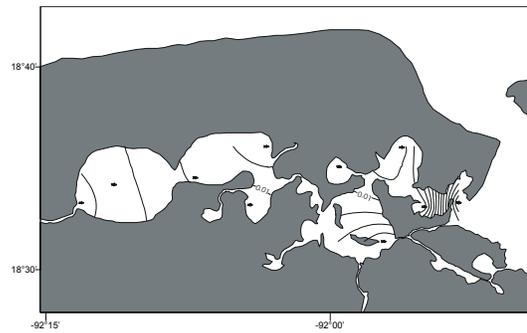


Figura 34. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Pom-Atasta en secas

Sistema Candelaria-Panlau

El patrón de variación mensual de los parámetros ambientales se presenta en las figuras 35, 36 y 37. Los pulsos máximo y mínimo de los valores promedio fueron para la temperatura del

agua en superficie de 23.9 °C en enero y 30.7 °C en mayo; en el fondo de 24.0 °C y 30.5 °C en los mismos meses; para la salinidad en superficie fueron de S= 2.4 en noviembre y S= 18.2 en mayo, y en el fondo de S= 5.4 y S= 18.7 en los mismos meses; el oxígeno disuelto en superficie fue de 3.6 mL/L en noviembre y 6.7 mL/L en febrero y en el fondo fue de 3.6 mL/L en junio y 5.3 mL/L en febrero. El pH de superficie presentó un intervalo de variación de 6.5 en diciembre y 8.9 en septiembre y en fondo de 6.6 y 8.9 para los mismos meses. Finalmente, la transparencia presentó valores promedio entre 32.7 en octubre y 58.1% en abril. La temperatura ambiente mostró una variación de 23.0 °C en enero a 33.0 °C en marzo. La profundidad registrada mostró variaciones entre 1.39 y 2.34 m.

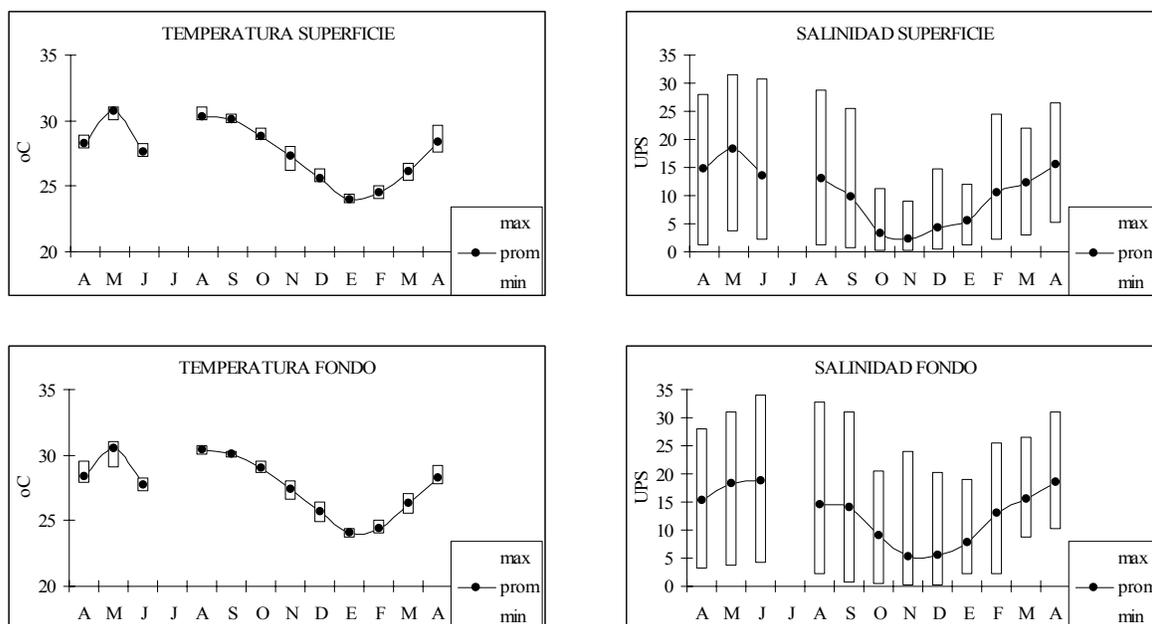


Figura 35. Comportamiento temporal de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Candelaria-Panlau

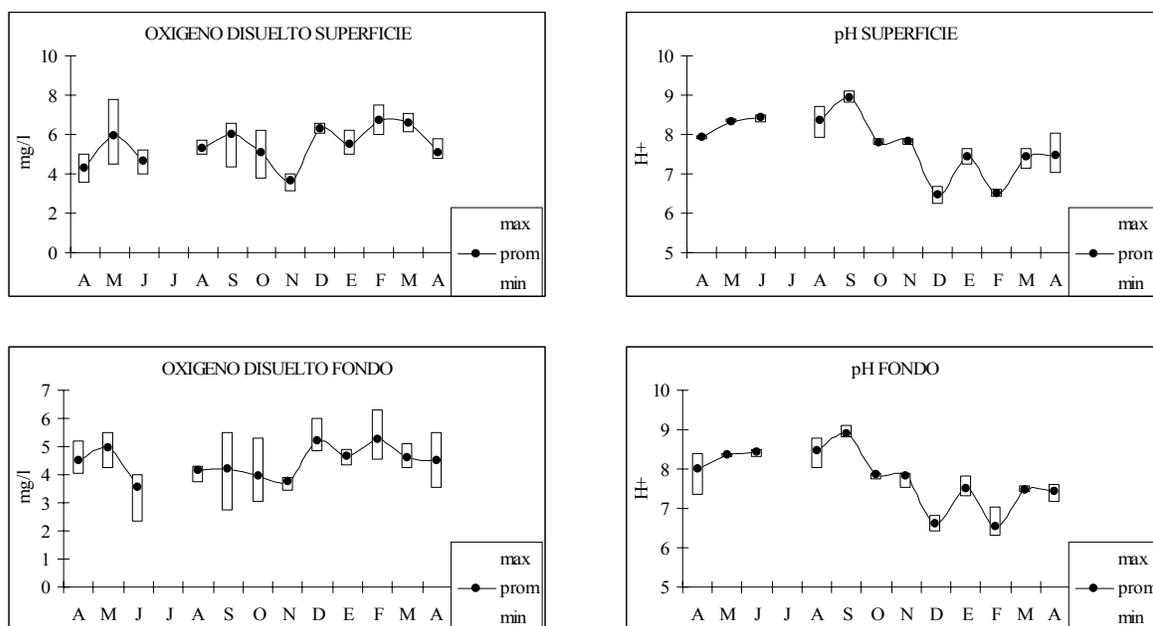


Figura 36. Comportamiento temporal del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Candelaria-Panlau

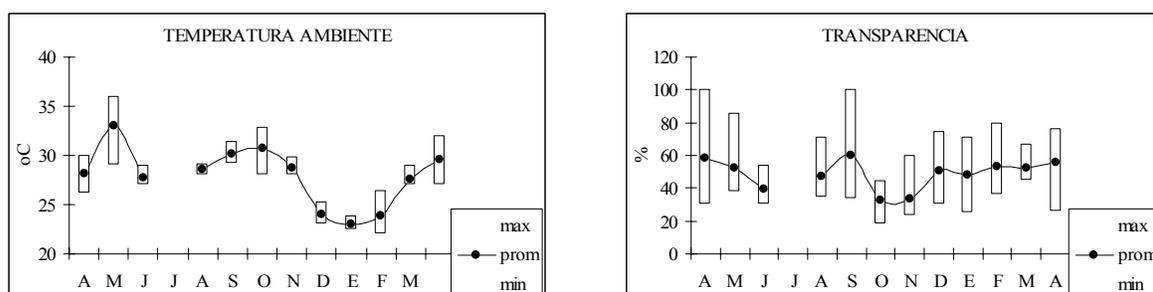


Figura 37. Comportamiento temporal de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Candelaria-Panlau

Por otra parte, la integración por estación de los valores de los parámetros ambientales se presenta en la secuencia de figuras 38, 39, y 40. El intervalo de los valores promedio de cada parámetro se describe a continuación. La temperatura en superficie fue de 27.4 °C en la

estación 2 y 28.1 °C en la estación 5, en el fondo fue de 27.4 °C en la estación 3 y 28.0 °C en la estación 5. La salinidad de superficie presentó valores entre S= 1.6 para la estación 4 y S= 22.0 para la estación 1, de igual forma en el fondo la estación 4 presentó una salinidad de S= 3.2 y la estación 1 de S= 26.9. El oxígeno disuelto en superficie osciló entre 5.2 mL/L y 5.7 mL/L para las estaciones 4 y 3 respectivamente, en tanto que en el fondo los valores fueron de 4.1 mL/L y 4.8 mL/L para las estaciones 2 y 3 respectivamente. El pH en superficie fue de 7.7 en la estación 2 y de 7.8 en la estación 4 y en el fondo fue de 7.7 en la estación 4 y de 7.8 en la estación 5. Los valores promedio de transparencia se encuentran en el intervalo de 35.3% para la estación 5 y 68.7% para la estación 3. Finalmente, la temperatura ambiente muestra valores promedio de entre 26.5°C en la estación 1 y 29.1°C en la estación 5.

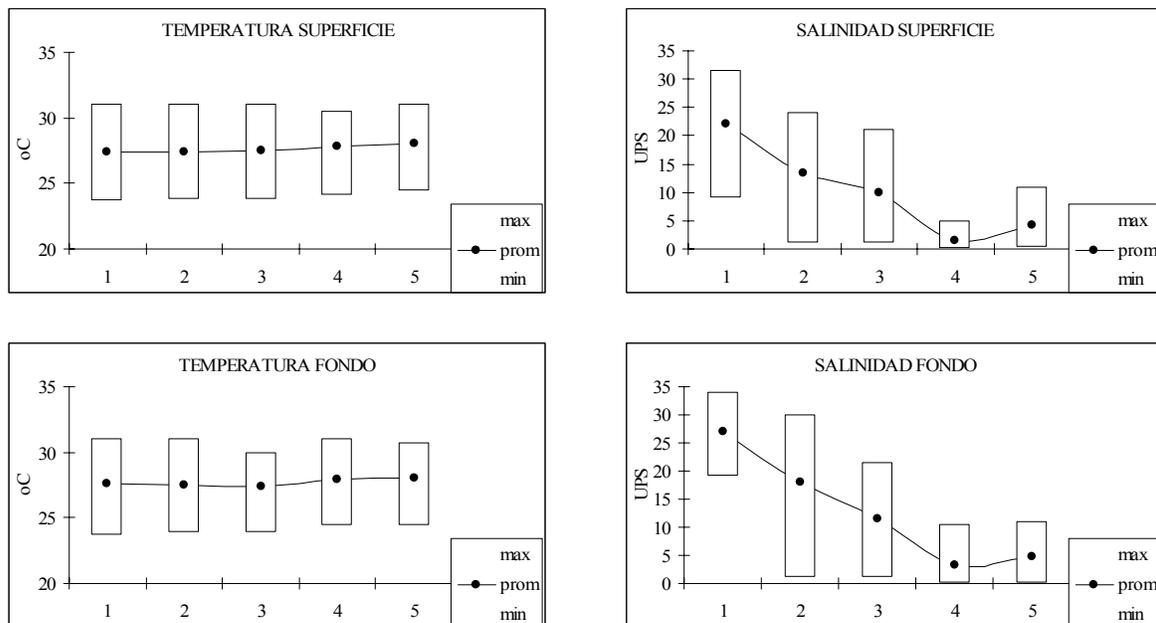


Figura 38. Comportamiento espacial de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Candelaria-Panlau

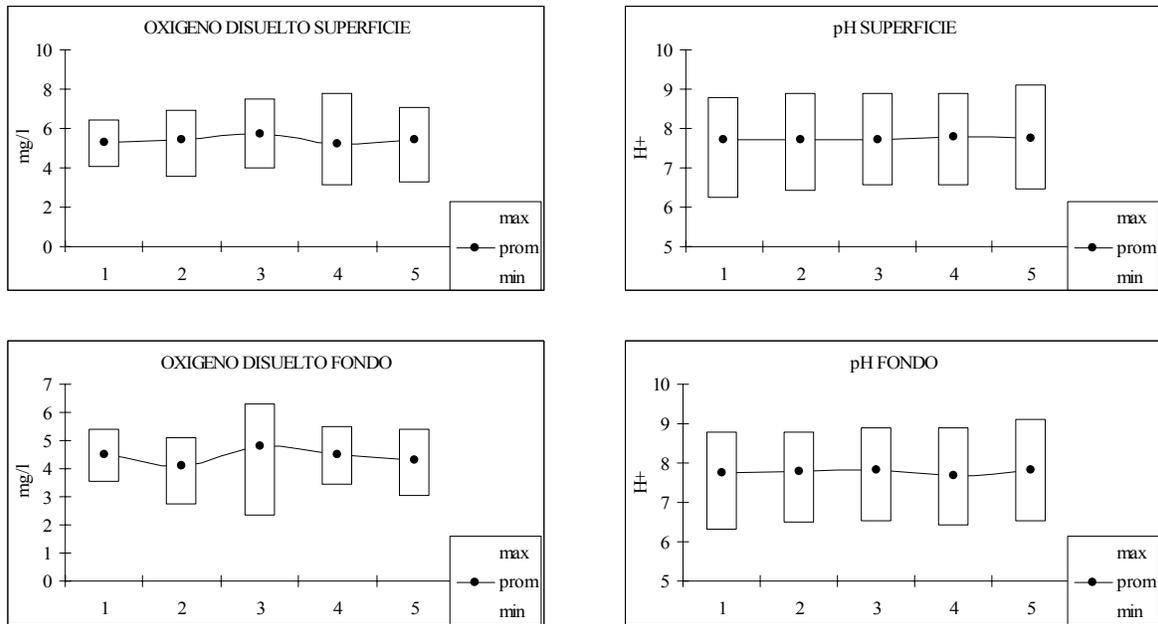


Figura 39. Comportamiento espacial del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Candelaria-Panlau

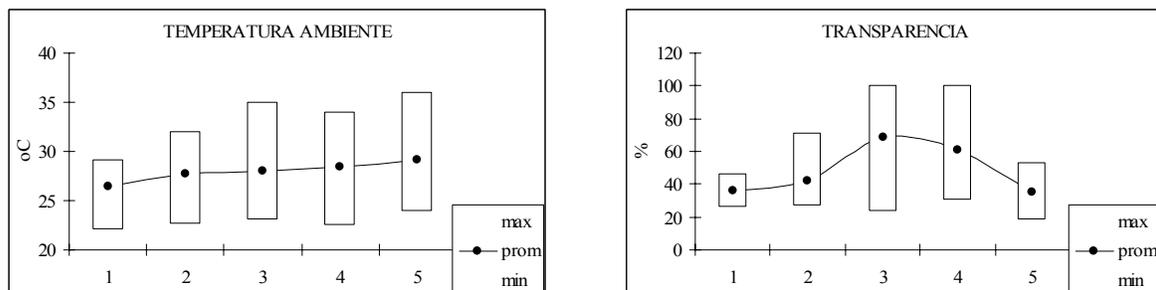


Figura 40. Comportamiento espacial de la temperatura ambiente y transparencia en el Sistema Candelaria-Panlau

En el sistema Candelaria-Panlau se capturaron un total de 7926 organismos que alcanzaron un peso total de 144.7 Kg. La comunidad de peces se integró por 52 especies agrupadas en 41

géneros y 25 familias. El área total de muestreo fue de 90000 m², la abundancia relativa fue de 0.0881 ind/m², 1.6077 g/m² y 18.25 g/ind.

Tabla 4. Especies del sistema Candelaria-Panlau ordenadas de acuerdo al valor del índice de importancia y con sus valores de abundancia en número de individuos (No. Ind.), peso en gramos y frecuencia de aparición.

<i>Especie</i>	No. Ind.	% No. Ind.	Peso	% Peso	% FREC.	Índice de Importancia
<i>Cathorops melanopus</i>	3780	47.7	81358.7	56.2	81.4	218165.8
<i>Bairdiella ronchus</i>	1001	12.6	12695.5	8.8	57.6	6385.8
<i>Bairdiella chrysoura</i>	780	9.8	7267.3	5.0	66.1	3267.3
<i>Diapterus rhombeus</i>	1043	13.2	4587.7	3.2	64.4	2687.3
<i>Cynoscion arenarius</i>	169	2.1	2293.9	1.6	44.1	149.0
<i>Micropogonias undulatus</i>	155	2.0	1711.5	1.2	40.7	94.1
<i>Eugerres plumieri</i>	49	0.6	7195.3	5.0	20.3	62.5
<i>Cynoscion nebulosus</i>	58	0.7	3171.3	2.2	39.0	62.5
<i>Sphoeroides testudineus</i>	64	0.8	2667.0	1.8	40.7	60.5
<i>Chaetodipterus faber</i>	25	0.3	5729.4	4.0	11.9	14.8
<i>Bagre marinus</i>	59	0.7	895.8	0.6	23.7	10.9
<i>Anchoa mitchilli</i>	313	3.9	60.3	0.0	59.3	9.8
<i>Ariopsis felis</i>	17	0.2	2219.4	1.5	20.3	6.7
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	24	0.3	1831.8	1.3	15.3	5.8
<i>Archosargus probatocephalus</i>	11	0.1	2997.0	2.1	13.6	3.9
<i>Cetengraulis edentulus</i>	52	0.7	324.0	0.2	23.7	3.5
<i>Eucinostomus gula</i>	51	0.6	228.5	0.2	27.1	2.8
<i>Gobionellus hastatus</i>	23	0.3	561.0	0.4	18.6	2.1
<i>Eucinostomus argenteus</i>	46	0.6	108.6	0.1	25.4	1.1
<i>Dasyatis sabina</i>	4	0.1	2193.7	1.5	6.8	0.5
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	38	0.5	125.7	0.1	10.2	0.4
<i>Synodus foetens</i>	25	0.3	247.0	0.2	6.8	0.4
<i>Trichiurus lepturus</i>	12	0.2	348.1	0.2	6.8	0.2
<i>Citharichthys spilopterus</i>	16	0.2	166.7	0.1	8.5	0.2
<i>Lutjanus griseus</i>	5	0.1	617.0	0.4	6.8	0.2
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	11	0.1	155.0	0.1	6.8	0.1
<i>Chilomycterus schoepfi</i>	3	0.0	623.3	0.4	5.1	0.1
<i>Polydactylus octonemus</i>	4	0.1	301.5	0.2	5.1	0.1
<i>Stellifer lanceolatus</i>	14	0.2	72.8	0.1	5.1	0.0
<i>Cichlasoma sp</i>	16	0.2	125.2	0.1	1.7	0.0
<i>Achirus lineatus</i>	9	0.1	36.9	0.0	10.2	0.0
<i>Opsanus beta</i>	2	0.0	497.4	0.3	3.4	0.0
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	7	0.1	36.6	0.0	6.8	0.0
<i>Porichthys porosissimus</i>	2	0.0	207.1	0.1	3.4	0.0
<i>Centropomus undecimalis</i>	1	0.0	338.5	0.2	1.7	0.0
<i>Syngnathus louisianae</i>	14	0.2	6.2	0.0	5.1	0.0
<i>Menticirrhus americanus</i>	1	0.0	238.6	0.2	1.7	0.0
<i>Dorosoma petenense</i>	3	0.0	35.2	0.0	3.4	0.0
<i>Centropomus parallelus</i>	1	0.0	170.6	0.1	1.7	0.0

<i>Diapterus auratus</i>	3	0.0	17.3	0.0	3.4	0.0
<i>Caranx crysos</i>	1	0.0	64.5	0.0	1.7	0.0
<i>Prionotus carolinus</i>	1	0.0	44.4	0.0	1.7	0.0
<i>Sphoeroides nephelus</i>	3	0.0	12.3	0.0	1.7	0.0
<i>Elops saurus</i>	1	0.0	25.9	0.0	1.7	0.0
<i>Selene setapinnis</i>	1	0.0	22.3	0.0	1.7	0.0
<i>Trinectes maculatus</i>	2	0.0	9.6	0.0	1.7	0.0
<i>Odontocion dentex</i>	1	0.0	16.3	0.0	1.7	0.0
<i>Sphoeroides spengleri</i>	1	0.0	13.9	0.0	1.7	0.0
<i>Prionotus punctatus</i>	1	0.0	8.8	0.0	1.7	0.0
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	1	0.0	6.2	0.0	1.7	0.0
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	1	0.0	3.4	0.0	1.7	0.0
<i>Gobiosoma boscii</i>	1	0.0	0.4	0.0	1.7	0.0
Total General	7926		144691.92			

La abundancia mensual tiene un comportamiento que se muestra en la figura 41, la densidad es máxima en abril (0.1671 ind/m²) y mínima en febrero (0.0335 ind/m²), y para los mismos meses la biomasa es máxima y mínima (3.5039 y 0.5745 ind/m²) respectivamente. El peso promedio presentó valores entre 30.42 g/ind en agosto y 10.79 g/ind en diciembre.

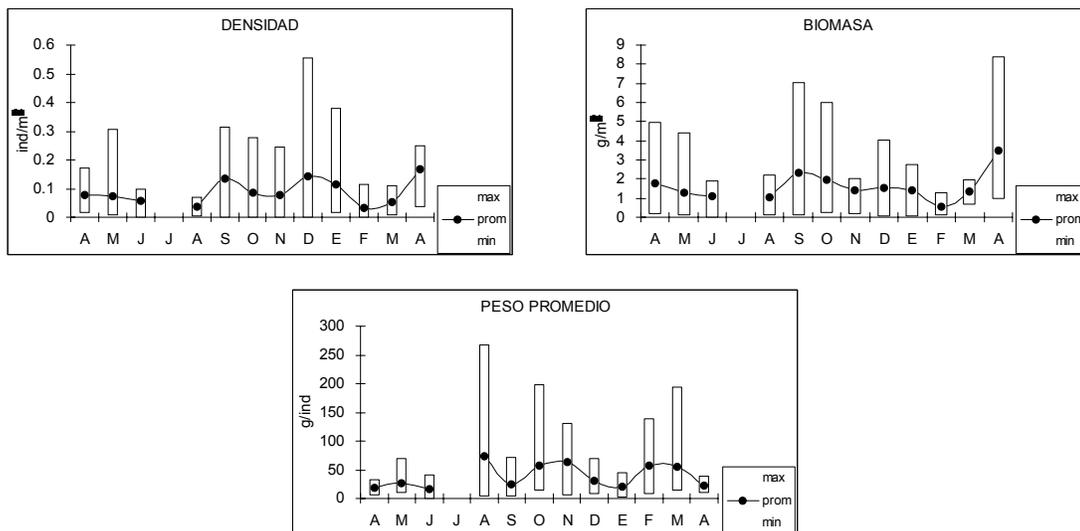


Figura 41. Comportamiento temporal de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau.

En escala espacial, la abundancia relativa muestra los intervalos siguientes: la densidad entre 0.0397 ind/m² en la estación 4 y 0.1739 ind/m² en la estación 3, la biomasa entre 1.3292 g/m² en la estación 5 y 2.4052 g/m² en la estación 2 y el peso promedio entre 8.7544 g/ind en la estación 3 y 34.59 g/ind en la estación 4 (Fig. 42). En las figura 43 y 44 se presentan los modelos de distribución de la densidad por época climática.

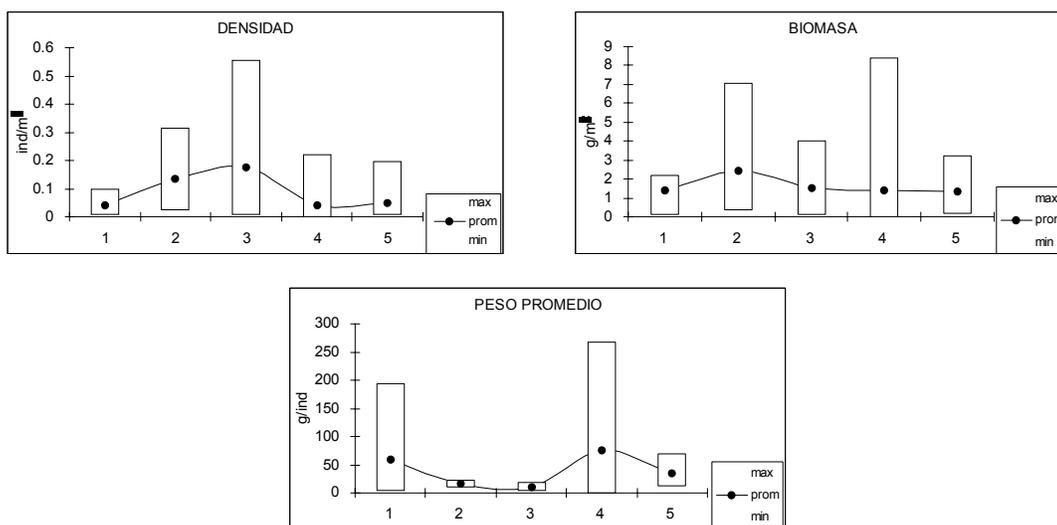


Figura 42. Comportamiento espacial de los parámetros de abundancia y diversidad de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau.

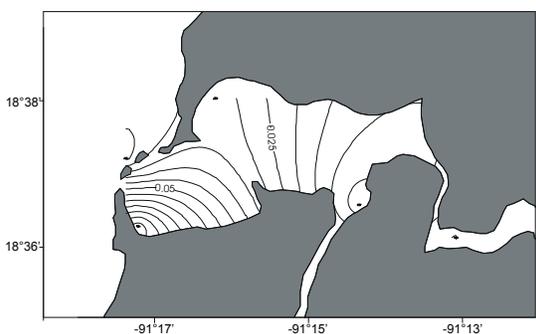


Figura 43. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Candelaria-Panlau en lluvias

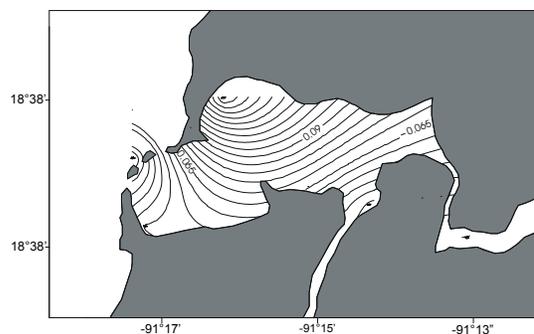


Figura 44. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau en secas

Sistema Laguna de Términos

En la secuencia de figuras 45, 46 y 47, se presentan los intervalos de variación y los valores promedio de los parámetros ambientales: temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, pH, y transparencia por mes, en el sistema Laguna de Términos.

La temperatura de superficie osciló entre 21.2 °C y 32.9 °C en enero y junio respectivamente, y la temperatura del fondo entre 22.5 °C y 32.9°C en enero y junio. La salinidad de superficie alcanzó valores extremos de S= 0 y S= 39.3 con un reflejo muy claro del efecto de la época de lluvias y de la descarga de los ríos con respecto a la época de secas y la salinidad del fondo entre S= 0 y S= 39.7 con la misma correlación.

El oxígeno disuelto en superficie presentó valores entre 12.6 mL/L en enero y 3.2 mL/L en noviembre, en tanto que en el fondo el intervalo fue de 12.6 en enero de 1998 y 2.2 en enero de 1999. El pH tanto en superficie como en el fondo presentó valores entre 9.8 en agosto y 6.1 en septiembre. Los valores de transparencia oscilaron entre 2.3% y 100% con un promedio de 40.5%. La profundidad registrada mostró variaciones entre 1.68 y 2.9 m.

En las figuras 48, 49 y 50 se presentan gráficamente los patrones de comportamiento de los parámetros ambientales en escala espacial. En primer lugar, los valores extremos de temperatura en la superficie fueron 17 °C en la estación 8 y 33.7 °C en la estación 20, en el fondo el intervalo fue 17.5 °C en la estación 8 y 32.9 °C en la estación 9. La salinidad tanto de superficie como de fondo, permite identificar las estaciones que se encuentran cercanas a las desembocaduras de los ríos asociados y también se aprecia el intervalo de variación en cada

estación producto de la variabilidad ambiental. Los valores mínimos de salinidad fueron de cero y los máximos superan las 39 unidades.

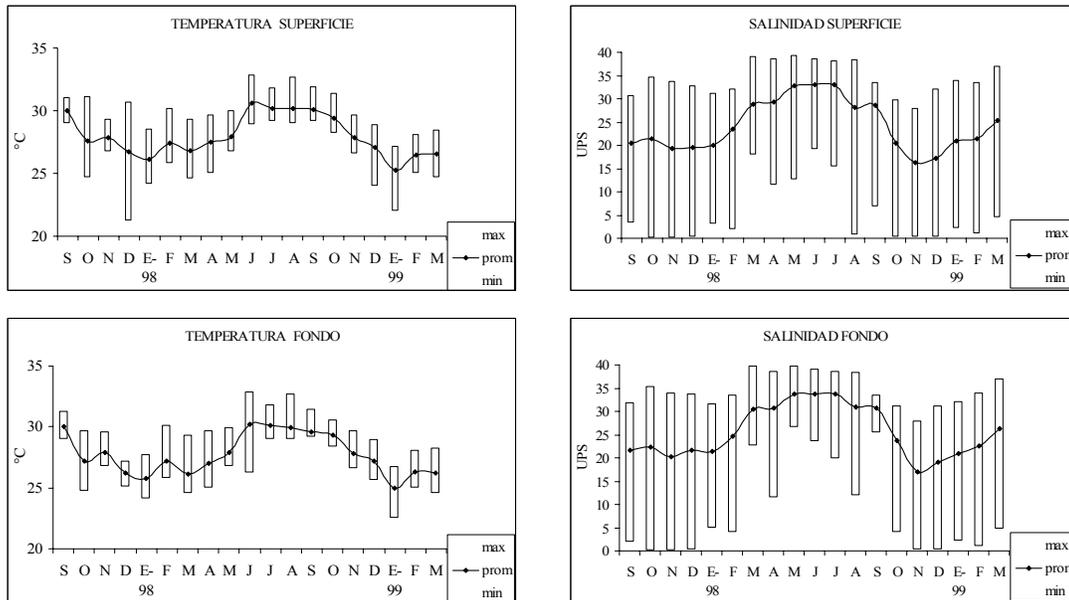


Figura 45. Comportamiento temporal de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Laguna de Términos

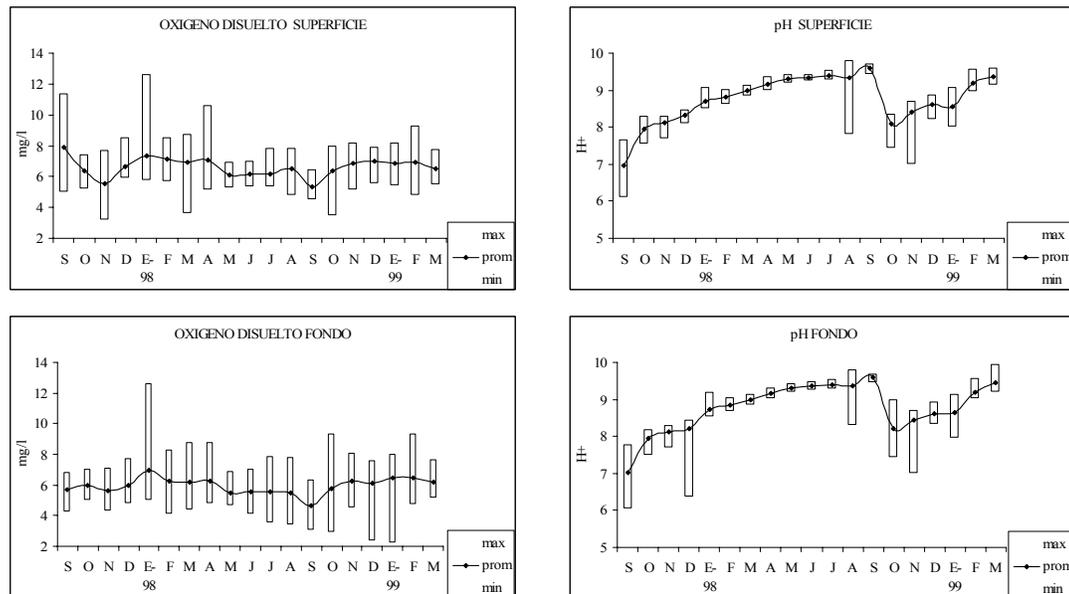


Figura 46. Comportamiento temporal del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Laguna de Términos

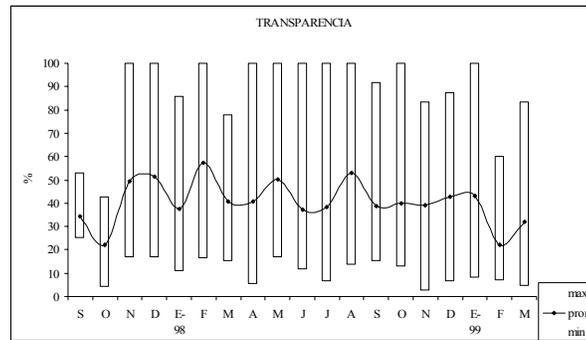


Figura 47. Comportamiento temporal de la transparencia en el Sistema Laguna de Términos

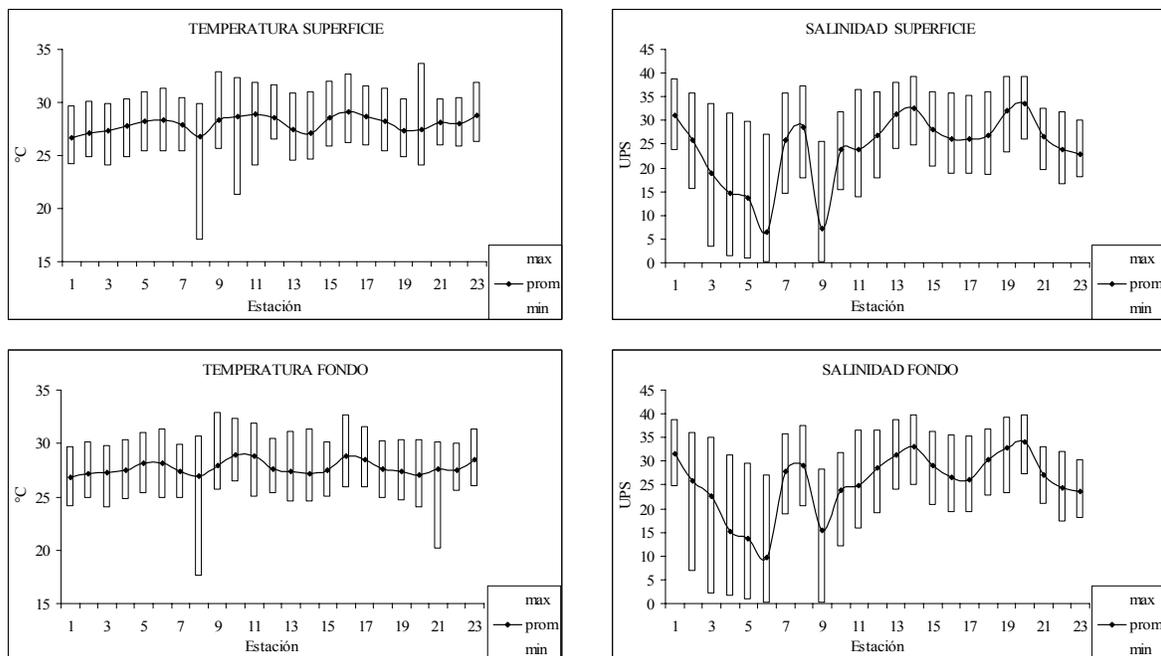


Figura 48. Comportamiento espacial de la temperatura y salinidad en dos niveles de profundidad en el Sistema Laguna de Términos

El oxígeno disuelto en superficie osciló entre 3.2 mL/L y 12.6 mL/L estos valores se registraron en las estaciones 8 y 6, los valores de oxígeno disuelto en fondo mostraron una variación de entre 2.2 mL/L y 12.6 mL/L en las estaciones 1 y 6. El intervalo de variación de los valores del pH en superficie y en fondo fue de 6.1 a 9.8 H⁺ en general el promedio es muy

homogeneo entre las estaciones sin embargo se logra apreciar estaciones con intervalos de variación mas reducidos que se asocian a sitios cercanos a las desembocaduras de los ríos. En cuanto a la transparencia los valores oscilan entre 2.3 y 100 % con un promedio de 40.5%.

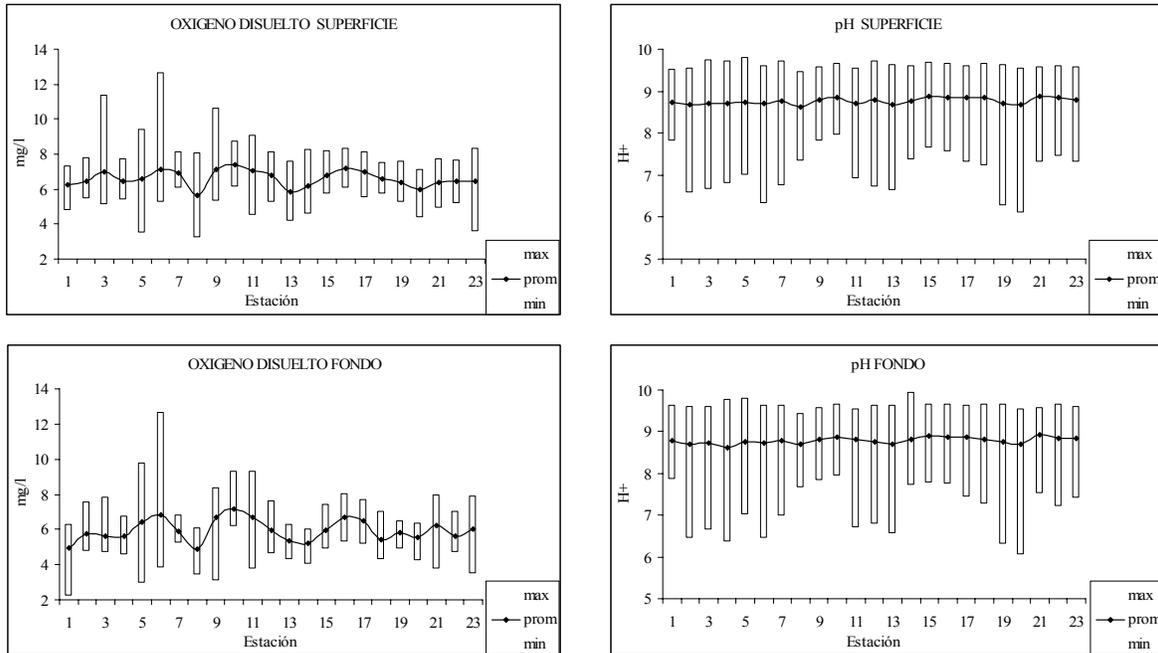


Figura 49. Comportamiento espacial del oxígeno disuelto y pH en dos niveles de profundidad en el Sistema Laguna de Términos

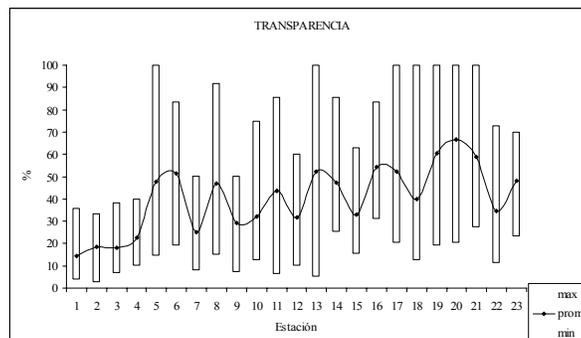


Figura 50. Comportamiento espacial de la transparencia en el Sistema Laguna de Términos

Se identificaron un total de 107 especies de peces agrupadas en 77 géneros y 39 familias. El ordenamiento por índice de importancia se presenta en la tabla 5. Se capturaron un total de 25588 organismos con un peso conjunto de 601.5 kg. La superficie total de muestreo es de 776397 m². La abundancia relativa es de 0.0329 ind/m²; 0.7747 g/m² y 23.547 g/ind.

Tabla 5. Especies del sistema Laguna de Términos ordenadas de acuerdo al valor del índice de importancia y con sus valores de abundancia en número de individuos (No. Ind.), peso en gramos y frecuencia de aparición.

Especie	No. Ind.	% No. Ind.	Peso	% Peso	% FREC.	Índice de Importancia
<i>Cathorops melanopus</i>	6772	26.5	119348.5	19.8	4.3	2283.2
<i>Diapterus rhombeus</i>	4833	18.9	34231.3	5.7	7.2	778.9
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	1077	4.2	67786.0	11.3	0.2	11.5
<i>Eugerres plumieri</i>	856	3.3	69872.9	11.6	1.7	65.7
<i>Sphoeroides testudineus</i>	631	2.5	41682.1	6.9	19.3	330.2
<i>Bairdiella chrysoura</i>	1193	4.7	25138.9	4.2	0.7	14.1
<i>Eucinostomus gula</i>	1395	5.5	12677.2	2.1	3.6	41.6
<i>Chaetodipterus faber</i>	378	1.5	39130.5	6.5	36.5	350.5
<i>Ariopsis felis</i>	845	3.3	19919.9	3.3	24.2	264.2
<i>Cetengraulis edentulus</i>	946	3.7	13281.6	2.2	29.2	238.6
<i>Bagre marinus</i>	956	3.7	8780.1	1.5	27.8	151.5
<i>Stellifer lanceolatus</i>	806	3.1	6050.3	1.0	18.6	58.9
<i>Cynoscion arenarius</i>	439	1.7	5612.9	0.9	0.5	0.8
<i>Bairdiella ronchus</i>	314	1.2	11593.9	1.9	0.5	1.1
<i>Sphoeroides nephelus</i>	219	0.9	10384.1	1.7	0.5	0.7
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	651	2.5	2453.3	0.4	0.7	0.8
<i>Synodus foetens</i>	138	0.5	7477.2	1.2	2.4	1.6
<i>Lutjanus synagris</i>	163	0.6	6228.6	1.0	58.9	38.9
<i>Micropogonias undulatus</i>	188	0.7	4086.5	0.7	7.2	3.6
<i>Dasyatis sabina</i>	72	0.3	19546.8	3.2	0.7	0.7
<i>Polydactylus octonemus</i>	144	0.6	4671.0	0.8	0.2	0.1
<i>Lutjanus griseus</i>	99	0.4	8005.3	1.3	28.5	14.7
<i>Trichiurus lepturus</i>	117	0.5	3105.4	0.5	29.2	6.9
<i>Citharichthys spilopterus</i>	204	0.8	1294.1	0.2	7.0	1.2
<i>Anchoa mitchilli</i>	585	2.3	277.4	0.0	19.8	2.1
<i>Eucinostomus argenteus</i>	188	0.7	1337.7	0.2	0.7	0.1
<i>Chilomycterus schoepfi</i>	40	0.2	7530.7	1.3	16.9	3.3
<i>Harengula jaguana</i>	134	0.5	1026.8	0.2	0.2	0.0
<i>Centropomus parallelus</i>	43	0.2	4407.6	0.7	0.7	0.1
<i>Selene vomer</i>	69	0.3	800.4	0.1	30.0	1.1
<i>Symphurus civitatus</i>	97	0.4	807.7	0.1	6.5	0.3
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	65	0.3	2063.5	0.3	0.2	0.0
<i>Cynoscion nebulosus</i>	36	0.1	1620.6	0.3	7.7	0.3
<i>Prionotus scitulus</i>	41	0.2	1466.7	0.2	3.6	0.1
<i>Prionotus carolinus</i>	40	0.2	1282.3	0.2	40.3	1.3

<i>Sphoeroides pachygaster</i>	49	0.2	825.5	0.1	0.2	0.0
<i>Urolophus jamaicensis</i>	17	0.1	4716.6	0.8	0.2	0.0
<i>Menticirrhus americanus</i>	43	0.2	994.9	0.2	1.2	0.0
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	28	0.1	1671.6	0.3	0.2	0.0
<i>Archosargus probatocephalus</i>	21	0.1	1753.6	0.3	0.2	0.0
<i>Achirus lineatus</i>	40	0.2	459.4	0.1	2.4	0.0
<i>Porichthys porosissimus</i>	20	0.1	1703.2	0.3	10.1	0.2
<i>Diapterus auratus</i>	44	0.2	500.2	0.1	25.8	0.4
<i>Lutjanus analis</i>	20	0.1	733.5	0.1	1.7	0.0
<i>Haemulon bonaeriense</i>	25	0.1	622.2	0.1	34.3	0.3
<i>Himanthura schmardae</i>	4	0.0	8207.7	1.4	1.9	0.0
<i>Etropus crossotus</i>	34	0.1	276.9	0.0	0.5	0.0
<i>Menticirrhus saxatilis</i>	20	0.1	464.6	0.1	1.9	0.0
<i>Gerres cinereus</i>	42	0.2	243.3	0.0	0.2	0.0
<i>Oligoplites saurus</i>	27	0.1	184.3	0.0	1.0	0.0
<i>Caranx hippos</i>	18	0.1	345.0	0.1	2.4	0.0
<i>Sphoeroides spengleri</i>	10	0.0	665.4	0.1	1.0	0.0
<i>Anchoa hepsetus</i>	49	0.2	144.7	0.0	10.4	0.0
<i>Opisthonema oglinum</i>	17	0.1	295.5	0.0	2.2	0.0
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	16	0.1	147.7	0.0	1.0	0.0
<i>Trinectes maculatus</i>	14	0.1	160.8	0.0	1.0	0.0
<i>Mugil curema</i>	7	0.0	396.8	0.1	1.0	0.0
<i>Selene setapinnis</i>	18	0.1	104.2	0.0	0.7	0.0
<i>Gobionellus hastatus</i>	8	0.0	255.4	0.0	0.2	0.0
<i>Ocyurus chrysurus</i>	16	0.1	134.5	0.0	2.7	0.0
<i>Lagodon rhomboides</i>	10	0.0	388.2	0.1	1.2	0.0
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	18	0.1	91.0	0.0	0.2	0.0
<i>Dorosoma petenense</i>	12	0.0	164.1	0.0	7.2	0.0
<i>Bairdiella sanctae-luciae</i>	19	0.1	117.8	0.0	13.0	0.0
<i>Lutjanus apodus</i>	11	0.0	120.8	0.0	5.6	0.0
<i>Opsanus beta</i>	4	0.0	407.5	0.1	2.2	0.0
<i>Haemulon plumieri</i>	6	0.0	169.9	0.0	16.9	0.0
<i>Centropomus poeyi</i>	4	0.0	291.8	0.0	0.5	0.0
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	6	0.0	168.6	0.0	0.5	0.0
<i>Lobotes surinamensis</i>	1	0.0	2900.0	0.5	1.7	0.0
<i>Dorosoma anale</i>	16	0.1	164.5	0.0	0.2	0.0
<i>Caranx crysos</i>	6	0.0	123.2	0.0	0.2	0.0
<i>Centropomus undecimalis</i>	2	0.0	1093.0	0.2	1.7	0.0
<i>Anisotremus virginicus</i>	3	0.0	239.6	0.0	3.1	0.0
<i>Ophichthus gomesi</i>	2	0.0	433.4	0.1	0.5	0.0
<i>Haemulon aurolineatum</i>	5	0.0	85.5	0.0	2.2	0.0
<i>Trachinotus falcatus</i>	3	0.0	126.9	0.0	0.7	0.0
<i>Stephanolepis hispidus</i>	5	0.0	49.9	0.0	0.2	0.0
<i>Epinephelus itajara</i>	1	0.0	866.0	0.1	3.1	0.0
<i>Calamus penna</i>	2	0.0	196.0	0.0	0.7	0.0
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	5	0.0	37.9	0.0	15.2	0.0
<i>Gobioides broussonneti</i>	5	0.0	70.9	0.0	3.9	0.0
<i>Sardinella brasiliensis</i>	6	0.0	39.3	0.0	6.5	0.0

<i>Oreochromis niloticus</i>	1	0.0	630.0	0.1	5.8	0.0
<i>Tilapia melanopleura</i>	1	0.0	432.0	0.1	0.2	0.0
<i>Monacanthus ciliatus</i>	2	0.0	97.2	0.0	0.7	0.0
<i>Nicholsina usta</i>	3	0.0	96.4	0.0	2.2	0.0
<i>Peprilus paru</i>	3	0.0	26.7	0.0	9.7	0.0
<i>Hippocampus erectus</i>	4	0.0	14.8	0.0	16.4	0.0
<i>Prionotus tribulus</i>	3	0.0	76.0	0.0	6.8	0.0
<i>Cynoscion nothus</i>	6	0.0	37.7	0.0	1.9	0.0
<i>Syngnathus scovelli</i>	6	0.0	6.9	0.0	43.7	0.0
<i>Symphurus plagiusa</i>	2	0.0	41.1	0.0	26.1	0.0
<i>Mycteroperca bonaci</i>	2	0.0	82.2	0.0	1.0	0.0
<i>Mugil cephalus</i>	2	0.0	38.1	0.0	0.2	0.0
<i>Lutjanus campechanus</i>	1	0.0	132.0	0.0	5.6	0.0
<i>Gymnotorax saxicola</i>	1	0.0	125.5	0.0	0.5	0.0
<i>Strongylura nonata</i>	1	0.0	115.4	0.0	0.5	0.0
<i>Elops saurus</i>	1	0.0	111.3	0.0	1.0	0.0
<i>Brevoortia gunteri</i>	2	0.0	14.0	0.0	18.1	0.0
<i>Bathygobius soporator</i>	5	0.0	5.4	0.0	0.2	0.0
<i>Trachinotus carolinus</i>	3	0.0	11.3	0.0	0.2	0.0
<i>Dormitator maculatus</i>	1	0.0	28.8	0.0	0.7	0.0
<i>Trachinotus goodei</i>	1	0.0	18.0	0.0	0.2	0.0
<i>Syngnathus louisianae</i>	2	0.0	1.2	0.0	14.5	0.0
<i>Aluterus schoepfii</i>	1	0.0	1.4	0.0	2.2	0.0
<i>Conodon nobilis</i>	1	0.0	0.6	0.0	3.1	0.0
Total General	25588		601476.587			

La abundancia de la comunidad de peces mostró los siguientes intervalos de variación en escala temporal: 0.395 a 0.895 ind/m²; 8.637 a 18.316 g/m² y 18.358 a 34.837 g/ind. Espacialmente los intervalos de variación de los parámetros de abundancia son los siguientes: 0.209–1.055 ind/m²; 4.654–24.533 g/m²; 8.569–80.229 g/ind. El comportamiento espacial y temporal de estos parámetros ecológicos se presenta en las figuras 51 y 52. En las figuras 53 y 54 se muestran los modelos de distribución espacial de la densidad de la comunidad de peces por época climática.

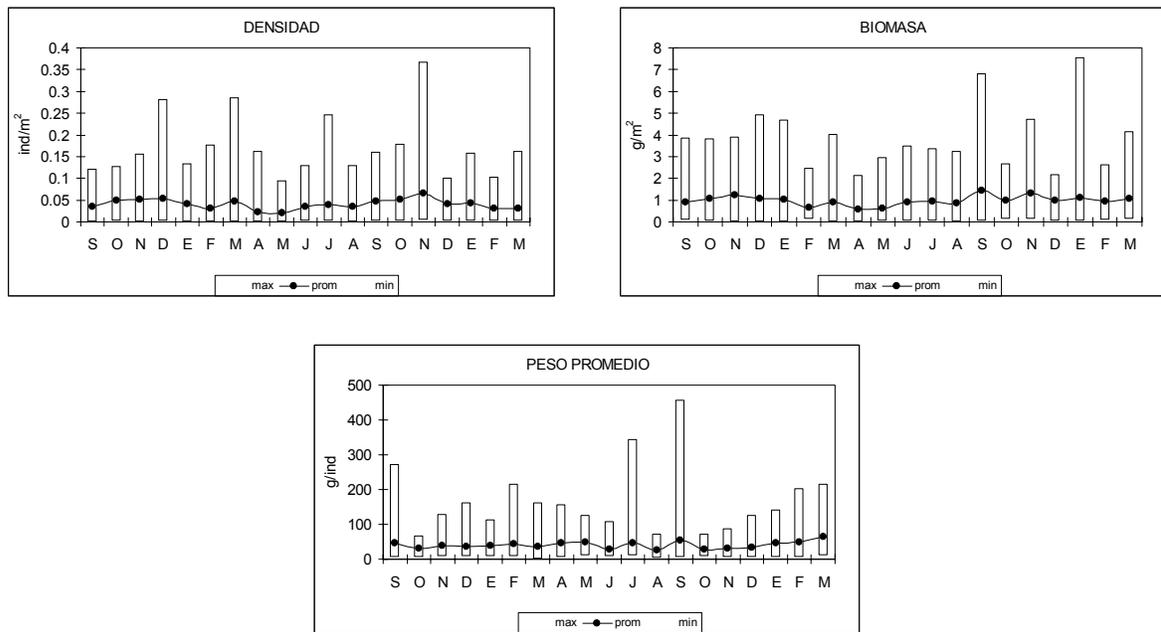


Figura 51. Comportamiento temporal de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Laguna de Términos.

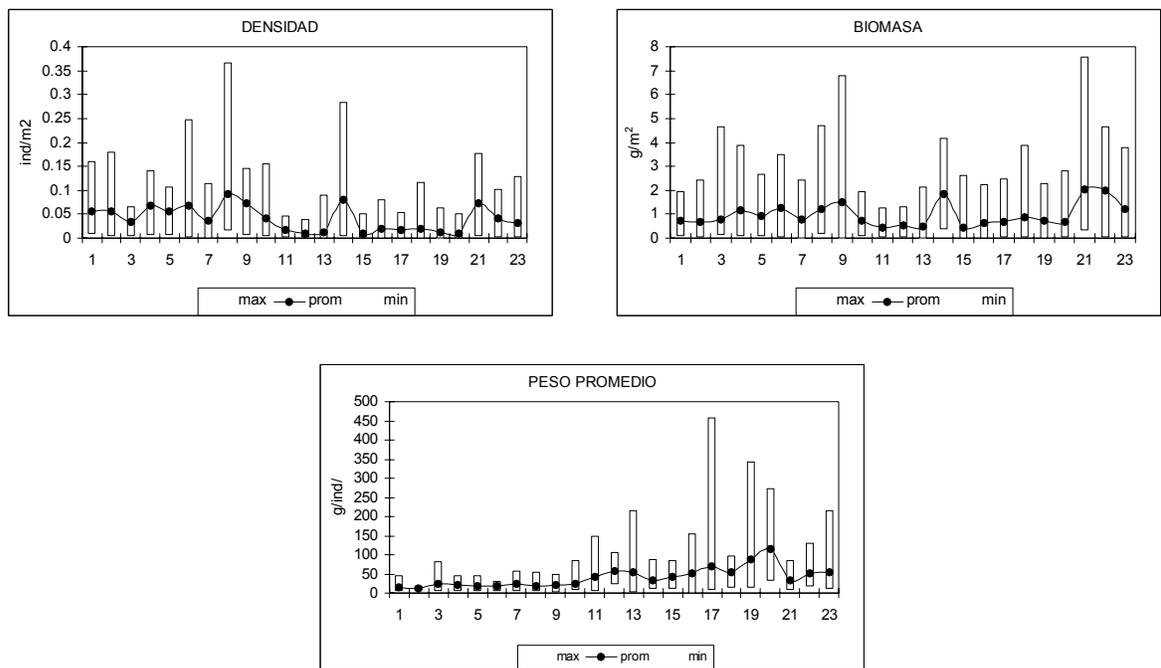


Figura 52. Comportamiento espacial de los parámetros de abundancia de la comunidad de peces en el sistema Laguna de Términos.

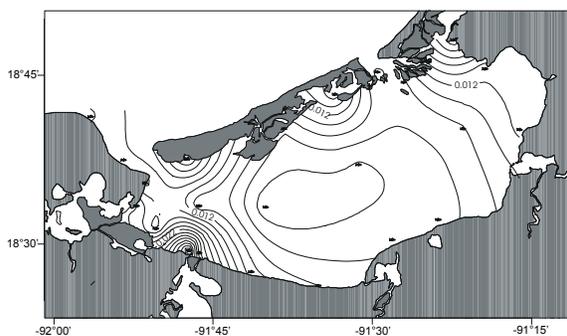


Figura 53. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Laguna de Términos en lluvias.

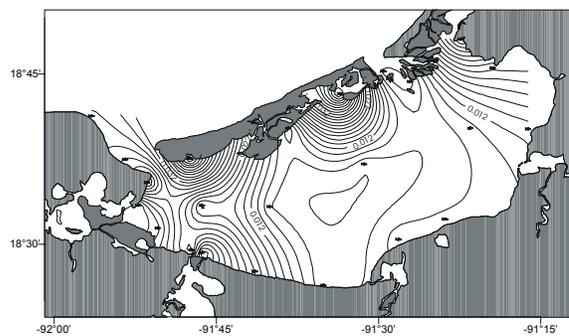


Figura 54. Modelo espacial de la densidad de la comunidad de peces en el Sistema Laguna de Términos en secas.

Especies Dominantes

La comunidad de peces en la Laguna de Términos y sus sistemas fluvio-lagunares asociados queda representada por un total de 129 especies agrupadas en 44 familias y 102 géneros, en la Tabla 7 se presenta su ordenamiento sistemático.

TABLA 7. Lista de las especies capturadas en los sistemas Palizada-Del Este (PE), Chumpam-Balchacah (CB), Pom-Atasta (PA), Candelaria-Panlau (CP) y en la Laguna de Términos.

	Especie	Autor
1	<i>Dasyatis sabina</i>	(Le Sueur, 1824)
2	<i>Himanthura schmardae</i>	(Werner, 1904)
3	<i>Urolophus jamaicensis</i>	(Cuvier, 1817)
4	<i>Atractosteus tropicus</i>	(Gill, 1863)
5	<i>Harengula jaguana</i>	Poey, 1865
6	<i>Opisthonema oglinum</i>	(Le Sueur, 1817)
7	<i>Sardinella brasiliensis</i>	(Steindachner, 1879)
8	<i>Brevoortia gunteri</i>	Hildebrand, 1948
9	<i>Dorosoma anale</i>	Meek, 1904
10	<i>Dorosoma petenense</i>	(Günther, 1866)
11	<i>Anchoa hepsetus</i>	(Linnaeus, 1758)
12	<i>Anchoa mitchilli</i>	(Valenciennes, 1848)
13	<i>Cetengraulis edentulus</i>	(Cuvier, 1829)
14	<i>Elops saurus</i>	Linnaeus, 1776.
15	<i>Albula vulpes</i>	(Linnaeus, 1758)
16	<i>Gymnotorax saxicola</i>	Jordan y Davis, 1891
17	<i>Ophichthus gomesi</i>	(Castelnau, 1855)

18	<i>Astyanax fasciatus</i>	(Cuvier, 1817)
19	<i>Hyphesobrycon compressus</i>	(Meek, 1904)
20	<i>Ictalurus meridionalis</i>	(Günther, 1868)
21	<i>Ariopsis felis</i>	(Linnaeus, 1766)
22	<i>Cathorops melanopus</i>	Günther, 1864
23	<i>Bagre marinus</i>	(Mitchill, 1815)
24	<i>Potamarius nelsoni</i>	(Evermann y Goldsborough, 1902)
25	<i>Rhamdia laticauda</i>	(Heckel, 1857)
26	<i>Synodus foetens</i>	(Linnaeus, 1766)
27	<i>Opsanus beta</i>	(Goode y Bean, 1879)
28	<i>Porichthys porosissimus</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1837)
29	<i>Strongylura nonata</i>	(Poey, 1860)
30	<i>Poecilia sp</i>	
31	<i>Atherinomorus stipes</i>	(Müller y Troschell, 1848)
32	<i>Syngnathus louisianae</i>	Günther, 1870
33	<i>Syngnathus scovelli</i>	Evermann y Kendall, 1895
34	<i>Hippocampus erectus</i>	Perry, 1810
35	<i>Hippocampus zosterae</i>	Jordan y Gilbert, 1882
36	<i>Prionotus tribulus</i>	Cuvier, 1829
37	<i>Prionotus carolinus</i>	(Linnaeus, 1771)
38	<i>Prionotus scitulus</i>	Jordan y Gilbert, 1882
39	<i>Prionotus punctatus</i>	Bloch, 1793
40	<i>Centropomus undecimalis</i>	(Bloch, 1792)
41	<i>Centropomus parallelus</i>	Poey, 1860
42	<i>Centropomus poeyi</i>	Chávez, 1961
43	<i>Epinephelus itajara</i>	(Lichtenstein, 1822)
44	<i>Mycteroperca bonaci</i>	(Poey, 1860)
45	<i>Caranx hippos</i>	(Linnaeus, 1766)
46	<i>Caranx crysos</i>	(Mitchill, 1815)
47	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	(Linnaeus, 1766)
48	<i>Selene vomer</i>	(Linnaeus, 1758)
49	<i>Selene setapinnis</i>	(Mitchill, 1815)
50	<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	(Cuvier, 1833)
51	<i>Trachinotus carolinus</i>	(Linnaeus, 1766)
52	<i>Trachinotus falcatus</i>	(Linnaeus, 1758)
53	<i>Trachinotus goodei</i>	Jordan y Evermann, 1896
54	<i>Oligoplites saurus</i>	(Block y Schneider, 1801)
55	<i>Lutjanus synagris</i>	(Linnaeus, 1758)
56	<i>Lutjanus campechanus</i>	(Poey, 1860)
57	<i>Lutjanus analis</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1828)
58	<i>Lutjanus apodus</i>	(Walbaum, 1792)
59	<i>Lutjanus griseus</i>	(Linnaeus, 1758)
60	<i>Ocyurus chrysurus</i>	(Bloch, 1791)
61	<i>Lobotes surinamensis</i>	(Bloch, 1790)
62	<i>Eucinostomus gula</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1830)
63	<i>Eucinostomus argenteus</i>	Baird y Girard, 1854
64	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	(Bleeker, 1863)
65	<i>Diapterus rhombeus</i>	(Cuvier, 1829)

66	<i>Diapterus auratus</i>	Ranzani, 1842
67	<i>Gerres cinereus</i>	(Walbaum, 1792)
68	<i>Eugerres plumieri</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1830)
69	<i>Eugerres mexicanus</i>	(Steindachner, 1863)
70	<i>Orthopristis chrysoptera</i>	(Linnaeus, 1766)
71	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Cuvier, 1829
72	<i>Haemulon plumieri</i>	(Lacépède, 1802)
73	<i>Haemulon bonaeriense</i>	Cuvier y Valenciennes, 1830
74	<i>Anisotremus virginicus</i>	(Linnaeus, 1758)
75	<i>Conodon nobilis</i>	(Linnaeus, 1758)
76	<i>Pomadasys croco</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1830)
77	<i>Archosargus rhomboidalis</i>	(Linnaeus, 1758)
78	<i>Archosargus probatocephalus</i>	(Walbaum, 1792)
79	<i>Lagodon rhomboides</i>	(Linnaeus, 1766)
80	<i>Calamus penna</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1830)
81	<i>Cynoscion arenarius</i>	Ginsburg, 1929
82	<i>Cynoscion nothus</i>	(Holbrook, 1860)
83	<i>Cynoscion nebulosus</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1830)
84	<i>Bairdiella chrysoura</i>	(Lacépède, 1802)
85	<i>Bairdiella ronchus</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1830)
86	<i>Menticirrhus americanus</i>	(Linnaeus, 1758)
87	<i>Menticirrhus saxatilis</i>	(Bloch y Schneider, 1801)
88	<i>Stellifer lanceolatus</i>	(Holbrook, 1855)
89	<i>Micropogonias undulatus</i>	(Linnaeus, 1766)
90	<i>Odontocion dentex</i>	(Cuvier, 1830)
91	<i>Bairdiella sanctae-luciae</i>	Jordan, 1889
92	<i>Chaetodipterus faber</i>	(Broussonet, 1782)
93	<i>Cichlasoma champotonis</i>	(Steindachner, 1864)
94	<i>Cichlasoma heterospilum</i>	
95	<i>Cichlasoma robertsoni</i>	(Regan, 1905)
96	<i>Cichlasoma synspilum</i>	(Hubbs, 1935)
97	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	(Günther, 1862)
98	<i>Cichlasoma sp</i>	
99	<i>Tilapia melanopleura</i>	(Dumeril, 1857)
100	<i>Petenia splendida</i>	Günther, 1862
101	<i>Oreochromis niloticus</i>	Linnaeus, 1758
102	<i>Mugil curema</i>	Cuvier y Valenciennes, 1836
103	<i>Mugil cephalus</i>	Linnaeus, 1758
104	<i>Polydactylus octonemus</i>	(Girard, 1858)
105	<i>Nicholsina usta</i>	(Valenciennes, 1839)
106	<i>Gobionellus hastatus</i>	Girard, 1859
107	<i>Gobioides broussonneti</i>	Lacépède, 1800
108	<i>Gobiosoma bosci</i>	(Lacépède, 1798)
109	<i>Dormitator maculatus</i>	(Bloch, 1785)
110	<i>Bathygobius soporator</i>	(Cuvier y Valenciennes, 1837)
111	<i>Eleotris pisonis</i>	(Gmelin, 1788)
112	<i>Trichiurus lepturus</i>	Linnaeus, 1758
113	<i>Peprilus paru</i>	(Linnaeus, 1758)

114	<i>Citharichthys spilopterus</i>	Günther, 1862
115	<i>Etropus crossotus</i>	Jordan y Gilbert, 1882
116	<i>Achirus lineatus</i>	(Linnaeus, 1758)
117	<i>Trinectes maculatus</i>	(Bloch y Schneider, 1801)
118	<i>Symphurus plagiusa</i>	(Linnaeus, 1766)
119	<i>Symphurus civitatus</i>	Ginsburg, 1951
120	<i>Stephanolepis hispidus</i>	(Linnaeus, 1766)
121	<i>Aluterus schoepfii</i>	(Walbaum, 1792)
122	<i>Monacanthus ciliatus</i>	(Mitchill, 1818)
123	<i>Acanthostracion quadricornis</i>	(Linnaeus, 1758)
124	<i>Sphoeroides pachygaster</i>	(Müller y Troschel, 1848)
125	<i>Sphoeroides nephelus</i>	(Goode y Bean, 1882)
126	<i>Sphoeroides spengleri</i>	(Bloch, 1785)
127	<i>Sphoeroides testudineus</i>	(Linnaeus, 1758)
128	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	(Linnaeus, 1766)
129	<i>Chilomycterus schoepfi</i>	(Walbaum, 1792)

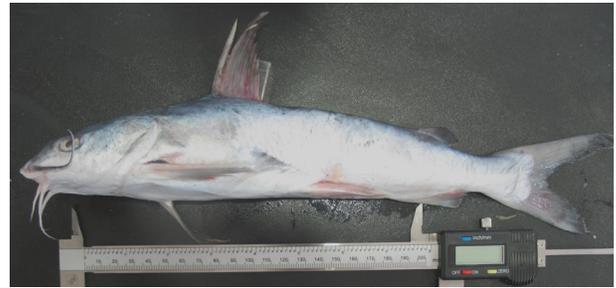
Considerando el número total de individuos y el peso total (53,694 individuos y 1,241.8 kg) de todas las especies capturadas en los cinco subsistemas ecológicos, y considerando el índice de importancia se han identificado a las especies dominantes (tabla 8) que en conjunto representan al 81.1% en número de individuos y al 81.7% en peso de la captura total.

Tabla 8. Abundancia en número y peso de las especies dominantes para el sistema ecológico.

	Especie	No. Ind.	% No. Ind.	Peso	% Peso	% FREC.	Índice de Importancia
1	<i>Cathorops melanopus</i>	18992	35.37	450167.05	36.25	64.97	83302.81
2	<i>Diapterus rhombeus</i>	7701	14.34	49457.46	3.98	44.97	2568.61
3	<i>Sphoeroides testudineus</i>	2447	4.56	104585.56	8.42	43.44	1667.27
4	<i>Eugerres plumieri</i>	1604	2.99	118185.96	9.52	37.45	1064.79
5	<i>Bairdiella chrysoura</i>	2739	5.10	41104.68	3.31	27.64	466.75
6	<i>Bairdiella ronchus</i>	2247	4.18	40787.44	3.28	25.35	348.44
7	<i>Archosargus rhomboidalis</i>	1165	2.17	73376.47	5.91	21.91	280.90
8	<i>Ariopsis felis</i>	928	1.73	29811.26	2.40	18.47	76.64
9	<i>Eucinostomus gula</i>	1570	2.92	13610.38	1.10	20.64	66.13
10	<i>Chaetodipterus faber</i>	433	0.81	49332.50	3.97	19.36	62.03
11	<i>Cetengraulis edentulus</i>	1093	2.04	14280.35	1.15	20.51	48.01
12	<i>Bagre marinus</i>	1179	2.20	10851.58	0.87	19.62	37.64
13	<i>Micropogonias undulatus</i>	775	1.44	9801.35	0.79	25.22	28.73
14	<i>Cynoscion arenarius</i>	675	1.26	9404.98	0.76	22.04	20.98
	TOTAL	43548		1014757.03			

Para cada una de las especies dominantes de la región, se han determinado los principales parámetros poblacionales tales como la relación talla-peso, la estructura por tallas, la frecuencia de aparición en escala temporal y los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy así como la mortalidad y el patrón de reclutamiento. Se describe el comportamiento de la abundancia en escala temporal y se desarrollan los modelos de distribución espacial con base en el análisis georreferenciado de la densidad para las temporadas de lluvias y secas.

Cathorops melanopus



Una especie tropical bentopelágica dulceacuícola que sin embargo se encuentra frecuentemente asociada a las cabeceras de estuarios. No se conoce importancia de uso y tiene una distribución en el sureste de México, América central, el río Montagua y Guatemala.

Es una especie residente permanente en la región de la Laguna de Términos en especial asociada a los sistemas fluvio-lagunares. La abundancia expresada en densidad y biomasa muestra una distribución temporal con pulsos en septiembre, diciembre y abril, sin embargo en diciembre se registran los organismos más pequeños que muy probablemente reflejan un pulso de reclutamiento previo. En la figura 55 se describe este comportamiento.

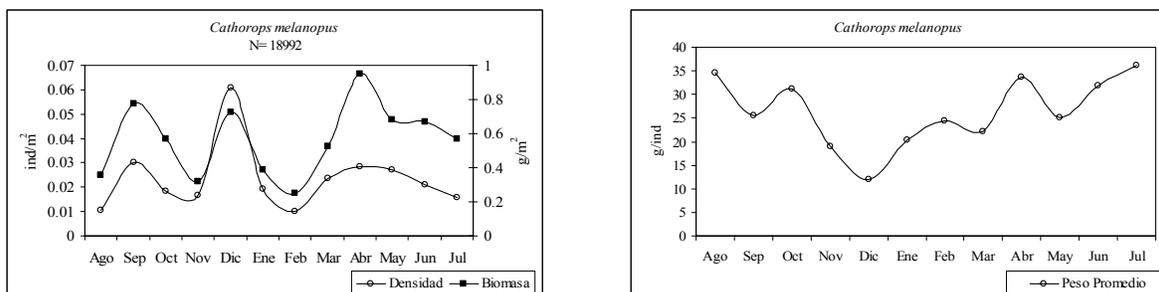


Figura 55. Abundancia relativa de *Cathorops melanopus* en la región de la Laguna de Términos.

Tal y como se refleja en los modelos de distribución espacial de la abundancia (Fig. 56) el bagre *Cathorops melanopus* prefiere las desembocaduras de los sistemas fluvio-lagunares como hábitat. Se aprecia una expansión de su hábitat en la época de lluvias por el incremento

en la descarga de los ríos. También es importante destacar que en el sistema Pom-Atasta el registro de la especie es muy escaso debido a que la salinidad promedio es mas elevada comparativamente con los otros subsistemas por carecer de una aportación tributaria directa.

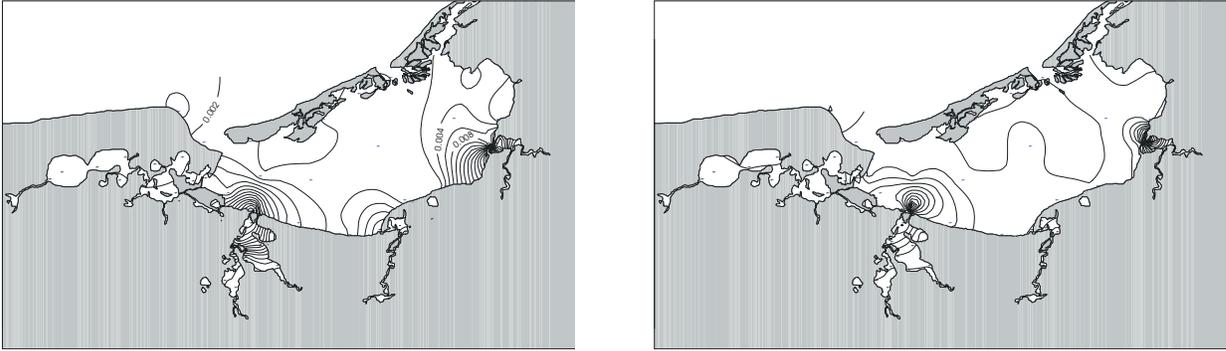


Figura 56. Modelos de distribución espacial de *Cathorops melanopus* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

Los organismos capturados muestran tallas entre 3.5 y 29.9 cm de longitud total y con una correlación del 97% se asocian con su peso bajo un modelo potencial donde el factor de condición relativo es de 0.0084 y el factor de alometría es de 2.976. Mediante los estimadores de densidad por Kernel EDK's se estimó un intervalo de banda óptimo de 0.6524 con lo cual se analiza la estructura por tallas de la población. El valor modal se registra a una talla de 9.13 cm. En la figura 57 se desarrollan gráficamente estos resultados.

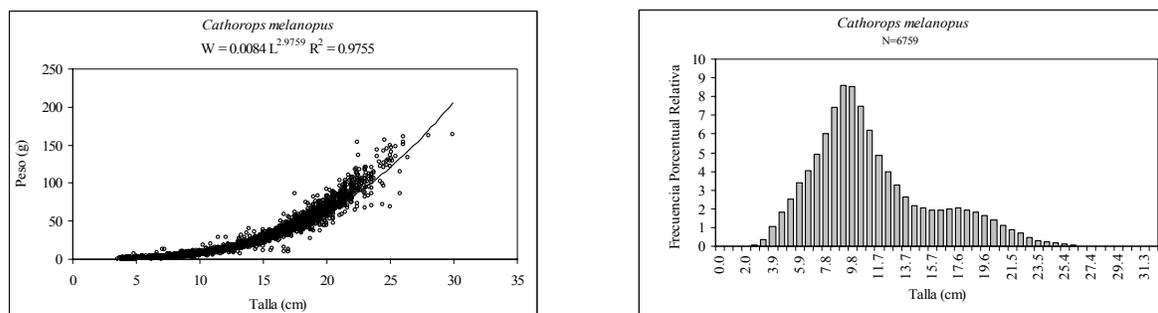


Figura 57. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Cathorops melanopus*.

En la figura 58 mediante los diagramas de violín se representa la estadística descriptiva de las muestras mensuales de la Laguna de Términos.

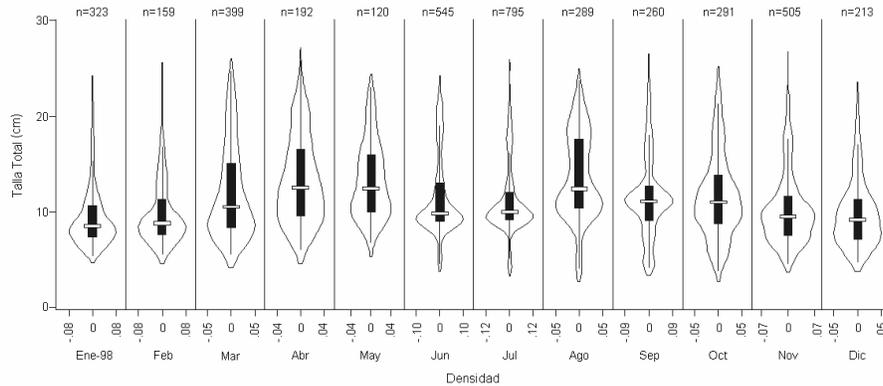


Figura 58. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Cathorops melanopus*.

Los datos de densidad para cada intervalo de talla utilizando el ancho de banda óptima de Silverman fueron incorporados en el programa Fisat para la estimación de los parámetros del modelo de crecimiento, así como los parámetros de mortalidad y reclutamiento. Los parámetros de crecimiento son los siguientes: $L_{\infty}= 32.5$; $K= 0.48$; $WP= 0.16$; $C= 0.1$; $SS= 12$; $SL= 0.98$; $R_n=0.145$. En la figura 59 se muestra el ajuste de isocapturas a los histogramas de densidad por talla, así como la curva de captura que permite estimar la mortalidad total. La mortalidad natural (M) se ha estimado con el algoritmo propuesto por Pauly (1980) y finalmente el esquema de reclutamiento destaca los meses de julio y agosto como los momentos de mayor importancia.

Finalmente por el análisis del contenido estomacal se identifica un espectro trófico amplio para *Cathorops melanopus* integrado por al menos 16 grupos tróficos. En términos de frecuencia destaca la materia orgánica no determinada, bajo el índice gravimétrico son los nemátodos el alimento más importante, sin embargo los copépodos constituyen el ítem de

mayor importancia relativa. En la figura 60 se desglosa la aportación de cada uno de los grupos tróficos para cada método aplicado.

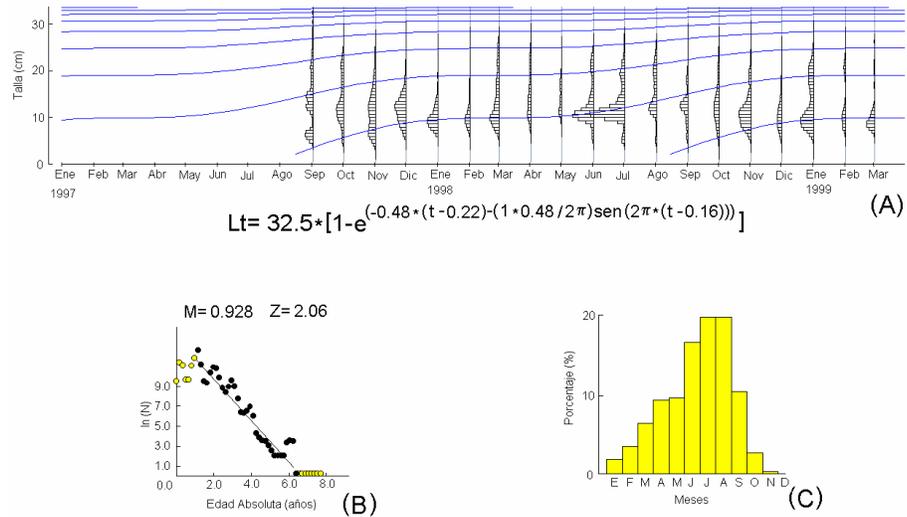


Figura 59. Ajuste de isolíneas a histogramas de densidad por talla. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada y los parámetros de mortalidad y reclutamiento.

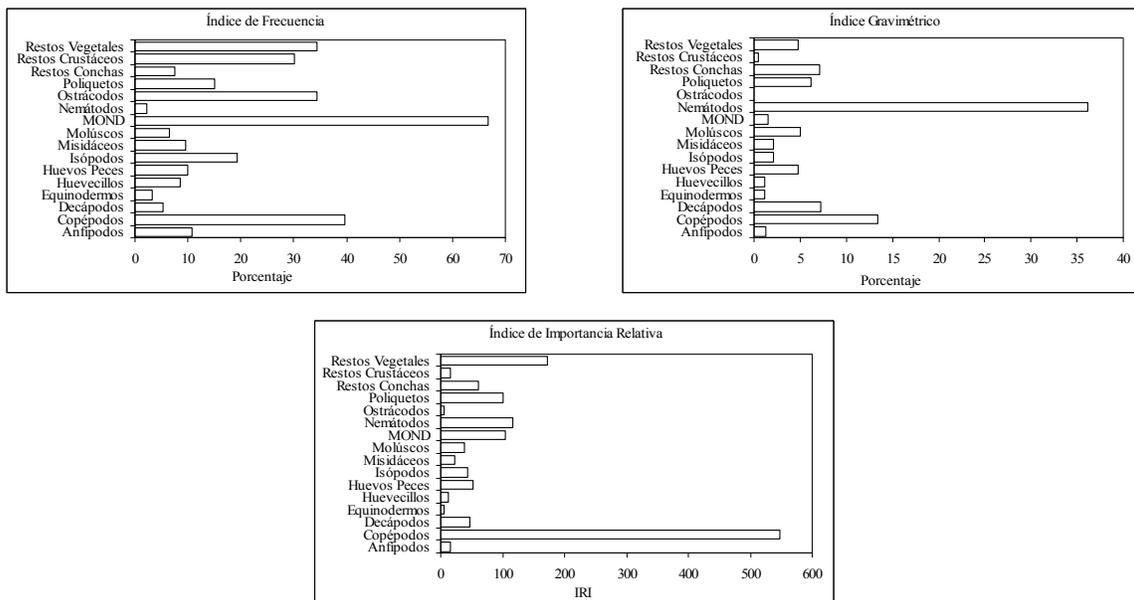


Figura 60. Análisis del contenido estomacal de *Cathorops melanopus*.

Diapterus rhombeus



Es una especie tropical marina de hábitos demersales y con preferencia por ambientes salobres, se le captura con mayor frecuencia en profundidades de entre 9 y 70 m. Tiene una relevancia pesquera comercial menor. Se distribuye al sur del Golfo de México, América Central, las Antillas y Brasil. Es común encontrarla en áreas de manglar litoral de lagunas costeras con fondos lodosos y en áreas marinas de fondos arenosos. Se alimenta de pequeños invertebrados bentónicos (Froese y Pauly, 2004).

D. rhombeus es una especie residente permanente en la región de la Laguna de Términos que se presenta de una manera frecuente y homogénea en las capturas. En la parte final de la época de lluvias se registra la presencia de los organismos relativamente más grandes. Se asume un ingreso de organismos desde la plataforma continental y muy probablemente con fines de desove. En la figura 61 se representa el comportamiento temporal de la abundancia.

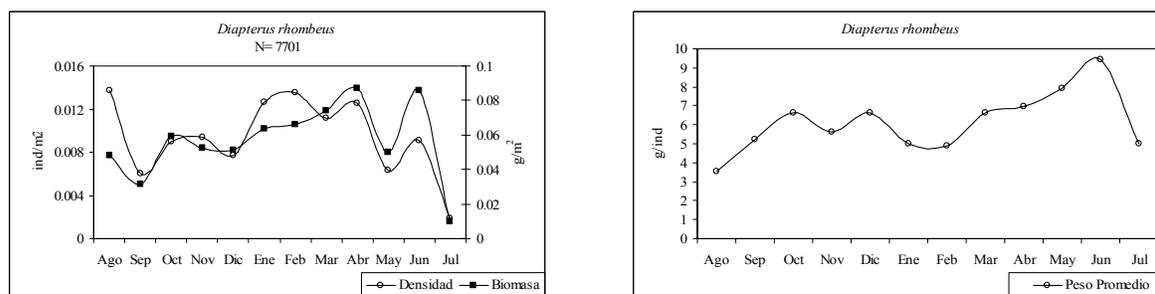


Figura 61. Abundancia relativa de *Diapterus rhombeus* en la región de la Laguna de Términos.

D. rhombeus se encuentra fuertemente asociada a zonas con vegetación sumergida, principalmente en el litoral interno de la Isla del Carmen y en las desembocaduras de los sistemas Candelaria-Panlau y Chumpam-Balchacah. Es evidente la preferencia de uso del sistema durante la época de secas cuando la salinidad promedio y la transparencia se incrementan. En la figura 62 se presenta el modelo de distribución espacial de la abundancia para las épocas de lluvias y secas.

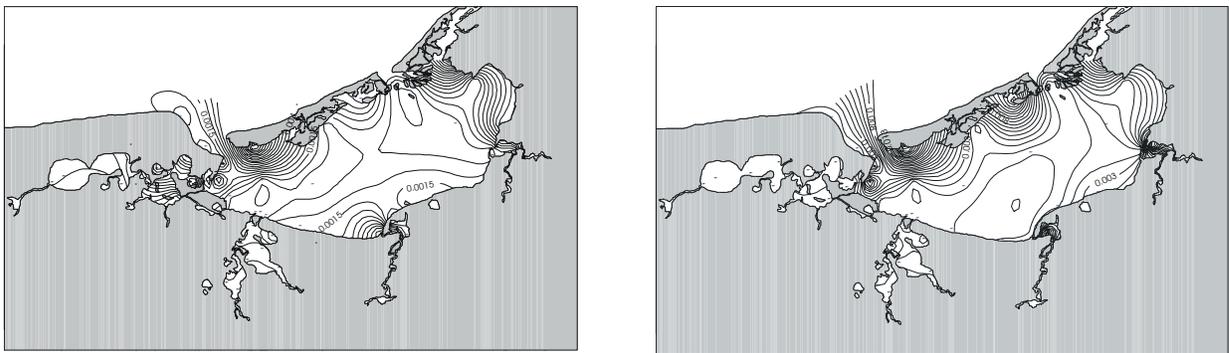


Figura 62. Modelos de distribución espacial de *Diapterus rhombeus* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

A continuación se presentan algunas de las características poblacionales que distinguen a *D. rhombeus*, en primer lugar los parámetros del modelo Peso-Talla que con una correlación superior al 95% refleja un valor del factor de condición promedio de 0.0095 y un factor de alometría de 3.165. Se capturaron organismos entre 3 y 18 cm de longitud total, para el intervalo de clase se calculó un ancho de banda óptimo de 0.384 lo que permite identificar una talla modal de 6.53 cm (Fig. 63).

En la figura 64 se presenta en forma gráfica la estadística descriptiva de las muestras de la Laguna de Términos y se aprecia el comportamiento de los valores de la mediana, cuartiles y

densidad, se destacan los valores de mayo y junio que corresponden a organismos más grandes.

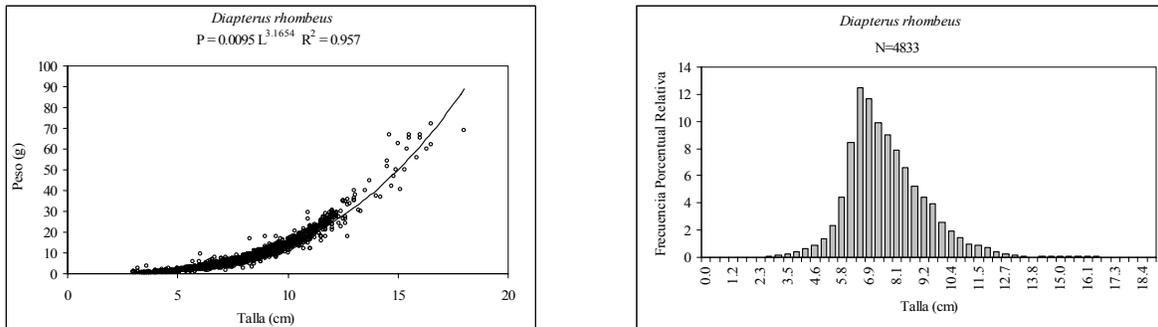


Figura 63. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Diapterus rhombeus*.

A partir de los datos de densidad por talla que se incorporaron al programa Fisat se estimaron los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy a saber: $L_{\infty} = 19.8$; $K = 0.6$; $WP = 0.16$; $C = 0.5$; $SS = 11$; $SL = 2.5$; $R_n = 0.134$. La mortalidad total se estimó en 2.64, mientras que la mortalidad natural fue de 1.38. Entre agosto y octubre se considera el periodo de máximo reclutamiento. En la figura 65 se muestra el ajuste de isoclinas a histogramas de densidad, así como el modelo de captura y el modelo de reclutamiento para *D. rhombeus*.

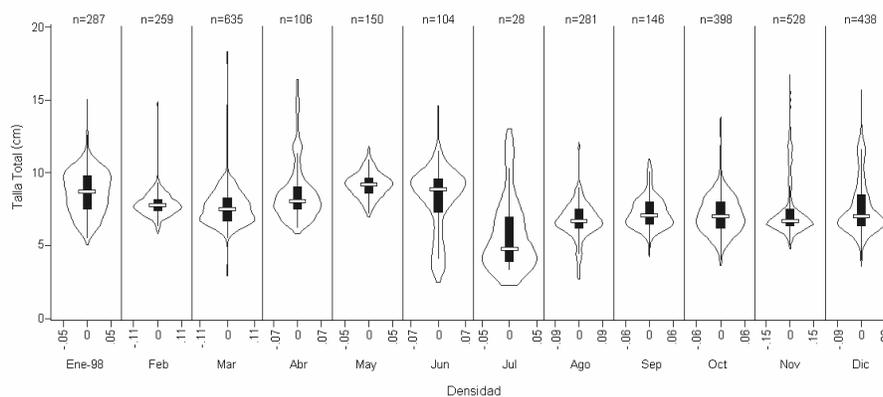


Figura 64. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Diapterus rhombeus*.

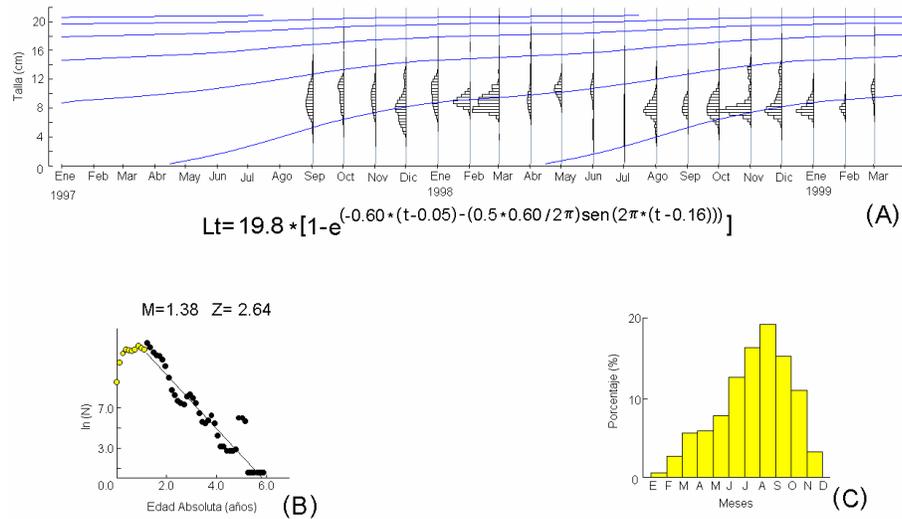


Figura 65. Ajuste de isoclinas a histogramas de densidad por talla. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada y los parámetros de mortalidad y reclutamiento.

El contenido alimenticio de los 303 estómagos analizados de *D. rhombeus* esta compuesto por 10 grupos tróficos entre los que destacan los restos vegetales, los anfipodos y la materia orgánica no determinada. Para este caso fue posible aplicar los cinco índices propuestos en la metodología, y se coincide en destacar los restos vegetales como el principal componente del contenido estomacal. En la figura 66 se desglosa gráficamente la composición de los contenidos estomacales de *D. rhombeus*.

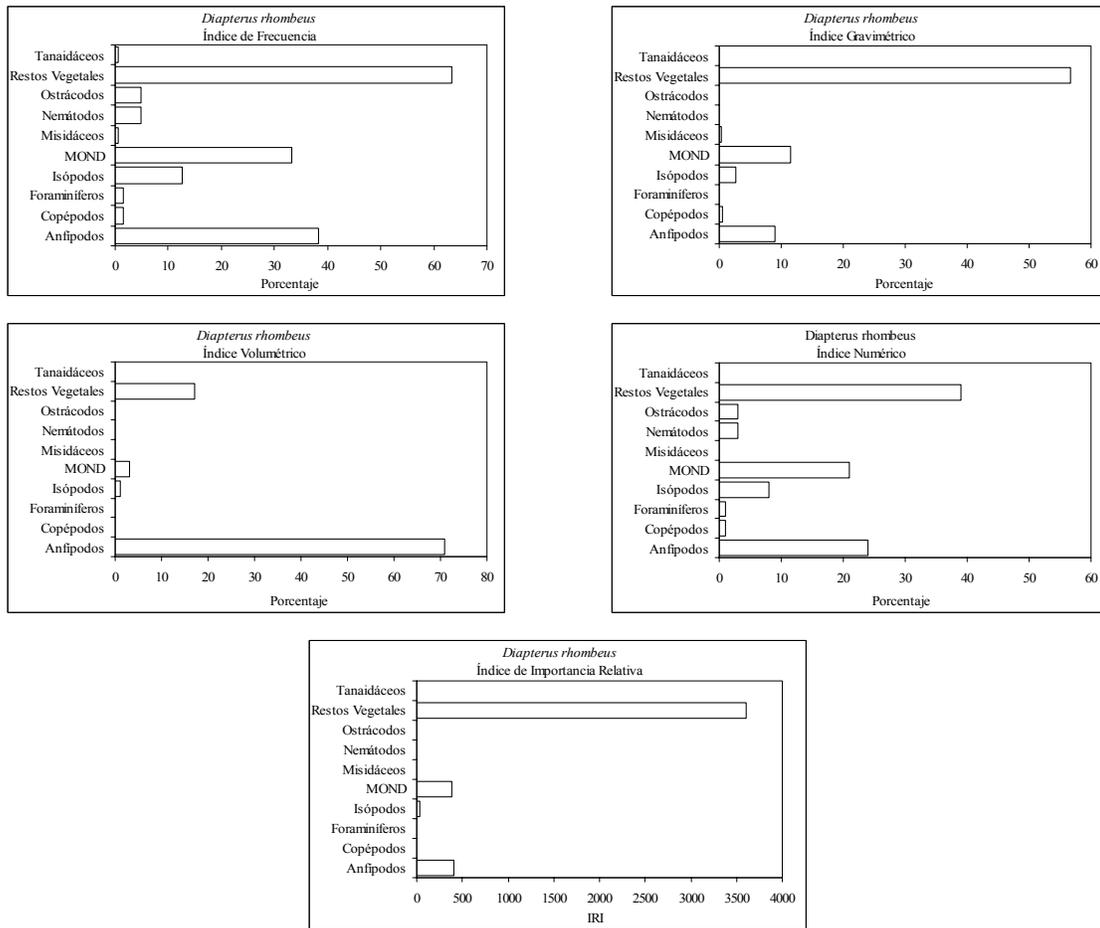


Figura 66. Análisis del contenido estomacal de *Diapterus rhombeus*.

Sphoeroides testudineus



El Botete es un residente permanente en la región de la Laguna de Términos que ha sido reportado como un organismo asociado a arrecifes, estuarios y zona marina con un rango de profundidad hasta los 48 m. Es una especie subtropical con una distribución que va desde 24°S hasta los 42°N. La talla máxima reportada es de 38.8 cm de LT y peso máximo de 400 g. No tiene importancia pesquera. Se encuentra comúnmente en bahías y aguas costeras protegidas en especial áreas de vegetación sumergida y aguas salobres, es raro o ausente en arrecifes de coral, no forma cardúmenes pero tiende a agregarse. Se alimenta de bivalvos, gasterópodos, foraminíferos y otros invertebrados bentónicos especialmente crustáceos que fractura con sus poderosos dientes. Para defenderse de sus predadores se infla como balón. Su carne es altamente tóxica y se usa como veneno para perros y gatos (Froese y Pauly, 2004).

El comportamiento de la abundancia en escala temporal permite identificar dos pulsos de densidad y biomasa uno en octubre y otro en marzo, sin embargo llama la atención que durante mayo se registran los individuos más pequeños (Figura 67). El modelo espacial de la abundancia identifica el sistema Pom-Atasta y la zona de pastos de la boca de Puerto Real como las áreas preferidas por *S. testudineus* y no se aprecian diferencia entre las épocas de lluvias y secas (Figura 68).

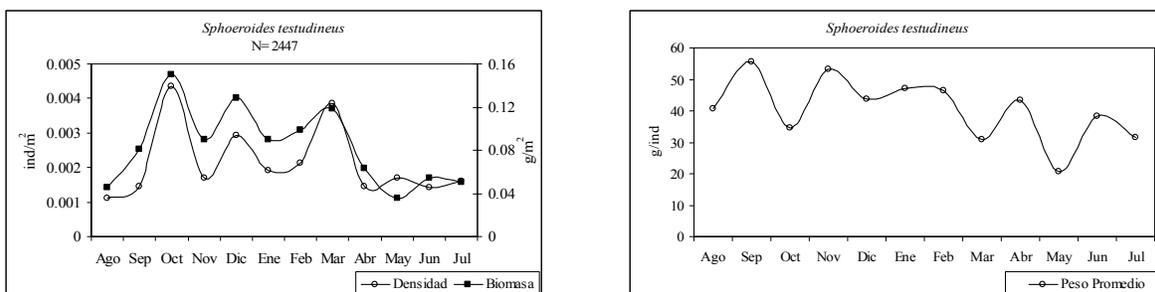


Figura 67. Abundancia relativa de *Sphaeroides testudineus* en la región de la Laguna de Términos.

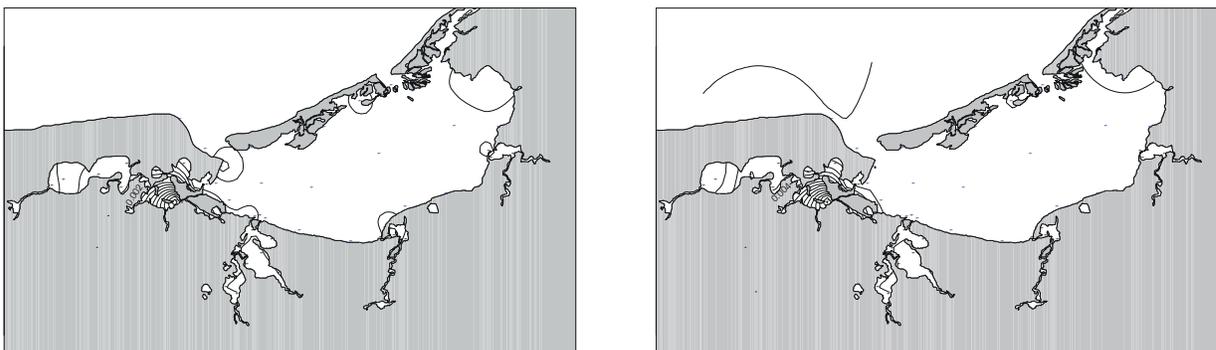


Figura 68. Modelos de distribución espacial de *Sphaeroides testudineus* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

El modelo que relaciona la talla con el peso de *S. testudineus* muestra un factor de condición relativo de 0.0318 y un coeficiente de alometría de 2.862 con una asociación superior al 96%. La estructura por tallas es multimodal a pesar de utilizar el valor del ancho de banda óptima que fue de 0.5957. En la figura 69 se presentan gráficamente estos resultados.

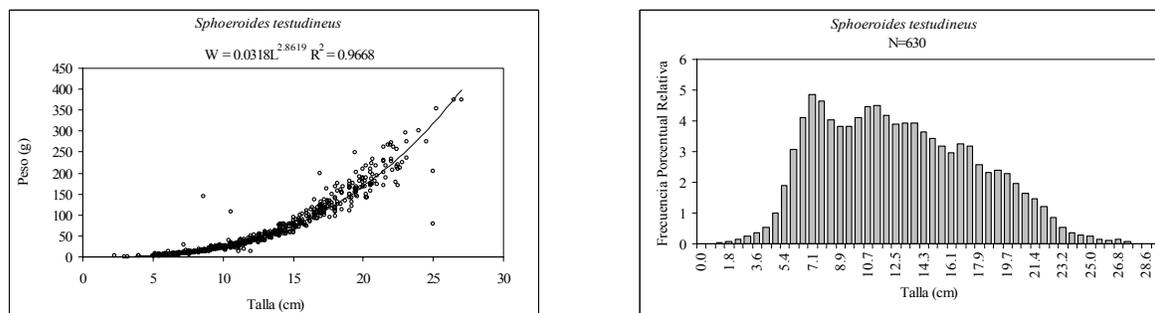


Figura 69. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Sphaeroides testudineus*.

La estadística descriptiva de las muestras de la Laguna de Términos se resume en las gráficas de violín de la figura 70. Se destacan los valores de densidad del mes de abril así como los valores altos de la mediana en los meses de noviembre y diciembre.

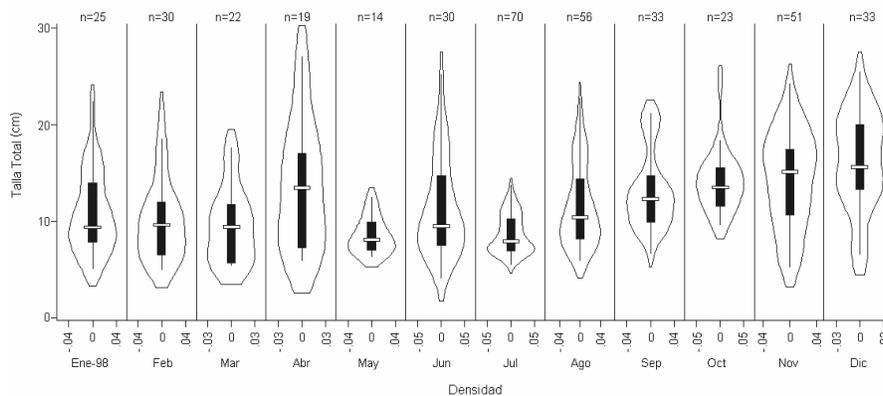


Figura 70. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Sphoeroides testudineus*.

De acuerdo a los resultados del análisis de la densidad por tallas realizado en el programa Fisat, la especie *S. testudineus* alcanza una talla asintótica de 30.2 cm con una constante de crecimiento de 0.42. Los valores de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada son: $WP= 0.16$; $C= 0.6$; $SS= 2$; $SL= 1.6$; $Rn=0.184$. La mortalidad total estimada mediante una curva de captura alcanza un valor de 1.4 en tanto que la mortalidad natural estimada mediante el algoritmo propuesto por Pauly (1980) muestra un valor de 0.97. El reclutamiento se identifica como un proceso continuo que es más intenso entre abril y septiembre, aunque pareciera que los meses de junio, julio y agosto son los más importantes. En la figura 71 se representan gráficamente los resultados antes descritos.

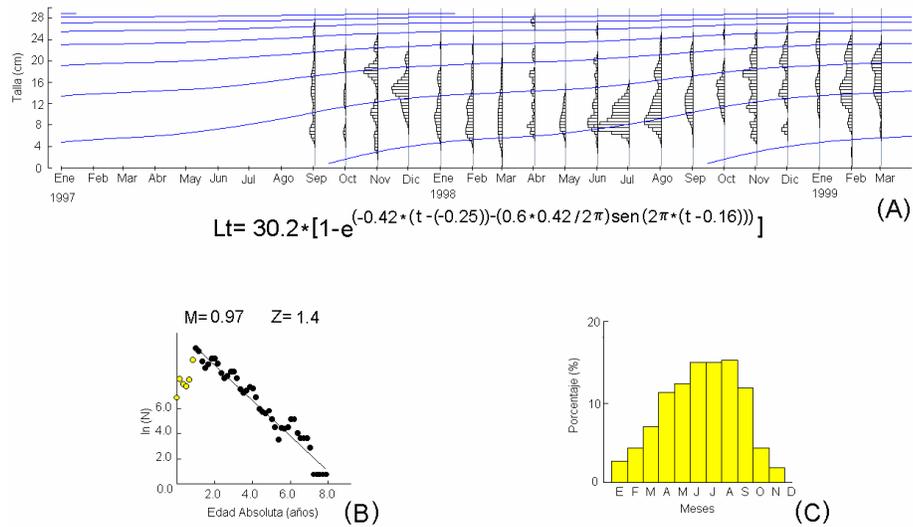


Figura 71. Ajuste de isoclineas a histogramas de densidad por talla. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada y los parámetros de mortalidad y reclutamiento.

El estudio de las relaciones tróficas de *S. testudineus* lo han desarrollado con detalle Mallard-Colmenero *et al.* (1982) sobre la base del análisis de 38 estómagos de diversas localidades de la Laguna de Términos y en función de las épocas climáticas.

Para la zona del litoral interno de la isla del Carmen (LIIC) y del litoral de sistemas fluvio-lagunares (LSFL) en la Laguna de Términos durante las épocas de secas y de lluvias los resultados señalados se resumen en la tabla 9 y 10.

Tabla 9. Se presentan los resultados del análisis de contenidos estomacales de *S. testudineus* en la Laguna de Términos para la época de secas.

Época de Secas	LIIC			LSFL		
	Num	Frec	Vol	Num	Frec	Vol
Restos de Crustáceos	X					
Pelecípodos	X	X	X	X	X	X
Foraminíferos	X			X		
Huevos de Invertebrados	X					
Gasterópodos	X	X				
Materia Orgánica		X	X		X	X
Tanaidáceos				X		X

Tabla 10. Se presentan los resultados del análisis de contenidos estomacales de *S. testudineus* en la Laguna de Términos para la época de lluvias.

Época de lluvias	LIIC			LSFL		
	Num	Frec	Vol	Num	Frec	Vol
Restos de Crustáceos				X	X	X
Pelecípodos	X	X	X	X		X
Foraminíferos				X		
Huevos de Invertebrados				X		
Gasterópodos	X	X			X	
Materia Orgánica		X	X		X	X
Tanaiáceos						
Ostrácodos				X		

Eugerres plumieri



Localmente conocida como mojarra rayada ha sido reportada con una talla máxima de 40.0 cm L.T. y un peso máximo de 1,020 g. Es una especie demersal que se encuentra tanto en ambientes marinos, salobres como de agua dulce. Tiene una distribución subtropical en el Atlántico occidental desde el sur de Carolina al oeste de la Florida, USA, todo el Golfo de México hasta Brasil, no ha sido reportado en la Bahamas y en las pequeñas islas de las Indias occidentales. Habita aguas costeras poco profundas, es muy común en ambientes salobres de fondos lodosos y cerca de la línea de manglar, frecuentemente ingresa distancias considerables en ambientes dulceacuícolas. Se alimenta de insectos acuáticos, crustáceos, microbivalvos y detritus. La constante de crecimiento que se ha reportado es $K= 0.17-0.32$. Tiene valor pesquero y se comercializa en fresco o como pulpa (Froese y Pauly, 2004).

En el comportamiento temporal de la abundancia destacan los valores registrados en el mes de marzo cuando la densidad y la biomasa son relativamente mayores a los del resto del año, sin embargo el peso promedio muestra una tendencia negativa desde agosto hasta julio, no existe aparente condicionamiento de la temporalidad climática de la región sobre la abundancia de la especie en la región de estudio. En la figura 72 se presenta el comportamiento temporal de la abundancia en un ciclo anual promedio.

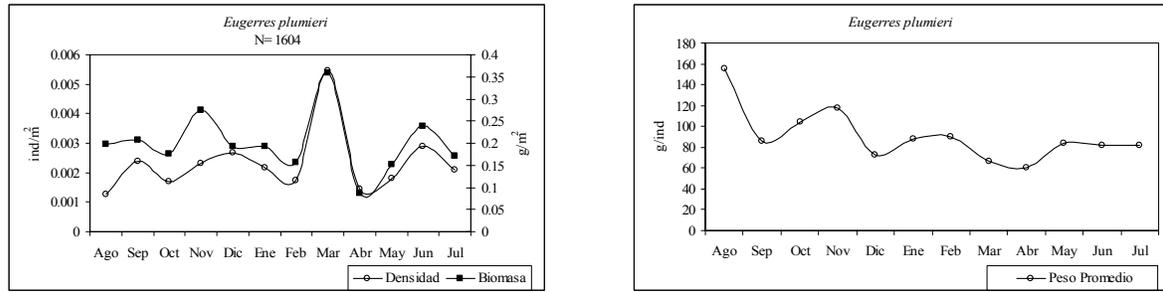


Figura 72. Abundancia relativa de *Eugerres plumieri* en la región de la Laguna de Términos.

De acuerdo a los modelos de distribución espacial de la abundancia, *E. plumieri* es una especie que muestra una preferencia por la zona cercana a la Boca de Puerto Real y del Estero Sabancuy durante la época de lluvias. En esta zona las condiciones de salinidad durante esta temporada del año se mantienen altas. Sin embargo durante la época de secas, la especie se mueve buscando las bocas de conexión de los sistemas Palizada-Del Este y Pom-Atasta, donde la aportación de agua dulce ha disminuido y por tanto los niveles de salinidad se han incrementado comparativamente con el resto del año. En la figura 73 se presentan los modelos espaciales de abundancia.

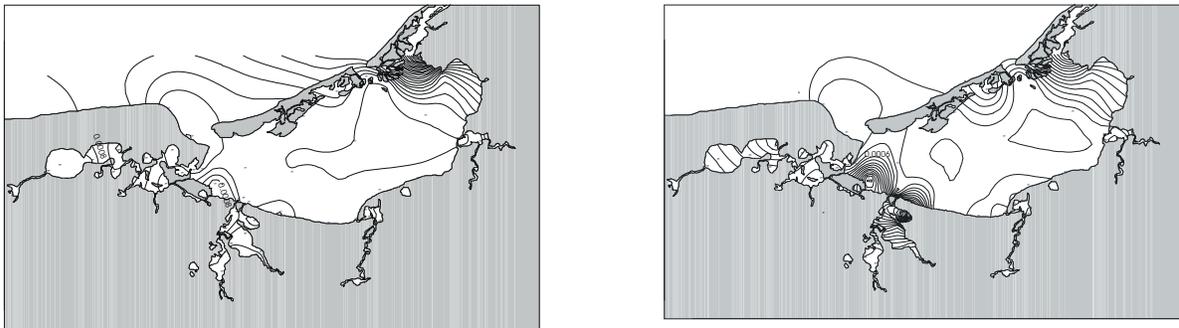


Figura 73. Modelos de distribución espacial de *Eugerres plumieri* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

En la figura 74 se presentan de manera gráfica los resultados del modelo que relaciona la talla con el peso y de la estructura por tallas de la población. El modelo potencial definido por los

valores del factor de condición relativa (0.0087) y el coeficiente de alometría (3.1551) asocia las variables de peso y talla con una correlación superior al 98%.

En tanto que la estructura por tallas analizada con base en un intervalo de clase definido por el ancho de banda óptima de Silverman (0.65037) muestra al menos tres pulsos modales (9.1, 17.6 y 22.8 cm) con una talla mínima de 4.3 y una máxima de 30.2 cm.

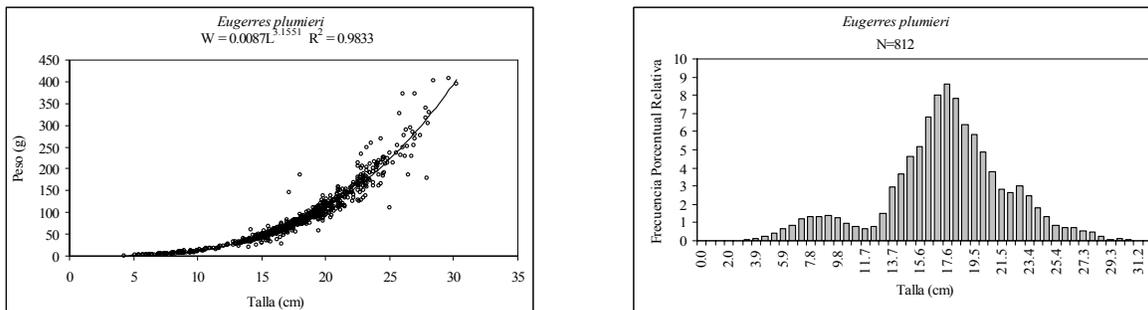


Figura 74. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Eugerres plumieri*.

La estadística descriptiva de las muestras de la Laguna de Términos se presenta en la figura 75. En estas gráficas de violín destacan los valores mínimos de la mediana del mes de diciembre, la densidad de las tallas es muy homogénea en todo el periodo, a pesar de que en el mes de junio se registró la mayor abundancia en número de individuos.

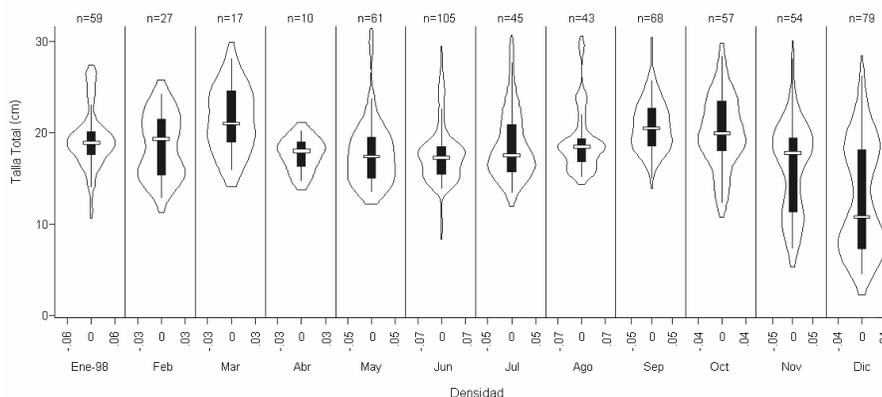


Figura 75. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Eugerres plumieri*.

Para *E. plumieri* se ha estimado una talla asintótica de 33.6 cm de L.T. y una constante de crecimiento de 0.29. Los restantes valores de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy en su versión estacionalizada son $WP= 0.16$; $C= 0.8$; $SS= 6$; $SL= 1.2$; $Rn=0.121$. El ajuste de isoclinas a los histogramas de densidad por talla que se desarrolló con el apoyo del programa Fisat se presenta en la figura 76. Adicionalmente, mediante una curva de captura se ha estimado la mortalidad total con un valor de 1.17 y el de mortalidad natural estimado con el algoritmo propuesto por Pauly (1980) es de 0.74. Al igual que muchas otras especies de la comunidad de peces de la región de la Laguna de Términos, *E. plumieri*, muestra un proceso de reclutamiento continuo que es mas relevante entre abril y noviembre.

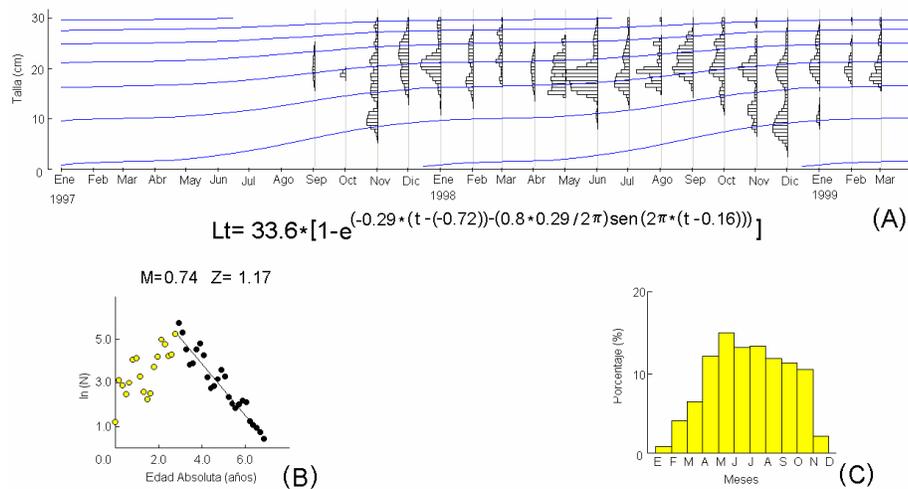


Figura 76. Ajuste de isoclinas a histogramas de densidad por talla. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada y los parámetros de mortalidad y reclutamiento.

Aguirre-León y Yáñez-Arancibia (1986) han descrito con detalle la dinámica trófica de *E. plumieri* sobre la base del análisis de un total de 33 estómagos de organismos tanto juveniles como adultos en el litoral interno de la Isla del Carmen y el litoral de sistemas fluvio-lagunares durante las épocas de secas y lluvias de la región.

En las tablas 11 y 12 presentan las proporciones de los grupos tróficos mas importantes encontradas en los estómagos de *E. plumieri*.

Tabla 11. Principales grupos tróficos en el contenido estomacal de 17 organismos del litoral interno de la Isla del Carmen durante la época de secas. El total de grupos tróficos identificados fue de 19.

	Volumen %	Frecuencia %	Numérico	IRI
Mond	65.7	100		X
Copépodos	2.6	70.5	18.6	X
Nemátodos			3.3	X
Restos vegetales	11.3	82.3		X
Foraminíferos			9.8	X
Ostrácodos	16.1	82.3	66	X

Tabla 12. Principales grupos tróficos en el contenido estomacal de 16 organismos del litoral de sistemas fluvio-lagunares durante la época de lluvias. El total de grupos tróficos identificados fue de 18.

	Volumen %	Frecuencia %	Numérico %	IRI
Mond	31	100		X
Copépodos	13.2	75	87.9	X
Huevos de invertebrados			6.1	
Ostrácodos	6.8	62.5	2.0	X
Pelecípodos	44.1	68.7		X

Bairdiella chrysoura



Una especie demersal marina y de aguas salobres y dulceacuícolas, tiene una distribución subtropical entre los 41°N y 21°N que comprende en el Atlántico occidental desde Nueva York al sur de la Florida en USA y al este y norte del Golfo de México. Se encuentra en aguas costeras con fondos de arena y lodo, se mueva a áreas de alimentación y de crianza en estuarios durante el verano y algunas veces se incorpora en ambientes dulceacuícolas. Se ha reportado una talla máxima de 30 cm de L.T. Se alimenta principalmente de crustáceos, gusanos y ocasionalmente peces. Tiene una importancia pesquera menor y se usa frecuentemente como carnada (Froese y Pauly, 2004).

El modelo de distribución temporal de la abundancia de *B. chrysoura* identifica en abril una incorporación importante de organismos por el incremento en los valores de densidad y biomasa pero además por el registro de individuos pequeños. En la figura 77 se representa gráficamente el comportamiento temporal de la abundancia en un ciclo anual promedio.

En el modelo espacial de distribución de la abundancia se distingue un uso diferencial que depende de la temporalidad de la región, durante la época de lluvias al incrementarse el volumen de descarga de agua dulce de los ríos, *B. chrysoura* se concentra en la zona cercana a la boca del sistema Candelaria-Panlau, en tanto que durante la época de secas se distingue una mayor concentración en el litoral interno de la isla del Carmen muy cerca de la Boca del

Carmen y en la boca del sistema Pom-Atasta. La figura 78 integra el modelo de distribución espacial de la abundancia para las épocas de lluvias y secas.

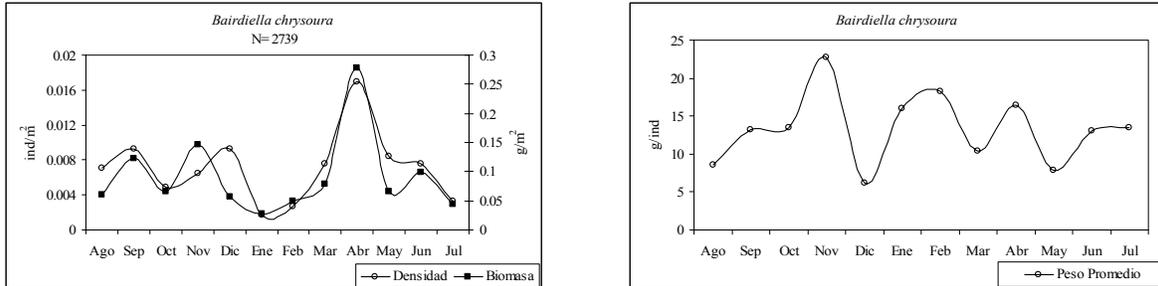


Figura 77. Abundancia relativa de *Bairdiella chrysoura* en la región de la Laguna de Términos.

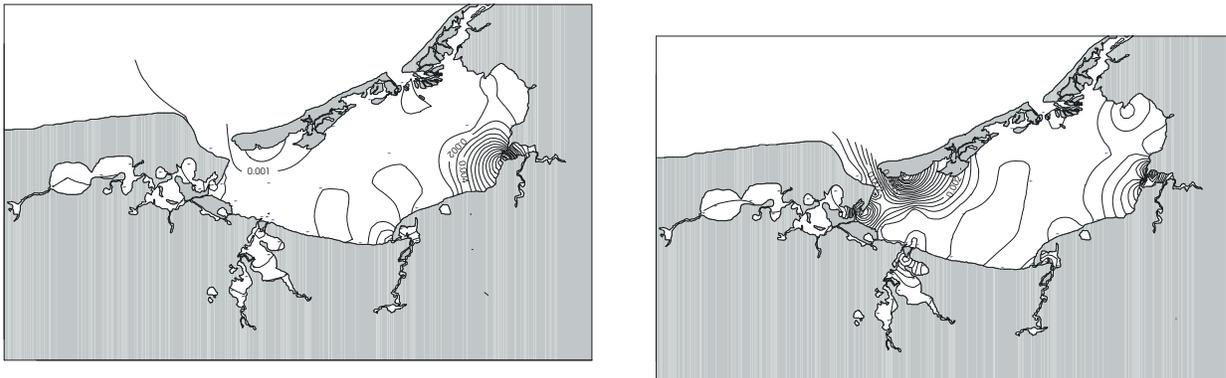


Figura 78. Modelos de distribución espacial de *Bairdiella chrysoura* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

El modelo que relaciona la talla con el peso se representa con la ecuación donde el factor de condición relativo tiene un valor de 0.0114 y el coeficiente de alometría es de 2.997 con una correlación de 0.98. La estructura por talla representada por el histograma de frecuencia con un intervalo de clase definido por el valor del ancho de banda óptima de Silverman muestra al menos cuatro modas donde la mejor representada se encuentra en una talla de 9.29 cm. La representación gráfica de estas características poblacionales se presenta en la figura 79.

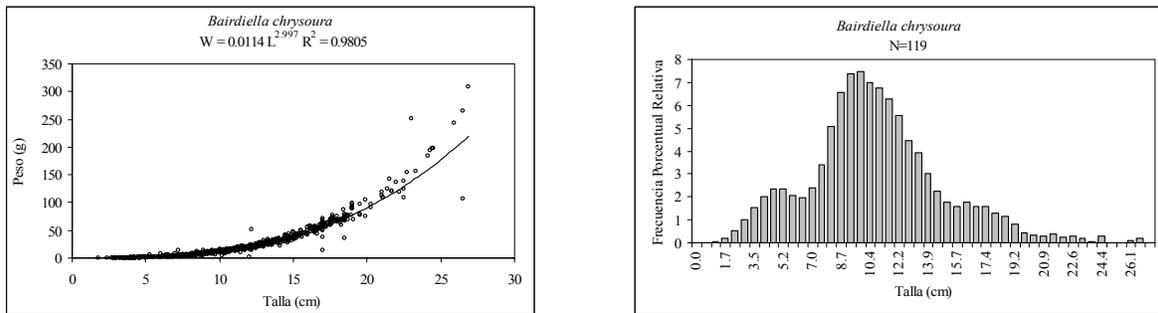


Figura 79. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Bairdiella chrysoura*.

El análisis de la estadística descriptiva de las muestras del sistema Laguna de Términos se presenta en la figura 80, donde mediante diagramas de violín se representan los valores de mediana, desviación estándar, cuartiles 25 y 75 y densidad por talla. Se distinguen los valores de marzo, mayo por los valores de la mediana y noviembre por los valores de densidad.

Los valores estimados de los parámetros de crecimiento mediante el análisis de la frecuencia de densidad por talla con la ayuda del programa Fisat son: $L_{\infty} = 29.7$; $K = 0.42$; $WP = 0.16$; $C = 0.2$; $SS = 2$; $SL = 2.5$; $R_n = 0.148$. En la figura 81 se presenta el ajuste de isoclinas a las modas de los histogramas para la estimación de talla asintótica y constante de crecimiento. También se presenta el ajuste lineal a una curva de captura para la estimación de la mortalidad total con un valor de 1.46. La mortalidad natural estimada por el algoritmo propuesto por Pauly (1980) es de 0.97. Finalmente, en la estimación del reclutamiento se identifica un proceso largo que inicia en abril y se continúa hasta noviembre con un máximo entre junio y julio.

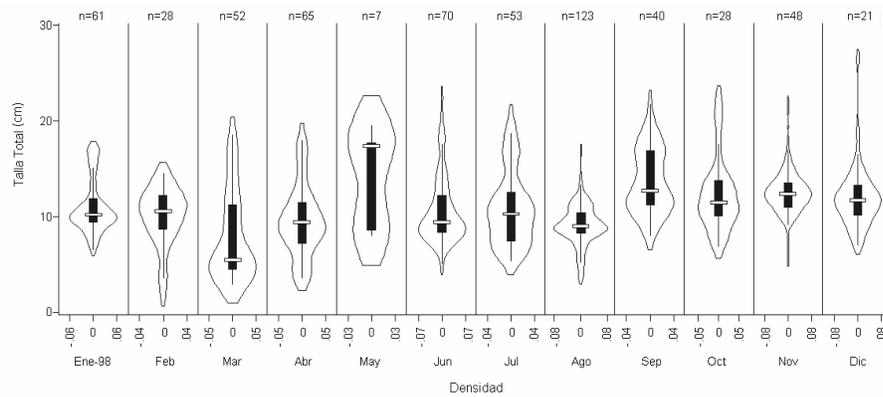


Figura 80. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Bairdiella chrysoura*.

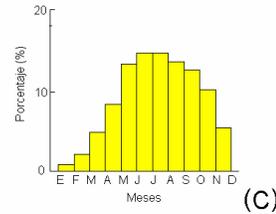
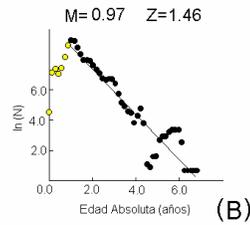
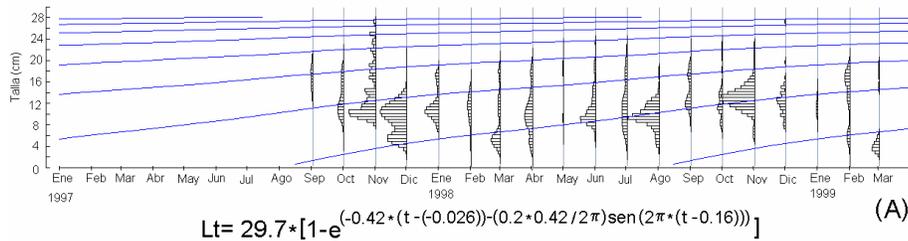


Figura 81. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

De acuerdo con el análisis del contenido estomacal de *B. chrysoura* mediante los distintos métodos aplicados, los restos de crustáceos, los peneidos y la materia orgánica no determinada es el alimento más frecuente, sin embargo también se destaca la frecuente aparición de restos vegetales. En la figura 82 se presentan los resultados de los distintos métodos de análisis aplicados.

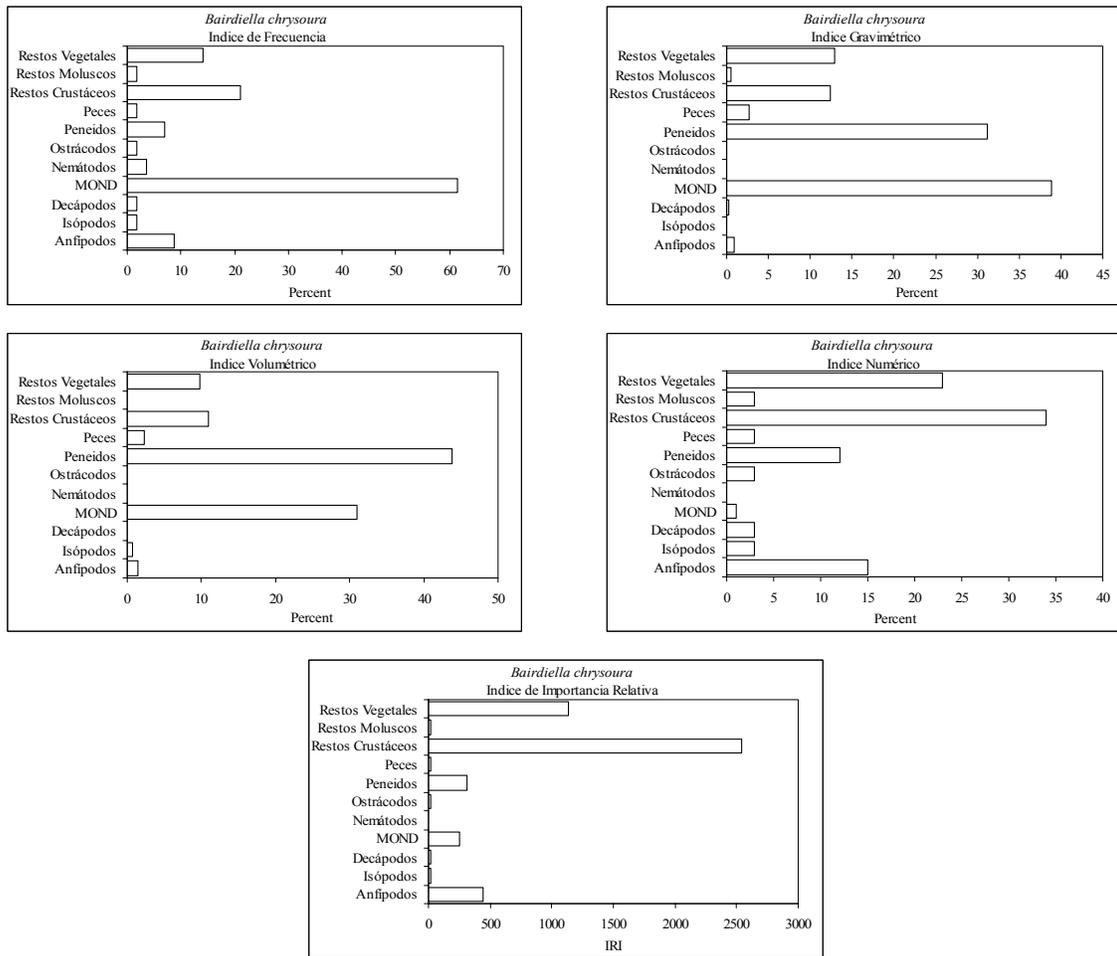


Figura 82. Análisis de contenido estomacal de *Bairdiella chrysoura*.

Bairdiella ronchus



Con una talla máxima reportada de 35.0 cm. de L.T., la corvina o corvineta ruyo es una especie demersal de aguas salobres y marinas que prefiere profundidades entre 16 y 40 m en la franja tropical, se distribuye en el Atlántico occidental desde el mar Caribe hasta el sur de Brasil. Se encuentra en aguas costeras sobre fondos arenosos y lodosos y se alimenta de peces y crustáceos. Ovívparo. Constituye un recurso pesquero de importancia comercial.

En el modelo de distribución temporal de la abundancia se identifican dos pulsos de densidad y de abundancia uno en octubre y otro en abril y en cuanto al peso promedio, en junio se identifican a los organismos más grandes justo cuando tenemos los valores mas bajos de densidad y biomasa. El comportamiento temporal de la abundancia para un año promedio se presenta en la figura 83.

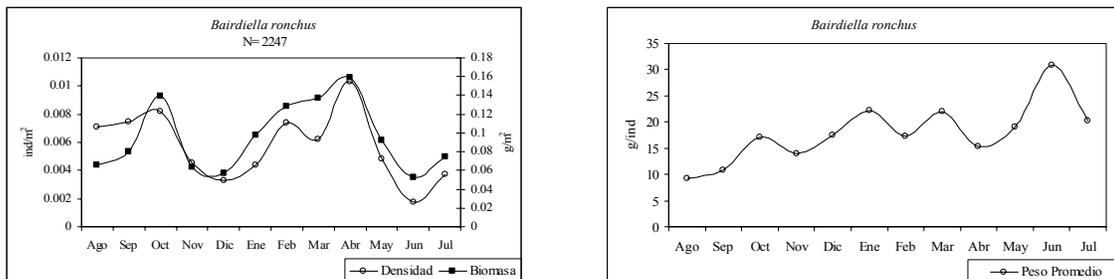


Figura 83. Abundancia relativa de *Bairdiella ronchus* en la región de la Laguna de Términos.

El modelo de distribución espacial de la abundancia permite identificar que la presencia de la especie en la Laguna de Términos esta básicamente asociada la zona cercana a la boca de

conexión del sistema Candelaria-Panlau con una relativa mayor correlación con la época de secas. Es claro que la preferencia de la especie al interior de la Laguna de Términos es sobre áreas de fondos arenosos donde la salinidad no se reduce drásticamente a lo largo del año. En la figura 84 se presenta el modelo de distribución espacial de la abundancia para las épocas de lluvias y secas.

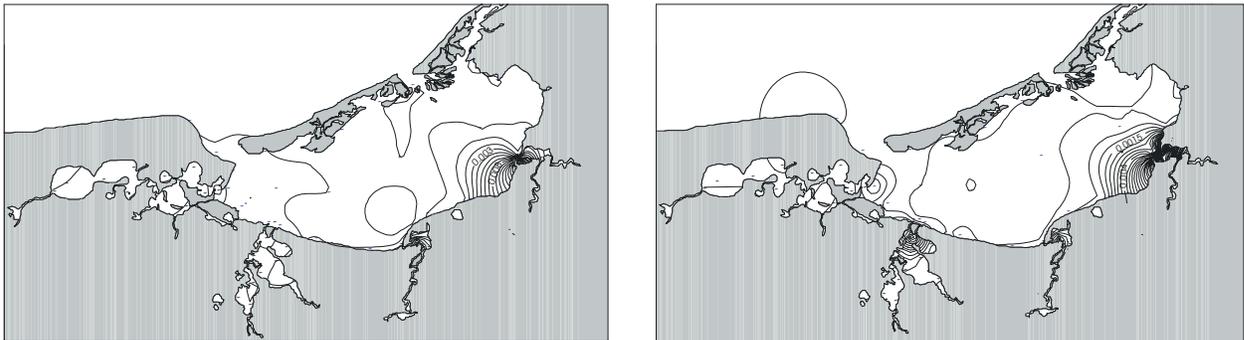


Figura 84. Modelos de distribución espacial de *Bairdiella ronchus* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

La relación de la talla con el peso se describe mediante un modelo potencial donde el factor de condición promedio tiene un valor de 0.009 y el coeficiente de alometría es de 3.077 con un coeficiente de correlación de 0.986. La estructura por tallas descrita sobre la base de un intervalo de clase definido por el ancho de banda óptima de Silverman de 0.5895, identifica al menos cuatro clases modales de las cuales la que presenta la mayor frecuencia es la de 9.088 cm de L.T. (figura 85).

Los valores de mediana, mínimo, máximo, cuartiles 25 y 75 y densidad por talla para los meses de muestreo en la Laguna de Términos, agrupados en los gráficos de violín permiten identificar la estructura temporal de la población y se destacan los valores de septiembre en un

extremo y los de diciembre y enero en el otro extremo. En la figura 86 se integran los diagramas de violín para cada mes de muestreo en la Laguna de Términos.

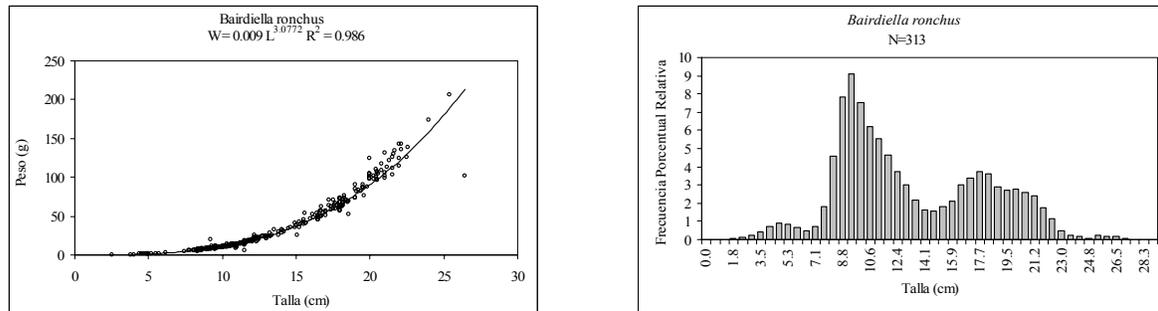


Figura 85. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Bairdiella ronchus*.

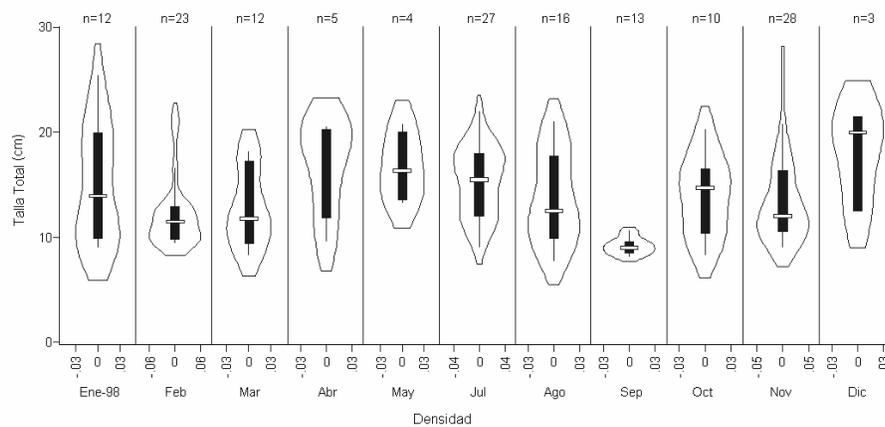


Figura 86. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Bairdiella ronchus*.

Los valores de densidad por talla integrados a la rutina ELEFAN del programa de computación Fisat han permitido estimar los valores de los parámetros de crecimiento y mortalidad de la especie. Los valores de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy en su versión estacionalizada son: $L_{\infty} = 29.8$; $K = 0.55$; $WP = 0.16$; $C = 0.5$; $SS = 10$; $SL = 0.88$; $R_n = 0.198$.

La mortalidad total estimada por la curva de captura es de 2.19 y la mortalidad natural estimada por el algoritmo propuesto por Pauly (1980) es de 1.164. Finalmente el reclutamiento se identifica como un proceso que se da en dos momentos uno durante el mes de marzo y otro en septiembre, este último es el más importante. En la figura 87 se representan gráficamente estos resultados.

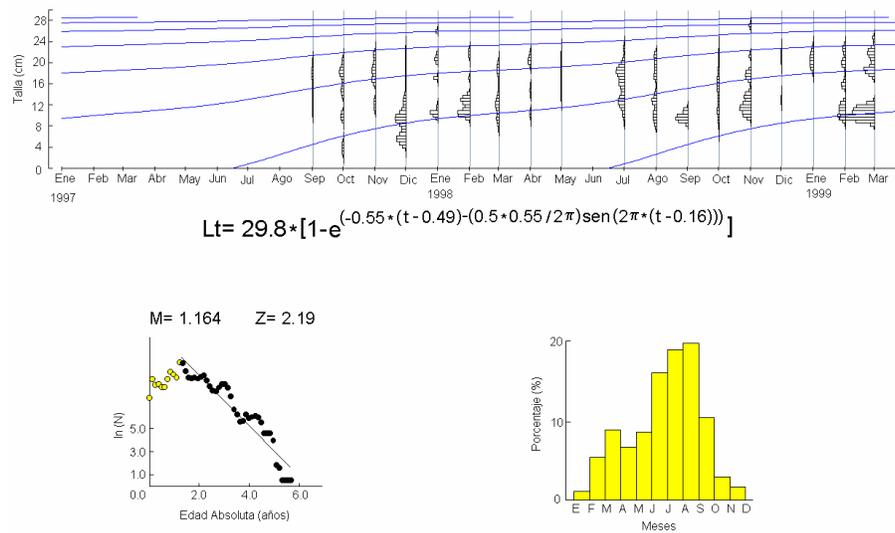


Figura 87. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

En cuanto al análisis del contenido estomacal de *B. ronchus* es necesario destacar que el alimento preferido son los crustáceos y los peces. Se identificaron 11 grupos tróficos pero se aprecia marcadamente su preferencia. Resulta sobresaliente destacar los valores de la MOND, sin embargo se considera que es el reflejo de la estrategia de muestreo y el tiempo transcurrido hasta el procesamiento de los estómagos. En la figura 88 se muestra el análisis del contenido estomacal desde la perspectiva de cada uno de los métodos aplicados.

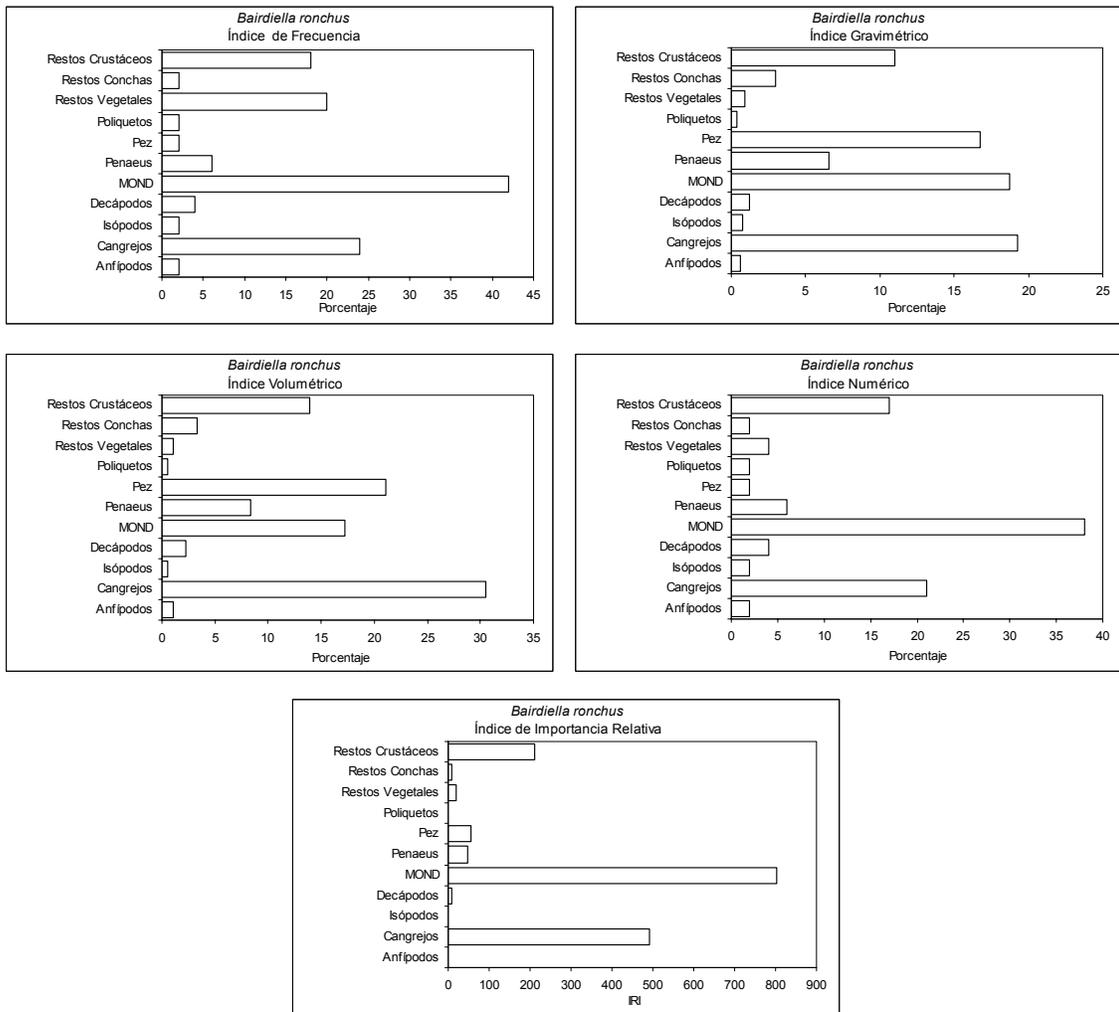


Figura 88. Análisis de contenido estomacal de *Bairdiella ronchus*.

Archosargus rhomboidalis



El nombre común en la región es de Sargo amarillo, alcanza una talla máxima de 33.0 cm de L.T. y un peso máximo de 550 g con una edad máxima reportada de dos años. Es una especie marina y de aguas salobres asociada a arrecifes. Tiene una distribución subtropical entre 41°N y 33°S, desde Nueva Jersey, USA y noroeste del Golfo de México hasta Río de Janeiro en Brasil, incluyendo las indias occidentales y Argentina, es ausente en la Bahamas. Es apreciada comercialmente. Frecuentemente se encuentra en fondos lodosos entre las raíces del manglar y sobre fondos arenosos cubiertos por vegetación, algunas veces en aguas salobres y ocasionalmente se presentan en arrecifes de coral y manglares. Se alimenta de invertebrados bentónicos (pequeños bivalvos, crustáceos) así como de restos vegetales.

La abundancia promedio para un ciclo anual de *A. rhomboidalis* en la región de estudio muestra al menos tres pulsos de incremento en la densidad y la abundancia, sin embargo al analizar el peso promedio se aprecia que los individuos de mayor peso se registran entre enero y marzo. En la figura 89 se presenta el comportamiento temporal de la abundancia. En el mismo sentido pero analizando la abundancia en escala espacial se presenta la figura 90 con un modelo de distribución de la densidad por época climática. Durante la época de lluvias destaca la presencia de la especie en las desembocaduras de los sistemas Palizada-Del Este y Chumpam-Balchacah, en tanto que durante la época de secas su presencia se asocia solamente a la región de pastos del litoral interno de la isla del Carmen cerca de la Boca de Puerto Real.

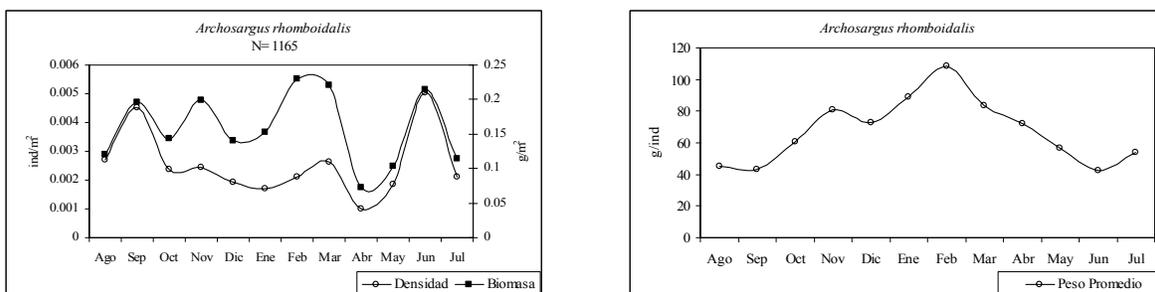


Figura 89. Abundancia relativa de *Archosargus rhomboidalis* en la región de la Laguna de Términos.

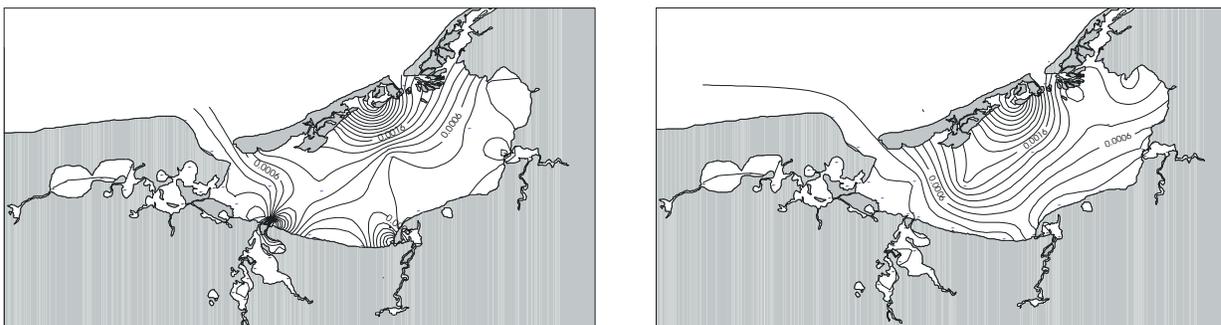


Figura 90. Modelos de distribución espacial de *Archosargus rhomboidalis* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

En el análisis de la estructura por tallas de la población, utilizando el ancho de banda óptima de Silverman (0.6113) como el condicionante del intervalo de clase, se identifican dos pulsos modales a los 7.34 y 17.12 cm. El modelo que relaciona el peso con la talla se define por los siguientes parámetros: $a=0.0264$; $b=2.8702$ y $r^2=0.9728$ (Fig.91).

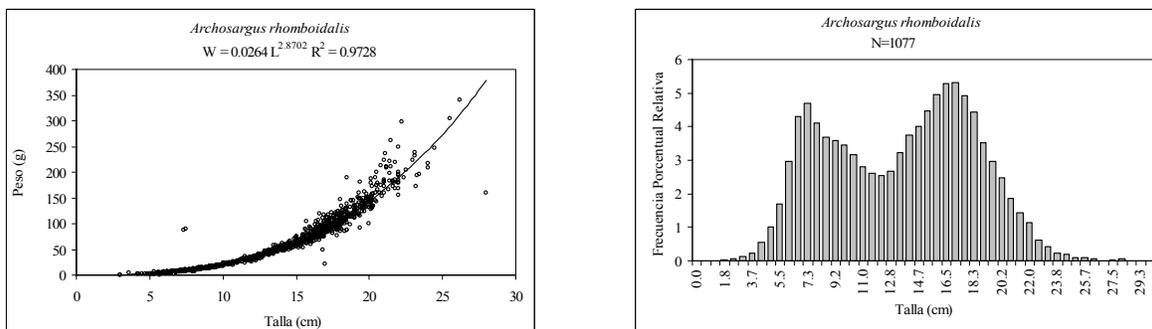


Figura 91. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Archosargus rhomboidalis*.

La estadística descriptiva para los meses de muestreo de la Laguna de Términos se presenta en la figura 92 donde destaca la tendencia de incremento desde junio y hasta marzo, además de que el mes de marzo resulta con la más amplia representación de tallas.

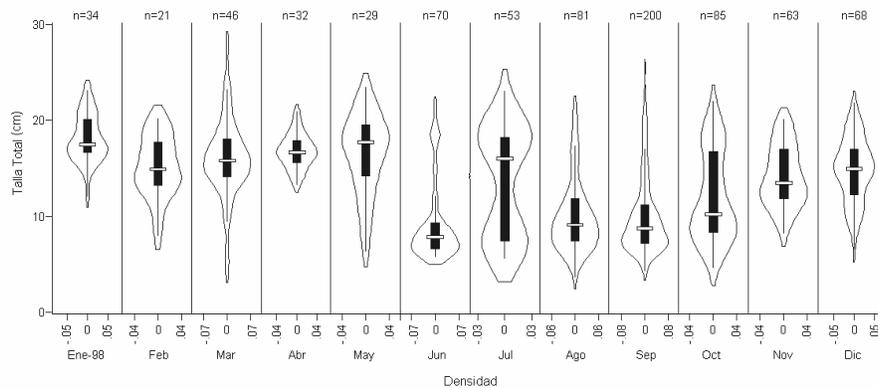


Figura 92. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Archosargus rhomboidalis*.

El crecimiento de la especie queda representado por el modelo de von Bertalanffy en su versión estacionalizada cuyos parámetros son los siguientes: $L_{\infty}= 31.2$; $K= 0.5$; $WP= 0.16$; $C= 0.5$; $SS= 8$; $SL= 3$; $Rn=0.153$. El ajuste de isoclinas de crecimiento a los datos de frecuencia de densidad se presenta en la figura 93. También la estimación de la mortalidad total ($Z= 2.04$) se hace a partir de la curva de captura y la mortalidad natural ($M= 1.08$) mediante el algoritmo propuesto por Pauly (1980). Finalmente el reclutamiento se aprecia como un proceso continuo que se desarrolla en mayor proporción entre junio y octubre, justo en la transición entre la temporada de secas y la de lluvias.

En cuanto al análisis de los contenidos estomacales se destaca el consumo de al menos 12 grupos tróficos y la preferencia por el consumo de vegetales. En la figura 94 se presentan los resultados de los distintos métodos de análisis utilizados.

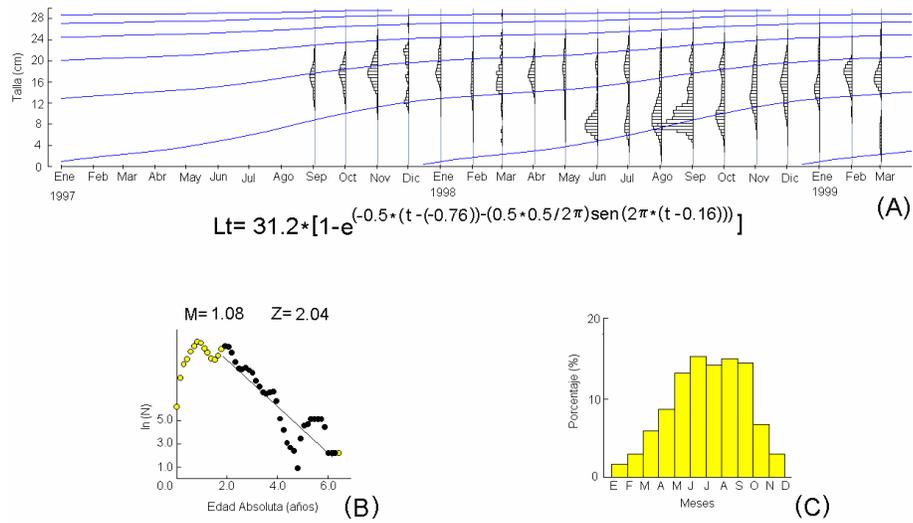


Figura 93. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

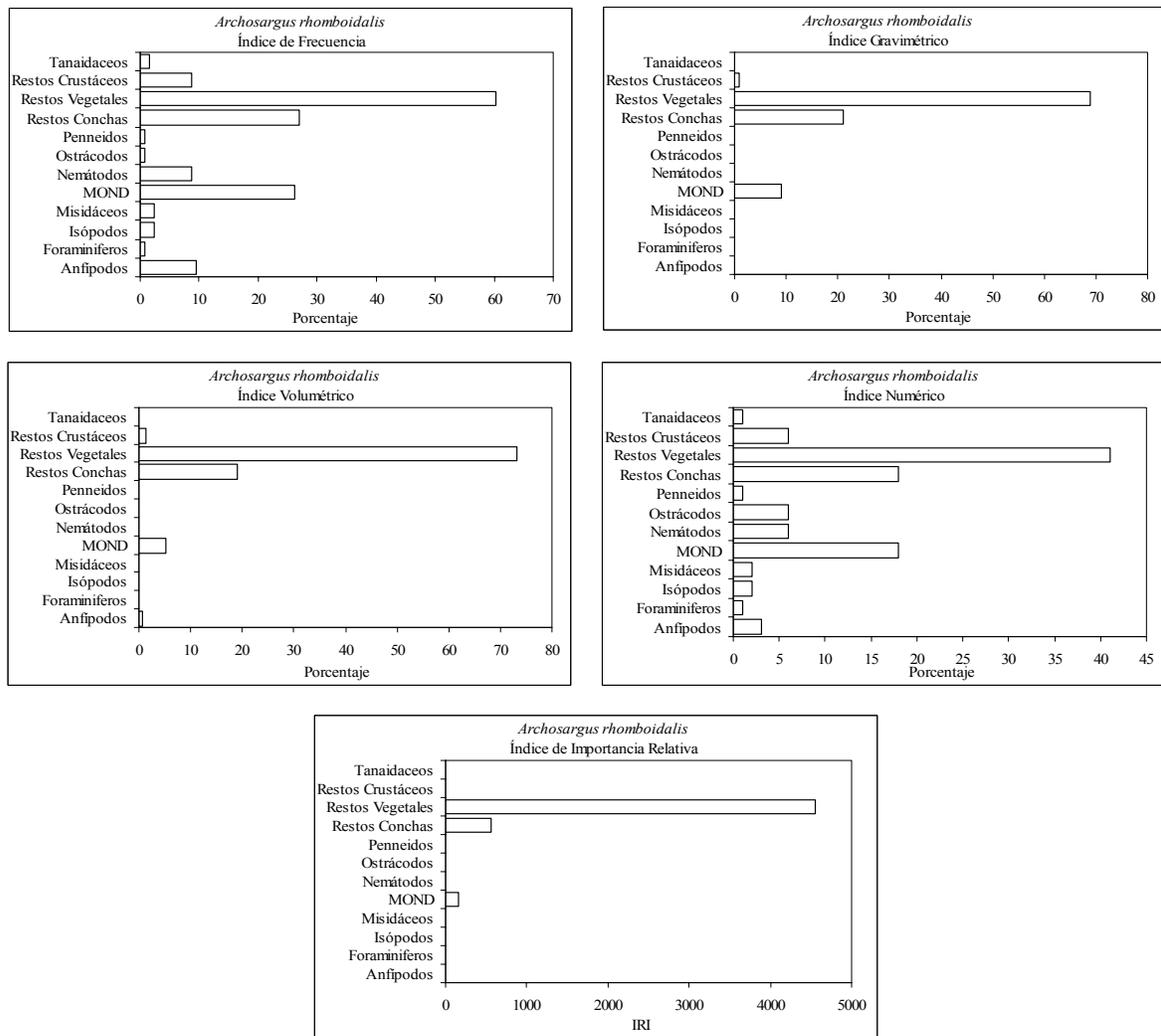


Figura 94. Análisis de contenido estomacal de *Archosargus rhomboidalis*.

Ariopsis felis



Es una especie marina que frecuenta ambientes salobres y esta asociada a arrecifes. Tiene una distribución subtropical entre los 43°N y 18°N desde Massachusetts y Norte del Golfo de México al sur de la Florida en USA y Costas de México. Habita aguas continentales e ingresa a estuarios. Se encuentra en aguas turbias sobre fondos lodosos y se captura en puentes y muelles particularmente en bocas de conexión. Es comestible pero generalmente no se consume. Tiene una importancia pesquera menor. A pesar de que la talla máxima reportada es de 70.0 cm de L.T. y un peso máximo de 5.5 kg., (Froese y Pauly, 2004). En nuestros registros la talla máxima es de 31.2 cm de L.T. y un peso máximo de 272 g. Este punto constituye todo un tema de discusión sobre la distribución de la especie, las estrategias de aproximación a sistemas estuarinos y la selectividad del arte de pesca, entre otros.

De acuerdo con el modelo de distribución temporal de la abundancia, la especie ingresa a los ambientes estuarinos de la Laguna de Términos entre agosto y octubre con organismos pequeños, los cuales a lo largo del año incrementan en peso y se van alejando del sistema (Fig.95). Analizando la escala espacial y de acuerdo con lo reportado en la literatura *A. felis* se distribuye muy cerca de las bocas de conexión Boca del Carmen y Boca de Puerto Real, específicamente en la boca del sistema Pom-Atasta y de la boca del Estero Sabancuy (Fig. 96).

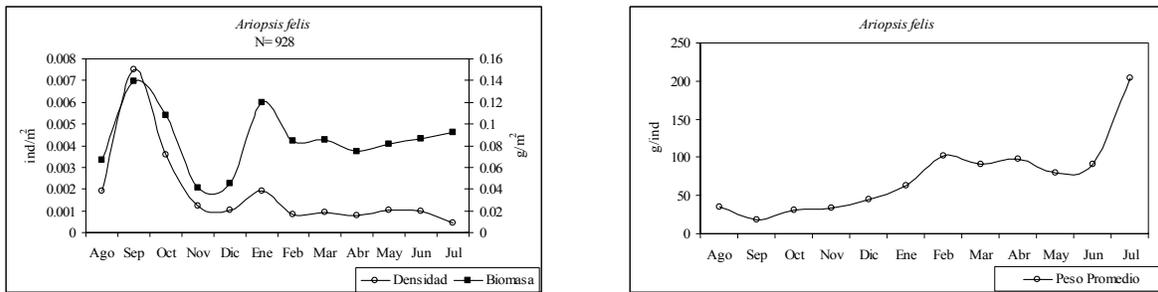


Figura 95. Abundancia relativa de *Ariopsis felis* en la región de la Laguna de Términos.

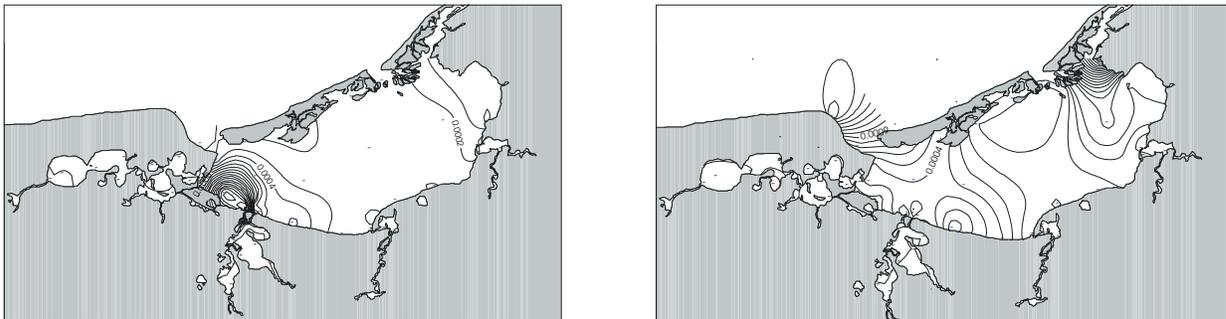


Figura 96. Modelos de distribución espacial de *Ariopsis felis* en época de lluvias (arriba) y secas (abajo).

La estructura por tallas de *A. felis* es multimodal con un intervalo de 3.3-31.2 cm L.T. El intervalo de clase definido por el ancho de banda óptima de Silverman fue de 0.6564 y se distinguen las modas de 6.56 y 11.16 cm. En cuanto a la relación peso-talla se ajusta un modelo potencial cuyos parámetros son: $a = 0.0106$, $b = 2.8679$ con una correlación del 96% (Fig. 97).

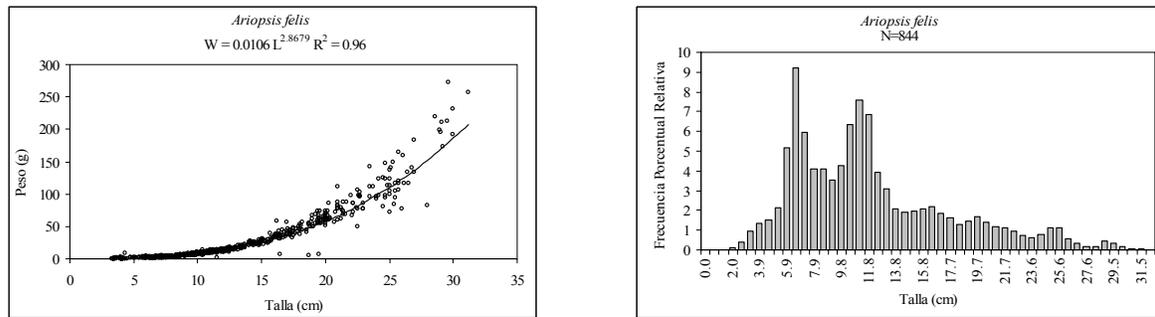


Figura 97. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Ariopsis felis*.

Los diagramas de violín que integran la estadística descriptiva básica para los meses de muestreo en la Laguna de Términos permiten identificar una tendencia de incremento de la mediana desde septiembre hasta julio para repetirse nuevamente el proceso. En la figura 98 se presentan los diagramas de violín que como ya se ha descrito anteriormente integran la información de mediana, cuartiles 25 y 75, mínimo y máximo y la densidad por talla.

De acuerdo con nuestra base de datos el modelo de crecimiento de *A. felis* queda representado por los siguientes parámetros: $L_{\infty} = 34.5$; $K = 0.35$; $WP = 0.16$; $C = 0.8$; $SS = 11$; $SL = 2$; $R_n = 0.121$. Es importante precisar que los datos con los que se alimentó el programa Fisat son datos de frecuencia de densidad agrupados en histogramas sobre los cuales se han ajustado las isocurvas de crecimiento. Con esta información también se ha ajustado un modelo de captura para estimar la mortalidad total ($Z = 0.91$) y la mortalidad natural se ha estimado mediante el algoritmo propuesto por Pauly (1980) ($M = 0.831$). Adicionalmente, el reclutamiento se estima como un proceso puntual que ocurre entre mayo y julio. En la figura 99 se integran estos resultados.

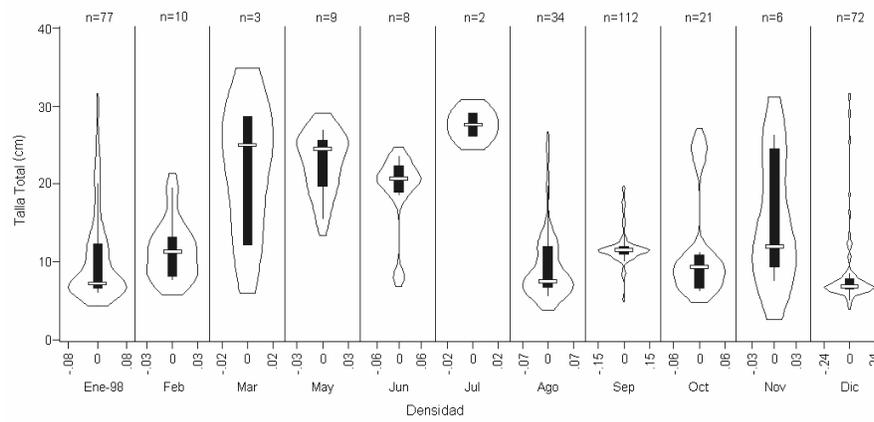


Figura 98. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Ariopsis felis*. Las fechas representan los meses de septiembre de 1997 a marzo de 1999.

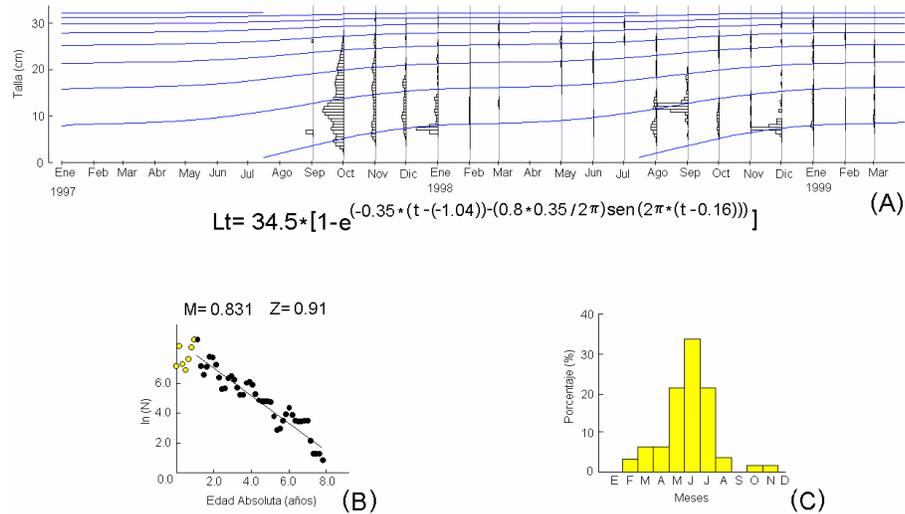


Figura 99. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Finalmente, del análisis del contenido estomacal de *A. felis* se desprende que sólo cuatro grupos tróficos se lograron identificar y de entre ellos los restos de crustáceos y los restos vegetales constituyen el alimento preferido. En este caso particular, se considera necesario

profundizar en el estudio de la dinámica trófica de la especie. En la figura 100 se representan gráficamente los resultados de los métodos utilizados para el análisis del contenido estomacal.

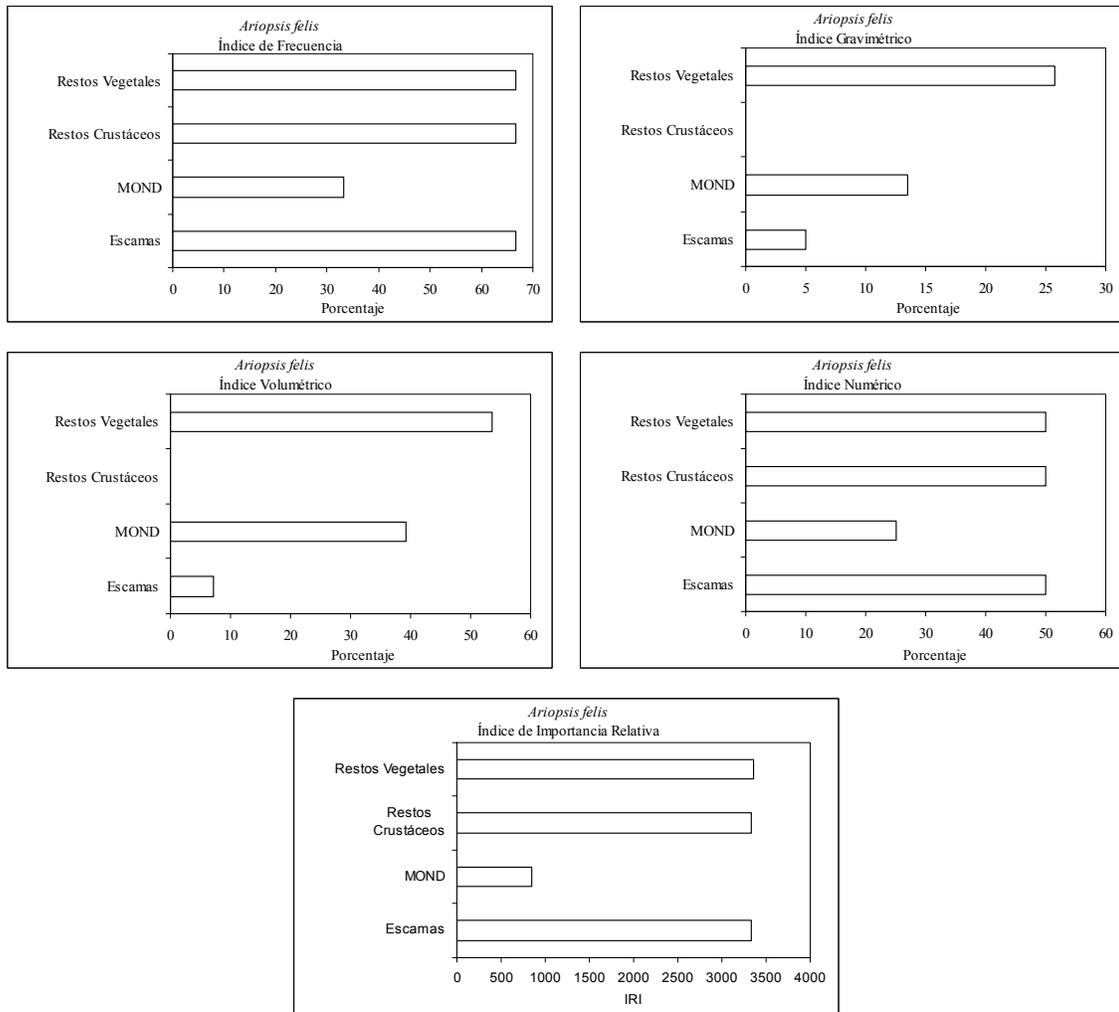
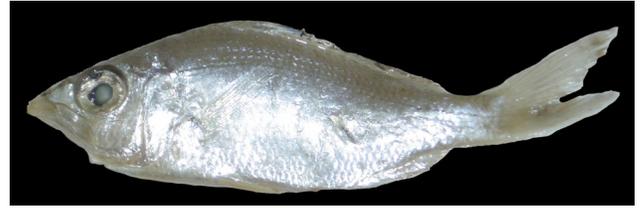


Figura 100. Análisis de contenido estomacal de *Ariopsis felis*.

Eucinostomus gula



La mojarrita es una especie marina asociada a ambientes salobres y dulceacuícolas con arrecifes. Tiene una distribución subtropical desde los 43°N hasta los 51°S comprendiendo desde Massachusetts, USA y Bermudas a Argentina; incluyendo el Golfo de México y mar Caribe. Habita aguas someras siendo especialmente abundante en fondos arcillosos en lagunas bordeadas por manglar, los individuos mas grandes se presentan en áreas marinas de fondo arenoso y cubiertas por vegetación. Tiene capacidad para ingresar en ambientes dulceacuícolas. Forma cardúmenes y se alimenta de pequeños invertebrados bentónicos. Se comercializa en fresco pero no es muy apreciado, usualmente se utiliza como carnada. La talla máxima reportada para *E. gula* es de 23 cm L.T. (Froese y Pauly, 2004).

El modelo de distribución temporal de la abundancia destaca un importante pulso de densidad y biomasa en el mes de marzo, en tanto que entre diciembre y marzo se registran a los organismos más grandes. Sin duda, este patrón se interpreta como un movimiento de migración condicionado por las condiciones prevalecientes en la época de secas (Fig. 101).

E. gula esta asociado a zonas de alta salinidad, con vegetación sumergida y fondos arenosos tal y como se refleja en el modelo de distribución espacial de la densidad, las zonas preferidas son las del litoral interno de la Isla del Carmen con una dinámica apreciable de ampliación de hábitat entre las épocas climáticas de lluvias y secas (Fig. 102).

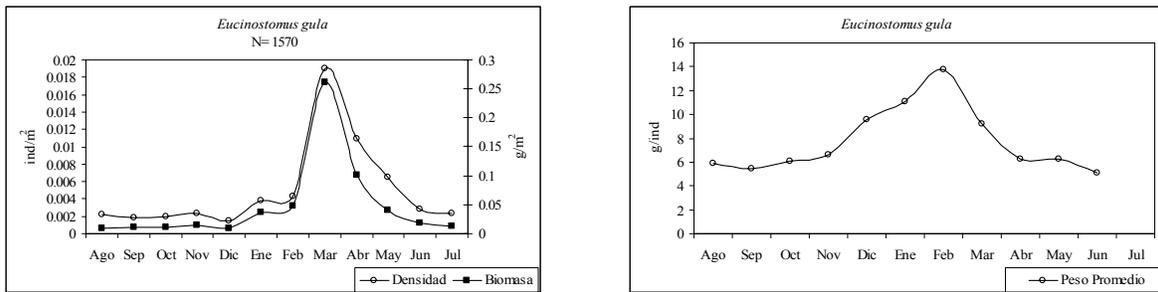


Figura 101. Abundancia relativa de *Eucinostomus gula* en la región de la Laguna de Términos.

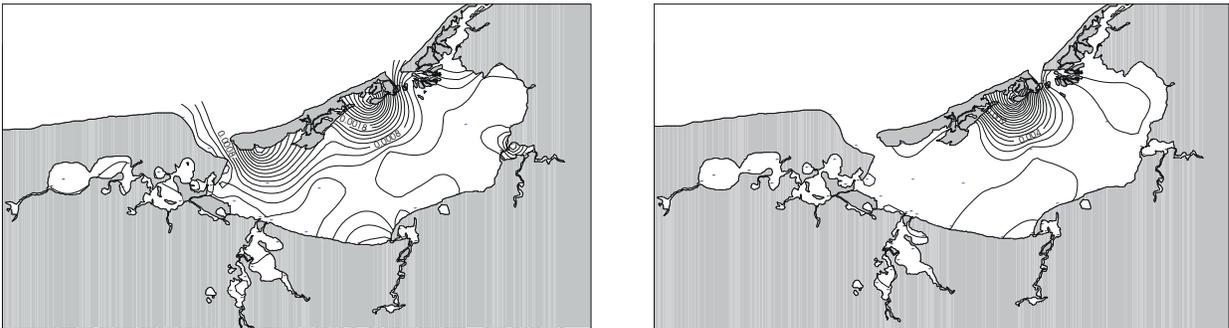


Figura 102. Modelos de distribución espacial de *Eucinostomus gula* en época de lluvias y secas respectivamente.

La población de *E. gula* muestra una estructura por tallas con un intervalo de 1.7-13.2 cm y un pulso modal entre 7.1 y 7.5 cm. El intervalo de clase definido por el ancho de banda óptima de Silverman fue de 0.3269. El modelo Peso-Talla se define por un valor del factor de condición promedio de 0.0118, un coeficiente de alometría de 3.0886 y una correlación del 98%. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la figura 103.

En la figura 104 se presenta mediante gráficos de violín la estadística descriptiva básica para las muestras mensuales de la Laguna de Términos, en general la estructura por talla es muy homogénea y sólo se destaca la abundancia de los meses de marzo y abril.

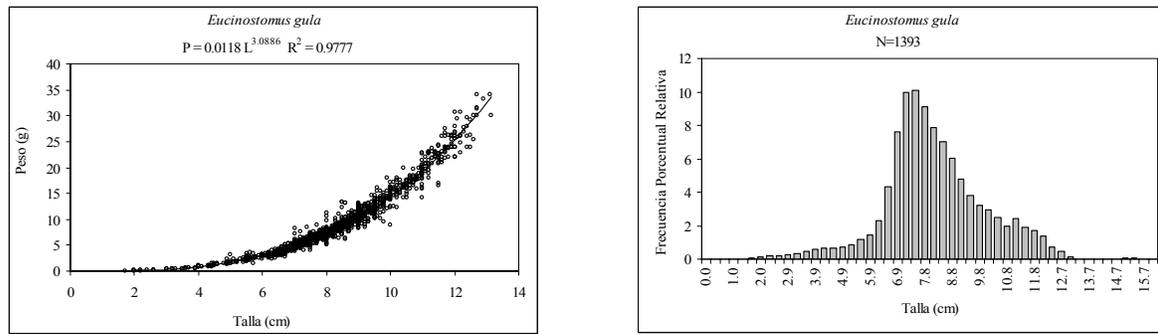


Figura 103. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Eucinostomus gula*.

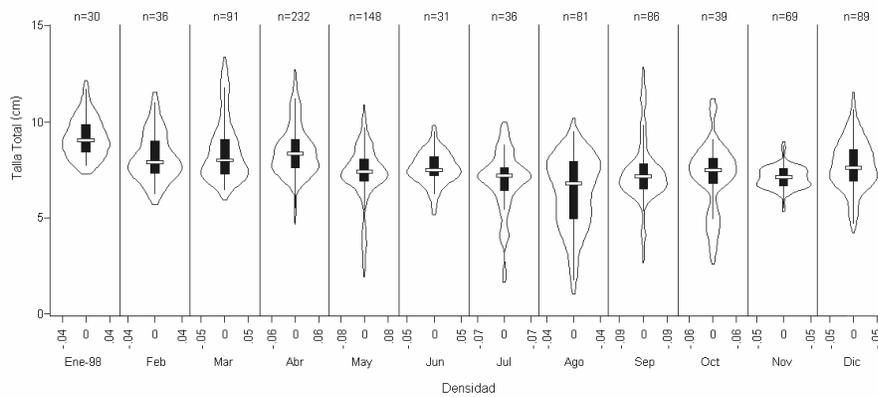


Figura 104. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Eucinostomus gula*.

Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada para *E. gula* son los siguientes: $L_{\infty} = 16.5$; $K = 0.5$; $WP = 0.16$; $C = 0.9$; $SS = 9$; $SL = 4.2$; $R_n = 0.124$. En la figura 105 se muestra el ajuste de isoclinas a las modas de histogramas de frecuencia de densidad por talla. También se presenta la curva de captura para la estimación de la mortalidad total ($Z = 2.03$) y el valor de la mortalidad natural ($M = 1.29$) estimada por el algoritmo de Pauly (1980). Finalmente se ha estimado el reclutamiento y se aprecia como un proceso continuo con una ligera acentuación en los meses de agosto y septiembre.

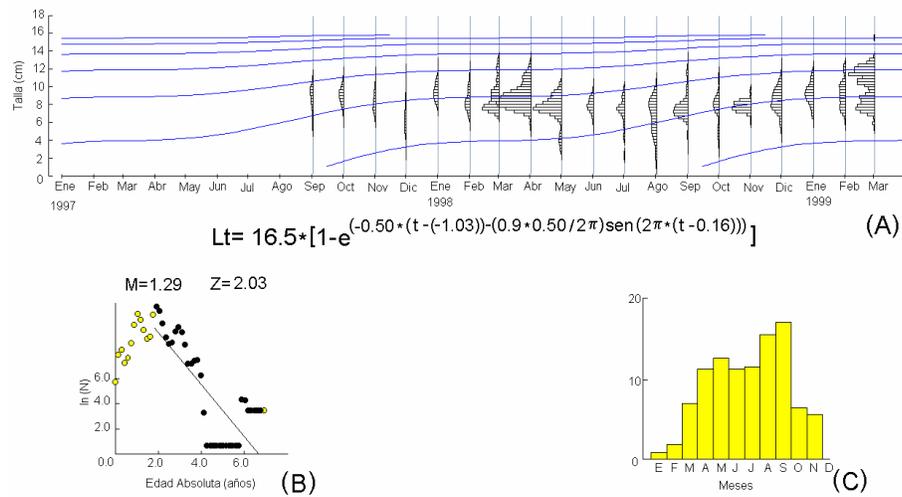


Figura 105. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Siete grupos tróficos se han identificado en el análisis de contenidos estomacales, sobresale la materia orgánica no determinada y los restos vegetales. En la figura 106 se presentan los resultados de los métodos utilizados.

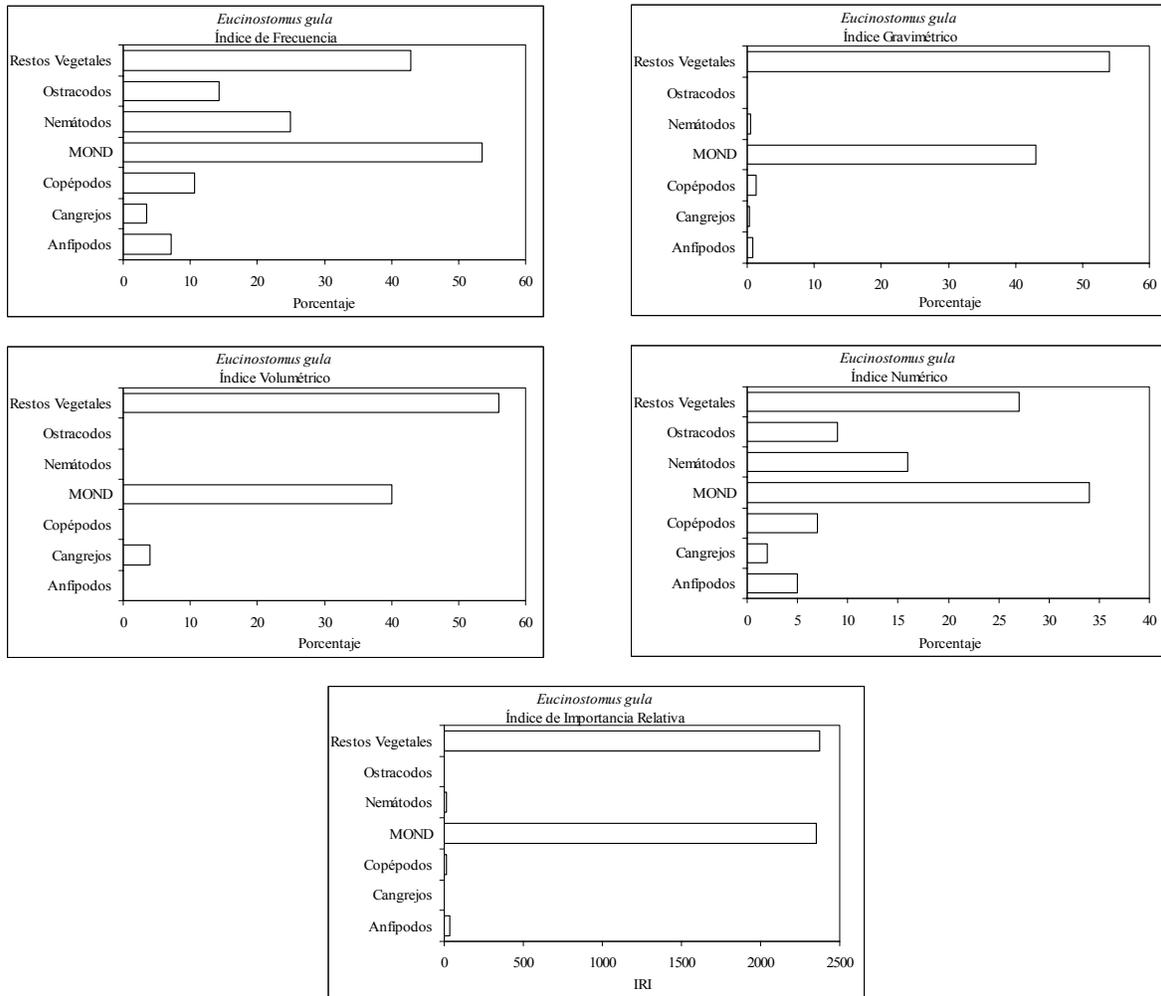


Figura 106. Análisis de contenido estomacal de *Eucinostomus gula*.

Chaetodipterus faber



El nombre común de esta especie en la región es “Chabelita”, ha sido reportada con una talla máxima de 91.0 cm de L.T. y un peso máximo de 9.0 kg (Froese y Pauly, 2004). Es una especie marina y de aguas salobres con migraciones oceánicas y asociada a arrecifes. Tiene una distribución subtropical entre 43°N y 24°S desde Nueva Inglaterra y Massachussets USA y el norte del Golfo de México hasta el sureste de Brasil. Tiene una importancia pesquera menor, sin embargo se aprecia como especie de acuario, con fines de acuicultura y de pesca deportiva. Es abundante en aguas costeras poco profundas desde áreas de manglar y playas arenosas hasta restos de naufragios y puertos. Los juveniles (fase negra) son comunes en estuarios y frecuentemente se encuentran en aguas muy poco profundas nadando de lado de manera que asemejan hojas o restos de manglar. Los adultos forman cardúmenes superiores a 500 individuos. Su alimentación se basa en invertebrados bentónicos como crustáceos, moluscos, anélidos, cnidarios así como plancton. Es un pez de buena carne que se comercializa en fresco.

El modelo de distribución temporal de la abundancia permite identificar un pulso importante en marzo, sin embargo los organismos mas grandes se registraron en junio. La presencia de la especie en el sistema es muy homogénea en el resto del año (Fig. 107).

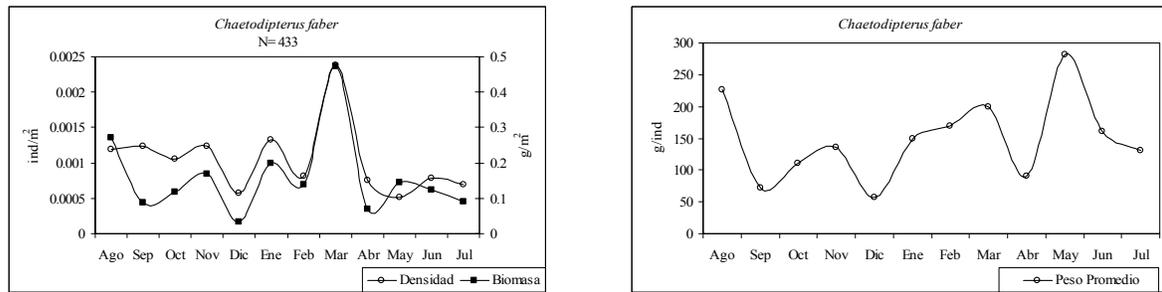


Figura 107. Abundancia relativa de *Chaetodipterus faber* en la región de la Laguna de Términos.

En cuanto al modelo de distribución espacial se identifica la preferencia de la especie por las áreas de la cuenca central de la Laguna de Términos donde las condiciones de profundidad y transparencia son mayores. En el mismo sentido, durante la época de lluvias la distribución es más homogénea a lo largo de la Laguna, en tanto que durante la época de secas se aprecia una concentración hacia la porción central oriental de la Laguna, donde la salinidad promedio para la temporada es relativamente la más alta de todo el sistema. La presencia de la especie al interior de los sistemas fluvio-lagunares es escasa y en su caso se limita a la zona de conexión con el sistema Candelaria-Panlau. En la figura 108 se representa la abundancia mediante isolíneas de densidad por época climática de lluvias y secas.

En cuanto a la estructura por tallas de la población así como la relación entre la talla y peso se presenta la figura 109, donde se destacan los valores del coeficiente de alometría (2.7114) y del factor de condición promedio (0.0671), con una correlación superior al 87%. La estructura por tallas se describe considerando como intervalo de clase el ancho de banda óptimo de Silverman estimado en 0.66653. Se identifican diversos pulsos modales, sin embargo la mayor representación es de tallas pequeñas con un pulso modal máximo entre las tallas 9.33 y 9.99 cm.

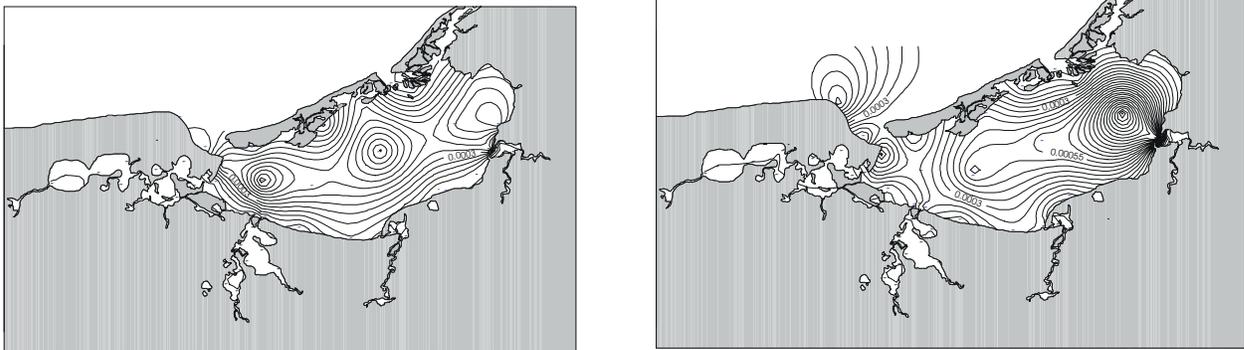


Figura 108. Modelos de distribución espacial de *Chaetodipterus faber* en época de lluvias y secas respectivamente.

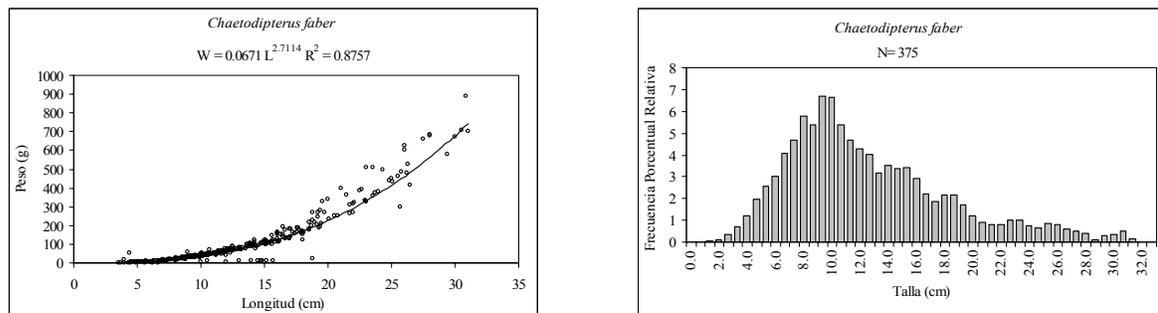


Figura 109. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Chaetodipterus faber*.

La estadística descriptiva de la submuestra de la Laguna de Términos capturada entre septiembre de 1997 y marzo de 1999, se representa mediante diagramas de violín y se destacan los valores promedio de talla en mayo y junio así como la mayor abundancia en septiembre y octubre (Fig. 110).

Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada para *C. faber* son los siguientes: $L_{\infty} = 35.2$; $K = 0.27$; $WP = 0.16$; $C = 0.5$; $SS = 10$; $SL = 3.8$; $R_n = 0.121$. En la figura 111 se muestra el ajuste de isoclinas a las modas de histogramas de frecuencia de densidad por talla. También se presenta la curva de captura para la estimación de

la mortalidad total ($Z= 0.57$) y el valor de la mortalidad natural ($M= 0.69$) estimada por el algoritmo de Pauly (1980). Finalmente se ha estimado el reclutamiento y se aprecia un pulso máximo entre marzo y abril, sin embargo este proceso se continúa con una tendencia decreciente hasta noviembre.

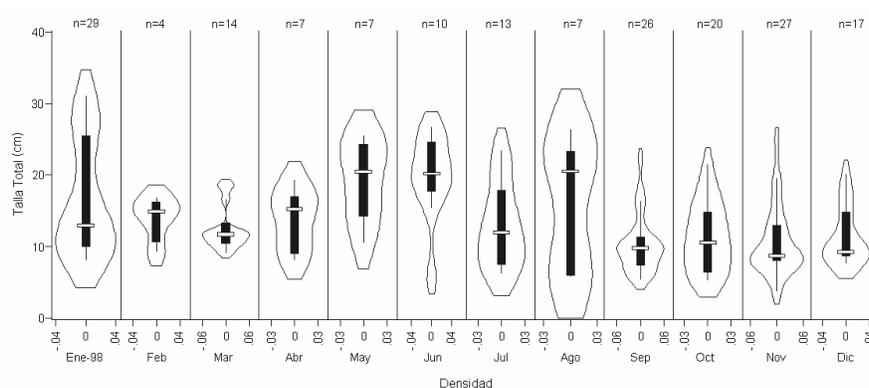


Figura 110. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Chaetodipterus faber*.

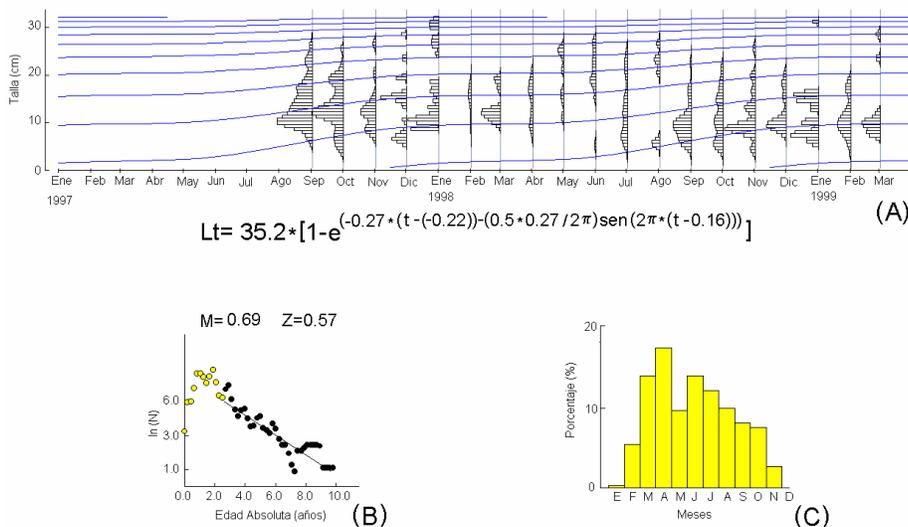


Figura 111. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Finalmente, el contenido estomacal de *C. faber* queda representado por nueve grupos tróficos donde los restos vegetales y la materia orgánica no identificada son los más abundantes y frecuentes. Se procesaron un total de 91 estómagos, de los cuales sólo dos resultaron vacíos, es decir es una especie que tiene una rutina de alimentación frecuente. En la figura 112 se muestran los resultados de los diferentes métodos aplicados en el análisis del contenido estomacal.

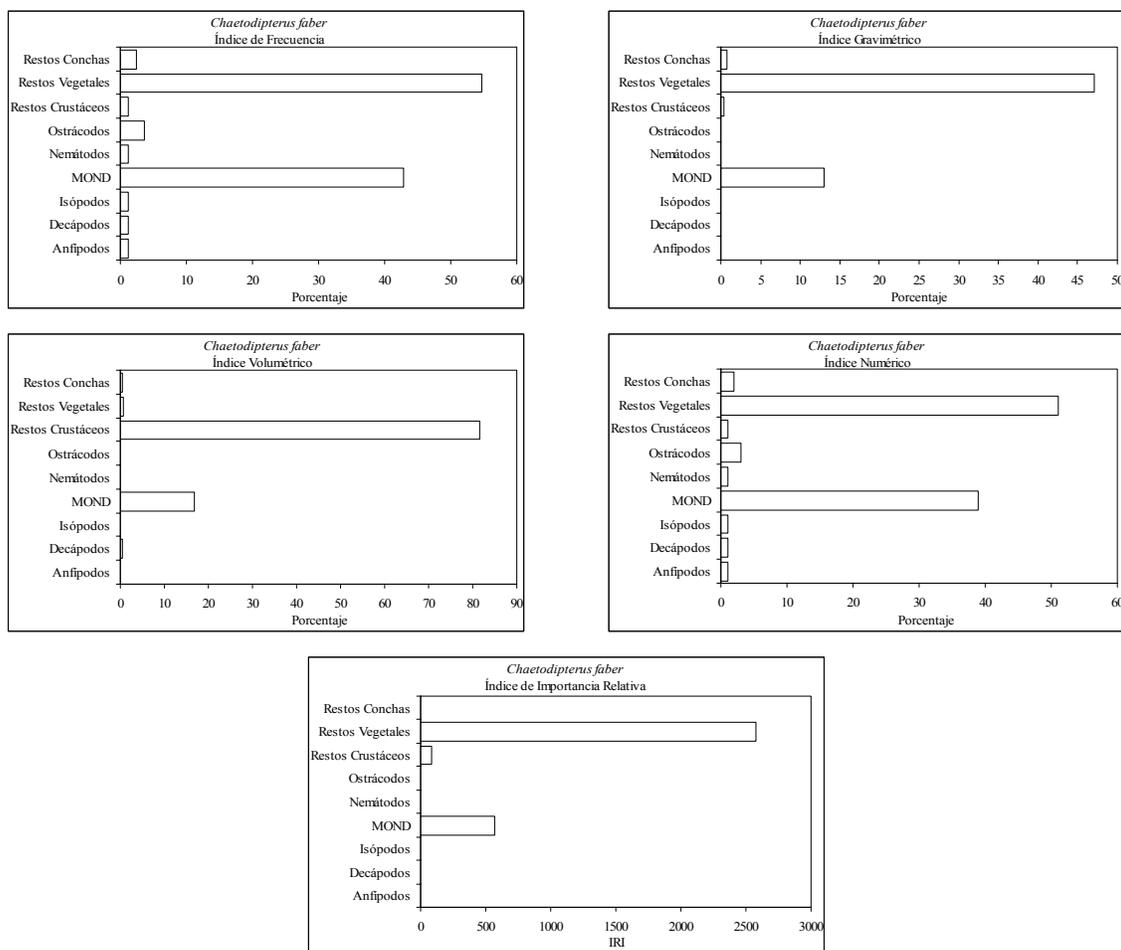


Figura 112. Análisis del contenido estomacal de *Chaetodipterus faber*.

Cetengraulis edentulus



La anchoveta del atlántico ha sido reportada como una especie que alcanza una talla máxima de 16.6 cm de longitud total que normalmente tiene un comportamiento pelágico en zonas marinas y áreas salobres en profundidades de hasta 10 m. Habita la franja tropical entre los 24°N y 27°S. Tiene una importancia pesquera menor y se utiliza como carnada. Los valores reportados de su tasa de crecimiento son entre $K= 0.13$ a $K= 0.22$. Tiene una distribución que va desde las Antillas hacia la porción sur de Cuba, sur y este de Costa Rica hasta Colombia y Venezuela, Trinidad sur a Ipanema, Santa Catarina, Brasil. Su presencia se asocia a zonas costeras formando cardúmenes. Penetra en aguas salobres de lagunas y estuarios y puede tolerar salinidades entre 10 a 32 UPS. Presumiblemente es un filtrado que se alimenta tanto de fitoplancton como de zooplancton. En la Península de Araya en Venezuela tiene un periodo de desove que va desde Octubre a Enero con un pulso distintivo a mediados de noviembre (Froese y Pauly, 2004).

C. edentulus fue especialmente abundante entre enero y marzo en toda la zona de estudio y los organismos mas grandes en promedio se presentaron en diciembre (Fig. 113). Su presencia se asocia principalmente a la boca Del Carmen y a las desembocaduras de los sistemas Palizada-Del Este y Candelaria-Panlau. Es importante recordar que el mayor volumen de descarga de los ríos asociados es en noviembre justo como una respuesta con retraso a la temporada de

lluvias de la región. Durante la temporada de secas la presencia de *C. edentulus* se restringe a la región con menor salinidad promedio de la Laguna de Términos (Fig. 114).

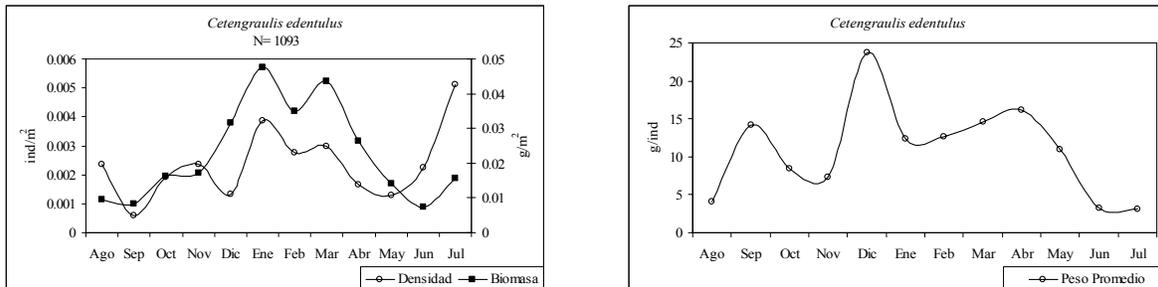


Figura 113. Abundancia relativa de *Cetengraulis edentulus* en la región de la Laguna de Términos.

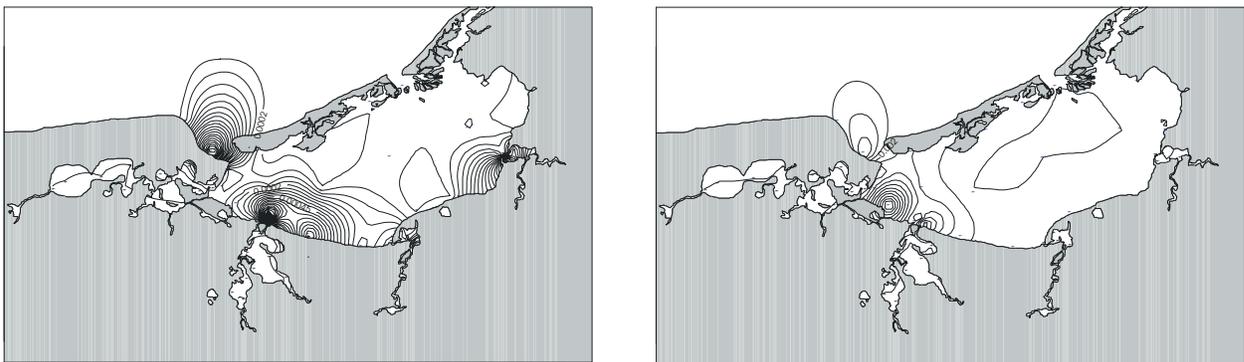


Figura 114. Modelos de distribución espacial de *Cetengraulis edentulus* en época de lluvias y secas respectivamente.

La relación Talla-Peso se representa mediante el modelo cuyo factor de condición promedio es de 0.0064 y el coeficiente de alometría es de 3.1295 bajo una correlación del 94%. La estructura por tallas analizada considerando el ancho de banda óptima de Silverman como intervalo de clase (0.3866) identifica una talla modal a los 10.44 cm. El intervalo de tallas total es de 3.7 a 17.5 cm. En la figura 115 se presenta de manera gráfica las observaciones de talla y peso así como de la estructura por tallas de la población.

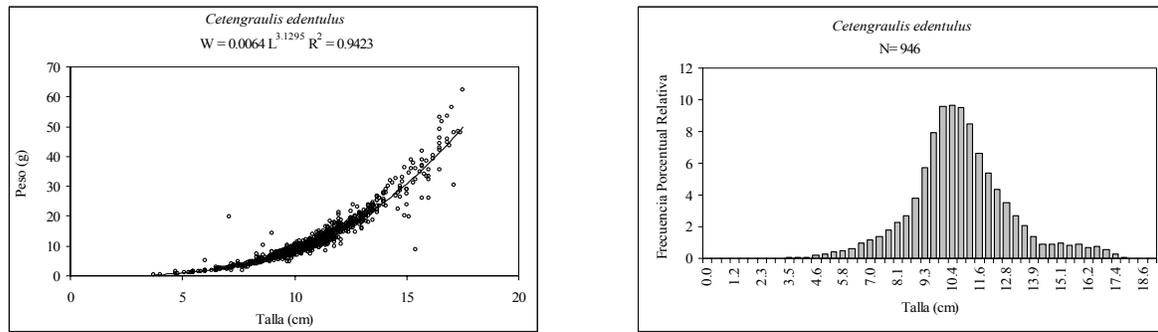


Figura 115. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Cetengraulis edentulus*.

La estadística descriptiva de la submuestra de la Laguna de Términos para el periodo de septiembre de 1997 a marzo de 1999 se resume en la figura 116 mediante el uso de diagramas de violín. De distingue la mayor abundancia en los meses de enero y marzo y a la vez los organismos mas pequeños se presentan en julio y septiembre. El mayor intervalo de variación de las tallas se presentó en septiembre y las mayores tallas promedio se observan en mayo.

En la figura 117 se muestran los resultados del análisis de la frecuencia de tallas mediante el programa Fisat. Se destacan los valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada que son: $L_{\infty} = 19.4$; $K = 0.69$; $WP = 0.16$; $C = 0.6$; $SS = 3$; $SL = 1.5$; $R_n = 0.185$. La mortalidad total estimada mediante la construcción de una curva de captura es de $Z = 2.87$ y la mortalidad natural estimada mediante el algoritmo propuesto por Pauly (1980) es de $M = 1.52$. El reclutamiento se analiza mediante la comparación proporcional de la estructura por talla para un año virtual considerando el valor de t_0 y se identifican los meses de junio y julio como los momentos más importantes para el reclutamiento, sin embargo este proceso se extiende desde mayo hasta agosto.

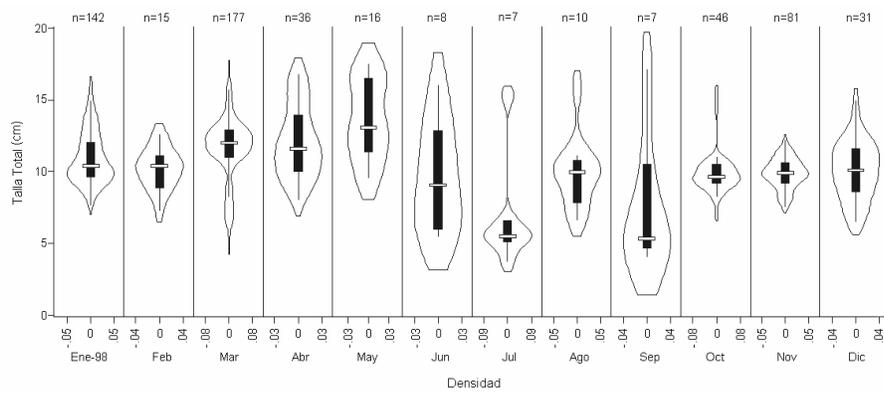


Figura 116. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Cetengraulis edentulus*.

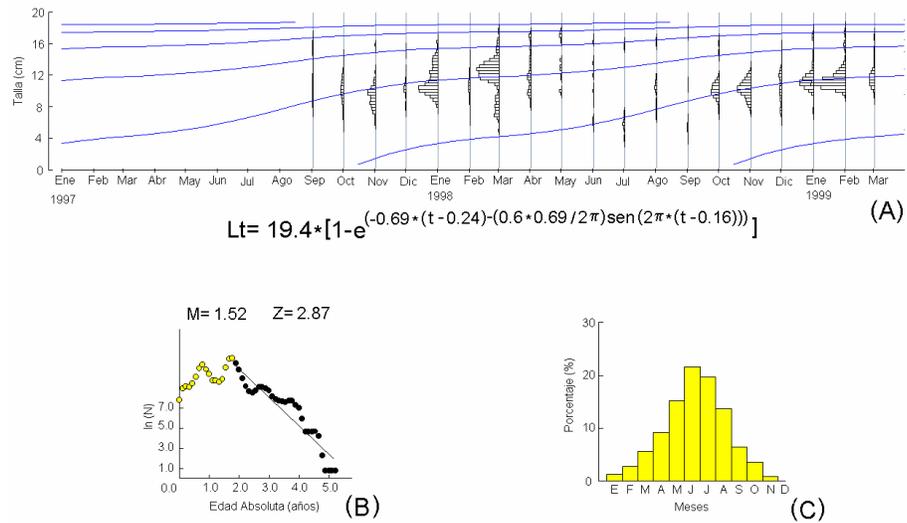
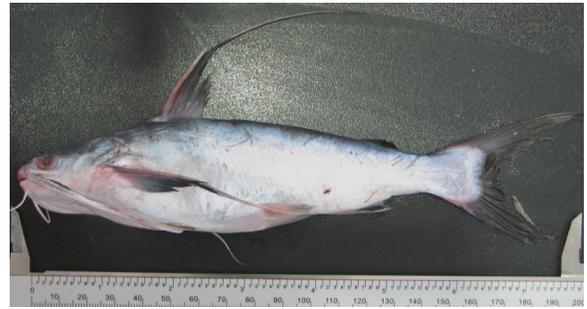


Figura 117. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Bagre marinus



Esta especie es denominada localmente bagre bandera y se le ha reportado con una talla máxima de 69.0 cm y un peso máximo de 4,360 g. Es una especie demersal salobre y marina que se encuentra hasta profundidades de 50 m. Habita la región subtropical entre 43°N y 8°N con una distribución en el Atlántico occidental en las costas del Golfo de México, Cuba, margen occidental del Caribe y margen norte de América del Sur. Ocasionalmente se le encuentra en ríos y estuarios. Es una especie marina pero penetra en estuarios salobres con salinidad relativamente alta. Se alimenta especialmente de pequeños peces e invertebrados. Las aletas dorsal y pectorales están equipadas con una espina eréctil aserrada que es venenosa. Tiene importancia pesquera comercial y para pesca deportiva, su carne se considera buena y se comercializa en fresco (Froese y Pauly, 2004).

La presencia temporal del *Bagre marinus* en la región de estudios queda representada por un incremento en la densidad y biomasa en los meses de septiembre y noviembre y un pulso menor entre marzo y abril, sin embargo los organismos de mayor tamaño se presentan en abril. En la figura 118 se presenta la variación de abundancia en un promedio anual para los cinco sistemas en estudio.

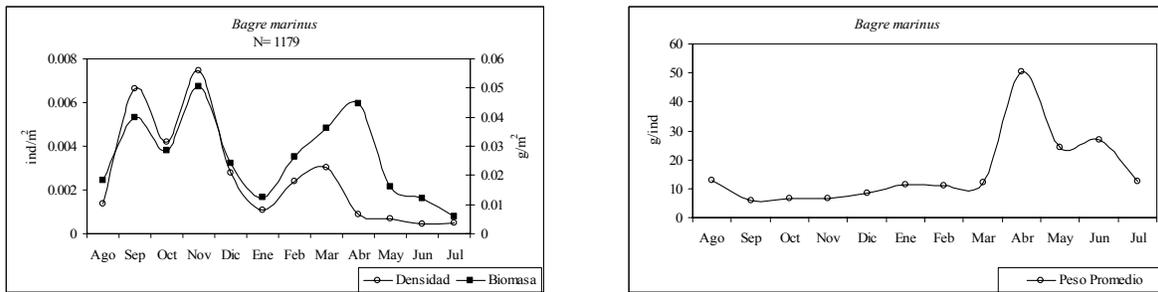


Figura 118. Abundancia relativa de *Bagre marinus* en la región de la Laguna de Términos.

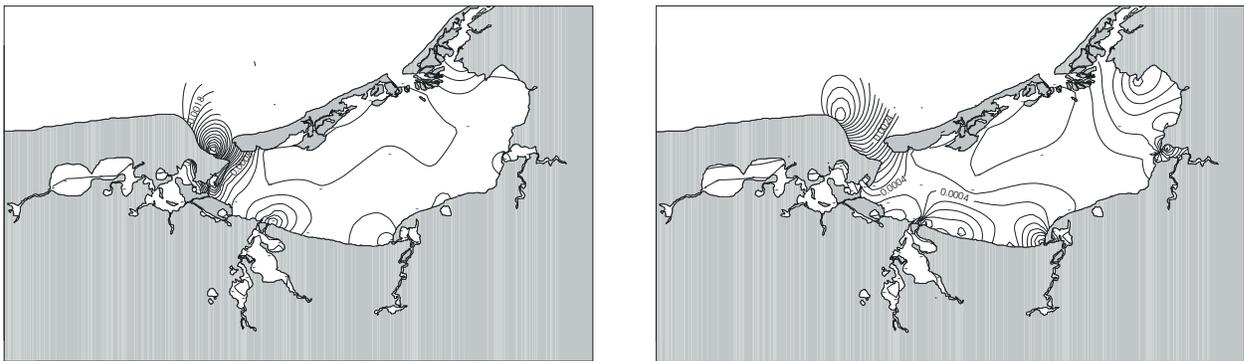


Figura 119. Modelos de distribución espacial de *Bagre marinus* en época de lluvias y secas respectivamente.

En cuanto al comportamiento de la abundancia espacial, se aprecia su asociación con la boca El Carmen durante la temporada de lluvias que es cuando la salinidad se ve disminuida por el incremento en la descarga de los ríos asociados, sin embargo durante la época de secas la especie logra penetrar hasta las bocas de conexión de los sistemas fluvio-lagunares. En la figura 119 se muestran los mapas de distribución por época climática analizando isóneas de densidad.

Muy pocos ejemplares de tallas grandes fueron capturados en los muestreos, tal y como se aprecia en el modelo Talla-Peso, la correlación fue de 84% y los valores del factor de condición promedio y del coeficiente de alometría son respectivamente 0.0148 y 2.6792. En cuanto a la estructura por tallas, el intervalo de clase utilizado fue de 0.5972 acorde al ancho

de banda óptima de Silverman que surge del análisis de los Estimadores de Densidad por Kernel. La talla modal es de 9.55 cm. En la figura 120 se representan gráficamente estos resultados.

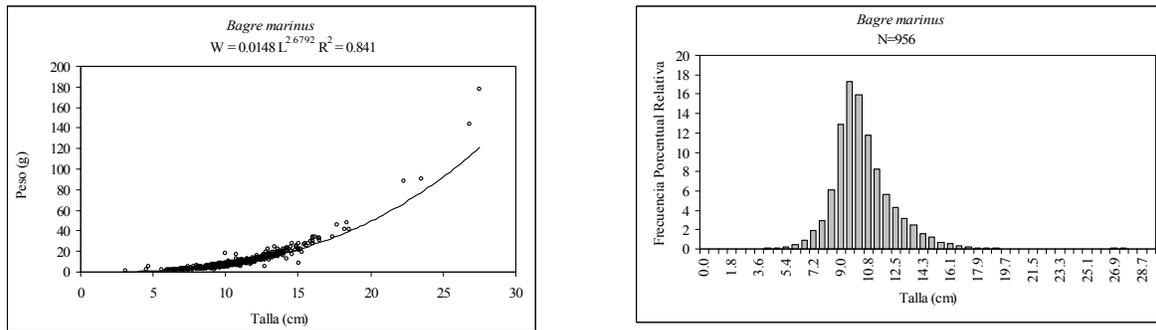


Figura 120. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Bagre marinus*.

En la figura 121 se integra mediante gráficas de violín la estadística descriptiva de la submuestra de la Laguna de Términos para el periodo de septiembre de 1997 a marzo de 1999. Se aprecia un importante incremento de la abundancia en los meses de septiembre a diciembre con las tallas más pequeñas, sin embargo las tallas relativamente mas grandes se presentan entre abril y julio así como el más amplio intervalo de tallas.

En cuanto a los parámetros de crecimiento, mortalidad y reclutamiento se presenta la figura 122 que integra el ajuste de isolíneas a los histogramas de densidad, la curva de captura y la proyección del reclutamiento anual. Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada son: $L_{\infty} = 30.2$; $K = 0.5$; $WP = 0.16$; $C = 0.6$; $SS = 5$; $SL = 2$; $R_n = 0.151$. La mortalidad total es de $Z = 1.48$ y la mortalidad natural estimada por el algoritmo propuesto por Pauly (1980) es de $M = 1.09$. Finalmente, el pulso máximo de

reclutamiento se observa entre julio y agosto, sin embargo este proceso se extiende desde mayo hasta septiembre.

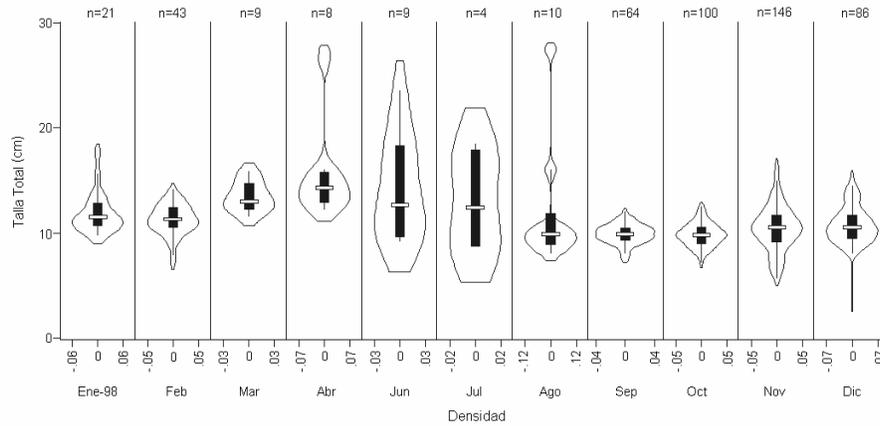


Figura 121. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Bagre marinus*.

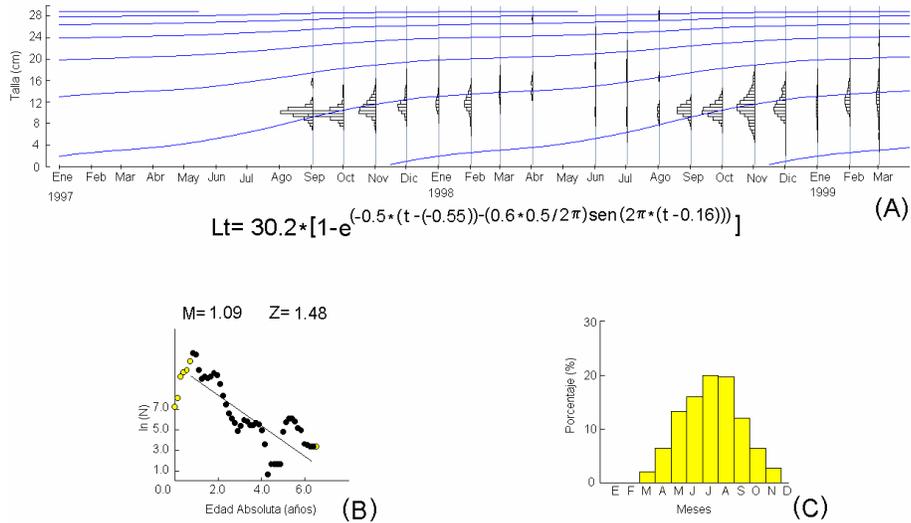


Figura 122. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Micropogonias undulatus



Una especie de gran importancia pesquera que ha sido reportada con una talla máxima de 55.0 cm, peso máximo de 2,580 g y edad máxima de cinco años ($K=0.2-0.27$). Es una especie demersal marina que se encuentra en rangos de profundidad de hasta 100 m. Se distribuye en la franja subtropical entre 43°N y 37°S . En el Atlántico occidental se distribuye desde Massachussets, USA y norte del Golfo de México hasta Brasil y Argentina. Usualmente se le encuentra asociada a fondos arenosos en aguas costeras y en estuarios donde desarrollan actividades de alimentación y crianza. Se alimenta principalmente de gusanos, crustáceos y peces. Tiene excelente carne para consumo humano y se comercializa en fresco y congelada (Froese y Pauly, 2004).

El comportamiento promedio de la abundancia en la región de estudio se describe en la figura 123. Se aprecia un pulso máximo de abundancia en densidad, biomasa y peso promedio entre abril y mayo que corresponde a la época de secas.

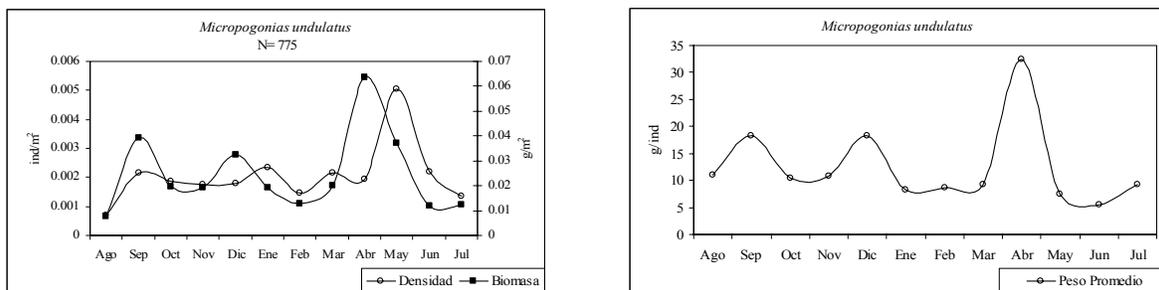


Figura 123. Abundancia relativa de *Micropogonias undulatus* en la región de la Laguna de Términos.

En cuanto al modelo de distribución espacial de la abundancia se aprecia la asociación de la especie con las bocas de conexión de los sistemas fluvio-lagunares, con un aparente incremento de densidad durante la época de secas (Fig. 124)

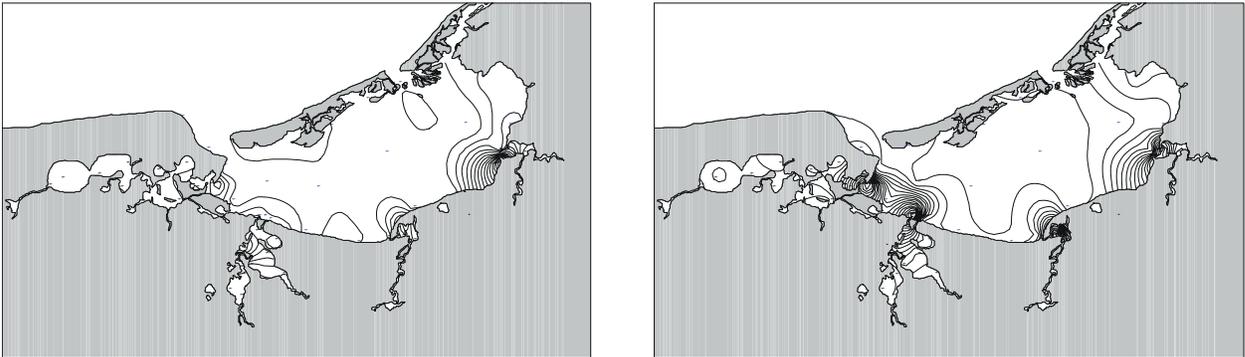


Figura 124 Modelos de distribución espacial de *Micropogonias undulatus* en época de lluvias y secas respectivamente.

La captura de esta especie está constituida especialmente por organismos de tallas pequeñas, muy pocos organismos grandes fueron capturados. De esta forma el modelo talla-peso se define por los siguientes parámetros: Factor de condición promedio (0.0074), coeficiente de alometría (3.0629) y factor de correlación (0.9824). La estructura por tallas tiene un intervalo total de 3.4 a 40.5 cm de L.T. el valor modal se identifica a los 9.25 cm. El intervalo de clase fue de 0.8449 y corresponde al valor del ancho de banda óptima de Silverman calculado mediante el análisis de EDK's. La figura 125 expresa gráficamente estos resultados.

La estadística descriptiva básica de la submuestra de la Laguna de Términos se concentra en la figura 126. La abundancia es muy homogénea a lo largo del periodo de estudio y con tallas promedio pequeñas. Se distinguen los intervalos de septiembre, noviembre y diciembre.

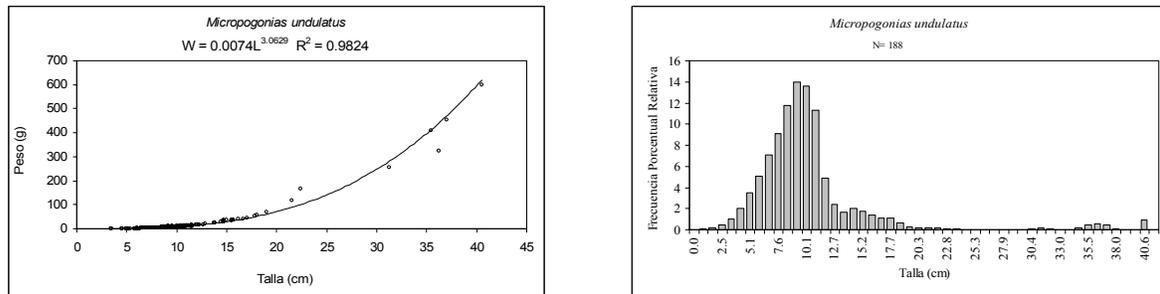


Figura 125. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Micropogonias undulatus*

En cuanto a los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, se estimaron los siguientes valores: L_{∞} = 44.3; K = 0.43; C = 0.6; WP = 0.16; SS = 12; SL = 3.38; R_n = 0.213, el ajuste de isoclinas a los histogramas de densidad en el programa Fisat se presenta en la figura 127. Asimismo se analiza la curva de captura para la estimación de la mortalidad total ($Z=1.05$), y la mortalidad natural estimada mediante el algoritmo propuesto por Pauly (1980) es de $M=0.88$. Finalmente el reclutamiento se aprecia como un proceso con dos pulsos uno entre marzo y abril y otro de menor intensidad en septiembre.

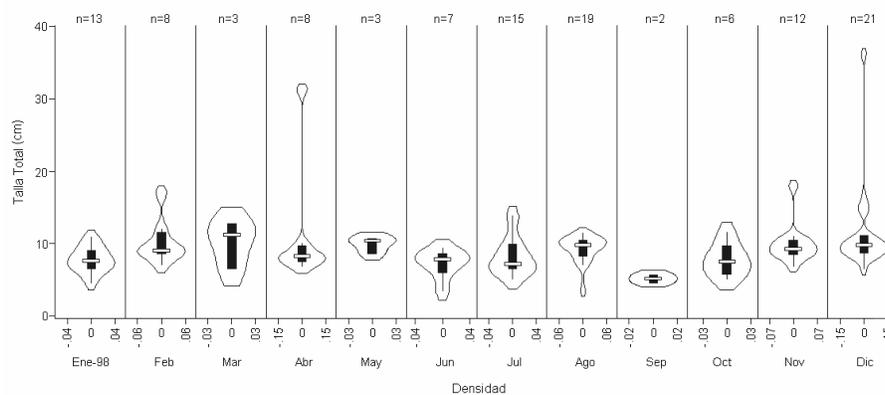


Figura 126. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Micropogonias undulatus*.

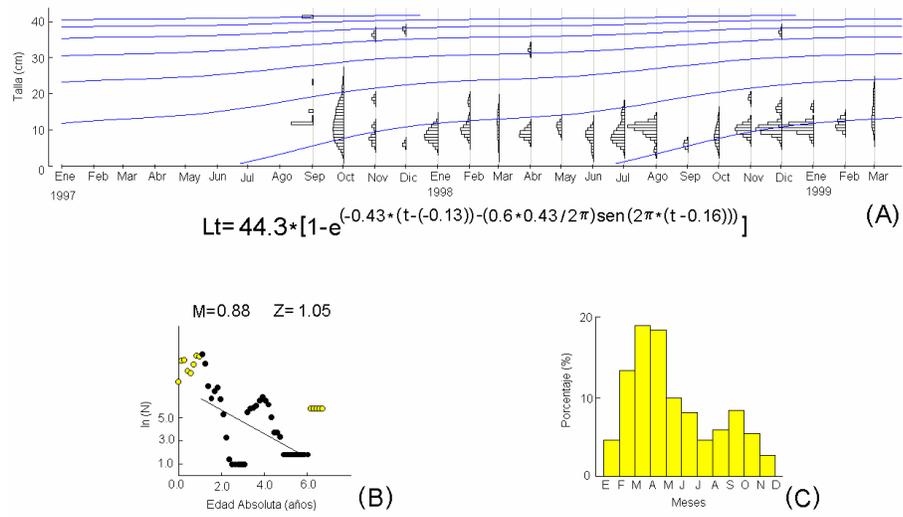
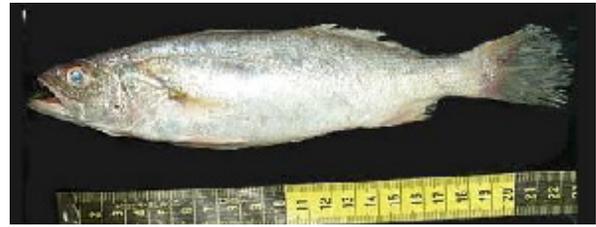


Figura 127. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Cynoscion arenarius



La curvina o trucha de arena ha sido reportada con una talla máxima de 63.5 cm de L.T. y un peso máximo de 2,780 g. Es una especie demersal marina y salobre. Tiene una distribución subtropical entre 30°N y 19°N. En el Atlántico occidental desde Florida, USA, hasta la bahía de Campeche. Usualmente se encuentra asociada a fondos arenosos en aguas costeras, siendo especialmente abundante en la zona de rompientes. Durante los meses de verano la especie se mueve a áreas de alimentación y crianza en zonas cercanas a ríos y estuarios (Froese y Pauly, 2004).

El modelo de distribución temporal de la abundancia muestra una presencia constante en la región de estudio y se destaca un pulso en febrero y marzo por el ingreso de individuos de mayor talla. En la figura 128 se muestra la distribución promedio de la abundancia para un ciclo anual.

En el modelo de distribución espacial de la abundancia se aprecia que *C. arenarius* se asocia básicamente a la porción interna de la Boca El Carmen y a la boca de conexión del sistema Candelaria-Panlau. La condición general en la Boca del Carmen es una baja salinidad, alta turbidez, sedimentos limosos y un flujo neto de salida de agua, mientras que en la boca de conexión del sistema Candelaria Panlau se presenta baja salinidad pero con baja turbidez, sedimentos arenosos calcáreos y una fuerte influencia de agua marina que ingresa por la Boca de Puerto Real. Es evidente un incremento en la abundancia durante la temporada de secas

cuando la aportación de agua dulce por parte de los ríos disminuye, lo que permite una concentración mayor en la porción interna de la Bocal El Carmen y un ingreso mayor al sistema Candelaria-Panlau. En la figura 129 se muestran las isolíneas de densidad que bajo la técnica geoestadística Krigin se desarrolló con la ayuda del programa SURFER.

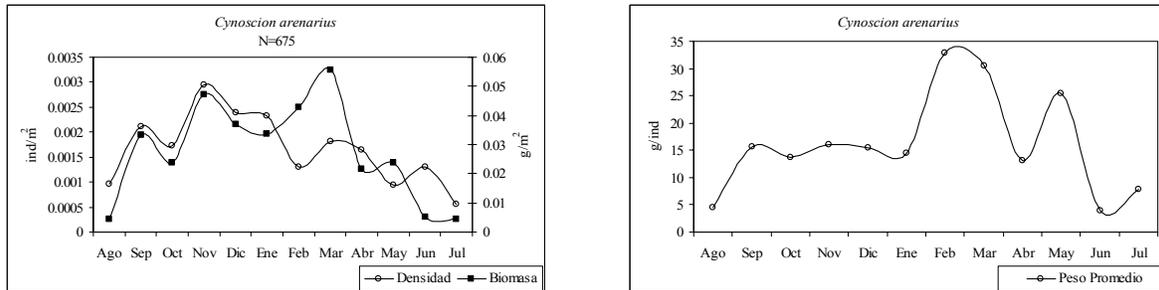


Figura 128. Abundancia relativa de *Cynoscion arenarius* en la región de la Laguna de Términos.

La estructura por tallas de *C. arenarius* queda representada por organismos entre las tallas 2.3 y 27 cm L.T., se identifican varias tallas con valor modal a saber, 9.16, 9.78, 10.39 y 11.0. El valor del intervalo de clase es 0.6112 y corresponde al ancho de banda óptima de Silverman. En la figura 130 se presenta el histograma de frecuencia por tallas que corresponde a una gráfica de EDK's discontinuos. También se presenta el modelo de la relación talla-peso cuyos parámetros tienen los siguientes valores: factor de condición promedio (0.0118), coeficiente de alometría (2.8519) y factor de correlación (0.9347).

La estadística básica descriptiva de la submuestra de la Laguna de Términos se integra en gráficas de violín en la figura 131. Se aprecia alta homogeneidad en la estructura de las muestras y quizá lo que se puede destacar es la relativa mayor abundancia en los meses de septiembre a diciembre.

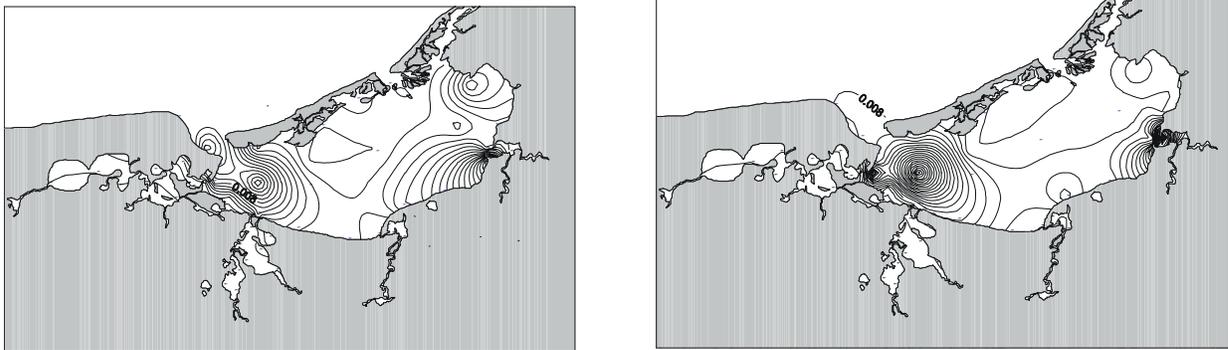


Figura 129. Modelos de distribución espacial de *Cynoscion arenarius* en época de lluvias y secas respectivamente.

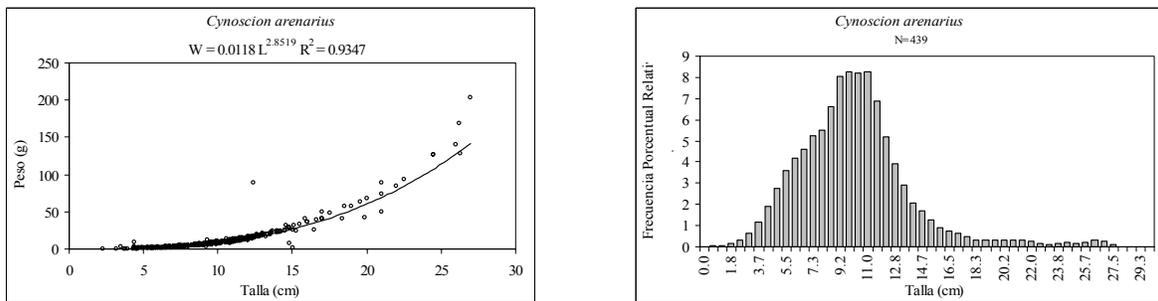


Figura 130. Modelo Peso-Longitud y estructura por tallas de *Cynoscion arenarius*

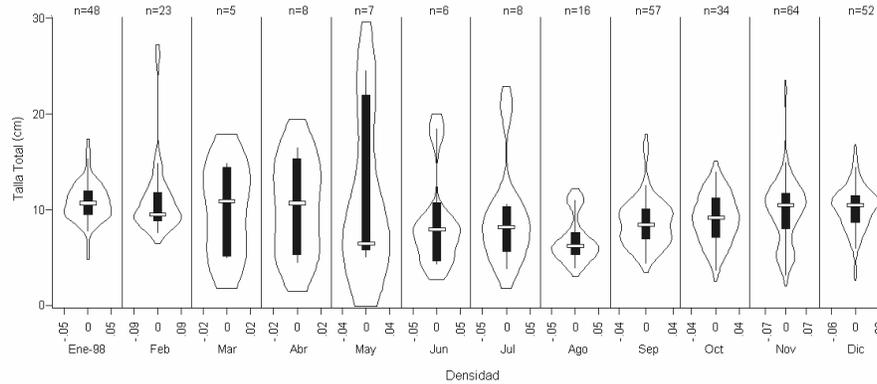


Figura 131. Diagramas de violín de la frecuencia por tallas de *Cynoscion arenarius*.

En cuanto a los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy se estimaron los siguientes valores: $L_{\infty} = 30.5$; $K = 0.34$; $C = 0.8$; $WP = 0.16$; $SS = 4$; $SL = 3.67$; $R_n = 0.162$. El ajuste de isoclinas a histogramas de densidad se presenta en la figura 132. También se muestra

la curva de captura para la estimación de la mortalidad total ($Z = 1.05$). La mortalidad natural se ha estimado en $M = 0.84$. Finalmente el patrón de reclutamiento se interpreta como un proceso continuo que se acentúa entre mayo y septiembre.

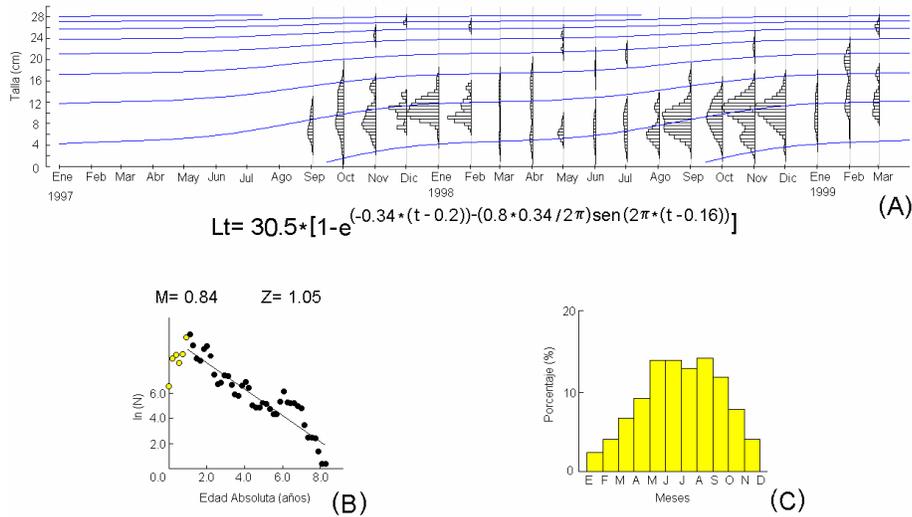


Figura 132. Ajuste de isoclinas a histogramas de frecuencia de tallas. Se muestran los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy en su versión estacionalizada.

Tal y como se ha descrito en la literatura *C. arenarius* es una especie con categoría de consumidor de tercer orden lo cual se confirma por los resultados del análisis del contenido estomacal donde los grupos tróficos mejor representados son restos de peces, camarones pendidos y materia orgánica no determinada. En la figura 133 se integran de forma gráfica los resultados del procesamiento de estómagos.

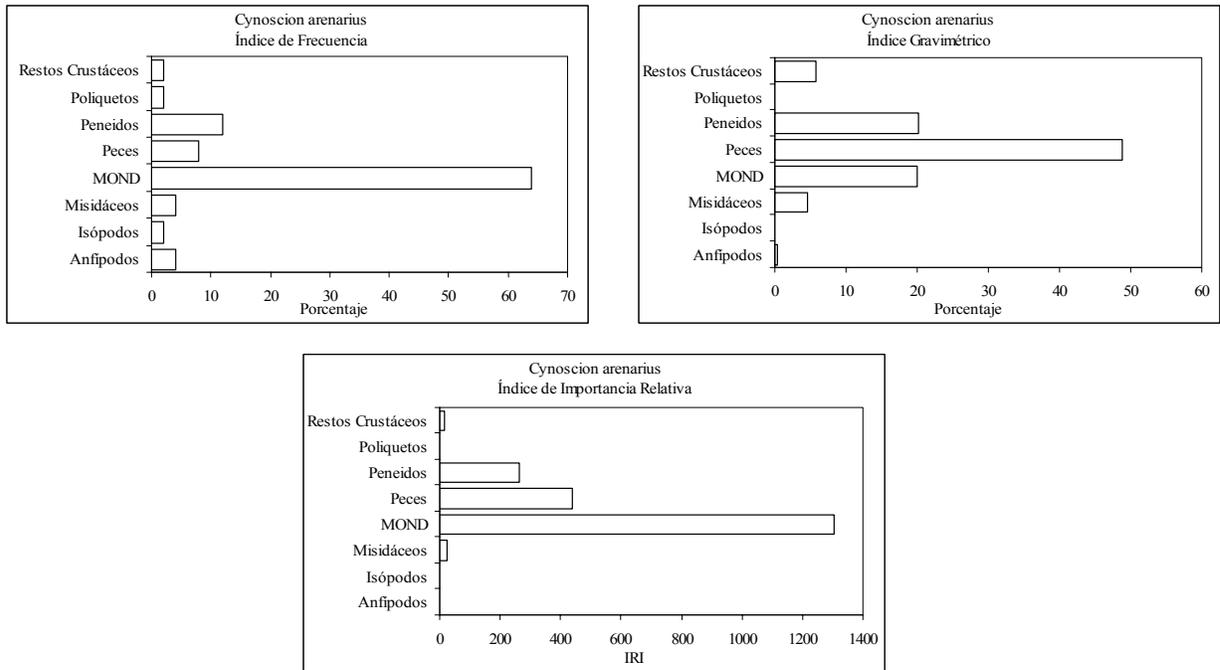


Figura 133. Análisis de contenido estomacal de *Cynoscion arenarius*.

El análisis de la abundancia de las especies dominantes se integra de manera comparativa en la figura 134 y 135 donde destaca *Cathorops melanopus* y *Diapterus rhombeus* por sus valores de densidad considerando la distribución espacial y temporal. Sin embargo cuando se considera el peso promedio *Eugerres plumieri* muestra los valores mas elevados en cuanto a la media y *Chaetodipteru faber* en cuanto a dispersión.

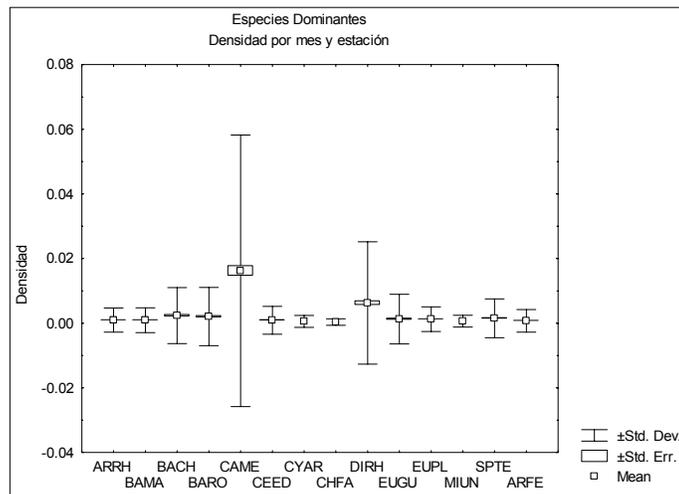


Figura 134. Estadística básica descriptiva de la matriz de densidad por especie, mes y estación

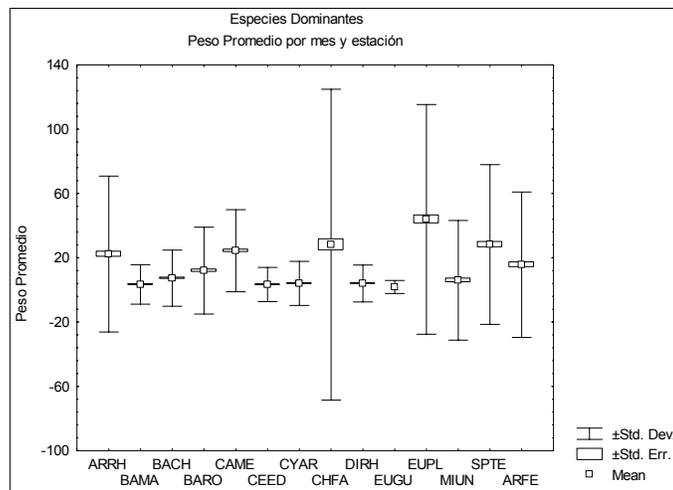


Figura 135. Estadística básica descriptiva de la matriz de peso promedio por especie, mes y estación

La matriz de densidad por estación y mes de las especies dominantes fue analizada mediante el método de Ward (Ward 1963) utilizando como medida de distancia el porcentaje de discrepancia, con la intención de buscar asociaciones jerárquicas. Este método optimiza la varianza mínima dentro de los clusters de las especies consideradas. De esta manera se ha encontrado que *Cathorops melanopus* (CAME) se asocia con *Diapterus rhombeus* (DIRH), *Sphoeroides testudineus* (SPTE) y *Eugerres plumieri* (EUPL), en un primer grupo, el segundo grupo queda integrado por *Eucinostomus gula* (EUGU), *Chaetodipterus faber* (CHFA) y *Archosargus rhomboidalis* (ARRH) y el tercer grupo lo constituye *Micropogonias undulatus* (MIUN), *Bairdiella ronchus* (BARO), *Bairdiella chrysoura* (BACH), *Arius felis* (ARFE), *Cetengraulis edentulus* (CEED), *Cynoscion arenarius* (CYAR) y *Bagre marinus* (BAMA) (Fig. 136).

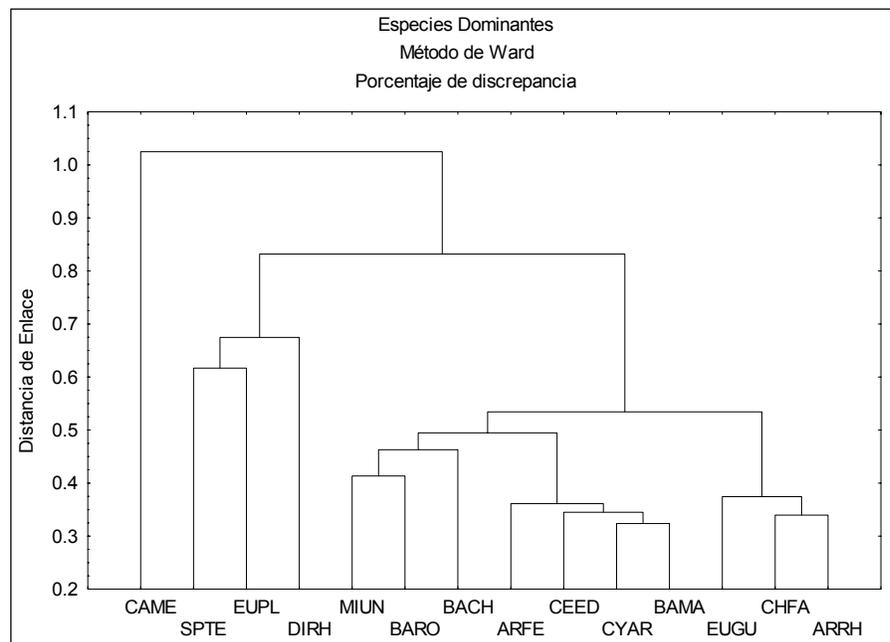


Figura 136. Asociaciones jerárquicas entre las especies dominantes del sistema Laguna de Términos.

Modelo Conceptual

El análisis integrado de la abundancia, distribución y estructura por tallas de las especies dominantes permite identificar al menos tres patrones generales de uso del sistema, en función del acoplamiento del ciclo de vida a la variabilidad ambiental, así, el primer grupo denominado Residentes esta constituido por las especies que acopladas perfectamente a una condición de variabilidad espacio-temporal desarrollan todo su ciclo de vida dentro del sistema. El segundo grupo denominado visitantes cíclicos aprovechan condiciones de variabilidad espacio-temporal principalmente para desarrollar una parte de su ciclo de vida en particular aquello vinculado a la alimentación, protección y crecimiento de juveniles. Existe un detonador ambiental que provoca los movimientos de ingreso y de salida. El tercer grupo es el de los visitantes ocasionales, integrado por el conjunto de especies que utilizan el sistema de una manera activa e intensa pero su permanencia en el sistema es de corto plazo. Además se considera una continua sustitución de especies dependiendo de las condiciones ambientales prevalecientes. La oportunidad de aprovechar las ventajas que representa el ingreso al sistema no es desperdiciada. De manera adicional se considera el comportamiento general de los productores como la fuente de alimentación. Los productores principales considerados principalmente por su magnitud son el manglar y los pastos marinos. La conceptualización de cómo la producción condiciona la abundancia de consumidores se representa en la figura 137 que ha sido modificada de lo propuesto por Preuss y Duke (1996). El pulso máximo de aportación de biomasa se presenta hacia la parte inicial de la época de secas cuando disminuye la temperatura y la frecuencia de vientos del norte se incrementa.

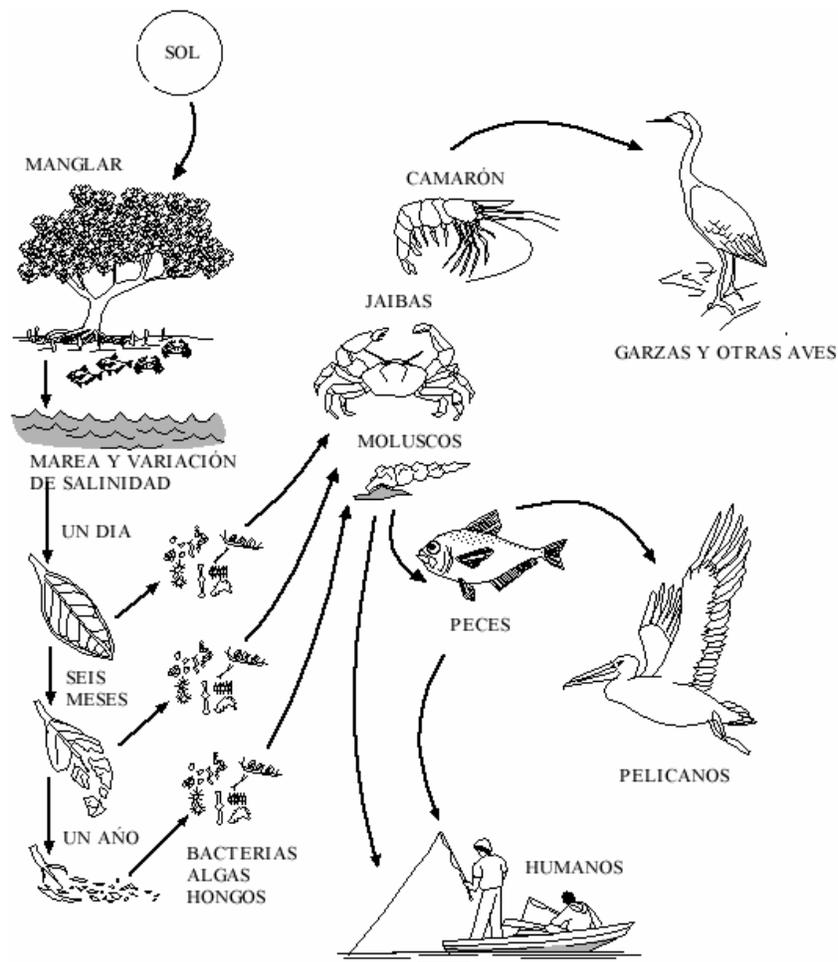


Figura 137. Proceso de producción y flujo energético hacia consumidores.

Residentes



Se integra por el conjunto de especies que desarrollan todo su ciclo de vida dentro del sistema Laguna de Términos y sistemas fluvio-lagunares. Se encuentran perfectamente adaptadas a

condiciones estuarinas, a pesar de la selectividad del arte de pesca se observa una estructura por tallas con alta frecuencia de tallas grandes, normalmente se encuentran distribuidas en hábitat bien delimitados y tienen un espectro trófico amplio pero representativo del hábitat. Representantes de este grupo son *Cathorops melanopus*, *Diapterus rhombeus*, *Sphoeroides testudineus* y *Eugerres plumieri*.

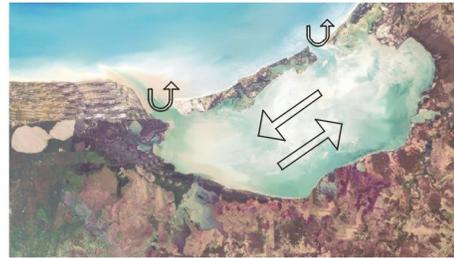
Visitantes Cíclicos



Se representa por especies que para el desarrollo de su ciclo de vida han incorporado una visita temporal a estos sistemas costeros y generalmente se muestran adaptadas a un determinado patrón ambiental que funciona como el detonador de la migración. Se identifican como funciones de fuerza al volumen de descarga de los ríos asociados como un efecto con retraso de la temporada de lluvias y que se refleja en la disminución de la salinidad y por otra parte el estiaje que se ve reflejado en la temperatura del agua.

Se identifica que el ingreso a estos sistemas es por tallas pequeñas, esto es, organismos juveniles que buscan hábitat para alimentarse y crecer. En este grupo se ubican a especies como *Eucinostomus gula*, *Chaetodipterus faber* y *Archosargus rhomboidalis*.

Visitantes Ocasionales



Se identifican a todas las especies que haciendo un uso intensivo del sistema muestran un patrón de distribución y abundancia asociado a condiciones ambientales muy particulares y efímeras. Son especies mejor representadas en la plataforma continental adyacente que tiene baja tolerancia a la disminución de la salinidad y al incremento de la temperatura del agua, tienen hábitos de alimentación más estrictos. Este grupo es el más abundante y diverso y se encuentra representado por *Micropogonias undulatus*, *Bairdiella ronchus*, *Bairdiella chrysoura*, *Arius felis*, *Cetengraulis edentulus*, *Cynoscion arenarius* y *Bagre marinus*.

Modelo de Simulación

El módulo de producción del modelo de simulación desarrollado, considera básicamente a los dos productores más importantes del sistema en estudio que son el manglar y los pastos. Para fines de la construcción del modelo se considera como funciones de fuerza en primer de lugar al sol y a la marea. En la figura 138 se presenta el modelo diagramático desarrollado con el software Stella y a continuación se presenta el modelo matemático.

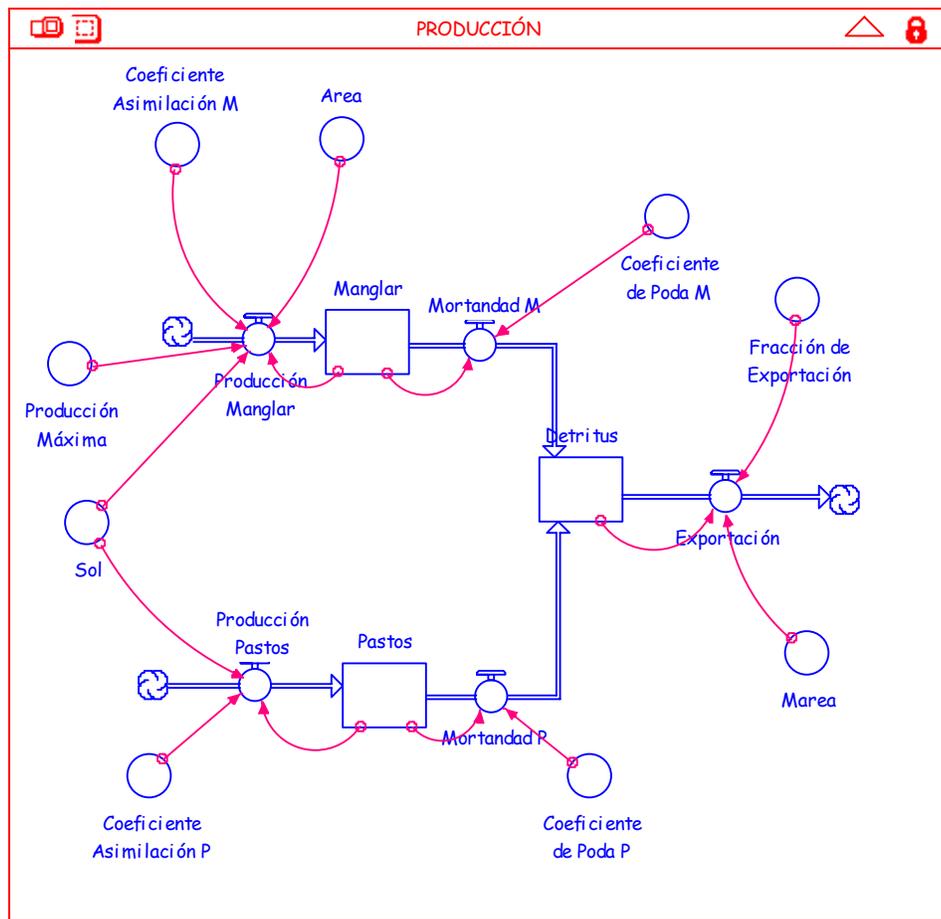


Figura 138. Representación diagramática del módulo de producción.

PRODUCCIÓN

$$\text{Detritus}(t) = \text{Detritus}(t - dt) + (\text{Mortandad_M} + \text{Mortandad_P} - \text{Exportación}) * dt$$

INIT Detritus = 70

ENTRADAS:

$$\text{Mortandad_M} = \text{Manglar} * \text{Coeficiente_de_Poda_M}$$

$$\text{Mortandad_P} = \text{Pastos} * \text{Coeficiente_de_Poda_P}$$

SALIDAS:

$$\text{Exportación} = \text{Detritus} * \text{Fracción_de_Exportación} * \text{Marea}$$

$$\text{Manglar}(t) = \text{Manglar}(t - dt) + (\text{Producción_Manglar} - \text{Mortandad_M}) * dt$$

INIT Manglar = 10000

ENTRADAS:

Producción_Manglar = Sol*Manglar*Coeficiente_Asimilación_M*Area/Producción_Máxima

SALIDAS:

Mortandad_M = Manglar*Coeficiente_de_Poda_M

Pastos(t) = Pastos(t - dt) + (Producción_Pastos - Mortandad_P) * dt

INIT Pastos = 10

ENTRADAS:

Producción_Pastos = Coeficiente_Asimilación_P*Sol*Pastos

SALIDAS:

Mortandad_P = Pastos*Coeficiente_de_Poda_P

Area = 2500

Coeficiente_de_Poda_P = .167

Coeficiente_Asimilación_M = COSWAVE(.4,270)

Coeficiente_Asimilación_P = COSWAVE(.3,270)

Coeficiente_de_Poda_M = .01

Fracción_de_Exportación = 4e-5

Marea = ABS(COSWAVE(1,50))

Producción_Máxima = 43000

Sol = ABS(SINWAVE(1,12))

La respuesta del modelo arroja el comportamiento que se representa en la figura 139, donde se aprecia que durante un ciclo anual la mayor producción proveniente del manglar y de los pastos se presenta durante la época de secas cuando la frecuencia de vientos del norte se incrementa, por consecuencia se presenta acumulación de materia orgánica y se incrementa gradualmente la producción de detritus.

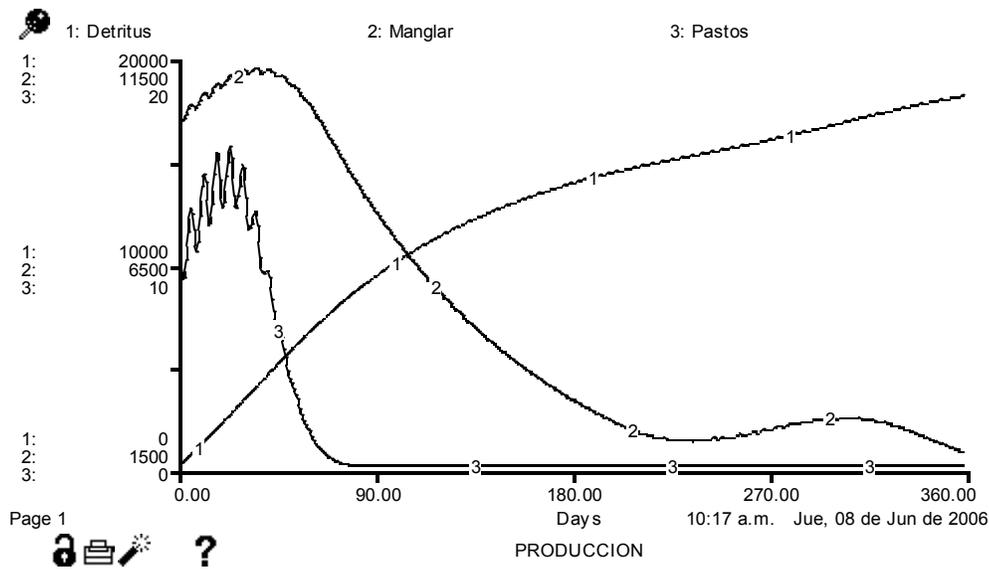


Figura 139. Simulación del comportamiento de las variables de estado del módulo de producción

El módulo denominado Residentes considera básicamente el desarrollo completo del ciclo de vida y la afectación de los factores ambientales condiciona procesos como reproducción. La capacidad de carga de sistema es definida para cada población básicamente por la disponibilidad de espacio. La mortalidad se considera básicamente de índole natural por efectos de depredación. En la figura 140 se presenta el modelo diagramático que relaciona la variable de estado que es la población y los diversos procesos naturales. A continuación se presenta el modelo matemático desarrollado.

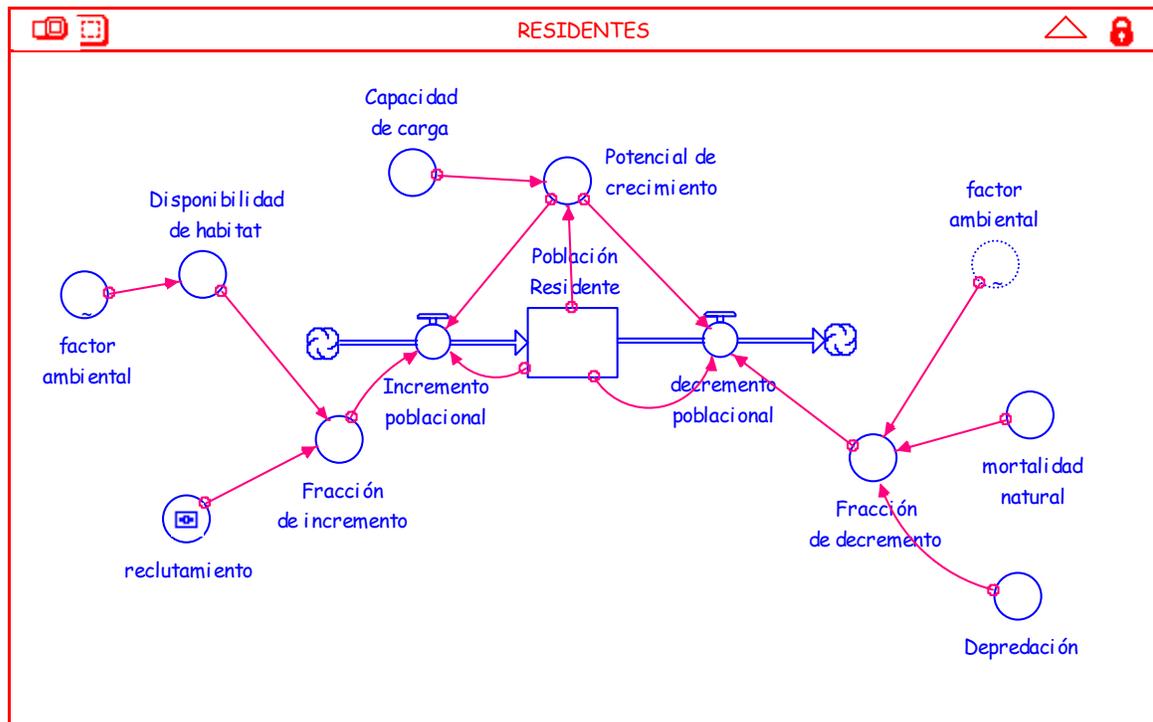


Figura 140. Modelo diagramático del Módulo Residentes.

RESIDENTES

$$\text{Población_Residente}(t) = \text{Población_Residente}(t - dt) + (\text{Incremento_poblacional} - \text{decremento_poblacional}) * dt$$

$$\text{INIT Población_Residente} = 1$$

ENTRADAS:

$$\text{Incremento_poblacional} = \text{IF}(\text{Potencial_de_crecimiento}) > 0 \text{ THEN } (\text{Fracción_de_incremento} * \text{Población_Residente} * \text{Potencial_de_crecimiento}) \text{ ELSE}(0)$$

SALIDAS:

$$\text{decremento_poblacional} = \text{IF}(\text{Potencial_de_crecimiento}) > 0 \text{ THEN}(\text{Potencial_de_crecimiento} * \text{Fracción_de_decremento} * \text{Población_Residente}) \text{ ELSE}(-1 * \text{Fracción_de_decremento} * \text{Potencial_de_crecimiento})$$

Capacidad_de_carga = 100

Depredación = .5

Disponibilidad_de_habitat = factor_ambiental/20

Fracción_de_decremento = mortalidad_natural*Depredación*factor_ambiental

Fracción_de_incremento = Disponibilidad_de_habitat*reclutamiento

mortalidad_natural = 0.15

Potencial_de_crecimiento = (Capacidad_de_carga-Población_Residente)/Capacidad_de_carga
reclutamiento = 1.5

factor_ambiental = GRAPH(TIME)

(0.00, 26.1), (32.7, 25.0), (65.5, 29.2), (98.2, 31.3), (131, 33.8), (164, 31.7), (196, 31.4), (229, 31.7), (262, 29.8), (295, 30.8), (327, 28.5), (360, 27.8)

Dadas las condiciones de variabilidad ambiental y de acoplamiento de las poblaciones residentes, se considera que el factor ambiental que condiciona el desarrollo de los diversos ciclos de vida es la temperatura. En la figura 141 se presenta el comportamiento de la población y de la temperatura como el factor ambiental principal.



Figura 141. Simulación del modelo Residentes. Se contrasta la variable de estado contra el factor ambiental de temperatura.

El módulo de visitantes cíclicos considera la visita temporal de diversas especies al sistema, particularmente es estadios juveniles que buscan básicamente alimento y refugio. Existe un

detonador ambiental que dispara y condiciona los procesos de inmigración y emigración del sistema. En la figura 142 se representa diagramáticamente el concepto de visita temporal. A continuación se presenta el modelo matemático, donde se precisan los valores de inicio del modelo. Es importante precisar que en este caso el detonador ambiental considerado es la precipitación que afecta la salinidad principalmente por el volumen de descarga de los ríos asociados.

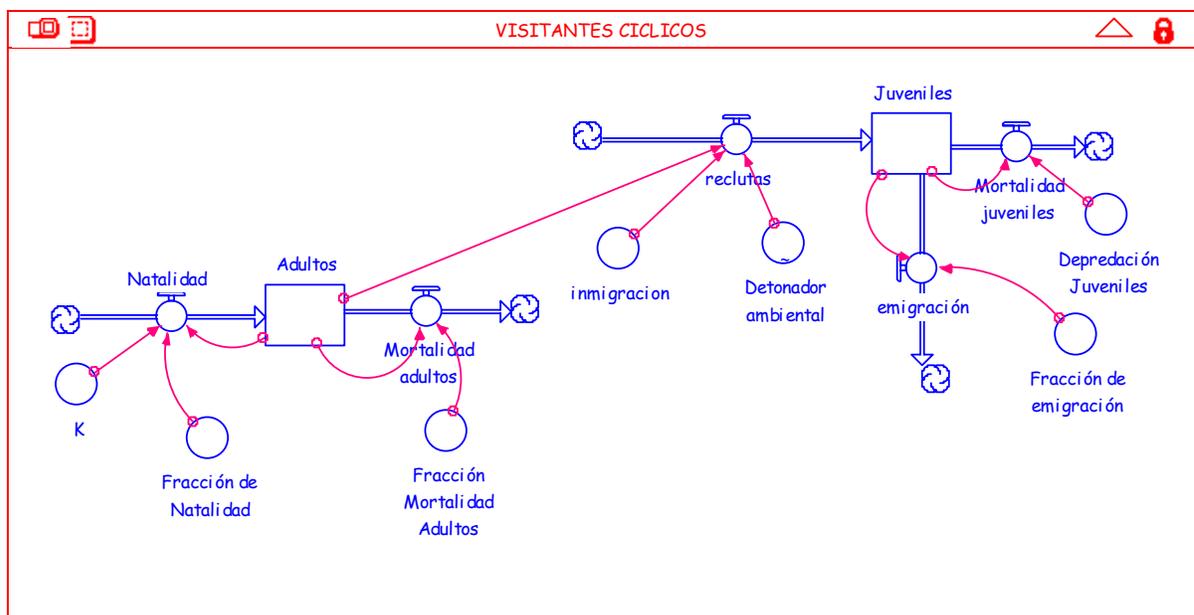


Figura 142. Modelo diagramático del módulo Visitantes Cíclicos.

VISITANTES CICLICOS

$$\text{Adultos}(t) = \text{Adultos}(t - dt) + (\text{Natalidad} - \text{Mortalidad_adultos}) * dt$$

INIT Adultos = 10

ENTRADAS:

$$\text{Natalidad} = \text{Fracción_de_Natalidad} * (1 - \text{Adultos}/K)$$

SALIDAS:

$$\text{Mortalidad_adultos} = \text{Adultos} * \text{Fracción_Mortalidad_Adultos}$$

$$\text{Juveniles}(t) = \text{Juveniles}(t - dt) + (\text{reclutas} - \text{Mortalidad_juveniles} - \text{emigración}) * dt$$
$$\text{INIT Juveniles} = 0$$

ENTRADAS:

$$\text{reclutas} = \text{Detonador_ambiental} * \text{Adultos} * \text{inmigracion}$$

SALIDAS:

$$\text{Mortalidad_juveniles} = \text{Juveniles} * \text{Depredación_Juveniles}$$

$$\text{emigración} = \text{Juveniles} * \text{Fracción_de_emigración}$$

$$\text{Depredación_Juveniles} = 0.0015$$

$$\text{Fracción_de_emigración} = .02$$

$$\text{Fracción_de_Natalidad} = .8$$

$$\text{Fracción_Mortalidad_Adultos} = 0.005$$

$$\text{inmigración} = .8$$

$$K = 50000$$

$$\text{Detonador_ambiental} = \text{GRAPH}(\text{COUNTER}(0,360))$$

$$(0.00, 4.80), (32.7, 2.60), (65.5, 2.50), (98.2, 2.60), (131, 0.08), (164, 4.40), (196, 5.30), (229, 7.10), (262, 9.60), (295, 2.50), (327, 0.8), (360, 2.20)$$

La respuesta de simulación del modelo permite observar como la abundancia de los juveniles se acoplan como respuesta al detonador ambiental en tanto que los adultos se mantienen en un nivel de estabilidad. En la figura 143 se presenta el comportamiento temporal simulado por el modelo.

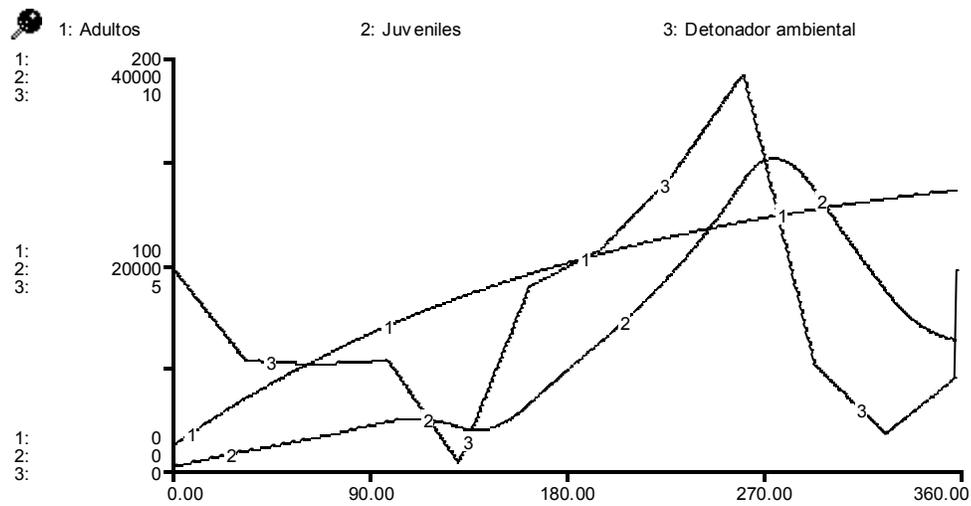


Figura 143. Simulación del modelo Visitantes Cíclicos. Respuesta de las poblaciones (adultos y juveniles) a un detonador ambiental (precipitación).

Finalmente el módulo de visitantes ocasionales que implica consirar al grupo de especies que utilizan al sistema de manera muy precisa en periodos de tiempo cortos y que presentan niveles altos de tolerancia a la variabilidad ambiental pero que sin embargo sus preferencias son hacia hábitat de la plataforma continental adyacente. El ingreso al sistema costero esta condicionado por una interacción compleja entre las variables ambientales. Es necesario considerar al menos a las más relevantes como son la temperatura, precipitación, vientos del norte y volumen de descarga de los ríos. En la figura 144 se muestra el modelo diagramático que hace evidente las principales interacciones consideradas. De manera complementaria se muestra el modelo matemático que precisa los valores de inicio.

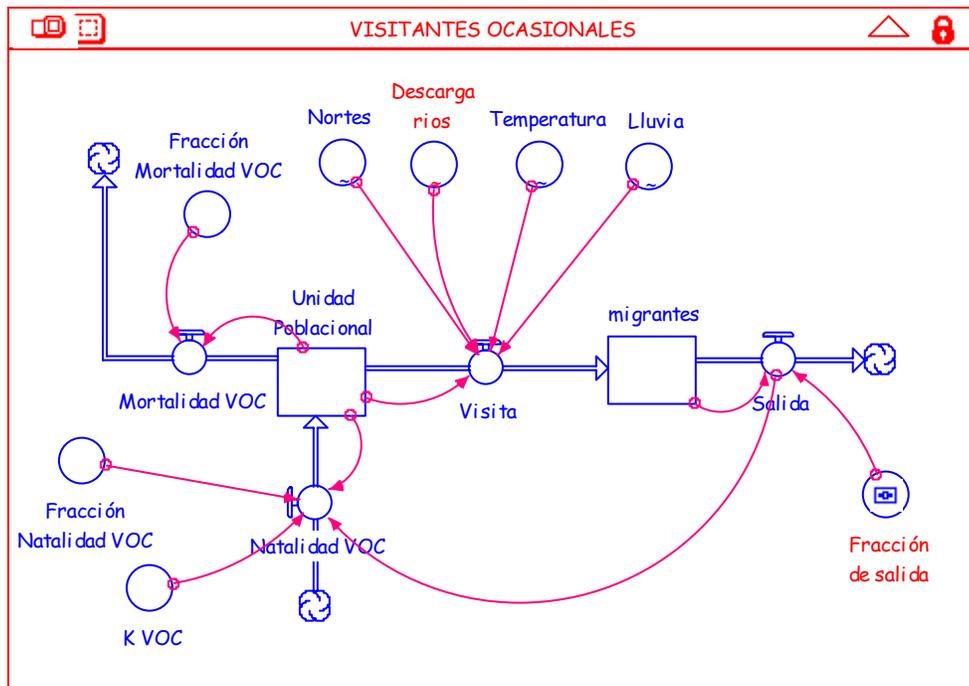


Figura 144. Modelo diagramático de Visitantes Ocasiones

VISITANTES OCASIONALES

$$\text{migrantes}(t) = \text{migrantes}(t - dt) + (\text{Visita} - \text{Salida}) * dt$$

$$\text{INIT migrantes} = \text{Visita}$$

INFLOWS:

$$\text{Visita} = \text{Nortes} * \text{Lluvia} * \text{Temperatura} * \text{Descarga_rios} * \text{Unidad_Poblacional}$$

OUTFLOWS:

$$\text{Salida} = \text{migrantes} * \text{Fracción_de_salida}$$

$$\text{Unidad_Poblacional}(t) = \text{Unidad_Poblacional}(t - dt) + (\text{Natalidad_VOC} - \text{Visita} - \text{Mortalidad_VOC}) * dt$$

$$\text{INIT Unidad_Poblacional} = 500$$

INFLOWS:

$$\text{Natalidad_VOC} = \text{Fracción_Natalidad_VOC} * \text{Unidad_Poblacional} * (\text{K_VOC} - \text{Unidad_Poblacional} / \text{K_VOC}) + \text{Salida}$$

OUTFLOWS:

$$\text{Visita} = \text{Nortes} * \text{Lluvia} * \text{Temperatura} * \text{Descarga_rios} * \text{Unidad_Poblacional}$$

$$\text{Mortalidad_VOC} = \text{Unidad_Poblacional} * \text{Fracción_Mortalidad_VOC}$$

Fracción_de_salida = .02
Fracción_Mortalidad_VOC = .0002
Fracción_Natalidad_VOC = .8
K_VOC = 5000
Descarga_rios = GRAPH(COUNTER(0,360))
(0.00, 30.0), (32.7, 14.8), (65.5, 7.50), (98.2, 14.5), (131, 12.0), (164, 13.8), (196, 14.8), (229, 14.0), (262, 11.0), (295, 39.8), (327, 43.5), (360, 42.3)
Lluvia = GRAPH((COUNTER(0,360)))
(0.00, 28.0), (32.7, 23.0), (65.5, 19.0), (98.2, 17.0), (131, 66.0), (164, 164), (196, 191), (229, 205), (262, 216), (295, 133), (327, 60.0), (360, 37.0)
Nortes = GRAPH(COUNTER(0,360))
(0.00, 0.201), (32.7, 0.192), (65.5, 0.211), (98.2, 0.129), (131, 0.0825), (164, 0.0495), (196, 0.0195), (229, 0.00), (262, 0.0075), (295, 0.194), (327, 0.249), (360, 0.276)
Temperatura = GRAPH(COUNTER(0,360))
(0.00, 22.8), (32.7, 22.8), (65.5, 24.4), (98.2, 27.0), (131, 28.2), (164, 27.3), (196, 27.7), (229, 28.1), (262, 26.6), (295, 26.5), (327, 25.0), (360, 23.2).

Este módulo de visitantes ocasionales es el que mayor posibilidad de simulación tiene, sin embargo para los fines del presente trabajo se muestra como un primer resultado la incorporación de migrantes al sistema en un periodo que comprende desde el final de la época de lluvias y se continua hacia entrada la época de secas, esto coincide con nuestros resultados donde la mayor abundancia de especies se registró en esta temporada. En la figura 145 se muestran los resultados de la simulación y se enfatiza en la variabilidad ambiental.

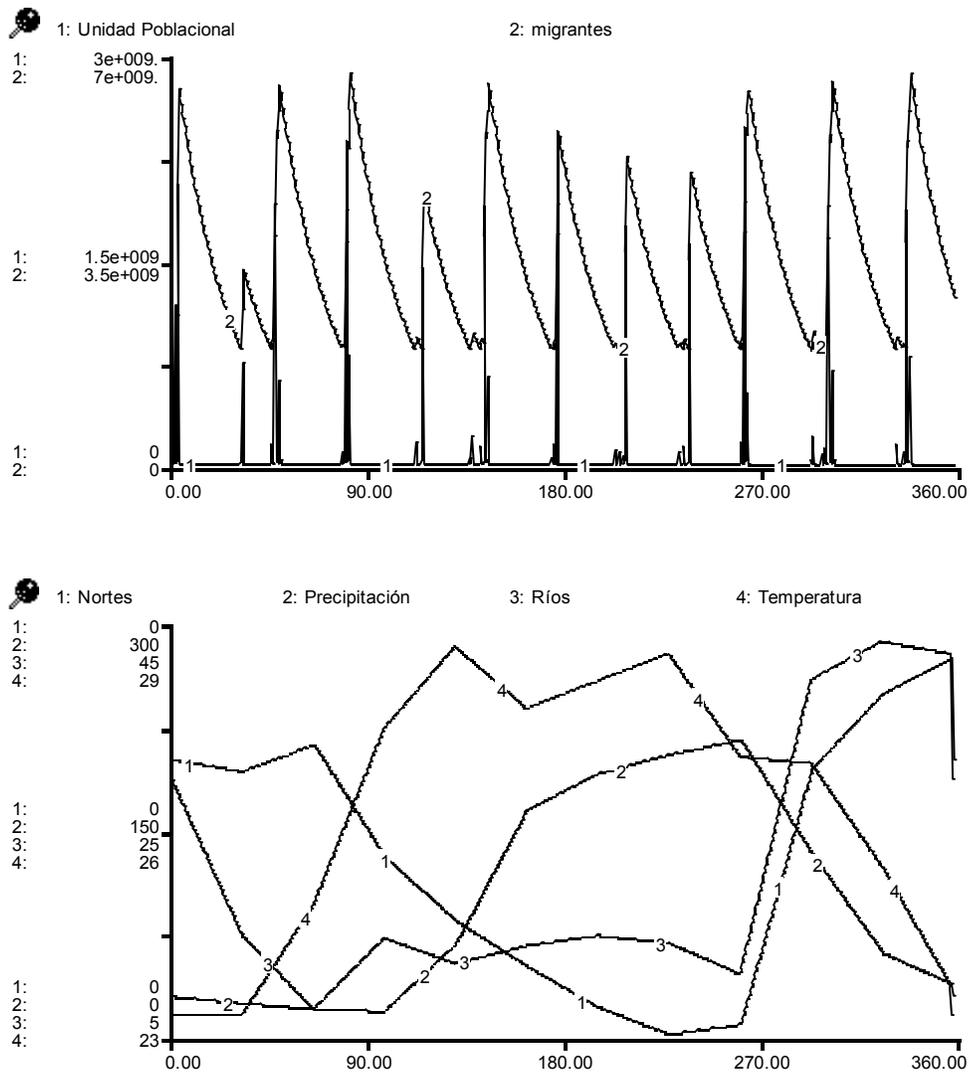


Figura 145. Simulación del módulo visitantes ocasionales. Respuesta de las variables de estado (Unidad Poblacional y migrantes) (arriba) y de las Funciones de fuerza (abajo).

DISCUSIÓN

La región de Laguna de Términos y pantanos asociados ha merecido su catalogación como área natural protegida con la categoría de área de protección de flora y fauna dados sus niveles de productividad primaria y secundaria, sus altos valores de diversidad y abundancia de una compleja comunidad biótica y su alta capacidad de amortiguamiento a presiones antropogénicas. A pesar de esta condición, se sigue identificando un importante incremento en la destrucción y/o modificación de diversos hábitat por efecto de deforestación, alteraciones en el caudal de los ríos, sobreexplotación de recursos, asentamientos humanos irregulares y contaminación (Anónimo (1997)).

El área natural protegida de Laguna de Términos presenta una problemática en varios aspectos que se expresa con las siguientes interrogantes: ¿Que factores controlan la dinámica hidrológica en este gran sistema?, dicho de otra forma, ¿Cuales son las principales funciones de fuerza que introducen energía a este sistemas? por otra parte, ¿Cual es la estructura de las comunidades de peces?, ¿Cual es la magnitud del intercambio con sistemas adyacentes?, ¿Existen diferencias significativas en el comportamiento ambiental y en la estructura de las comunidades de peces entre estos sistemas?, ¿Para que utilizan los peces a este sistema?. Esta no es una problemática puntual, ni siquiera regional, es una problemática de una gran parte de la zona costera tropical mundial, que en aspectos de ecología se ha abordado con enfoques similares tal y como se describe en la literatura especializada reciente.

Evidentemente los alcances de los resultados de este tipo de investigación van en la dirección de un conocimiento más profundo de los sistemas y sus recursos, mejor entendimiento de los

mecanismos de interacción entre condiciones ambientales y patrones bióticos, en su caso, la generación de modelos que permitan predecir comportamientos bajo distintas condiciones, y finalmente, tener mejores elementos para la toma de decisiones en aspectos de uso y conservación de sistemas y recursos costeros tropicales.

Es importante resaltar que en este caso el hecho de la declaración como área de protección de flora y fauna Laguna de Términos, después de haber concluido nuestros trabajos en campo, y que la zona declarada comprenda la totalidad de los sistemas estudiados, confiere especial relevancia a los resultados, ya que estos formarán parte del acervo que dará respaldo a las acciones de manejo de dicha zona.

En cuanto a los métodos utilizados tanto en campo como en laboratorio y gabinete, en términos generales no se pretendió innovar nada, lo que es necesario resaltar es que se buscaron resultados comparables. Sin duda los errores inevitables involucrados tanto por la toma de las muestras como por su procesamiento y análisis se han valorado en virtud del probable efecto en la interpretación de los resultados. Es necesario considerar que una primera aportación de este trabajo es la descripción de la dinámica ambiental y la estructura de las comunidades de peces de cada sistema durante un ciclo anual, (que hasta este momento no existe más que parcialmente), un segundo aspecto es que la variabilidad ambiental regional vista como modificaciones a los patrones de temperatura y precipitación pluvial no son significativas en términos de una condicionante para evitar comparaciones dentro del periodo de estudio, finalmente es necesario mencionar que a pesar de la evolución en las distintas actividades antropogénicas que se desarrollan en la región dentro del periodo de estudio, no se distingue alguna como para atribuirle un gran impacto tanto a las condiciones ambientales

locales como a la estructura de las comunidades de peces de algún sistema. Para dar respaldo a estas aseveraciones se presenta la figura 146 que expresa gráficamente la variación de los valores promedio mensuales de la temperatura ambiente y de la precipitación pluvial estimados a partir de las mediciones diarias que se realizan en la Estación de Investigaciones Marinas “El Carmen” en la Isla del Carmen, que es la estación meteorológica más cercana a la región de estudio.

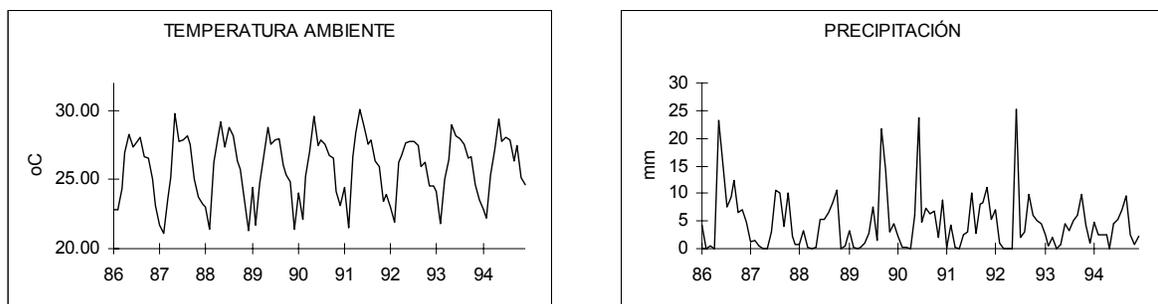


Figura 146. Variación interanual de la temperatura ambiente máxima y la precipitación pluvial durante el periodo 1986-1994 en la Isla del Carmen, Campeche (promedios mensuales de las medidas diarias de las 12:00 hrs. en la Estación de Investigaciones Marinas “El Carmen”).

Comportamiento ambiental

Un trabajo de monitoreo sistemático tanto de parámetros físico-químicos del agua como de registros meteorológicos debe ser abordado con la intención de fundamentar la estabilidad del sistema o por el contrario identificar cambios en los patrones de variación natural condicionados por fluctuaciones de gran escala o inducidas por el hombre. En la región se han descrito tres temporadas climáticas denominadas secas (febrero a mayo), lluvias (junio a septiembre) y nortes (octubre a enero) (Yáñez-Arancibia *et al.* (1988a); Yáñez-Arancibia y Day (1988). De acuerdo con nuestros resultados las condiciones ambientales son interpretadas

de una forma diferente ya que los vientos del norte se presentan en un periodo mayor al que consideran dichos autores y el efecto que provocan en el ambiente acuático es muy diverso desde una leve brisa hasta un alto estrés por movimiento de agua. Por lo tanto para la consecución de nuestros objetivos sólo se consideraron dos épocas climáticas, lluvias y secas tomando en cuenta procesos mas armónicos como la descarga de los ríos y la precipitación.

Un análisis comparativo en escala temporal del comportamiento ambiental de los cuatro sistemas fluvio-lagunares permite destacar que la temperatura ambiente en promedio osciló entre 23°C y 34°C, los valores mínimos se observan en enero y los máximos en mayo. Este es un comportamiento típico para la región como se reporta en otros trabajos (Yáñez-Arancibia *et al.* 1988b). Este intervalo de variación de la temperatura refleja el efecto de temporalidad climática regional, lo cual se confirma al analizar los registros de temperatura ambiente de la Estación de Investigaciones Marinas “El Carmen” que para la medición diaria de las 12:00 hrs. para un periodo de un año permite observar dicha temporalidad (Figura 147). Cabe aclarar que en este caso todas las mediciones de parámetros ambientales se registraron entre las 10:00 y las 14:00 hrs. Si bien existe una clara diferencia entre una medición a las 10:00 hrs. y una a las 14:00 hrs., la estrategia de calcular promedios en escalas espacial y temporal y sus respectivos intervalos de variación permiten acercarnos a la definición de temporalidad.

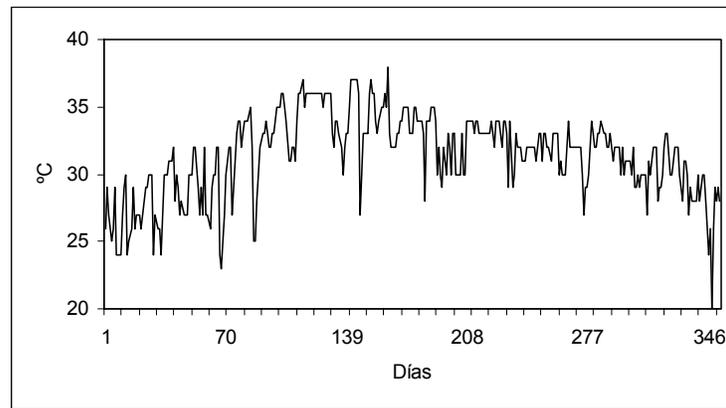


Figura 147. Variación diaria de la temperatura ambiente máxima durante 1994 (medición de las 12:00 hrs. en la Estación de Investigaciones Marinas “El Carmen”).

En este mismo sentido y como consecuencia de la temperatura ambiente, la temperatura del agua presenta los valores mínimos entre diciembre y enero y los máximos entre mayo y agosto. En este caso, es preciso incorporar a la discusión el efecto de algunas variables que a pesar de que no fueron medidas, sin duda tienen un efecto directo sobre la temperatura del agua. En primer lugar la profundidad de cada subsistema, que como se describe en área de estudio, no superan en promedio los 2.5 metros, en segundo lugar el patrón de vientos que genera movimiento del agua, en tercer lugar el intercambio de agua tanto por la marea como por la descarga de los ríos asociados. Observaciones generales al respecto son presentadas por Mitsch y Gosselink (1986) y Mitsch (1994), sin embargo estudios específicos de correlación entre estos parámetros no se han identificado.

Otro de los parámetros ambientales que marca con mucha claridad el efecto de la temporalidad sobre la dinámica ambiental de los sistemas es la salinidad. En los meses de noviembre y diciembre la salinidad es mínima, no supera la $S= 5$ y el extremo se presenta entre mayo y

junio con un rango entre $S= 10$ y $S= 28$. Aquí se aprecia la estrecha relación entre la salinidad y el volumen de descarga de los ríos. Tal y como lo describen Yáñez-Arancibia *et al.* (1988a) y Fuentes-Yaco (1990), la temporada de lluvias en la región es entre julio y octubre lo cual tiene un efecto local sobre la salinidad, sin embargo el agua acumulada en toda la zona costera tiene una expresión máxima en noviembre con un volumen máximo de descarga de los ríos, lo cual afecta fuertemente al gradiente salino de cada sistema. Este proceso es una respuesta con retraso al efecto de la temporada de lluvias en la región. Ante este comportamiento general, es importante visualizar para aspectos de conservación, que una de las funciones de fuerza que controlan la estructura y dinámica de estos sistemas es precisamente el volumen de descarga de los ríos, por lo cual una preocupación importante debe ser la de evitar modificaciones e impactos a los cauces y volúmenes de los ríos de toda la cuenca. Experiencia semejante es reportada por Ambasht *et al.* (1994).

Los parámetros ambientales que por su escala de variación presentan una mayor dificultad para una interpretación temporal generalizada para los cuatro sistemas como la que se ha hecho anteriormente, son el oxígeno disuelto y el pH. El intercambio químico que provocan las variaciones en estos parámetros tiene diverso origen y también son interactivos de tal forma que es muy complicado un buen nivel de precisión, sin embargo, entre los procesos que se identifican como determinantes en esta variación, se encuentran los cambios de salinidad debidos a la variación de magnitudes de descarga de los ríos y a las mareas, los vientos particularmente los “nortes”, la cantidad y calidad de materiales transportados en solución y en suspensión, los procesos de turbulencia por mezcla de agua de distinto origen, los procesos de

óxido-reducción, los procesos de respiración y fotosíntesis, las aportaciones de materia orgánica tanto alóctona como autóctona y la intensa actividad microbiológica.

Tal y como lo discute Cowan *et al.* (1996), los procesos microbiológicos son altamente sensibles a los cambios de temperatura y a la concentración de oxígeno disuelto de tal forma que los procesos de nitrificación y desnitrificación dependen de estas condiciones y a su vez estos procesos determinan en buena medida las variaciones de pH. De este modo, es preciso mencionar la necesidad de estudios de escala más corta con un enfoque experimental que permita identificar las correlaciones entre el oxígeno disuelto y el pH en función de otros procesos bióticos y abióticos. Una aproximación metodológica para la medición de parámetros físicos y químicos en ambientes semejantes la presenta Luetlich *et al.* (1993).

La transparencia es el parámetro que mayor rango de variación presentó en los sistemas. Prácticamente no existen coincidencias comparativas, lo cual es evidente considerando las diferencias en el volumen de descarga de los ríos asociados a cada sistema, la geomorfología, la circulación, el efecto diferencial de la marea y los procesos de mezcla particulares de cada sistema. Evidentemente la transparencia refleja la cantidad de material en solución y en suspensión que es transportada por los ríos desde zonas muy distantes a la costa, pero además también el “lavado” que produce el movimiento cíclico de la marea sobre la zona inmediata adyacente de cada sistema (marismas) tiene una aportación muy importante al nivel de transparencia del agua.

La variación de los parámetros ambientales en escala espacial permite hacer precisiones sobre lo que se ha discutido hasta aquí. Por ejemplo, la temperatura promedio para cada estación se

mantiene muy homogénea en todos los sistemas, lo cual confirma el hecho de que a pesar de que las observaciones se realizaron entre las 10:00 y las 14:00 hrs., el efecto no tiene mayores consecuencias. Los rangos de variación para cada estación también son muy estables y la amplitud corresponde a la variación intraanual.

La salinidad presenta comportamientos que corresponden directamente con la distribución espacial de las estaciones de muestreo en cada sistema. En todos los casos la correspondiente a las estaciones cercanas a la conexión con la Laguna de Términos es mayor y disminuye lógicamente hacia las desembocaduras de los ríos. Además, en todos los casos también se observa un rango de variación considerable para cada estación, lo cual es reflejo del efecto de los volúmenes de descarga de los ríos, o del efecto de la marea o del efecto físico de los nortes que en la mayoría de las veces introducen agua a los subsistemas.

Estructura de la comunidad de peces

Sistemas fluvio-lagunares

Integrada la información de las comunidades de peces de los cuatro sistemas fluvio-lagunares, representada por 86 especies, a la información existente sobre la Laguna de Términos y Sonda de Campeche, se puede valorar la magnitud del intercambio ecológico entre estos ecosistemas. De las 268 especies reportadas para la Sonda de Campeche (Yáñez-Arancibia *et al.* 1988d), 49 (18.3%) se encuentran en los sistemas fluvio-lagunares y de las 154 especies reportadas para la Laguna de Términos (Yáñez-Arancibia *et al.* 1988c), 79 (51.3%) se han registrado en los sistemas fluvio-lagunares.

En una comparación relativamente más amplia, Lara-Domínguez *et al.* (1993) reportan para las costas de Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán en el sur del Golfo de México, un total de 586 especies de peces, entre las cuales se encuentran registradas todas las especies capturadas en los sistemas fluvio-lagunares y representan un 14.7% de ese total de especies.

Una de las hipótesis que ha surgido a partir de los estudios sobre peces, de la región sur del Golfo de México, ha sido que los sistemas fluvio-lagunares son hábitat utilizados por un número considerable de especies de peces para actividades de crianza, crecimiento y alimentación (Vera-Herrera *et al.* 1988). Las comparaciones anteriores nos dan una idea de la cantidad de especies que en algún momento de su ciclo de vida utilizan estos sistemas, sin embargo se requieren estudios sobre dinámica poblacional para confirmar tal aseveración, ante lo cual se busca hacer una aportación con el presente trabajo.

Al comparar los valores del peso promedio por individuo para cada ecosistema se aprecia una tendencia, en la tabla 13 se presentan los valores de gramos por individuo reportados para cada sistema.

Esta tendencia nos permite inferir que son los organismos más pequeños los que se acercan a la Laguna de Términos y sistemas fluvio-lagunares, y que de ellos, los más pequeños se encuentran en Candelaria-Panlau. El porque se da esta condición nos lleva a suponer que el ingreso de organismos pequeños desde la zona marina se hace principalmente por la Boca de Puerto Real con el apoyo de la circulación litoral que se mueve de este a oeste y llegan hasta el sistema Candelaria-Panlau donde desarrollan parte de sus actividades biológicas, básicamente alimentación y en función de su talla viajan hacia los otros sistemas fluvio-lagunares, esto no

implica necesariamente que visiten cada sistema, sino que a partir de que ingresan a la Laguna de Términos, en cualquier momento se acercan al sistema fluvio-lagunar que por razones de distancia o por condiciones ambientales les resulta más conveniente. Los trabajos de Bravo-Núñez y Yáñez-Arancibia (1979); Álvarez-Guillén *et al.* (1985) en las bocas estuarinas de la Laguna de Términos confirman que en la boca de Puerto Real la abundancia tanto de especies como de individuos es más alta y el peso promedio más bajo en comparación con la boca del Carmen.

Tabla 13. Valores de peso promedio reportado para cada sistema en el sur del Golfo de México.

<i>Sistema</i>	<i>g/ind</i>
Sonda de Campeche Yáñez-Arancibia <i>et al.</i> (1988d)	38.2
Laguna de Términos Yáñez-Arancibia <i>et al.</i> (1988c)	35.2
Laguna de Términos (Este estudio)	23.5
Pom-Atasta (Este estudio)	29.4
Palizada-Del Este (Este estudio)	22.1
Chumpam-Balchacah (Este estudio)	20.5
Candelaria-Panlau (Este estudio)	18.2

De las 86 especies registradas en los sistemas fluvio-lagunares, 31 son comunes a los cuatros sistemas, 2 son exclusivas de Pom-Atasta (*Himantura schmardae* y *Peprilus paru*), 21 son propias de Palizada-Del Este, que definitivamente muestra una gama de hábitat mucho más grande en comparación con los otros sistemas. En Chumpam-Balchacah las especies que solo ahí se registraron son *Alvula vulpes*, *Mugil curema*, *Hippocampus zosterae* y *Prionotus scitulus* y finalmente en Candelaria-Panlau, también se identificaron 4 especies propias:

Prionotus punctatus, *Odontocion dentex*, *Sphoeriodes spengleri* y *Chilomicterus schoepfi*. Las 24 restantes han aparecido indistintamente en dos o tres de los sistemas.

A pesar de que la primera impresión sobre estos resultados es que hay un reflejo del nivel de eficiencia de captura del arte de pesca utilizado, es necesario resaltar que sólo una tercera parte del conjunto de especies capturadas se encuentran en los cuatro sistemas, lo cual se puede interpretar como el nivel de semejanza que existe entre los cuatro sistemas fluvio-lagunares.

Estas tendencias en los valores de abundancia son un reflejo del nivel de utilización de estos sistemas por parte de distintas comunidades de peces. Sin embargo es necesario profundizar sobre las actividades que desarrollan estos organismos en dichos sistemas. Existen algunas referencias sobre estudios de la dinámica poblacional de especies dominantes en la Laguna de Términos como los trabajos de Yáñez-Arancibia *et al.* (1985a), Yáñez-Arancibia *et al.* (1985a), Aguirre-León y Yáñez-Arancibia (1986) y Lara-Domínguez *et al.* (1988) que precisan las actividades que desarrollan ciertas especies de peces dominantes en un sistema estuarino. Estudios a este nivel con muestras de los sistemas fluvio-lagunares son escasos y se puede mencionar el caso de Ayala-Pérez (1989); Ayala-Pérez *et al.* (1996).

Las condiciones hidrológicas particulares de cada uno de los sistemas fluvio-lagunares estudiados muestran variaciones en espacio y en tiempo, de tal forma que se identifican hábitat particulares y componentes comunitarios específicos (Vera-Herrera *et al.* 1988 y Ayala-Pérez *et al.* 1992). Bajo esta condición se podría pensar que los valores de abundancia y distribución de las especies al interior de cada sistema serían distintos, sin embargo los valores de los parámetros ecológicos estimados no lo demuestran.

Por otra parte, al analizar el comportamiento de las especies dominantes en cada sistema, se encuentra que 6 son comunes a los cuatro y del total de especies en cada sistema, el número de dominantes esta representado por el 15.6% en Palizada, 20.0% en Chumpam, 18.4% en Pom, y 16.0% en Candelaria. Estos valores están dados por *Cathorops melanopus*, *D rhombeus*, *A. mitchilli*, *B. ronchus*, *B. chrysurus*, *E. plumieri* y *S. testudineus* (Tabla 2).

El número total de especies dominantes en los cuatro sistemas es de 18, las cuales representan distintos componentes comunitarios: 6% son dulceacuícolas, 38% estuarinas y 56% marinas. Las 6 especies dominantes comunes para estos sistemas se agrupan en los dos últimos componentes mencionados, lo cual sugiere que los cuatro sistemas fluvio-lagunares tienen una función ecológica similar.

Sistema Laguna de Términos

En cuanto a la comunidad de peces presente en la Laguna de Términos, un primer elemento de comparación lo presenta Lara-Domínguez *et al.* (1993) quienes reportan 586 especies de peces para el sur del Golfo de México lo que comparado con nuestros resultados quiere decir que en la Laguna de Términos al menos se encuentra el 18.3% de las especies, lo que puede interpretarse como muy alto comparando magnitudes de extensión. Cabe destacar que la única especie que no se encuentra en este listado es *Gimnotorax saxicola*.

Yáñez-Arancibia *et al.* (1985b) reportan un inventario de los recursos pesqueros para la Sonda de Campeche con 241 especies de entre las cuales sólo 66 coinciden con nuestros resultados, lo que se interpreta como la magnitud de vinculación entre la Laguna de Términos y la plataforma continental adyacente.

Por la gran similitud en el método de muestreo, el eje principal de comparación de resultados es representado por el trabajo de Yáñez-Arancibia *et al.* (1980) quienes reportan una comunidad de 121 especies de peces para la Laguna de Términos, de las cuales sólo 65 coinciden con nuestros resultados. De entre las 17 especies dominantes las más abundantes son *Anchoa mitchilli* (3895 ind), *Eucinostomus gula* (3673 ind) y *Cathorops melanopus* (1734 ind) lo que contrasta con nuestro caso en donde la secuencia es *Cathorops melanopus* (6772 ind), *Diapterus rhombeus* (4833 ind) y *E. gula* (1395 ind). Esto se interpreta como un indicador de cambio en la estructura comunitaria.

En otro sentido, al comparar las magnitudes de la biomasa registrada se encuentra una diferencia importante ya que en el intervalo reportado por Yáñez-Arancibia *et al.* (1980) es de entre 0.95 a 4.2 g/m² mientras que en nuestro caso la biomasa osciló entre 3.4 a 25.9 g/m², este aumento en la cantidad de organismos de mayor peso debe tener una respuesta principalmente en la disponibilidad de alimento, lo cual constituye una hipótesis a abordar.

Otro reporte sobre la estructura de la comunidad de peces en la Laguna de Términos es el que presenta Reséndez (1979) quien reporta 98 especies dentro de las cuales destacan los cíclidos y otros peces dulceacuícolas, lo que sugiere que buena parte de los sitios de muestreo fueron ubicados dentro de los sistemas fluvio-lagunares asociados. Al comparar con nuestros resultados se encuentra que 66 especies son coincidentes y destaca *Cichlasoma urophthalmus* que en nuestro caso fue encontrado en un ambiente de alta salinidad.

Bravo-Núñez y Yáñez-Arancibia (1979) reportan para la boca de Puerto Real 53 especies de las cuales sólo 27 coinciden con nuestro reporte, consideran a 5 especies como residentes

permanentes que no están consideradas como dominantes en nuestros resultados. Ciertamente la boca de Puerto Real es una zona con muchas características marinas y con muy poca influencia estuarina. Existen fuertes corrientes, alta transparencia, alta salinidad, fondos arenosos y praderas de *Thalassia testudinum*. La alta diferencia en las especies reportadas en ambos trabajos se atribuye a dos supuestos, por un lado la intensidad de muestreo en este sitios particular y por otro a un cambio en la estructura de la comunidad de peces, en cualquiera de los dos casos se requerirán de estudios comparativos específicos, es decir desarrollar un mayor número de muestreos en este sitio o generar un análisis detallado que permita probar un cambio en la estructura comunitaria.

Para la zona de Estero Pargo, Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez (1983) reportan 77 especies de peces de las cuales 61 (79.2%) coinciden con nuestros resultados. Identifican a 14 especies dominantes de las cuales sólo 7 (50%) también fueron señaladas en nuestro reporte. Cabe destacar que en esta zona particular se encuentran peces con preferencias de menor variación salina y con mayores necesidades tanto de protección como de alimentación, lo cual constituye el argumento para explicar la diferencia entre las especies reportadas.

En este mismo sentido al comparar los sitios de las desembocaduras de los sistemas fluvio-lagunares contra hábitat de pastos, Yáñez-Arancibia *et al.* (1988b) reportan que para la época de secas (febrero-junio) la diversidad es alta en las zonas de pasto y durante la época de lluvias (julio-septiembre) es alta en los sistemas fluvio-lagunares. La comparación destaca una sucesión en el uso de distintos ambientes dentro de la Laguna de Términos y a la vez una sustitución de especies. Los patrones de abundancia temporal para especies como *D.*

rhombeus, *C. melanopus*, *B. chrysurus* y *S. testudineus* es similar a la identificada en nuestros resultados.

Para hábitat específicos de praderas de pastos (*T. testudinum*) y de manglar Caso-Chávez *et al.* (1986) y Yáñez-Arancibia *et al.* (1993) reportan 77 y 83 especies respectivamente y destacan la presencia de 28 especies dominantes de las cuales *Odontocion dentex*, *Diodon histrix* y *Scorpaena plumieri* no aparecen en nuestros resultados.

Sin duda una de las especies más abundantes en la Laguna de Términos es *C. melanopus* (bagre) sobre la que Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez (1988) hacen una descripción que permite argumentar que las condiciones de preferencias de esta especie no han cambiado sustancialmente, sin embargo llama la atención el cambio en la magnitud de la abundancia, lo que permite suponer que existen en la actualidad mejores condiciones para el desarrollo de su ciclo de vida y nos referimos básicamente a un relativo incremento en la cantidad de detritus que se aporta a la Laguna, lo cual constituye el alimento preferente de esta especie.

Especies dominantes

De las catorce especies de peces dominantes identificadas en este estudio existe una alta coincidencia con lo reportado para la región. Son especies que han acoplado perfectamente sus ciclos de vida a la dinámica ambiental de los diversos hábitat del ecosistema. Muestran mecanismos muy eficientes para disminuir la competencia interespecífica, lo cual es muy importante en comunidades de alta diversidad. Suponemos que dada la alta disponibilidad de alimento y de espacio la competencia intraespecífica es mínima y las densidades poblacionales están controladas por la depredación.

Sólo a manera de ejemplo del análisis que se debe realizar con todas y cada una de las especies dominantes se presenta la discusión de los parámetros poblacionales de *Diapterus rhombeus* y de *Bairdiella chrysoura*.

D. rhombeus es una especie que en la Laguna de Términos se asocia principalmente a zonas de vegetación sumergida (*Thalassia testudinum*) y en un intervalo de tallas entre 2.5 y 18 cm de L.T. La estructura por tallas de la muestra refleja un claro dominio de tallas juveniles (inferior a los 9.0 cm L.T.). Se asume que esta condición indica la estructura de la población en la Laguna, sin embargo es importante aclarar que se desconoce el efecto del arte de pesca empleado, especialmente en áreas de difícil operación como los bordes con presencia de raíces de manglar o zonas con densa vegetación sumergida. Una estrategia de validación de resultados sería la comparación del uso de otros artes de pesca, lo que en particular para la región no existe y se prevé como un objetivo futuro.

A pesar de que la talla máxima reportada para la especie es de 40 cm (Cervigón (1966), lo más frecuente es encontrar reportes de tallas máximas entre 15 y 20 cm (Austin (1971); Yáñez-Arancibia *et al.* (1981); González Cabellos (1985). Es necesario mencionar que Aguirre-León y Yáñez-Arancibia (1986) sugieren la presencia de organismos juveniles en su mayoría dentro de Laguna de Términos, sin embargo en nuestro caso debemos asumir que existe una evidente presencia de organismos con tallas superiores a la de primera madurez considerando lo reportado por González Cabellos (1985) de 11.5 cm para machos y 12.5 cm para hembras.

Los valores de la relación talla-peso aquí descritos son comparables con lo reportado por Vargas-Maldonado *et al.* (1981) y González Cabellos (1985) quienes indican valores de $a =$

2.7×10^{-6} $b=3.348$ y $a= 1.37 \times 10^{-4}$ $b= 2.75$, respectivamente; cabe destacar que para el primer caso se utilizaron datos de 172 organismos, en el segundo 1 046 y para este estudio se consideraron 3024. Obteniéndose siempre una correlación superior al 90%.

En este mismo sentido se precisa que la condición de la población es positiva a lo largo del año presentándose dos pulsos mayores entre marzo y mayo y entre agosto y septiembre lo cual se interpreta como los momentos previos al desove, lo cual coincide con el patrón de reclutamiento resultado del análisis de frecuencia de tallas. En este sentido Austin (1971) reporta que la especie tiene una temporada de desove larga desde enero hasta septiembre con una presencia máxima de hembras desovantes en abril y en agosto. No se identificaron reportes sobre el patrón de reclutamiento de la especie.

La abundancia en escalas espacial y temporal permiten argumentar las preferencias de uso del hábitat, así, los pulsos de abundancia numérica y en peso se observaron en diciembre, marzo y agosto, en contraste la proporción de peso por individuo fue inversa, una tendencia general de descenso entre diciembre, marzo y agosto también es observable. Analizando este comportamiento de acuerdo a la época climática de la región, se observa la mayor abundancia en la época de secas (febrero a mayo), intermedia en nortes (octubre a enero) y mínima en lluvias (junio a septiembre) lo que coincide con lo reportado por Vargas-Maldonado *et al.* (1981), sin embargo para Puerto Rico, Austin (1971) reporta la mayor abundancia para el periodo junio-septiembre seguida por la del periodo febrero-abril y finalmente la de octubre-enero. Sin duda, esta última comparación tiene el matiz de un comportamiento ambiental diferente.

Por otra parte, la especie no se distribuye de manera homogénea en todo el sistema Laguna de Términos, las mayores abundancias se observaron en las zonas donde existen importantes praderas de vegetación sumergida, lo que supone abundante alimento preferente que de acuerdo a Austin (1971) son vegetales, pelecípodos, crustáceos y poliquetos y además zonas con mayores posibilidades de refugio contra depredadores. En las estaciones cercanas a la Boca de Puerto Real que tienen como característica alta transparencia, sedimentos calcáreos arenosos, fuertes movimientos de circulación y alta salinidad, son quizá el otro extremo de la preferencia de la especie ya que no apareció en todo el periodo de estudio, resultados similares son presentados por Bravo-Núñez y Yáñez-Arancibia (1979).

A partir del análisis de frecuencia de tallas se plantea que la especie tiene una longevidad promedio de 4 años con un crecimiento rápido y altos niveles de mortalidad. Austin (1971) describe un comportamiento de crecimiento lineal en juveniles hasta los 70 mm, e incremento de tallas de 5 mm por mes después de que el organismo ha cumplido un año de edad. Esta condición es congruente con el nicho descrito para la especie ya que por su necesidad de cubrir su ciclo de vida presenta migraciones cortas entre la plataforma continental y la Laguna de Términos, lo que supone transferencias de grandes cantidades de energía por su condición de consumidor de primer orden y por ser presa fácil por sus características morfológicas y su tendencia de agrupación.

Aguirre-León y Yáñez-Arancibia (1986) hacen un reporte completo de la dinámica trófica de la mojarra *D. rhombeus*. Analizaron 48 estómagos de organismos de menos de 120 mm asociados a dos zonas dentro de la Laguna de Términos: El litoral interno de la Isla del Carmen y los sistemas fluvio-lagunares y en dos temporadas climáticas: Secas y Lluvias. En

las tablas 14-17 se presentan las proporciones de aparición de los diferentes grupos tróficos identificados en cada región y para cada época climática considerada.

Tabla 14. Principales grupos tróficos en el contenido estomacal de 15 organismos del litoral interno de la Isla del Carmen durante la época de secas. El total de grupos tróficos identificados fue de 17.

	Volumen %	Frecuencia %	Numérico %	IRI
Mond	66	100		X
Copépodos	19.7	100	69.8	X
Nemátodos	2.6	100	11.6	X
Restos vegetales	7.3	80		
Foraminíferos	1	86.6		X
Ostrácodos			8.2	X

Tabla 15. Principales grupos tróficos en el contenido estomacal de 12 organismos del litoral de sistemas fluvio-lagunares durante la época de secas. El total de grupos tróficos identificados fue de 13.

	Volumen %	Frecuencia %	Numérico %	IRI
Poliquetos	48.4	50		
Mond	38.3	83.3		X
Copépodos	5.1	58.3	35.5	X
Restos vegetales	4.7	58.3		
Huevos de invertebrados			13.3	X
Ostrácodos			13.2	X
Foraminíferos				X
Nemátodos				X

Tabla 16. Principales grupos tróficos en el contenido estomacal de 2 organismos del litoral interno de la Isla del Carmen durante la época de lluvias. El total de grupos tróficos identificados fue de 8.

	Volumen %	Frecuencia %	Numérico %	IRI
Mond	75	100		X
Copépodos	13	100	59.8	X
Nemátodos		100	9.2	X
Restos vegetales		100		
Foraminíferos	5.1	100	22.4	X
Ostrácodos		100		X
Gasterópodos			5.1	X

Tabla 17. Principales grupos tróficos en el contenido estomacal de 19 organismos del litoral de sistemas fluvio-lagunares durante la época de lluvias. El total de grupos tróficos identificados fue de 20.

	Volumen %	Frecuencia %	Numérico %	IRI
Mond	68.8	100		X
Copépodos	13	100	57	X
Restos vegetales	1.9	78.8		
Ostrácodos	5.9	100	19.6	X
Foraminíferos			6.1	X
Nemátodos	1.6	89.4	8.4	X
Cumáceos	3.4	68.4	3.5	

Estos resultados tienen una alta coincidencia con los que se reportan en este estudio y se aprecia una ligera diferencia entre las épocas climáticas de secas y de lluvias así como entre los hábitat del litoral de sistemas fluvio-lagunares y el litoral interno de la isla del Carmen.

Para el caso de *B. chrysourea*, existe gran cantidad de información publicada en la que se reporta su presencia y abundancia en diversos sistemas costeros, se le asociada a condiciones estuarinas presentando movimientos migratorios hacia las zonas mas cercanas a descargas de ríos con una escasa distribución hacia la plataforma continental (Chao y Musick, 1977; Amezcua-Linares y Yáñez-Arancibia, 1980; Yáñez-Arancibia *et al.* 1982; Ayala-Pérez *et al.* 1995; Ayala-Pérez y Avilés Alatraste 1997; Ayala-Pérez *et al.* 1998; Ayala-Pérez *et al.* 2003; Froese y Pauly, 2004) por lo tanto, algunos hábitat dentro de la Laguna de Términos son indispensables para el éxito del ciclo biológico de la especie.

La población de *B. chrysourea* en la región de Laguna de Términos se ha desarrollado positivamente incrementado su abundancia y distribución. Chavance *et al.* (1984) reportan valores promedio de densidad y biomasa de 29.9×10^{-4} ind/m² y 6.15×10^{-4} g/m² respectivamente y en este trabajo se han encontrado valores extremos de 262.9×10^{-4} ind/m² y

$52.2 \times 10^{-4} \text{ g/m}^2$, sin embargo los pulsos son similares, los valores mínimos se registran entre enero y febrero y los máximos entre noviembre y diciembre. En este mismo sentido, las zonas de distribución reportadas son hacia el litoral Este, cercano a la desembocadura del sistema Candelaria-Panlau, lo cual se confirma en los resultados sin embargo ahora también se identifica una zona importante de vegetación sumergida hacia la boca del Carmen como un hábitat que la especie utiliza de manera preferente.

También la estructura por tallas de la población permite discutir el éxito de la población en el sistema ya que en este estudio se registraron organismos entre 18 y 269 mm de longitud total similar a lo reportado por Chavance *et al.* (1984) de 27 a 153 mm de longitud patrón. Cabe destacar que en ambos trabajos se utilizó el mismo arte de pesca.

B. chrysoira tiene un crecimiento alométrico con valores entre 2.68 y 3.19 del coeficiente de alometría de la relación talla-peso por mes y los valores del factor de condición relativo de Fulton oscila entre 0.916 y 1.158 que se presentaron en diciembre y julio respectivamente. De manera contrastante en noviembre se registran los valores más altos de densidad y biomasa correlacionados al incremento en el volumen de descarga de los ríos asociados. Es posible suponer que los organismos se mueven en busca de zonas con salinidades mayores a las que se registran en esos momentos en las desembocaduras de los sistemas fluvio-lagunares, en los que se asume permanecen para la temporada de sequía, cuando el volumen de los ríos disminuye y los niveles de salinidad se incrementan.

De acuerdo con el modelo de crecimiento, la especie podría alcanzar una talla teórica asintótica de 297 mm de LT, lo cual difiere considerablemente con lo reportado por Chavance

et al. (1984) quienes reportan una talla asintótica de 163 mm de LP. Sin embargo considerando la talla máxima registrada en nuestras capturas de 269 mm y la reportada por Robins y Ray (1986) de 300 mm, se considera que el modelo es representativo de la población. Es necesario precisar que los efectos de la selectividad del arte de pesca se ven reflejados en la problemática para ajustar las líneas de crecimiento a los valores modales de la estructura por talla mensual. También es importante hacer evidente que la aplicación de los estimadores de densidad por Kernel ofrece la posibilidad de destacar valores modales que con el uso de los histogramas tradicionales con intervalos de clase convencionales no podrían ser identificados. Un efecto inherente al uso de los estimadores de densidad es la disminución del valor R_n en el ajuste de las líneas de crecimiento en la rutina ELEFAN del software FiSAT que para nuestro caso fue de 0.216.

Definitivamente la especie es un consumidor de tercer orden con variado espectro alimentario. Así como Odum y Heald (1972); Carr y Adams (1973) y Chao y Musick (1977) identifican a los crustáceos y peces como el alimento preferente, los resultados obtenidos lo confirman, además de señalar que la alta frecuencia de aparición de materia orgánica no identificada es reflejo de los hábitos de alimentación nocturna y de alta velocidad de digestión por la condición de clima tropical. Algunas evidencias de que muchas especies de peces prefieren alimentarse en horas de penumbra (alborada y crepúsculo) son presentadas por Gordo y Macpherson (1991).

Se asume que en la Laguna de Términos el alimento siempre está disponible, tanto por la presencia de productores como la vegetación circundante y sumergida y el fitoplancton, así como por las aportaciones de las descargas de los ríos y de los procesos de marea, vientos y

circulación litoral. Además la especie muestra un espectro trófico amplio. Por lo tanto en los resultados la observación del número de estómagos vacíos debe de corresponder a hábitos de alimentación que no fue posible identificar dada la estrategia de muestreo.

Estrategias de Uso

Bajo la estrategia del análisis de sistemas, la identificación de diversas estrategias de uso ha ayudado tanto para la discusión, integración y comprensión de diversos procesos que se desarrollan en comunidades de alta diversidad.

En nuestro caso particular es evidente que el describir la dinámica de todas y cada una de las especies registrada resultaría en una enorme inversión de tiempo, esfuerzo y recursos materiales y humanos, por tanto la definición de especies dominantes ayudó a entender los procesos mas significativos del comportamiento de una comunidad muy diversa, sin embargo al enfrentarse al proceso de modelación, el trabajo de integración y síntesis hizo evidente la necesidad y conveniencia de definir tres grupos generales de comportamiento. El primer grupo describe a las especies que de manera indispensable utilizan los diversos hábitat dentro del sistema para desarrollar todo o la mayor parte de su ciclo de vida. Aquí encontramos especies que se encuentran bien adaptadas a condiciones estuarinas, esto es, soportan grandes variaciones en salinidad y temperatura, tienen un espectro trófico amplio con tendencia a utilizar la cadena del detritus. Yáñez-Arancibia *et al.* (1980); Yáñez-Arancibia *et al.* (1981) y Yáñez-Arancibia *et al.* (1985a), entre otros, los han identificado como residentes permanentes únicamente considerando la frecuencia de aparición.

El segundo grupo son especies que visitan con regularidad el sistema generalmente con fines de alimentación y crecimiento. Su ingreso al sistema se observa fuertemente asociado a algún proceso ambiental por ejemplo el incremento en el volumen de descarga de los ríos lo que condiciona una disminución sensible de la salinidad, o el estiaje que por evaporación favorece el incremento en la salinidad, la incorporación de agua marina por efecto de la oscilación armónica de las mareas potencializado esporádicamente por los vientos del norte, entre otros.

Los visitantes ocasionales están integrados por especies que ingresan al sistema con una alta frecuencia sin embargo su visita no se asocia de manera directa a alguna función de fuerza definida, mas bien la interacción de varios procesos provocan condiciones pertinentes para su ingreso.

Dado que estos sistemas se encuentran en una región que conjuga actividades productivas y extractivas tales como la pesca, agricultura y explotación petrolera, es necesario profundizar en el conocimiento ecológico integral, como base de información para la toma de decisiones sobre políticas de crecimiento y desarrollo regional. De esta forma y de acuerdo con los avances en la declaratoria de área de protección de flora y fauna “Laguna de Términos” y su correspondiente plan de manejo, se considera oportuno aportar información como la que aquí se presenta, que coadyuve a entender cuestiones específicas sobre las comunidades de peces, vistas como recursos ecológicos o como recursos pesqueros.

Entre los puntos más importantes que a nuestro juicio deben ser observados para incorporarlos en acciones de manejo y conservación de estos sistemas se encuentra en primer lugar el mantenimiento del volumen de descarga de los ríos asociados, y el mantenimiento de la

calidad del agua. El gran riesgo que se corre en este tipo de sistemas es que cualquier alteración dentro de la planicie costera se ve reflejado tarde o temprano y en mayor o menor medida en la estructura y función ecológica. Ya muchas experiencias han sido reportadas en la literatura científica de graves daños, algunos irreversibles, de los efectos de disminuir el volumen de descarga y de rebasar el nivel de impacto sobre la calidad de agua en otros sistemas costeros Cox (1993); Ambasht *et al.* (1994);

Tal y como lo sugiere Mitsch y Gosselink (1986), es necesario “traducir” los procesos ecológicos a un concepto de valor antropocéntrico (que es el que mejor entendemos), de tal forma que en función de los beneficios directos e indirectos que recibimos por la función que de forma natural realizan estos sistemas y sus recursos, se apliquen las acciones necesarias para conservarlas. Con los enfoques de la ecología económica actualmente se ha avanzado mucho en este sentido y ahora se cuentan con mejores alternativas para valorar esos beneficios Lockwood (1997); Acharya (2000); Soderqvist *et al.* (2000); Woodward y Wui (2001); de Groot *et al.* (2002); Farber *et al.* (2002); Howarth y Farber (2002).

Entre las cosas más fáciles de valorar en este tipo de sistemas son los beneficios directos por la extracción de ciertos organismos, a pesar de que en nuestro caso sólo nos enfocamos a peces, sobre los cuales sin duda existe una presión por la pesca artesanal, existen otros organismos de gran valor como el cocodrilo, pejelagarto, camarón, ostión, jaiba, nutria, ciertas aves y algunas especies vegetales que ya sea por su piel, por su carne o por su madera son sujetos de explotación por un interés comercial, lo cual se traduce inmediatamente en miles o millones de pesos que bajo esquemas adecuados de uso mantendrían un flujo constante. En una región tan vasta como la que aquí se ha descrito, las actividades de vigilancia para evitar o al menos

disminuir estos impactos parece casi imposible, sin embargo con base en investigación sobre el tamaño de estas poblaciones y una buena inversión en educación ambiental y en un programa de incentivos para la conservación a los pobladores de esta región, desde nuestro punto de vista tendría buenos resultados.

Holmlund y Hammer (1999) analizan y clasifican los servicios al ecosistema que proporcionan las poblaciones de peces. Se distingue entre dos principales categorías de servicios al ecosistema: Los servicios fundamentales y los servicios derivados-demandados. Por servicio fundamental al ecosistema se definen aquellos que son esenciales para la función del ecosistema y la elasticidad ecológica, tal como los ciclos de nutrientes. Estos son necesariamente un prerrequisito para la existencia humana, sin considerar si el humano esta consiente o no. Tales servicios frecuentemente no están ligados a ningún valor económico de mercado.

Los servicios demandados-derivados a los ecosistemas, tal como el valor recreacional son definidos por valoraciones humanas, y no son necesariamente fundamentales para la sobrevivencia de las sociedades humanas. Sin embargo, todos los servicios demandados-derivados a los ecosistemas finalmente dependen del sistema natural y los servicios fundamentales al ecosistema proporcionados por peces y no son reemplazables por innovaciones tecnológicas.

Dentro de los servicios fundamentales a los ecosistemas proporcionados por las poblaciones de peces se encuentran:

- Servicios de regulación: regulación de la dinámica de redes de alimentación, reciclamiento de nutrientes, regulación de la elasticidad del ecosistema, redistribución de sustratos en el fondo, regulación de flujos de carbón entre agua y atmósfera, mantenimiento de procesos sedimentarios, mantenimiento de biodiversidad genética de especies y de ecosistemas.
- Servicios de vinculación: vinculación entre ecosistemas acuáticos, vinculación entre ecosistemas terrestres y acuáticos, transporte de nutrientes, carbón y minerales, transporte de energía, actuación como memoria ecológica.

En cuanto a los servicios demandados-derivados a los ecosistemas se clasifican en:

- Servicios culturales: producción de alimento, producción de acuicultura, producción de medicina, control de enfermedades peligrosas, control de algas y macrofitas, reducción de desperdicios, suministro de valores estéticos, suministro de actividades recreacionales.
- Servicios de Información: evaluación del estrés del ecosistema, evaluación de la elasticidad del ecosistema, revelación de huellas evolutivas, proporción de información histórica, proporción de información científica y educativa.

La sociedad humana se beneficia de muchas maneras de los servicios a los ecosistemas generados por las poblaciones de peces. Sin embargo, el incremento en la presión de pesca, contaminación, destrucción del hábitat, introducción de especies exóticas y otros factores de estrés continúan ejerciendo una fuerte presión sobre las poblaciones de peces alrededor del mundo. La captura pesquera se apropia de una parte sustancial (8%) de la producción primaria global en el mar y requiere entre 24 y 35% de la producción de surgencias y plataforma continental. Además, el objetivo de manejadores pesqueros por altos rendimientos de unas pocas especies de los límites superiores de las cadenas tróficas ha movido a las comunidades de peces hacia una composición dominada por niveles tróficos inferiores y obliga a las

pesquerías a pescar hacia niveles inferiores de la cadena trófica. Todavía es necesario desarrollar criterios y métodos de valoración de los distintos bienes y servicios que nos proporcionan las comunidades y poblaciones de peces además de su uso directo.

En otro nivel, lo que podríamos llamar los beneficios indirectos al nivel de ecosistema son más difíciles de entender y de valorar adecuadamente, entre los cuales se encuentra la mitigación de inundaciones, el abatimiento de tormentas, la recarga de acuíferos, el aumento en la calidad del agua y el valor estético y de recreación. Todas estas funciones son desde nuestro punto de vista, el argumento básico para discutir su conservación.

Es muy evidente que la función de estos ecosistemas va más allá de un efecto local o regional, ya que a nivel global estos sistemas son factores significantes en los ciclos de nitrógeno, azufre, metano y bióxido de carbono (Mitsch y Gosselink, 1986).

Ya se ha mencionado que las actividades humanas que se observan como impactos potenciales en la región son: el incremento de la agricultura, la acuicultura, los asentamientos humanos irregulares, incremento en la tala de manglar, la exploración y extracción de petróleo y la pesca ilegal. En todos los casos una valoración particular debe ser hecha para reorientar estas actividades.

Desde nuestro punto de vista la orientación debe ser hacia la conservación por las siguientes razones: a) los productos más valiosos de estos sistemas son aquellos que son públicos, que no tienen valor comercial, b) bajo un uso desordenado los recursos naturales son finitos, c) bajo cierto nivel de impacto estos sistemas son prácticamente irrecuperables, d) las interacciones

ambientales y ecológicas son sumamente complejas de tal forma que algunas alteraciones pueden generar resultados inesperados.

No se puede ignorar que bajo una perspectiva de conservación, deben de darse suficientes alternativas para satisfacer las grandes demandas de las poblaciones humanas asociadas a estos sistemas, ya que además se mezclan sus tradiciones y mecanismos de sobrevivencia, sin embargo es necesario en primer lugar darles a conocer el gran valor que tienen los recursos que utilizan, el tamaño de las poblaciones y ritmos de crecimiento y diseñar con ellos otras alternativas de uso o las mismas pero acopladas a una dinámica natural.

LITERATURA CITADA

- Acharya, G. 2000. Approaches to valuing the hidden hydrological services of wetland ecosystems. *Ecological Economics*. 35(1): 63-74.
- Adger, W.N. y C. Luttrell. 2000. Property rights and the utilization of wetlands. *Ecological Economics*. 35(1): 75-89.
- Aguirre-León, A. y A. Yáñez-Arancibia. 1986. Las mojarra de la Laguna de Términos: taxonomía, biología, ecología y dinámica trófica (Pisces: Gerreidae). *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 13: 369-444.
- Álvarez Del Villar, J. 1970. Peces Mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. SIC. México. 166 p.
- Álvarez-Guillén, H., A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez. 1985. Ecología de la boca del Carmen, Laguna de Términos: el hábitat y estructura de las comunidades de peces. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 12(1): 107-144.
- Ambasht, R.S., R. Kumar y N.K. Srivastava. 1994. Strategies for managing the Rihand River riparian ecosystem deteriorating under rapid industrialization. 725-736. pp. En: Mitsch, W.J. *Global wetlands: Old world and New*. Elsevier Science.
- Amezcuca, F., C. Soto-Avila y Y. Green-Ruiz. 2006. Age, growth, and mortality of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* from the southeastern Gulf of California. *Fisheries Research*. 77(3): 293-300.
- Amezcuca-Linares, F. y A. Yáñez-Arancibia. 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 7(1): 68-118.
- Andersen K.P. 1982. An interpretation of the stomach contents of fish in relation to prey abundance. 21-50.
- Anónimo. 1975. Boletín Hidrológico. Región hidrológica No. 30 (Grijalva-Usumacinta), No. 31 (Yucatán oeste), No. 32 (Yucatán norte) y No. 33 (Yucatán este). 2. Inst. Geografía. Univ. Nal. Autón. México. 38 p.
- Anónimo. 1994. Decreto por el que se declara como área natural protegida con el carácter de protección de flora y fauna, la región conocida como Laguna de Términos, ubicada en los municipios de Carmen, Palizada y Champotón, Estado de Campeche. Tomo CDLXXXIX No. 458-65.
- Anónimo. 1997. Programa de manejo del área de protección de flora y fauna "Laguna de Términos" México. Semarnat. Instituto Nacional de Ecología. 166 p.

- Ansari, Z.A., A. Chatterji, B.S. Ingole, R.A. Sreepada, C.U. Rivonkar y A.H. Parulekar. 1995. Community structure and seasonal variation of an inshore demersal fish community at Goa, west coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 41: 593-610.
- Archambault, P. y E. Bourget. 1996. Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 136: 111-121.
- Austin, M.H. 1971. Some aspects of the biology of the rhomboid mojarra *Dipterus rhombeus* in Puerto Rico. *Bull. Mar. Sci.* 21(4): 886-902.
- Austin, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*. 157: 101-118.
- Ayala-Pérez, L.A. 1989. Ecología y características poblacionales de dos especies de peces dominantes en el sistema estuarino Palizada-Del Este, sur del Golfo de México: *Anchoa mitchilli* (Engraulidae) y *Petenia splendida* (Cichlidae). Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 124 p.
- Ayala-Pérez, L.A. y O.A. Avilés Alatraste. 1991. Abundancia, distribución y diversidad de la comunidad nectónica del sistema fluvio-lagunar Chumpam-Balchacah, Campeche, durante un ciclo anual de marzo de 1990 a marzo de 1991. Informe Técnico. Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Ayala-Pérez, L.A. y O.A. Avilés Alatraste. 1997. Abundancia y diversidad nictemeral del necton en las bocas de conexión del sistema Chumpam-Balchacah, Campeche, México. *Ciencias del Mar*. Universidad Autónoma de Sinaloa. 15: 1-6.
- Ayala-Pérez, L.A., A. Aguirre-León, O.A. Avilés Alatraste, M.T. Barreiro-Güemes y J.L. Rojas-Galavíz. 1993. La comunidad de peces en los sistemas fluvio-lagunares adyacentes a la Laguna de Términos, Campeche, México. 596-608. pp. En: Salazar-Vallejo, S.I. y N.E. González. Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional de Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo. México.
- Ayala-Pérez, L.A., A. Pérez-Velásquez, A. Aguirre-León y S. Díaz-Ruiz. 1995. Abundancia nictemeral de corvinas (Pisces: Sciaenidae) en un sistema costero del sur del Golfo de México. *Hidrobiológica*. 5(1-2): 37-44.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda y D. Flores-Hernández. 2003. La comunidad de peces en la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.* 51(3-4): 738-794.
- Ayala-Pérez, L.A., J.L. Rojas-Galavíz y O.A. Avilés Alatraste. 1996. Crecimiento, reproducción y dinámica poblacional de *Anchoa mitchilli* (Pisces: Engraulidae) en el sistema Palizada-Del Este, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.* 44(3): 13-45.
- Ayala-Pérez, L.A., M.Z. Alemán-Pacheco, A. Aguirre-León, y O.A. Avilés Alatraste. 1992. Caracterización ecológica de la comunidad nectónica del sistema fluvio-lagunar Chumpam-Balchacah, Campeche, México, durante el periodo marzo 1990 - marzo 1991. Informe Técnico. Depto. El Hombre y su Ambiente. Univ. Auton. Metropol. Xoch. 30 p.

- Ayala-Pérez, L.A., O.A. Avilés Alatríste y J.L. Rojas-Galavíz. 1998. Estructura de la comunidad de peces en el sistema Candelaria-Panlau, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.* 46(3): 763-774.
- Baran, E. y J. Hambrey. 1999. Mangrove Conservation and Coastal Management in Southeast Asia: What Impact on Fishery Resources? *Marine Pollution Bulletin.* 37(8-12): 431-440.
- Barbier, E.B. y I. Strand. 1998. Valuing mangrove-fishery linkages: A case study of Campeche, Mexico. *Environmental and Resource Economics.* 12: 151-166.
- Barbier, E.B. 1993. Sustainable Use of Wetlands - Valuing Tropical Wetland Benefits - Economic Methodologies and Applications. *Geographical Journal.* 159: 22-32 part: 1.
- Barrett, C.B. y T.J. Lybbert. 2000. Is bioprospecting a viable strategy for conserving tropical ecosystems? *Ecological Economics.* 34(3): 293-300.
- Bernal, B.A. 2000. Ecología de la comunidad de peces del sistema fluvio-deltáico Pom-Atasta, Campeche: Modelo ecológico de las interacciones hábitat-peces. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón México. 82 p.
- Blaber, S.J.M., D.T. Brewer y J.P. Salini. 1995. Fish communities and the nursery role of the shallow inshore waters of a tropical bay in the Gulf of Carpentaria, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 40: 177-193.
- Blanc, L., C. Aliaume, A. Zerbi y G. Lasserre. 2001. Spatial and temporal co-structure analysis between ichthyofauna and environment: an example in the tropics. *Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/Life Sciences.* 324: 635-646.
- Botello, A.V., J.L. Rojas-Galavíz, J. Benítez y D. Zarate-Lomelí. 1996. Golfo de México, Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica 5. 666 p.
- Bravo-Núñez, E. y A. Yáñez-Arancibia. 1979. Ecología de la Boca de Puerto Real, Laguna de Términos. I. Descripción del área y análisis estructural de las comunidades de peces. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 6(1): 125-182.
- Carr, W.E. y C.A. Adams. 1973. Food habits of juvenile marine fishes occurring seagrass beds in the estuarine zone near Cristal river, Florida. *Trans. Am. Fish Soc.* 102(3): 511-540.
- Caso-Chávez, M., A. Yáñez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez. 1986. Biología, ecología y dinámica de poblaciones de *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther) en hábitat de *Thalassia testudinum* y *Rhizophora mangle*, Laguna de Términos, Campeche (Pisces:Cichlidae). *Biótica.* 11(2): 79-111.
- Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Inst. Nal. Pesca. Serie Científica. México. 298 p.
- Castro-Aguirre, J.L. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Limusa. 705 p.

- Cervigón, F. 1966. Los peces marinos de Venezuela. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas, Venezuela. 460 p.
- Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Marquez, J.M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. Guía de campo de las especies comerciales marinas de aguas salobres de la costa septentrional del sur de América. FAO. Roma. 513 p.
- Chao, L.N. y J.A. Musick. 1977. Life history, feeding habits, and functional morphology of juvenile Sciaenid fishes in the York river estuary Virginia. Fish. Bull. U. S. 75(4): 657-702.
- Chavance, P., A. Yáñez-Arancibia, D. Flores-Hernández y A.L. Lara-Domínguez. 1984. Ecología, biología y dinámica de las poblaciones de *Bairdiella chrysura* en la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces:Sciaenidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 11(1): 123-161.
- Chavance, P., A. Yáñez-Arancibia, D. Flores-Hernández, A.L. Lara-Domínguez y F. Amezcua-Linares. 1986. Ecology, biology and population dynamics of *Archosargus rhomboidalis* (Pisces: Sparidae) in tropical coastal lagoon southern Gulf of Mexico. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 13(2): 11-30.
- Coll De Hurtado, A. 1975. El sureste de Campeche y sus recursos naturales. Inst. Geogr. Univ. Nal. Autón. México. Serie Cuadernos. 85 p.
- Cowan, J.L.W., J.R. Pennock y W.R. Boynton. 1996. Seasonal and interannual patterns of sediment-water nutrient and oxygen fluxes in Mobile Bay, Alabama (USA): regulating factors and ecological significance. Mar. Ecol. Prog. Ser. 141: 229-245.
- Cox, G.W. 1993. Conservation Ecology. Biosphere y Biosurvival. W.C.Brown Publishers USA. 352 p.
- Cruz-Orozco, R., F. Ley-Lou, A. Machado Navarro y V.M. Cornejo. 1979. Resumen de las condiciones meteorológicas registradas en las Estación de Investigaciones Marinas "El Carmen" durante el año 1979. An. Inst. Geof. Univ. Nal. Autón. México. 25:39-48.
- Day, Jr.J.W. y A. Yáñez-Arancibia. 1988. Consideraciones ambientales y fundamentos ecológicos para el manejo de la región de la Laguna de Términos, sus hábitat y recursos pesqueros. 23: 453-482. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. 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, Editorial Universitaria. México.
- de Groot, R.S., M.A. Wilson y R.M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics. 41(3): 393-408.
- Deegan, L.A. y B.A. Thompson. 1985. The ecology of fish communities in the Mississippi river deltaic plain. 4: 35-36. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration. UNAM Press México.
- Eschmeyer, W.N. 1998. Catalog of fishes. California Academy of Sciences. San Francisco, USA.

- Farber, S.C., R. Costanza y M.A. Wilson. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*. 41(3): 375-392.
- Fischer, W. 1978. FAO Species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic. (Fishing area 31). FAO. Roma.
- Flores-Hernández D., J. Ramos-Miranda, y A. Sosa-López. 2000. Fichas técnicas de peces importantes de la Laguna de Términos, Campeche. Corvina *Bairdiella chrysoura*. EPOMEX Universidad Autónoma de Campeche. 12(2):
- Froese R. y D. Pauly. 2004. FishBase. www.fishbase.org
- Fuentes-Yaco, C. 1990. Dinámica hidrológica y análisis de parámetros físico-químicos en el ecosistema fluvio-deltáico-lagunar-estuarino del río Palizada, Campeche. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 99 p.
- Galindo, C.G. 2002. Aplicación de los estimadores de densidad por kernel en el estudio de crecimiento del bagre estuarino *Cathorops melanopus* para dos lagunas del Golfo de México. Informe de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. 129 p.
- Gamito, S. 1998. Growth models and their use in ecological modeling: an application to a fish population. *Ecological Modelling*. 113(1-3): 83-94.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köopen adaptada para la república mexicana. Offset Larios. México, D. F. 256 p.
- Gertseva, V.V., J.E. Schindler, V.I. Gertsev, N.Y. Ponomarev y W.R. English. 2004. A simulation model of the dynamics of aquatic macroinvertebrate communities. *Ecological Modelling*. 17: 173-186.
- Gibson, R.N., L. Robb, M.T. Burrows y A.D. Ansell. 1996. Tidal, dial and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 130: 1-17.
- Godefroid, R.S., C. Santos, M. Hofstaetter y H.L. Spach. 2001. Ocurrance of larvae and juveniles of *Eucinostomus argenteus*, *Eucinostomus gula*, *Menticirrhus americanus*, *Menticirrhus littoralis*, *Umbrina coroides* and *Micropogonias furnieri* at Pontal do Sul beach, Paraná. Brazilian. *Archives of Biology and Technology*. 44(4): 1-14.
- González Cabellos, L.W. 1985. Relación longitud-peso y factor de condición de la caitipia, *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) (Pisces:Gerreidae) del suroeste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, Venezuela*. 24: 15-22.
- González, P.A. 1974. Las cuencas del Usumacinta y el Grijalva. *Rev. Mex. Geogr. México*. 4(2-3).
- González G. y C. Aguilar. 1983. Comparación del método frecuencial con otros métodos de análisis del contenido estomacal en peces. *IV(3)*: 105-122.
- Gordoa, A. y E. Macpherson. 1991. Diurnal variation in the feeding activity and catch rate of Cape Hake (*Merluccius capensis* and *M. paradoux*) off Namibia. *Fisheries Research*. 12(4): 299-305.

- Guerrero, M.T. 1997. Aspectos ecológicos y dinámica poblacional de la Familia Scianidae en el sistema fluvio-deltáico Pom-Atasta, Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. 68 p.
- Gutiérrez-Estrada, M., V.M. Malpica-Cruz y J. Martínez-Reyes. 1982. Geomorfología y sedimentos recientes del sistema lagunar Atasta-Pom, Campeche, México. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 9(1): 89-100.
- Hall, C. y J.W. Day Jr. 1977. Ecosystem modeling. John Wiley y Sons. New York. 684 p.
- Halliday, I.A. y W.R. Young. 1996. Density, biomass and species composition of fish in a subtropical *Rizophora stylosa* mangrove forest. Mar. Freshwater Res. 47: 609-615.
- Hildebrand, S.F. 1943. A review of the American Anchovies (Fam. Engraulidae). Bull. Binham Oceanogr.Coll. 165 p.
- Hintze, J.L. y R.D. Nelson. 1988. Violin plot: A box plot-density trace synergism. The American Statistician. 52(2): 181-184.
- Hoese, H.D. y R.S. Moore. 1977. Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and Adjacent Waters. Texas A&M Univ.Press. 376 p.
- Holmlund, C.M. y M. Hammer. 1999. Ecosystem services generated by fish populations. Ecological Economics. 29(2): 253-268.
- Howarth, R.B. y S. Farber. 2002. Accounting for the value of ecosystem services. Ecological Economics. 41(3): 421-429.
- Hyslop E.J. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their applications. 17411-429.
- Imperial, M.T. y T.M. Hennessey. 1996. An ecosystem-based approach to managing estuaries: An assessment of the national estuary program. Coastal Management. 24: 115-139.
- Jardel, E., A. Saldaña y M.T. Barreiro-Güemes. 1987. Contribución al conocimiento de la ecología de los manglares de la Laguna de Términos, Campeche. Ciencias Marinas. 13(3): 1-22.
- Jones, G.K., J.L. Baker, K. Edyvane y G.J. Wright. 1996. Nearshore fish community of the Port River-Barker inlet estuary, south Australia. I. Effect of thermal effluent on the fish community structure, and distribution and growth of economically important fish species. Mar. Freshwater Res. 47: 785-799.
- Jorgensen, S.E. 2002. Explanation of ecological rules and observation by application of ecosystem theory and ecological models. Ecological Modelling.(158): 241-248.
- Kimani, E.N., G.K. Mwatha, E.O. Wakwabi, J.M. Ntiba y B.K. Okoth. 1996. Fishes of a shallow tropical mangrove estuary, Gazi, Kenya. Mar. Freshwater Res. 47: 857-868.
- Koranteng, K.A. 2001. Structure and dynamics of a demersal assemblage on the continental shelf an upper slope off Ghana, West Africa. Marine Environmental Research. 220: 1-12.

- Laevastu, T. 1971. Manual de métodos de biología pesquera. FAO. Acribia. España. 243 p.
- Lara-Domínguez, A.L., F. Arreguín-Sánchez y H. Álvarez-Guillén. 1993. Biodiversidad y el uso de recursos naturales: Las comunidades de peces en el sur del Golfo de México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. vol. esp. XLIV: 345-385.
- Lara-Domínguez, A.L., G.J. Villalobos-Zapata y E. Rivera-Arriaga. 1990. Catálogo bibliográfico de la región de la Sonda de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica 1. 161 p.
- Lara-Domínguez, A.L., M. Caso-Chávez, y A. Yáñez-Arancibia. 1988. Modelos de ciclos de vida de peces estuarinos en el sur del Golfo de México: Anadromía y catadromía tropical en *Arius melanopus* (Ariidae), *Bairdiella chrysoura* (Sciaenidae) y *Cichlasoma urophthalmus* (Cichlidae). 403-422 pp. Procc.of the Symposium on the Ecology and Conservation of the Usumacinta-Grijalva Delta. INIREB Tabasco, WWF. Brehm Fonds. IUCN, ICT, Gob.Estado de Tabasco
- Lockwood, M. 1997. Integrated value theory for natural areas. Ecological Economics. 20: 83-93.
- Luetlich, R.A.J., W.W. Kirby-Smith y W. Hunnings. 1993. PSWIMS, A profiling instrument system for remote physical and chemical measurements in shallow water. Estuaries. 16(2): 190-197.
- Mallard-Colmenero, L., A. Yáñez-Arancibia y F. Amezcua-Linares. 1982. Taxonomía, diversidad, distribución y abundancia de los tetraodóntidos de la Laguna de Términos, sur del Golfo de México. (Pisces: Tetraodontidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 9(1): 161-211.
- Mitsch, W.J. 1994. Global Wetlands: Old world and new. 967 p.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 1986. Wetlands. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 539 p.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2000. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. Ecological Economics. 35(1): 25-33.
- Morales, C.J. 1986. Estudio sistemático y ecológico de la ictiofauna de la Laguna del Vapor, Campeche. Tesis de Licenciatura en Biología. Esc. Nac. Cien. Biol. Instituto Politécnico Nacional. 90 p.
- Nelson, J.S. 1984. Fishes of the World. John Wiley and Sons Inc. New York. 523 p.
- Nitsch, S.L. 1992. Ictioecología del sistema fluvio-lagunar Candelaria-Panlau asociado a la Laguna de Términos, Campeche (sur del Golfo de México). Tesis de Licenciatura. Biología. ENEP Iztacala, UNAM.México. 107 p.
- Odum, H.T. 1983. Systems Ecology: An introduction. John Wiley. New York. 644 p.
- Odum, W.E. y J. Heald. 1972. Trophic analysis of an estuarine mangrove community. Bull. Mar. Sci. 22(3): 671-738.

- Odum, H.T. 2002. Explanations of ecological relationships with energy systems concepts. *Ecological Modelling*. 158: 201-211.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. *J. Cons. CIEM*. 39(3): 175-192.
- Pauly, D. y G. Gaschütz. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. Tech. Rep. Demersal Fish Cttee. ICES. CM 1979/g:24. 26 p.
- Pinkas, L., S. Oliphant, y I.L. Iverson. 1971. Foods habits of albacore, blue fin tuna and bonito in California waters. Tech. Rep. 152. 152. Dept. Fish and Game Cal. Fish. Bull. 105 p.
- Potter, I.C., D.J. Bird, P.N. Claridge, K.R. Clarke, G.A. Hyndes y L.C. Newton. 2001. Fish fauna of the Severn Estuary. Are there long-term changes in abundance and species composition and are the recruitment patterns of the main marine species correlated? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 258(1): 15-37.
- Prejs, A. y G. Colomine. 1981. Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces. Universidad Central de Venezuela. Universidad de Varsovia, Polonia. Caracas, Venezuela. 129 p.
- Preuss, P. and Duke, G. 1996. For Victorian Association for Environmental Education, Investigating Australian Ecosystems, Cambridge University Press, Melbourne, p. 50.
- Pusey, B.J. y M.J. Kennard. 1996. Species richness and geographical variation in assemblage structure of the freshwater fish fauna of the wet tropics region of northern Queensland. *Mar. Freshwater Res.* 47: 563-573.
- Ramos-Miranda, J., L. Quiniou, D. Flores-Hernández, L.A. Ayala-Pérez, y A. Sosa-López. 1999. Evaluación de las comunidades neotónicas de la Laguna de Términos, Sur del Golfo de México: comparación de comunidades a 12 años de los últimos estudios. 592-594 pp. *Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*
- Reséndez, M.A. 1979. Estudios ictiofaunísticos en lagunas costeras en el Golfo de México y Mar Caribe (1976-1978). *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*. 50(1): 633-646.
- Reséndez, M.A. 1981a. Estudio de los peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. I. *Biótica*. 6(3): 239-291.
- Reséndez, M.A. 1981b. Estudio de los peces de la Laguna de Términos, Campeche, México. II. *Biótica*. 6(4): 345-430.
- Reyes, E., Jr. J.W. Day y F.H. Sklar. 1994. Ecosystem models of aquatic primary production and fish migration in Laguna de Terminos, Mexico. 519-536. pp. En: Mitsch, W.J. *Global wetlands: Old world and New*. Elsevier Science.
- Reynolds, C.S. 2002. Ecological pattern and ecosystem theory. *Ecological Modelling*. 158: 181-200.

- Robins, C.R. y G.C. Ray. 1986. A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company. Boston, USA. 354 p.
- Rojas, M.J., J.F. Pizarro y M. Castro. 1994. Diversidad y abundancia íctica en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 42(3): 663-672.
- Rojas-Galavíz, J.L., F. Vera-Herrera, A. Yáñez-Arancibia y Jr.J.W. Day. 1990. Ecosystem dynamics of the Palizada River Delta, México: The role of the dual riverine/tidal subsidy in a tropical tidal freshwater environment. *Estuaries.* 42(3): 663-672.
- Rojas-Galavíz, J.L., F. Vera-Herrera, A. Yáñez-Arancibia, y Jr.J.W. Day. 1988. The Usumacinta/Palizada river delta as ecosystem. Informe Técnico CONACYT Clave PCCNCNA-031524. Proyecto Ecología y recursos bióticos en sistemas fluvio-deltáicos. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 184 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin*, 16: 8 - 19.
- Salgado-Ugarte, I.H., 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado en Biociencia Acuática desarrollada en el Departamento de Pesquerías, Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Tokio, Japón, 389 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1995a. ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, 26: 2 - 10.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1995b. Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin*, 27: 5 - 19.
- Salgado-Ugarte, I.H., J. Martínez-Ramírez, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña- Mendoza, 2000a. Some programs for growth estimation in fisheries biology. *Stata Technical Bulletin* 53: 35-47.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi, y K. Matsushita, 2000b. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science* 13(2000): 1-12.
- Salgado-Ugarte, I.H. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México. 139 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza, 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. México 240 p. ISBN: 970-32-3120-9
- Sánchez-Velasco, L., C. Flores-Coto y B. Shirasago. 1996. Fish larvae abundance and distribution in the coastal zone off Terminos Lagoon, Campeche (southern Gulf of Mexico). *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 43: 707-721.

- SARH. 1976. Volumen de descarga del río Candelaria. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos México.
- SARH. 1985. Datos climáticos: Estación Palizada, Campeche, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos México.
- Savenkoff, C., J.P. Chanut, A.F. Vézina y Y. Gratton. 1995. Distribution of biological activity in the lower St. Lawrence estuary as determined by multivariate analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 40: 647-664.
- Sedberry, G.R. y J. Carter. 1993. The fish community of a shallow tropical lagoon in Belize, Central America. *Estuaries*. 16(2): 198-215.
- Shoemaker, C.A. 1977. Mathematical construction of ecological models. 4: En: Hall y Day. *Ecosystem modelling*. John Wiley and Sons. New York.
- Silverman, B.W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. Chapman y Hall. London.
- Soberón-Chávez, G. y 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. 9: 399-486. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. Prog. Univ. Alimentos. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Inst. Nal. de Pesca. Univ. Nal. Autón. México.
- Soderqvist, T., W.J. Mitsch y R.K. Turner. 2000. Valuation of wetlands in a landscape and institutional perspective. *Ecological Economics*. 35(1): 1-6.
- StataCorp. 1999. Stata statistical software: Release 6.0. Stata Corporation. Collage Station Texas.
- Stevenson, D.K. 1982. Una revisión de los recursos marinos de la región de la Comisión de Pesca para el Atlántico centro occidental (COPACO). Doc.Tec.de Pesca. 211. 211. FAO. 146 p.
- Subrahmanyam, C.B. 1985. Fish community of a bay estuarine-marsh system in North Florida. 9: 191-206. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration. Univ. Nal. Autón. México. México.
- Tapia García, M., A. Yáñez-Arancibia, P. Sánchez-Gil y M.C. García-Abad. 1988. Biología y ecología de *Cynoscion arenarius* (Ginsburg), en las comunidades demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *Rev. Biol. Trop.* 36(1): 1-27.
- Toral, S. y M.A. Reséndez. 1974. Los cíclidos (Pisces: Perciformes) de la Laguna de Términos y sus afluentes. *Rev. Biol. Trop.* 21(2): 254-274.
- Vargas-Maldonado, I., A. Yáñez-Arancibia y F. Amezcua-Linares. 1981. Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de *Rizhophora mangle* y *Thalassia testudinum* de la Isla del Carmen, Laguna de Términos, sur del Golfo de México. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 8(1): 241-266.

- Vera-Herrera, F., J.L. Rojas-Galavíz, C. Fuentes-Yaco, L.A. Ayala-Pérez, H. Álvarez-Guillén y C. Coronado-Molina. 1988a. Descripción ecológica del sistema fluvio-lagunar deltaico del río Palizada. 4: 51-88. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. 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. Editorial Universitaria. México D.F.
- Vera-Herrera, F., J.L. Rojas-Galavíz, y A. Yáñez-Arancibia. 1988b. Pantanos dulceacuícolas influenciados por la marea en la región de la Laguna de Términos: Estructura ecológica del sistema fluvio-deltaico del río Palizada. 383-402 pp. Proceedings of the Symposium on the Ecology and Conservation of the Usumacinta-Grijalva Delta. INIREB., Tabasco, W. W. F. Brehm Fonds. IUCN, ICT, Gob. Estado de Tabasco
- Vidal, Q.J. 1985. Crecimiento y aspectos poblacionales del bagre *Arius melanopus* (Günther, 1864), del río Tonalá, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 35 p.
- Villalobos-Zapata, G.J., A. Yáñez-Arancibia, Jr.J.W. Day y A.L. Lara-Domínguez. 1999. Ecología y manejo de los manglares en la Laguna de Términos, Campeche, México. 17: 263-274. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez. Ecosistemas de manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México. UICN/ORMA, Costa Rica. NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- West, R.J. 2002. Comparison of fish and shrimp trawls for sampling deep-water estuarine fish in a large coastal river in eastern Australia. Fisheries Research. 54(3): 409-417.
- Woodward, R.T. y Y.S. Wui. 2001. The economic value of wetland services: a meta-analysis. Ecological Economics. 37(2): 257-270.
- Yáñez-Arancibia, A., J. Curiel-Gómez y V. Leyton. 1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Geleichthys caerulescens* (Günther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México. (Pisces: Ariidae). An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 3(1): 125-180.
- Yáñez-Arancibia, A., F. Amezcua-Linares y Jr.J.W. Day. 1980. Fish community structure and function in Terminos Lagoon, a tropical estuary in the Southern Gulf of Mexico. 465-482. pp. En: Kennedy, V.S. Estuarine Perspectives. Academic Press Inc. New York.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, I. Vargas-Maldonado, P. Chavance, H. Álvarez-Guillén, F. Amezcua-Linares, M.C. García-Abad, D. Flores-Hernández, M. Álvarez-Rubio, M. Tapia-García, S. Díaz-Ruiz, A. Aguirre-León, y J.L. Rojas-Galavíz. 1981. Las comunidades de peces y el hábitat de la Laguna de Términos y de la Sonda de Campeche, durante los cruceros de Febrero de 1980 a Abril de 1981: comparación y caracterización de las interacciones Laguna- Sonda. 3. PCEES/UNAM/CCML. 466 p.
- Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of México. 417-429. pp. En: Lasserre, P. y H. Postma. Coastal Lagoons. Oceanológica Acta. Pub. Spec. 5(4). 462 p.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, I. Vargas-Maldonado, F. Amezcua-Linares, A. Aguirre-León y S. Díaz-Ruiz. 1982. Ecosystem dynamic and nichemeral and

- seasonal programming of fish community structure in a tropical estuarine inlet, Mexico. En: Lasserre, P. y H. Postma. Coastal Lagoons. *Oceanológica Acta*. Vol. Spec.5(4). 462 p.
- Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez. 1983. Dinámica ambiental de la boca de Estero Pargo y estructura de sus comunidades de peces en cambios estacionales y ciclos de 24 horas (Laguna de Términos, sur del Golfo de México). *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 10(1): 85-116.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, A. Aguirre-León, S. Díaz-Ruiz, F. Amezcua-Linares, D. Flores-Hernández y P. Chavance. 1985a. Ecology of dominant fish population on tropical estuaries: Environmental factors regulating biological strategies and production. 15: 311-366. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration*. Editorial Universitaria, UNAM. PUAL - ICML. México.
- Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil y A.L. Lara-Domínguez. 1985b. Inventario evaluativo de los recursos de peces marinos del Sur del Golfo de México: Los recursos actuales, los potenciales reales y perspectivas. 6: 225-274. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. *Recursos pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón*. Progr. Univ. Alimentos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Instituto Nacional de Pesca. México. D.F.
- Yáñez-Arancibia, A. y A. Aguirre-León. 1988. Pesquerías en la región de la Laguna de Términos. 22: 431-452. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo México: La región de la Laguna de Términos*. Inst. Cienc. del mar y Limnol. UNAM. Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria. México D.F.
- Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez. 1988. Ecology of three sea catfish (Ariidae) in a tropical coastal ecosystem southern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 49: 215-230.
- Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. 1988. Caracterización ecológica de la Laguna de Términos. 1: 1-26. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo México: La región de la Laguna de Términos*. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria. México D.F. 518 p.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Chavance y D. Flores-Hernández. 1988a. Comportamiento ambiental de la Laguna de Términos. 2: 27-40. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. *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.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, J.L. Rojas-Galavíz, P. Sánchez-Gil, Jr.J.W. Day y C.J. Madden. 1988b. Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (Southern Gulf of Mexico). *Fisheries Society of the British Isles*. 33(Supplement A): 199-200.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil y H. Álvarez-Guillén. 1988c. Evaluación ecológica de las comunidades de peces de la Laguna de Términos y Sonda de Campeche. 18: 323-356. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. *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, Editorial Universitaria. México D.F.

- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, H. Álvarez-Guillén, G. Soberón-Chávez y Jr.J.W. Day. 1988d. Dinámica de las comunidades neotónicas costeras en el sur del Golfo de México. 19: 357-380. pp. En: Yáñez-Arancibia, A. y Jr.J.W. Day. Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. Ins. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria. México. D.F.
- Yáñez-Arancibia, A., J.L. Rojas, G. Villalobos, D. Zárate, A.L. Lara-Domínguez, F. Arreguín, P. Sánchez, D. Flores, C. Bárcenas, J. Ramos, Benítez J., C. Santibón, E. Sáinz, M. Roberts, L.M. Lanz, I. Sánchez, M. Méndez, F. Vera-Herrera, H. Álvarez-Guillén, T. Saavedra, E. Gardea, y J. Gutiérrez. 1993. Estudio de declaratoria como área ecológica de protección de flora y fauna de la Laguna de Términos, Campeche. SEDESOL. Gobierno del Estado de Campeche. UAC. 278 p.

El doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Posrados 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

LUIS AMADO AYALA PÉREZ

Jurado:

Nombre

Firma

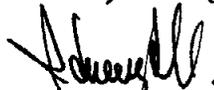
Tutor: Dr. Margarito Tapia García



Asesor: Dra. Ma. Guadalupe Miranda Arce



Asesor: Dr. Isaías H. Salgado Ugarte



Sinodal: Dr. Domingo Flores Hernández



Sinodal: Dr. Abraham Kobelkowsky Díaz

