

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, Cap. 9 : 399 - 486.

In : Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México : La Pesca Acompañante del Camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D F. 748 p.

**CONTROL ECOLÓGICO DE LOS PECES DEMERSALES : VARIABILIDAD AMBIENTAL  
DE LA ZONA COSTERA Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN NATURAL DE LOS  
RECURSOS PESQUEROS**

Guillermo Soberón-Chávez  
Alejandro Yáñez-Arancibia  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM  
Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina  
Apartado Postal 70-305, 04510 Mexico D F

**RESUMEN**

El Sur del Golfo de México es de gran importancia por su potencial biológico, pesquero y energético. Actualmente múltiples actividades se desarrollan en la región relacionadas con la alimentación, la energía, el transporte la recreación y el urbanismo, implicando el complejo desarrollo de infraestructura de la zona costera. Actualmente el diseño de modelos sobre pesquerías demersales costero tropicales carece de información generalizada que permita profundizar en el problema de interpretación ecológica y evaluación con buenas bases metodológicas. Estas pesquerías multiespecíficas tropicales son la consecuencia de interacciones ecológicas en la zona costera y su disminución, aumento o estabilidad es el reflejo de la variabilidad natural de los procesos físicos y biológicos. En este trabajo se desarrolla la hipótesis de que la diversidad, distribución y abundancia de los recursos pesqueros en la zona costera, están controladas por factores físicos diversos y complejas y por lo tanto pueden considerarse como **mecanismos de producción**; siendo los más evidentes: 1) las condiciones físico químicas del agua, i. e. transparencia, nutrientes, salinidad, temperatura, 2) latitud geográfica, 3) batimetría y tipos de sedimentos, 4) meteorología y clima, 5) descarga de los ríos, 6) rango de mareas y variación del nivel del mar, 7) áreas de vegetación costera, i. e. pantanos y manglares, 8) lagunas y estuarios adyacentes y, 9) dinámica de interacción entre los estuarios y el mar. Para probar esta hipótesis se analizan las

Contribución 417 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

capturas pesqueras comerciales de 1973 a 1981, para todo el litoral mexicano del Golfo, con variables físicas en series de tiempo largas y, sobre la base de correlaciones matemáticas y modelos diagramáticos y conceptuales, se establecen análisis ecológicos para caracterizar los mecanismos más evidentes que controlan los recursos demersales de la región. La estrategia de investigación de macro escala -todo el Golfo de México-, también es aplicada al área piloto de la Sonda de Campeche con datos experimentales de 6 Cruceros Oceanográficos (OPLAC/P-1 a 6, 1978 a 1982). Los cambios dentro de las comunidades multispecíficas son difíciles de predecir y de controlar, pero aun así es posible diseñar modelos numéricos descriptivos y predictivos con validez y buena aproximación cuantitativa. Estos resultados permiten presentar diagramas ecológicos que integran las variables físicas, los hábitats, las regiones y los recursos bióticos, con lo que se proyecta un enfoque de ecología costera conceptual y aplicada, para la plataforma continental interna del Sur del Golfo de México.

#### ABSTRACT

The southern Gulf of Mexico has great importance due to its biological, fishery and energy potential. Presently multiple activities are taking place in the region related to foodstuffs, energy, transportation, recreation and urbanism, this implies a complex development of infrastructure in the coastal zone. At the present, the design of models for tropical coastal demersal fisheries lacks the generalized information that would permit a deeper understanding of the problem of ecological interpretation and evaluation with adequate methodological bases. These multispecific tropical fisheries are the consequence of ecological interactions in the coastal zone and their decrease, increase or stability is a reflection of the natural variability of the physical and biological processes. In this paper, the hypothesis is developed that the diversity, distribution and abundance of fishery resources in the coastal zone are controlled by diverse and complex physical factors and can thus be considered as production mechanisms, the most obvious being; 1) the physico chemical conditions of the water, i.e. transparency, nutrients, salinity, temperature, 2) geographical latitude, 3) bathymetry and sediment types, 4) meteorology and climate, 5) river discharge, 6) tidal range and sea level variation, 7) areas of coastal vegetation, i.e. marshes and mangrove swamps, 8) lagoons and adjacent estuaries and, 9) the dynamic of the interaction between estuaries and the sea. In order to prove this hypothesis commercial fishing catches from 1973 to 1980 were analyzed for the entire Mexican littoral of the Gulf, along with physical variables in long term series. These were then placed on a base of mathematical correlations and diagrammatic and conceptual models. An ecological analysis in order to characterize the most evident mechanisms that control the demersal resources in the region was carried out. The strategy of macroscale research, the entire Gulf of Mexico, is also applied to the pilot area in Campeche Sound with experimental



data from six oceanographic cruises (OPLAC/P-1 to 6, 1978 to 1982). Changes within multispecific communities are difficult to predict and control, but even so it is possible to design numerical, descriptive and predictive models with validity and good quantitative approximation. These results allow the presentation of ecological diagrams that integrate physical variables, habitats, regions and biotic resources within a projected conceptual and applied coastal ecological approach for the internal continental shelf of the southern Gulf of Mexico.

### INTRODUCCION

La zona costera, desde distintos puntos de vista -tanto científicos, como sociales y económicos-, es extremadamente valiosa. Más del 90 % de las capturas pesqueras a nivel mundial provienen de la plataforma continental y las regiones de surgencia, siendo que estas sólo constituyen el 10 % del mundo oceánico. En la actualidad, aproximadamente el 10 % del aporte total de proteínas animales del mundo, provienen del mar y es probable que este porcentaje aumente (Yáñez-Arancibia, 1982).

### La Región de los Estudios

La región de los estudios es el litoral mexicano del Golfo de México, que incluye a los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.

En 1981, México tuvo una producción pesquera general cercana a 1 millón 400 mil toneladas. La captura comercial en dicho año, para los estados del litoral mexicano del Golfo de México, fue de 264 152 toneladas. Veracruz y Campeche produjeron, cada uno, alrededor del 30 % de este volumen. El valor de la captura pesquera nacional fue de 36 767 millones de pesos M.N. (1 392 millones de dólares), correspondiendo al Golfo de México 15 370 millones de pesos M.N. (581 millones de dólares), de los cuales Campeche produjo más del 40 %. La principal pesquería en el Golfo de México fue el camarón, con una captura equivalente a cerca del 7 % del volumen (18 % del valor) de la captura nacional total. Otros recursos marinos de importancia para esa zona, durante 1981 fueron el ostión (14 % del volumen), las mojarra (9 %) y los meros (3 %). Las estadísticas del año 1981 han tenido variaciones poco significativas hacia 1983, en términos de capturas.

Yáñez-Arancibia (1983, 1984a) señala que el sur del Golfo de México es una región de particular importancia por su gran potencial biológico, pesquero y energético. De igual forma señala la importancia de la pesquería del camarón en dicha zona, en términos de los recursos multiespecíficos asociados, haciendo notar el reducido conocimiento de la gran variedad de especies de peces que no son explotados actualmente y cuya riqueza potencial requiere de estudios especiales sobre su ecología, cuantificación del potencial real y manejo de recursos. El mismo autor (1984b) discute un marco de referencia sobre el paradigma de los peces

acompañantes del camarón en el Golfo de México, estableciendo en un primer modelo una estimación total predictiva para el Golfo de cerca de 1 millón de toneladas de fauna acompañante, combinando datos de Pellegrin (1983) para la plataforma estadounidense del Golfo de México con los propios resultados obtenidos de las investigaciones en México. En el trabajo de Yáñez-Arancibia (1984a) se establece que los peces acompañantes del camarón tienen una proporción promedio de **peces:camarón** de **12:1**, pero con un amplio rango de variación; estimando una potencialidad mínima media anual de 336 mil toneladas para la plataforma continental mexicana del Golfo a profundidades de menos de 100 m.

### **Planteamiento de la Hipótesis y Estrategia de Investigación**

La diversidad, la distribución y la abundancia de los recursos pesqueros en la zona costera están controladas por factores físicos diversos y complejos. Este tipo de interacciones lo han discutido parcialmente algunos autores, pero no se ha definido un patrón final al respecto, aun cuando los avances son significativos en investigaciones colaterales sobre producción primaria y regiones biológicas específicas del Golfo de México (Day *et al.*, 1983; Deegan *et al.*, 1983, 1984a, 1984b).

Los factores físicos más evidentes son: a) meteorología y clima, b) descarga de los ríos, c) rangos de mareas, d) áreas de vegetación litoral de lagunas costeras y estuarios, e) superficie de sistemas estuarinos adyacentes, f) sedimentos, g) latitud geográfica, h) condiciones fisicoquímicas del agua e, i) dinámica de las corrientes litorales. Estos factores físicos se consideran como mecanismos de producción desde el punto de vista de su dinámica ecológica (Fig. 1).

Aunque ha habido intentos sobre esta hipótesis, para desarrollar el análisis de mecanismos de producción en el Golfo de México, la orientación ha sido hasta ahora sobre las relaciones de las variables físicas y químicas con la productividad primaria y la vegetación litoral (Deegan *et al.*, 1984a, 1984b). Por lo tanto, este trabajo es el primero que desarrolla los conceptos e hipótesis, de los **"Mecanismos Naturales de Producción Secundaria"**.

En este trabajo se analizan las capturas pesqueras en el Golfo de México (1973-1981) y factores físicos como: a) descarga de ríos (1970-1981), b) amplitud de mareas (1977-1982), c) variación del nivel del mar (1952-1981), d) áreas de vegetación litoral de lagunas y estuarios, e) superficie de sistemas estuarinos adyacentes, y f) factores climático-meteorológicos (según García, 1973). El planteamiento conduce a la estrategia de buscar correlaciones de las capturas comerciales pesqueras con algunas de las variables mencionadas, con objeto de caracterizar los mecanismos más evidentes que controlan el recurso pesquero de la plataforma continental del sur del Golfo de México.



### Identificación de Objetivos

1. Analizar las capturas comerciales oficiales de peces y camarones, reportados por la Dirección General de Planeación, Informática y Estadística de la Secretaría de Pesca para el periodo 1973-1981, en cada uno de los estados mexicanos del litoral del Golfo de México (i. e. Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán), sintetizando los valores de capturas mensuales y anuales, comparando el valor de las capturas de los diferentes estados y detectando las principales pesquerías.
2. Analizar los siguientes factores físicos, como parámetros que controlan la diversidad, la distribución y la abundancia de los peces demersales costeros: a) áreas de lagunas y estuarios, b) áreas de pantanos litorales, c) amplitud de mareas, d) descarga de ríos (1970-1980), e) variación del nivel del mar, f) latitud geográfica, y g) época climático-meteorológica, comparando estos parámetros con la capturas pesqueras.
3. Desarrollar la hipótesis siguiente: los factores físicos del punto anterior interactúan ecológicamente como mecanismos de producción natural y control de diversidad, distribución y abundancia de los recursos pesqueros de la zona costera. Para esto se establezcan correlaciones lineales entre las capturas pesqueras comerciales y dichas variables físicas.
4. Caracterizar los mecanismos mas evidentes que controlan la abundancia y producción de los recursos demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México, con énfasis en las comunidades de peces.
5. Profundizar estos análisis en la Sonda de Campeche, frente a la Laguna de Términos, con el propósito de probar en esta área piloto la validación de las relaciones obtenidas. Este último punto incluye datos de seis Cruceros Oceanográficos.

### ANTECEDENTES

Con frecuencia se reporta la influencia del aporte fluvial como factor determinante en la composición y productividad de la fauna. Gunter (1967) relaciona pesquerías en diferentes áreas del Golfo de México con zonas estuarinas y de descargas de ríos. Lauff (1967) señala que pueden existir importantes pesquerías en aguas de la plataforma continental interna, como resultado de una productividad biológica generalmente alta y hay claras evidencias de que la influencia de los estuarios puede extenderse marcadamente hacia la zona nerítico-oceánica. Moore *et al.* (1970) reportan que la distribución de peces demersales frente a Louisiana y Texas esta fuertemente relacionada con la descarga del río Mississippi, lo mismo que la captura de camarón y clupéidos (Stone, 1976). Goldberg (1971) señala que la introducción de materiales disueltos y suspendidos de ríos en el medio ambiente marino tiene efectos medibles en la composición de

las aguas costeras y los sedimentos a través de distancias de cientos de kilómetros. Sutcliffe (1972) muestra una correlación positiva entre los escurrimientos hacia el litoral y la captura de cuatro especies de peces comercialmente importantes en el Golfo de St. Lawrence. Darnell y Soniat (1979) consideran que el sistema ecológico estuario-boca-plataforma tiene una complejidad ambiental con interacciones de fenómenos físicos y biológicos que, en muchos casos, condicionan los niveles de producción de la plataforma continental. Yáñez-Arancibia *et al.* (1980) muestran que la producción de peces dentro de la Laguna de Términos es mayor en las zonas de influencia de los sistemas fluvio-lagunares que en las áreas de mayor influencia marina. Tundisi (1980) menciona que las aguas costeras tropicales son potencialmente productivas y que el enriquecimiento de dichas aguas por estuarios adyacentes es un factor importante al considerar la productividad de las aguas tropicales. Duursma (1980) hace ver la alta productividad de los estuarios por los aportes fluviales y el aporte de materia orgánica particulada desde el mar. Según Livingston (1981), el aporte detrítico fluvial es una parte importante en el sistema estuarino y su significancia biológica depende de la respuesta espacio/temporal de la biota estuarina. Sánchez-Gil *et al.* (1981) establecen que las características ambientales de mayor implicación ecológica para los peces demersales de la plataforma continental adyacente a la Laguna de Términos dependen, en gran medida, del flujo de los ríos Grijalva y San Pedro en el extremo occidental, del río Champotón en el oriente y de la gran descarga de la Laguna de Términos, a través de su boca occidental (Boca del Carmen), siendo la influencia de dicha laguna determinante en la dinámica ictiológica de la plataforma adyacente. Armstrong (1982) nota que las fuentes de nutrientes en los estuarios de Texas están dominados por la influencia fluvial.

La influencia de la vegetación costera también ha sido considerada como factor determinante en la composición y abundancia de la fauna de la plataforma continental. Así Odum y Heald (1972, 1975a, 1975b), Heald (1970) y Heald *et al.* (1974) muestran que el material foliar de manglares condiciona la trama trófica en zonas adyacentes a este tipo de vegetación y hacen notar que algunas zonas costeras de importancia pesquera se encuentran localizadas junto a bosques de manglares y pastos marinos (costas de Campeche y Florida). Turner (1977, 1978) señala una correlación positiva entre el cociente de la captura de camarones peneícos entre área de vegetación intermareal, con la latitud. En las costas del Pacífico de México, Yáñez-Arancibia (1978) señala que los manglares son los productores primarios más importantes y que en relación con la influencia del mar determinan una mayor diversidad ictiofaunística, mayor producción pesquera y mayor complejidad de la estructura trófica de los ecosistemas costeros. Gallagher (1978) incluye, además de los manglares, a los pastos marinos y pantanos, como sistemas base para grandes cadenas alimenticias, sirviendo también como zonas de protección a organismos juveniles. Stone *et al.* (1978) han presentado evidencias de que las pesquerías están relacionadas con áreas de pantanos intermareales. El Departamento de Recursos

Acuáticos de Texas (1982) destaca la importancia ecológica de los pantanos y pastos sumergidos, ya que su alteración puede impactar todo el flujo de energía en el ecosistema, la cadena alimenticia y la producción de recursos vivos.

Asimismo, existen otros factores que también se les ha asignado importancia en el control del recurso pesquero. Así, se ha demostrado una relación negativa entre la captura de camarones peneidos y la precipitación pluvial de años anteriores en Laguna dos Patos Brasil (Castello y Moller, 1978) y en el estuario Casamance Senegal (Le Reste, 1980), pero también Hildebrand y Gunter (1953) y Gunter y Edwards (1967) han mostrado correlaciones positivas entre la pluviometría, la descarga de ríos y la producción de camarones peneidos (*Penaeus* spp). El Departamento de Recursos Acuáticos de Texas (1982) hace notar que inundaciones estacionales de los pantanos y aportes periódicos de agua dulce son cruciales para dichos sistemas. Las grandes capturas de clupeidos en el norte del Golfo de México durante 1982 pueden deberse a las corrientes litorales, que facilitaron la entrada de larvas a los estuarios (NOAA, 1983). Las variaciones del nivel del mar pueden tener gran importancia ecológica, al aumentar el intercambio entre océano-laguna y estuarios (Schwing *et al.*, 1983). En el modelo de la Figura 1, propuesto por Yañez-Arancibia (1984a), se destaca que las interacciones en la zona costera, particularmente la vegetación litoral y las variables de interacción océano-estuario, son la base ecológica que sostiene la organización biológica y la estructura trófica del sistema con los recursos pesqueros. La forma y tamaño de los estuarios condicionan los tipos de vegetación y los niveles de productividad (Day *et al.*, 1983), y a su vez dicha forma y tamaño son función de factores medioambientales, filtrados por las características geológicas (Deegan *et al.*, 1983, 1984a, 1984b).

Templeman y Fleming (1953), muestran interesantes datos entre la variación de las condiciones hidrológicas a largo plazo, y los cambios correspondientes en la abundancia de animales marinos. Por otra parte Copeland *et al.* (1974) encontraron que las migraciones nectónicas en las zonas templadas están correlacionadas con los pulsos de alta productividad costera. Gunter (1967), Moore *et al.* (1970), Walne (1972) y Darnell *et al.* (1983) son referencias clásicas sobre el efecto de los sistemas estuarinos en la productividad de recursos demersales de la plataforma continental interna.

Briggs y O'Connors (1971), muestran que la mayoría de las especies tienen preferencia por las áreas con vegetación natural, más que por los fondos arenosos que se forman por los depósitos de operaciones de dragados costeros, donde la diversidad es significativamente menor. Lee *et al.* (1975) realizaron un análisis detallado en el complejo hidrológico de pantanos donde las características químicas y bioquímicas del sistema pueden transformar diversos elementos en compuestos que enriquecen la calidad del agua, influyendo directamente en los procesos de producción secundaria. Mann (1976) analizó la producción en el



fondo del mar, indicando que la biomasa de la fauna béntica del mundo se estima en  $6 \text{ a } 7 \times 10^9$  ton métricas, de los cuales el 80 % se encuentra en la plataforma continental adyacente; la razón de este patrón de distribución es que la producción primaria es más alta en las agua costeras que en el medio oceánico y la proporción de este carbon fijado en el fondo marino es inversamente proporcional a la profundidad de la columna de agua. Valiela (1978) indica que la vegetación de los pantanos provee a las aguas de un gran flujo de materiales, y si la fuerza de las mareas es suficientemente grande, cierta cantidad de detritos podran fluir hacia la plataforma en el mar; de tal forma que, la importación o exportación en los pantanos no depende solamente del funcionamiento del ecosistema pero si en gran medida de su fisiografía. La forma y la función de los sistemas ecológicos costeros y su implicación en la producción natural han sido analizado por Yáñez-Arancibia (1984b).

Haines (1979) discute la importancia de las investigaciones futuras sobre las interacciones en la zona costera, mencionando que la actual incertidumbre sobre la naturaleza de las interacciones entre los pantanos y las agua costeras debiera ser tratada con más precaución por los ecólogos estuarinos en la comparación de ecosistemas costeros. En estudios recientes se ha enfatizado que cada sistema estuarino analizado es único en sus características físicas y biológicas, y su efecto hacia el mar y entendimiento requieren de tiempo de estudios. Pomeroy (1979) analizó un modelo de comportamiento de flujo energético de la plataforma continental, considerando que el paso de la energía desde el detritos a través de los microorganismos y los consumidores superiores, son mecanismos de producción secundaria en las comunidades de la plataforma continental.

Nixon (1980) en un trabajo ampliamente documentado señala que la evolución de los conceptos de exportación orgánica y su vínculo con el flujo de los nutrientes, metales, y otras sustancias en la zona costera es todavía exploratoria y condicionada a características regionales específicas. Francis (1980) intenta hacer un llamado de atención a las ciencias pesqueras contemporáneas, tanto en sus tradiciones como en su orientación futura; las razones se basan en que las ciencias pesqueras a menudo manejan pequeñas metas y estima que el desarrollo lento de diversos estudios pesqueros se debe a la carencia de conocimiento ecológico del problema. Bahr *et al.* (1982) muestran claramente la contribución energética de los pantanos como factores que condicionan pesquerías comerciales en la plataforma de la región del Mississippi, encontrando que en la porción interna de la costa hay relaciones cuantitativas entre la producción primaria total y la producción secundaria de consumidores superiores. Nixon (1982) destaca la importancia de las lagunas costeras en la producción costera de los litorales como consecuencia de interacciones ecológicas ampliamente discutidas por muchos autores contemporáneos. El problema de los modelos pesqueros de la producción de peces demersales y el vínculo con los modelos ecológicos de las poblaciones y comunidades esta claramente planteado en los trabajos de Schaaf

(1975) y Newman y Martin (1983). Pauly y Murphy (1982) y Sainsbury (1982), sobre la base ecológica del manejo de pesquerías tropicales costeras, concluyen que ninguna investigación prevee un modelo finamente acabado para la dinámica de las comunidades, y que la estimación de estos parámetros, es muy difícil aun para los modelos más simples.

Finalmente, puede establecerse que los estudios de interacciones ecológicas entre los pantanos y el mar, es uno de los intereses de la ecología estuarina y marino-costera que ha prevalecido durante los últimos 20 años, y refleja en gran medida los pro y los contras de la investigación ecológica, provocando controversias en la aplicación de la investigación ecológica a problemas concretos de conocimiento, manejo y conservación de la zona costera como ecosistema.

### ÁREA DE ESTUDIO

En la Figura 2, se muestran las principales características de la zona costera del Golfo de México, se indican los principales ríos, lagunas costeras y zonas de vegetación costera. La región se caracteriza por la extensión de su plataforma continental, la abundancia de ríos -prácticamente todo el este de la república drena en el Golfo de México (Fig. 3)-, algunos de gran importancia como el Grijalva-Usumacinta, Papaloapan y Pánuco. Asimismo existe una gran abundancia de lagunas costeras, destacando por su extensión Laguna Madre, Laguna de Términos y Laguna de Tamiahua.

El clima es semiárido en la porción norte, subhúmedo con lluvias en verano en la parte este, y en el sur es húmedo con lluvias abundantes en verano (precipitaciones anuales de hasta 4500 mm). En esta zona se presenta la mayor extensión de vegetación costera. En el sur de la península de Yucatán el clima es subhúmedo mientras que en el norte es árido. En las Figuras 4 a y b, se muestran las zonas climáticas y regiones de precipitación (García, 1973; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1984a).

Las mareas en el Golfo de México son predominantemente diurnas, con excepción de la Bahía de Campeche (Fig. 5). En Cd. del Carmen, la marea es mixta diurna y en Cd. Campeche mixta semidiurna (Secretaría de Marina *et al.*, 1980).

La planicie del Golfo de México desciende suavemente de la Sierra Madre Oriental como una planicie costera típica, ancha y de pocos relieves. La plataforma continental del Golfo de México disminuye en su ancho hacia el sur, siendo de 8 a 10 km frente a la zona de los Tuxtlas, pero aumentando hacia el sureste. La superficie de la plataforma está cubierta por cantidades variables de limos y arenas terrígenas no consolidadas. La plataforma carbonatada de la península de Yucatán contrasta marcadamente en su geología con el noreste y sudeste del Golfo de México. La plataforma de Yucatán tiene hasta 200 km de ancho, la

mayor parte es plana y somera, con una profundidad promedio de cerca de 50 metros, estando cubierta por sedimentos calcáreos (Lankford, 1977).

Otra característica de la región es la presencia de "nortes". Estos son vientos que tienen su origen en el avance de masas polares no obstaculizadas y englobadas en un anticiclón de fuerte gradiente. Se caracterizan porque la distribución de presiones queda definida por un núcleo de alta presión barométrica que cubre el oeste de los Estados Unidos de Norteamérica, mientras que en México y en la región comprendida entre el estado de Texas y los Grandes Lagos, domina un sistema de baja presión con fuerte gradiente hacia el anticiclón, que se desplaza hacia el sureste (Grivel Piña, 1979).

La transición sedimentaria entre las provincias fisiográfico-tectónicas, Bahía de Campeche, Plataforma de Yucatán, define una angosta zona de mezcla (40 km amplitud aproximada) relativamente abrupta y debida a la posición geográfica estable de las descargas fluviales y al flujo dominante, hacia el oeste-suroeste, de las aguas de la Plataforma de Yucatán. La variación sedimentológica permite situar a la zona de mezcla desde las proximidades de Ciudad del Carmen, Campeche, hasta el borde superior del talud continental, orientada sensiblemente hacia el noroeste ( $320^{\circ}$ ) y de desarrollo cóncavo al noreste (Gutiérrez-Estrada, 1977).

Junto con las dos provincias sedimentarias del sur del Golfo de México, se presentan dos hábitats diferentes en la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos. Estos dos ambientes ecológicos de la plataforma interior interactúan con los ambientes ecológicos de la Laguna de Términos y en conjunto definen un complejo sistema en la zona costera del Sur del Golfo de México (Yáñez-Arancibia y Day, 1982; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1983; Yáñez-Arancibia *et al.*, 1983a). Los ambientes ecológicos de la Sonda de Campeche han sido denominados Zona A, para la región de influencia fluvial y Zona B, para la región biogénica carbonatada de la península de Yucatán. La Tabla 1 resume características sobresalientes de la Sonda de Campeche, comparando las Zonas A y B. En dicha tabla la transparencia indica el porcentaje de la columna de agua, desde la superficie hasta el fondo, que recibe luz solar. Este porcentaje se obtiene en base a la lectura del disco de Secchi y es una forma de estimar la posibilidad del establecimiento de vegetación bentónica.

Entre los subsistemas A y B de la Sonda de Campeche se presenta una zona de transición (Fig. 6), la cual depende en mayor medida de los fenómenos meteorológicos y el patrón estacional de la circulación costera. Las comunidades bióticas de la Laguna de Términos y la Sonda de Campeche se han adaptado al marco físico ambiental de la región (Yáñez-Arancibia, 1984b).



## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Estadísticas de Pesca**

Se analizaron las estadísticas de pesca proporcionadas por la Secretaría de Pesca -Dirección General de Planeación, Informática y Estadística- de 1973 a 1981. En base a estos datos se comparó la captura de los distintos estados del Golfo de México, determinándose las principales pesquerías.

### **Descarga Fluvial**

Con base a las estadísticas de los principales ríos del Golfo de México, proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos -Dirección de Hidrología-, se determinaron las descargas anuales por estado, así como las descargas mensuales promedio para cada río y para cada estado.

### **Aporte de Sedimentos**

Con base a los datos de asolve del río Papaloapan, proporcionados por la comisión del Río Papaloapan, se estimó la descarga de sedimentos de los ríos considerados en este estudio.

### **Lagunas Litorales y Vegetación Costera**

Usando las cartas topográficas publicadas por la Secretaría de Programación y Presupuesto -Dirección de Geografía del Territorio Nacional (escala 1:250 000)-, complementadas con las cartas del Atlas del Medio Físico Nacional (escala 1:1 000 000), publicado por la misma dependencia, se calcularon la superficie de lagunas costeras y estuarios y las áreas de vegetación costera.

### **Amplitud de Mareas**

Con base en los datos observados por el Servicio Mareográfico Nacional (Grivel Piña, comunicación personal) se obtuvo la amplitud de mareas mensual promedio de los principales puertos del Golfo de México. En los puertos en que no existían estos datos se obtuvo una estimación de la amplitud de mareas basándose en las tablas de predicción de mareas.

### **Variación del Nivel del Mar**

Las variaciones del nivel del mar se obtuvieron de datos observados, publicados por el Instituto de Geofísica (Grivel Piña, 1979). En los puertos en que no existían valores observados las variaciones del nivel del mar se estimaron a partir de las tablas de predicción de mareas.

### Meteorología y Clima

Las medias mensuales de precipitación y temperatura ambiental se obtuvieron del trabajo de García (1973) publicado por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los datos de frecuencia mensual de días con "nortes" se obtuvieron de Coll de Hurtado (1975) y Yáñez-Arancibia y Day (1982).

### Capturas de Cruceros Científicos

Se utilizaron los datos de captura de algunos grupos de especies (según su nombre común), que representan pesquerías importantes en el sur del Golfo de México, de Cruceros Oceanográficos en la Sonda de Campeche. Dichos cruceros fueron: OPLAC/P-1 (junio, 1978), OPLAC/P-2 (agosto, 1980), OPLAC/P-3 (noviembre, 1980), OPLAC/P-4 (julio, 1981), OPLAC/P-5 (octubre, 1981) y OPLAC/P-6 (marzo, 1982).

Los grupos de especies seleccionados fueron: bagres (Arius felis y Bagre marinus), sardinas (Opisthonema oglinum, Harengula jaguana y Sardinella aurita) y Chernas (Epinephelus niveatus, E. nigritus, E. guttatus y Epinephelus sp). Como el número de estaciones varió de crucero a crucero se trabajó con la captura media por estación de estas especies en cada crucero.

### Análisis de Correlación

Los problemas de correlación tratan de la variación conjunta de dos características mensurables, ninguna de las cuales esta controlada por el que hace el experimento.

En el modelo de correlación se mide la intensidad de relación entre dos variables, X y Y, cuando ambas son aleatorias. Para trabajar con este modelo se hacen las siguientes tres suposiciones:

1. Para cada X existe una subpoblación de Y con distribución normal.
2. Para cada Y existe una subpoblación de X con distribución normal.
3. X y Y siguen una distribución conjunta conocida como distribución normal de dos variables.

El método se basa en encontrar la recta de mínimos cuadrados, aquella en que las sumas de las desviaciones verticales elevadas al cuadrado de los datos observados ( $Y_i$ ) es menor que la suma de las desviaciones verticales elevadas al cuadrado de los puntos correspondientes a los datos respecto de cualquier otra recta.

Si la recta  $Y = a + bX$ , donde  $Y$  y  $X$  son variables aleatorias,  $a$  es la ordenada en el origen y  $b$  la pendiente, cumple la condición antes mencionada,  $a$  y  $b$  se obtienen resolviendo simultáneamente las siguientes dos ecuaciones:

$$Y_i = na + b X_i \quad (1)$$

$$X_i Y_i = a X_i + b X_i^2 \quad (2)$$

El coeficiente de correlación ( $r$ ) mide la intensidad de la relación entre  $X$  y  $Y$ , tomando valores entre  $-1$  y  $+1$ . Si  $r = 1$ , existe una correlación lineal directa perfecta entre las dos variables, mientras que  $r = -1$  indica una correlación lineal inversa perfecta. Si  $r = 0$ , las dos variables no están correlacionadas. El coeficiente de correlación ( $r$ ) se obtiene de la siguiente fórmula:

$$r^2 = \frac{\{(Y_c - Y)^2\}}{\{(Y_i - Y)^2\}} \quad (3)$$

$$r = (r^2)^{1/2} \quad (4)$$

Donde:  $Y_c$  es el valor estimado de  $Y$  para cierta  $X_i$  dada,  $Y$  es la media y  $Y_i$  es el valor observado (Daniel, 1977).

En este estudio se hicieron análisis de correlación entre la captura pesquera por cada estado del litoral mexicano del Golfo de México (i.e., Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán) y la descarga fluvial de cada estado. Entre la captura sobre áreas de lagunas costeras y estuarios de estos estados y la descarga fluvial. Se buscó la correlación entre la captura pesquera de algunos puertos del Golfo de México y la extensión de vegetación costera adyacente a los mismos.

Usando los datos del modelo de Turner (1977), ampliándolos con datos para Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, se vió la correlación entre la captura de camarones peneidos por área de vegetación intermareal y la latitud.

De igual forma, se buscó la correlación entre las capturas pesqueras de Progreso y la variación del nivel del mar.

Para finalizar, se investigó la correlación entre algunos grupos de peces con importancia pesquera y algunas variables medioambientales en la Sonda de Campeche.

Los análisis realizados, así como el archivo y banco de datos, se desarrollaron con el computador "Cromemco System Three Computer" del Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

### Diagramas Ecológicos

Se siguieron los fundamentos de Hall y Day (1977), Costansa *et al.* (1983) y Yáñez-Arancibia (1984b) para los modelos en el estudio global de los sistemas ecológicos costeros.

En este trabajo se desarrollan diagramas conceptuales del sistema ecológico estudiado. Los procedimientos y metodología utilizada se encuentran en H. T. Odum (1971), H. T. Odum *et al.* (1977), Day y Yáñez-Arancibia (1982), Lugo y Morris (1982), Costansa *et al.* (1983), y Yáñez-Arancibia (1984b). En la Figura 7, se muestra la simbología utilizada en los diagramas ecológicos.

### RESULTADOS

#### Capturas Pesqueras

En la Tabla 2, se muestran las capturas anuales de los estados del Golfo de México de 1973 a 1981, estos datos se encuentran graficados en la figura 8. En el trabajo de Soberón-Chávez (1985), se muestran las capturas mensuales de estos mismos estados, entre 1977 y 1981. Se observa que las capturas más altas son las de Veracruz y Campeche.

Las principales pesquerías durante esos años fueron las de camarón, mero, mojarra y ostión. Los datos de captura de estas pesquerías se muestran en el trabajo de Soberón-Chávez (1985) y en la Figura 8 se muestran los datos de captura de camarón junto a los de captura de peces y total. Campeche es el principal productor de camarón, con una captura que fluctúa alrededor del 50 % del producido en el litoral mexicano del Golfo de México.

Veracruz es el principal productor de ostión y mojarra, a su vez Yucatán produce mas del 97 % de la captura de mero.

#### Descarga Fluvial

En la Tabla 2 se muestran los datos de la descarga fluvial para los años 1973-1981. En la Figura 9, se muestra el promedio de las descargas mensuales para cada estado y para el Golfo de México. Las mayores descargas se presentan en los meses de julio a noviembre, alcanzando los valores máximos en octubre. Las menores descargas se presentan en los meses de febrero a junio, alcanzando los valores mínimos en abril y mayo.

Los principales ríos son: el Grijalva-Usumacinta ( $59.4 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$ ), Papaloapan ( $19.1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$ ) y Pánuco ( $17.20 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$ ). Yucatán se caracteriza por la ausencia de ríos, debido a su naturaleza kárstica.



En las Figuras 10 y 11 se muestran las capturas pesqueras para cada estado y para el total del Golfo comparándolas con la descarga fluvial, se puede apreciar una aparente relación entre ambos parámetros.

### Descarga de Sedimentos

En la Tabla 3, se muestra el aporte de sedimentos aportados por los ríos estimado para cada estado. Esta estimación puede no reflejar los datos verdaderos ya que no se consideraron la naturaleza de la cuenca de drenaje de los ríos, su topografía, ni la presencia de embalses; estos factores pueden influenciar en gran medida en el tipo y volumen de sedimentos que son acarreados por los ríos.

### Áreas de Lagunas Costeras y Estuarios

En la Tabla 2, se muestra la extensión de estos cuerpos de agua para cada estado. Tamaulipas presenta la mayor extensión de lagunas costeras y estuarios, pero las lagunas de dicho estado tienen poca influencia fluvial, presentándose salinas en los márgenes de muchas de las lagunas del estado. Las principales lagunas, por su extensión, en el Golfo de México son: Laguna Madre (1740 km<sup>2</sup>), Laguna de Términos (1567 km<sup>2</sup>) y Laguna de Tamiahua (800 km<sup>2</sup>), sólo sus cuerpos de aguas centrales sin incluir pantanos asociados. En la Figura 12, se compara la captura promedio anual con la extensión de lagunas costeras y estuarios de cada estado.

### Vegetación Costera

Tamaulipas, debido a su clima y su hidrología, no presenta pantanos litorales. En la parte norte de Veracruz esta vegetación es pobre, encontrándose en la Laguna de Tamiahua y en áreas adyacentes al río Tuxpan. Al sur de Veracruz, así como en Tabasco y Campeche, la vegetación costera es muy abundante, en especial en los márgenes de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta y alrededor de la Laguna de Términos. En Yucatán se encontraron zonas de manglares esparcidos a lo largo de la costa, estas áreas de vegetación costera son el resultado de inundaciones periódicas por el agua de mar sobre las tierras bajas de dicha costa (Tabla 2).

En la Figura, 12 se compara la extensión de estas zonas vegetadas con la captura promedio por estado.

### Amplitud de Mareas

En la Figura 13, se muestran las medias mensuales de amplitud de mareas para puertos del Golfo de México y los valores en detalle pueden verse en Soberón-Chávez (1985). El patrón de

variación es muy similar en todo el Golfo, con los valores más altos en verano e invierno, disminuyendo en primavera y otoño. Ciudad del Carmen muestra un defazamiento con este patrón, con los valores más altos en invierno, durante el verano la amplitud de mareas muestra una tendencia a aumentar pero no llega a tener valores tan altos como en invierno.

### **Variación del Nivel del Mar**

Los datos del nivel del mar están referidos al nivel medio del mar, considerado como cero metros. En el trabajo de Soberón-Chávez (19985), se muestran las medias mensuales de este parámetro, las cuales están graficadas en la Figura 13. En general se ve una tendencia a aumentar a partir del mes de septiembre, alcanzando la mayor altura en el mes de octubre. Alvarado muestra un ligero defazamiento con respecto a este patrón, alcanzando la mayor altura en el mes de septiembre.

### **Meteorología y Clima**

En la Figura 14, se muestra la precipitación mensual promedio de puertos del Golfo de México y los valores en detalle pueden verse en Soberón-Chávez (1985). En general, se aprecia una época de secas de diciembre a mayo y una época de lluvias de junio a noviembre, variando ligeramente estos límites según el lugar. Las mayores precipitaciones ocurren en Coatzacoalcos y las menores en Tampico y Progreso.

En el trabajo de Soberón-Chávez (1985), se muestran las temperaturas medias mensuales para los mismos puertos, estos datos se encuentran graficados en la Figura 14. En general, se observa que la temperatura es alta de mayo a octubre, descendiendo ligeramente en junio y julio. La temperatura es baja de noviembre a abril, alcanzando los valores mínimos en diciembre y enero. Los valores de temperatura más altos se registran en Cd. del Carmen, durante mayo; mientras que los más bajos en Tampico, durante enero.

En la Figura 15 se muestra la frecuencia promedio de días con nortes en el Golfo de México. En términos generales se observa que los valores más altos se registran durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Se distinguen tres épocas climáticas en el Sur del Golfo de México. Una época de lluvias (junio a septiembre), una época de nortes (octubre a febrero, con frecuencia mayor de 6 días "nortes"/mes), y una época de secas (febrero a mayo). Al sur de Veracruz, en Tabasco y al este de Campeche, la época de "nortes" viene acompañada de chubascos. Esto, porque los vientos fríos al entrar en contacto con las aguas tibias del Golfo de México absorben mucha humedad que precipita posteriormente al entrar el frente frío a tierra en el sur del Golfo. Estas precipitaciones son las causantes de los aportes fluviales durante invierno.

### Análisis Matemáticos de Correlación

En la Figura 16, se muestran las curvas obtenidas para la correlación entre el logaritmo natural de la captura pesquera (Ton) contra el logaritmo natural de la descarga de los ríos (miles de m<sup>3</sup>). Además de la curva obtenida para cada estado, se muestran los coeficientes de correlación (r) y el nivel de significancia (P) para cada estado. En la figura no se incluye Tamaulipas, por no haberse encontrado una relación con significancia estadística, ni Yucatán, por la ausencia de ríos.

En la Figura 17 se muestra la curva obtenida del análisis de correlación entre el logaritmo natural de la captura (Ton) sobre el área de lagunas costeras y estuarios (Km<sup>2</sup>) contra el logaritmo natural de la descarga fluvial. De igual forma se muestra el coeficiente de correlación (r) y su nivel de significancia estadística (P).

En la Tabla 4, se muestran los puertos pesqueros que se consideraron en el análisis de correlación entre el logaritmo natural de la captura pesquera (ton) y el área de vegetación costera adyacente. El resultado de dicho análisis se muestra en la Figura 18, con su coeficiente de correlación (r) y nivel de significancia estadística (P).

En la Figura 19, se muestra la captura pesquera de Progreso, la variación del nivel del mar para dicho puerto y la recta obtenida del análisis de correlación entre ambos parámetros.

En las Figuras 20, 21 y 22 se compara el comportamiento de la captura de algunos grupos de peces durante cruceros oceanográficos con el comportamiento de algunos parámetros medioambientales, mostrándose a la vez el análisis de correlación para cada caso.

En la Tabla 5, se muestran los datos de captura de camarones peneidos, la extensión de vegetación costera y la latitud para varias localidades del mundo, los datos son los mismos que presenta Turner (1977), agregándose además los datos de Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. En la Figura 22 se muestra el resultado del análisis de correlación entre la captura sobre la extensión de vegetación costera contra la latitud.

## DISCUSIÓN

### Estadísticas Pesqueras

Las estadísticas de la Secretaría de Pesca pueden estar sometidas a variaciones ajenas a las fluctuaciones naturales del recurso pesquero. Estas variaciones se deben a varias razones, las cuales están fuera del interés del presente trabajo.

Para el trabajo que se realizó las únicas estadísticas disponibles son estas estadísticas oficiales. Es por esto que en

los análisis realizados existe una fuente de error que no se puede estimar, pero que se considera un error sistemático que no afecta el planteamiento de hipótesis de estos estudios.

### Análisis de Correlación

Se realizaron únicamente análisis de correlación lineal, que no se debe confundir con análisis de regresión lineal. Este tipo de error es muy común ya que en ambos análisis se utiliza el mismo método, la Línea de Mínimos Cuadrados. Existen varias diferencias entre ambas formas de análisis, siendo las principales las siguientes: a) En la regresión lineal el investigador controla a una de las dos variables (Variable  $x$  o independiente), en la correlación lineal ninguna de las variables está bajo el control del investigador; b) en la regresión se considera que para cada valor de la variable independiente ( $x$ ) existe una subpoblación de valores de la variable dependiente ( $y$ ), en la correlación se considera que ambas variables tienen una distribución conjunta conocida como "distribución normal de dos variables"; y c) el fin del análisis de regresión es conocer la forma de la relación entre las variables (para poder hacer predicciones), mientras que el fin del análisis de correlación es conocer la intensidad de la relación (Daniel, 1977)

Lo anterior es importante pues en este trabajo no se pretenden hacer predicciones de la captura pesquera en base al comportamiento de factores de la zona costera, sino establecer que factores determinan las variaciones en la distribución y abundancia del recurso pesquero. El paso siguiente, será la simulación, el análisis de sistemas y la predicción numérica, para lo cual los autores continúan trabajando.

Los análisis de correlación se evaluaron con base en el valor del coeficiente de correlación ( $r$ ) con respecto al número de pares de datos analizados, en las figuras se muestran estas evaluaciones, indicando la significancia estadística correspondiente. Por otra parte se hicieron análisis de variancia, ya que esta prueba es más robusta que la anterior, en el Anexo I se muestran las tablas correspondientes a esta prueba.

Parece discutible el hecho de haber realizado los análisis de correlación de las capturas pesqueras por estados, contra los distintos factores medioambientales, pues las poblaciones biológicas no conocen límites políticos. La razón de haber trabajado así se debe a que en el Golfo de México las flotas pesqueras no realizan grandes movimientos, la mayor es la flota camaronera de Cd. del Carmen, la cual pesca, principalmente frente a la Laguna de Términos, pudiéndose adentrar hacia el oeste. Además de lo anterior, gran parte de las capturas registradas son de pesca costera y/o ribereña, lo cual es fácil de observar viendo la composición de las capturas (Soberón-Chávez, 1985). Como ejemplo, según datos de la Secretaría de Pesca, el puerto que tuvo mayor captura en el Golfo de México en 1981 fue Villa Cuauhtemoc, Ver. con una captura de 18 800



toneladas, de las cuales alrededor del 73 % correspondieron a la captura de ostión.

Por lo anterior se consideró que manejar los datos de captura por estado no causaría errores graves y, por otra parte, sus variaciones reflejarían el comportamiento local del recurso.

### Descarga Fluvial

Las estadísticas de descarga fluvial no están completas para todos los ríos, por esto los datos de descarga de Tamaulipas y Veracruz para los años de 1978 en adelante están estimados, lo mismo es cierto para los datos de Tabasco y Campeche de 1980 y 1981. En cualquier caso en los análisis no se incluyeron estas estimaciones. No obstante, existen buenas estadísticas para este parámetro durante 10 años (Soberón-Chávez, 1985).

La Figura 10, muestra la comparación entre la captura pesquera y la descarga fluvial, en cada caso se ve una relación entre las descargas, sólo en Tamaulipas no se encuentra dicha relación. Es notorio que a pesar de que la descarga fluvial es mayor en Tabasco su captura es menor que la de Campeche y Veracruz. Esto se puede explicar recordando que la infraestructura pesquera de Tabasco es aún pobre, mientras que la flota de Cd. del Carmen, Camp. es bastante grande, extendiendo su zona de captura a aguas de Tabasco. Por lo cual se incluye una comparación de las capturas pesqueras y la descarga fluvial de ambos estados, encontrándose una marcada relación. Se muestra también Yucatán, que tiene capturas considerables, a pesar de no contar con ríos, en dicho estado la dinámica del sistema es diferente, estando más influenciado por procesos marinos, como se verá más adelante. En la Figura 11, se muestra la misma comparación pero en esta ocasión para el total del Golfo de México, notándose la misma relación.

Lo anterior se corrobora con el análisis de correlación para las capturas pesqueras de cada estado contra su descarga fluvial, ambas en forma logarítmica (Fig. 16). Sólo Veracruz muestra una correlación baja, siendo bastante alta para Tabasco, Campeche y para los datos conjuntos de Tabasco-Campeche.

El flujo de agua dulce puede afectar la producción natural debido a: 1) transporte de nutrientes, 2) transporte de detritos, 3) transporte y depositación de sedimentos, 4) reducción de la salinidad y, 5) transporte y mezcla de masas de agua (Goldberg, 1971, Browder y Moore, 1981; Armstrong, 1982).

En el Golfo de México drenan las dos descargas fluviales más grandes de toda América del Norte; el río Mississippi que es la mayor y el sistema Grijalva-Usumacinta en las costas de México. Correlativamente en ambas regiones de la plataforma continental adyacente se presentan los principales niveles de producción de recursos demersales (Moore *et al.*, 1970; Darnell *et al.*, 1983; Yáñez-Arancibia, 1984a; Sánchez-Gil, 1985), como consecuencia del

efecto ecológico de la descarga en la producción natural de la plataforma continental interna.

En las aguas del Golfo drena la mayor parte del país (Fig. 3), ocurriendo las mayores descargas de agosto a octubre (Fig. 9). Esto se correlaciona de manera evidente con los meses subsecuentes de mayor captura de recursos demersales.

Por otra parte los ríos y cuerpos de agua dulce son hábitats importantes en la zona costera. En estos se presentan diversos tipos de productores primarios. Son comunes los lirios acuáticos (*Eichhornia crassipes*) y las microalgas en la columna de agua y, en el fondo algunos pastos sumergidos como *Valisneria*, *Cabomba*, *Potamogeton* y *Ruppia*, y microalgas del grupo de las Clorofitas y Cianofitas. En la Figura 25, se destaca la importancia de los lirios acuáticos y los pastos en este medio dulceacuícola. Los consumidores principales son de tres grupos; zooplancton (i.e., Cladóceros y Rotíferos), bentos (i.e., Chironomidae cuyas larvas pueden estar en la columna de agua desde la superficie hasta el fondo, y Tubificidae, típicos gusanos del fondo, entre otros) y peces (i.e., Siluridae bagres de agua dulce, Cíclidae mojarra de agua dulce, Ciprinodontidae y otros). Dentro de este hábitat se encuentran otros organismos como reptiles, anfibios y aves, que no se incluyen en el modelo de la Figura 25 (Amezcuca Linares y Yáñez-Arancibia, 1980; Day *et al.*, 1973, Costansa *et al.*, 1983).

Los ríos se caracterizan por su baja producción primaria. Sin embargo, sostienen una gran cantidad de organismos por la gran cantidad de detritos y nutrientes que contienen sus aguas (Lugo y Morris, 1982). En el diagrama de la Figura 25 se muestran las principales variables que influyen en la producción de estos cuerpos dulceacuícolas, destacándose los factores climático-meteorológicos, la descarga fluvial (i.e., ríos en la Figura 25), la extensión de vegetación adyacente (i.e., pantanos) y procesos marinos (i.e., circulación litoral, mareas y nivel del mar) que determinan la extensión de este tipo de hábitat. De igual forma se señala que estos ambientes son sistemas que importan y exportan materia y energía dependiendo del sentido de las interacciones ecológicas y de su magnitud.

En el Sur del Golfo de México es una característica constante el establecimiento de deltas, determinados por procesos costeros, predominantemente de condiciones fluviales, en la parte interior de amplias lagunas costeras (West *et al.*, 1976; Gutiérrez Estrada *et al.*, 1982; Gutiérrez Estrada y Galaviz Solís, 1983). Esto predispone y condiciona en gran medida la heterogeneidad ambiental y gradiente de hábitats desde los pantanos hacia la plataforma continental.

#### Área de Lagunas Costeras y Estuarios

La Figura 12, compara la extensión de lagunas costeras y estuarios con la captura pesquera, a nivel de esta figura se observa una relación entre ambos factores. No obstante al buscar

la correlación entre el cociente de la captura pesquera sobre áreas de lagunas y estuarios con la descarga fluvial se encontró una correlación muy elevada (Fig. 17).

Esto es fácil de comprender ya que la vida marina de las regiones costeras cercanas, e incluso de mar afuera, se congregan en los estuarios y pasan ahí distintas etapas de sus ciclos de vida. Como consecuencia de esta actividad los estuarios son responsables del sostenimiento de alguna etapa del ciclo de vida de más del 90% de las especies marinas que tienen valor económico (Lugo y Morris, 1982). En el Golfo la mayor superficie de estos cuerpos de agua se encuentran en Tamaulipas y en Campeche (Fig. 12), y Sánchez-Gil *et al.* (1981, 1985), Yáñez-Arancibia *et al.* (1983b, 1984b) y Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1985) discuten que al menos el 75 % de las poblaciones de peces dominantes son dependientes estuarinos en la plataforma continental del Sur del Golfo de México.

Estas áreas -como sistema ecológico- juegan un papel importante porque ofrecen protección, zonas de reproducción, alimentación y crianza, y sirven como patrones de migración de las especies costeras.

Además, el sistema lagunar-estuarino es altamente productivo, contando con muchas fuentes de nutrientes y eficientes medios de conservación. Existen varios tipos de productores primarios programados estacionalmente, de forma tal que siempre existe producción primaria alta (Day y Yáñez-Arancibia, 1982). En la Figura 26 se destacan al fitoplancton (diatomeas y dinoflagelados), pastos sumergidos (*Thalassia testudinum*) y la complejidad de hábitat que involucran, así como macroalgas (Phaeophitas y Rhodophitas). Los consumidores se encuentran agrupados en zooplancton (copépodos, larvas y huevos de diversas especies holo y meroplanctónicas), bentos (arrecifes de ostión, otros moluscos, crustáceos, poliquetos, etc.) y gran variedad y abundancia de peces.

La vida marina de la plataforma continental interna en gran medida se congrega en los estuarios donde pasa allí distintas etapas de sus ciclos de vida. De igual forma existen especies dulceacuícolas que utilizan los estuarios y aun otras que residen permanentemente en estos hábitats. En la Figura 26, se destacan los hábitos migratorios.

En el diagrama de la Figura 26 se muestran las variables que influyen en la producción de este hábitat, estas variables son; factores climático-meteorológicos, ríos, corrientes litorales, pantanos, mareas, nivel del mar y extensión de la cuenca lagunar estuarina (como lagunas costeras y estuarios).

Recientemente Yáñez-Arancibia (1984b) ha integrado y sintetizado tópicos selectos sobre la ecología de la zona costera, y señala que estos ecosistemas funcionan sobre la base de una balanceada matriz de interacciones bióticas; este balance natural es también altamente vulnerable al impacto del hombre.

La complejidad de la matriz biótico-ambiental, el acoplamiento de factores físicos y biológicos, las alternativas diversas del flujo energético, y las adaptaciones biológicas de los organismos, otorgan a este tipo de sistemas características de estabilidad ecológica en un ambiente físicamente variable; pero frágil a los cambios inducidos por el hombre. La productividad natural se debe a numerosos subsidios de energía y a diferentes alternativas programadas de la actividad de los productores primarios y consumidores. Los procesos físicos y biológicos enriquecen estos ecosistemas, y la mayoría de las especies han adaptado estrategias reproductivas, alimentarias, y patrones de migración, a este marco ambiental, siendo estos algunos de los aspectos ecológicos que ayudan a explicar la productividad de los recursos demersales de la plataforma continental interna.

### Vegetación Costera

En la Figura 12, se aprecia que la de vegetación costera con más extensión se encuentra en Tabasco y Campeche, seguidos de Veracruz y Yucatán. Si se observa la Figura 2 se verá que esto es debido a los extensos pantanos existentes de Alvarado, Ver. a la Laguna de Términos que encuentran en esta región condiciones aptas para su desarrollo dada la enorme extensión de las planicies fluviales, el aporte de nutrientes e inundaciones periódicas por parte de los ríos y la alta precipitación en el sur del Golfo de México (Fig. 14).

En la Figura 18, se muestra la elevada correlación entre la extensión de vegetación costera y la captura de puertos adyacentes.

En este trabajo se incluye como vegetación costera a pantanos de agua dulce (pastos de pantano, bosques de la planicie costera), y pantanos salobres y marinos (pastos marinos y manglares). La producción y exportación de materia orgánica de estos sistemas es de gran valor para otros sistemas acuáticos vecinos. Allí se utiliza esta fuente de energía como aporte al metabolismo de sus consumidores (Lugo y Morris, 1982). Sobre esto Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983a, 1983b) estiman que los manglares exportan materia orgánica a los cuerpos de agua adyacentes en razón de 3 ton/Ha/año; asumiendo que se exporta sólo entre el 10 y el 20 % del material foliar producido en el manglar, considerando que por lo menos 10 % de esto es transformado en tejido de peces y otros organismos marinos. En las costas de Florida el aporte de materia orgánica de manglares a los ecosistemas costeros puede llegar a ser de 8 ton/Ha/año (Heald, 1970 y Heald *et al.* 1974; Odum y Heald 1972, 1975a, 1975b); y en las costas de Campeche puede ser de 15 a 18 ton/Ha/año (Day *et al.*, 1982a), además que la exportación a la Sonda de Campeche puede llegar a ser hasta del 25 % dependiendo de procesos climático-meteorológicos locales y de la descarga fluvial y estuarina. En el área de estudio la mayor extensión de pantanos se encuentra en la región de Tabasco-Campeche (Fig. 12).



La similitud de procesos cósteros en Tabasco y Campeche (West *et al.*, 1976), parece ser uno de los principales factores que determina similitudes en los procesos deltaicos y pantanosos de la región, así como en los procesos biológicos similares en los litorales de dichos estados.

Como se mencionó anteriormente en este tipo de ambientes se incluyen pantanos de agua dulce (i. e. vegetación de pantano en la Figura 27) y pantanos salobres y marinos (i. e., pastos marinos y manglares). Las inundaciones periódicas que caracterizan este tipo de hábitats alteran diversos procesos fisiológicos que exigen energía, por lo cual la diversidad de vegetales es relativamente poca. La principal diferencia entre ambos tipos de pantanos es la adaptación a la salinidad, lo que causa una menor diversidad en los pantanos salobres y marinos y que los pantanos de agua dulce sean excluidos de zonas sometidas a la influencia de las mareas (Day y Yáñez-Arancibia, 1982; Lugo y Morris, 1982; Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b). A pesar de lo anterior, los vegetales adaptados a las condiciones mencionadas se encuentran en una situación muy favorable para su crecimiento en cualquiera de los dos tipos de pantanos.

En el diagrama de la Figura 27 se incluye a los productores de ambos tipos de pantanos. La vegetación de pantano se refiere a los pantanos de agua dulce y los manglares a los salobres y marinos. En ambos se encuentra una gran variedad de consumidores (como gastrópodos, crustáceos, insectos, aves, reptiles y mamíferos) que se incluyen en un sólo grupo; destacando así la gran producción de detritos y su exportación. En dicho modelo se muestran las distintas variables que actúan sobre este hábitat, como son factores climático-meteorológicos, ríos, área de este tipo de vegetación (i. e., pantanos en la Figura 27), mareas y variación del nivel del mar. Se destaca también la exportación de detritos a sistemas adyacentes.

Es abundante la literatura sobre el papel ecológico del detritos en la organización estructural de los ecosistemas cósteros, particularmente las estructuras tróficas (Heald, 1974; Odum y Heald, 1975a, 1975b; Day y Yáñez-Arancibia, 1982). El detritos ha sido reconocido en los últimos 10 años como la piedra angular de producción de energía para distintos niveles tróficos, y probablemente el lugar que le corresponde en las tramas alimentarias determina que requiera de estudios específicos a nivel de análisis de sistemas; la estructura y función de ecosistemas pantanosos parece estar controlada por esta materia orgánica asociada con sedimentos y microbiota. (Day *et al.*, 1973; Mann, 1973, 1984; Yáñez-Arancibia, 1978, 1981; Nixon, 1980; Vargas Maldonado *et al.*, 1981; Newell, 1982, 1984 y Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1983). Así como también el vínculo entre la cadena trófica del detritos y la cadena trófica del pastoreo pueden ser un importante factor ecológico para la producción secundaria de consumidores neotónicos (Yáñez-Arancibia, 1978, 1981; E. P. Odum, 1980; Williams, 1984; Mann,

1984; Angel, 1984; Jansson *et al.*, 1984; Paloheimo *et al.*, 1984), especialmente del punto de vista de interacciones ecológicas estuario-plataforma.

### Mareas

En la Figura 13, se muestra el comportamiento de la amplitud de mareas en diferentes puertos del Golfo de México. A nivel de capturas comerciales no se pudo demostrar ninguna correlación significativa entre dichas capturas y la amplitud de mareas.

Sin embargo, no hay que desechar la importancia de este parámetro ya que las mareas son el mecanismo principal que causa la incursión de agua marina hacia el interior de la costa. Son el agente que determina hasta donde se pueden establecer los pantanos salobres (pastos marinos y manglares). Las intrusiones periódicas a su vez excluyen las plantas carentes de adaptaciones para soportar la salinidad (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b), como también determinan algunos ambientes sedimentarios y el establecimiento de macrofauna marina típica. Las mareas afectan la circulación estuarina por el mezclado turbulento que causan y son muy importantes en las interacciones físicas y biológicas entre las lagunas costeras y estuarios y hábitats adyacentes (Darnell y Soniat, 1978; Day y Yáñez-Arancibia, 1982). La amplitud de mareas en el Sur del Golfo de México es menor a 50 cm con excepción de la península de Yucatán (Fig. 13).

Como el rango de Mareas es poco marcado en el litoral mexicano del Golfo, su efecto ecológico es sólo significativo cuando la zona costera se caracteriza por tener bajos, extensas llanuras de inundación y pantanos y una marcada estacionalidad en la descarga de ríos. Desde luego no sólo las mareas son los únicos factores físicos responsables de la penetración de agua de mar hacia ecosistemas de aguas protegidas, también los vientos y la circulación costera pueden magnificar el efecto, o en ocasiones atenuarlo.

### Nivel del Mar

En la Figura 13, se presenta el comportamiento del nivel del mar en puertos importantes del Golfo de México. Aunque la variación del nivel del mar es poca hay que considerar que en planicies costeras con reducida pendiente y poca influencia fluvial, un aumento de pocos centímetros en el nivel del mar se reflejaría en la inundación de una gran extensión de terreno. Por ejemplo en la planicie costera del norte de la península de Yucatán se requieren 3100 metros tierra adentro en promedio para alcanzar 1 metro sobre el nivel medio del mar, si aumenta 15 centímetros sobre dicho nivel medio, el agua penetraría 465 metros tierra adentro. Lo anterior explica el porque de las grandes extensiones de manglar en dicha península.

Lo anterior también explica porque las capturas de Progreso muestran una gran correlación con las variaciones del nivel del mar, como lo muestra la Figura 19.

La variación del nivel del mar puede tener importancia considerable en el intercambio entre la plataforma continental y las lagunas costeras y estuarios adyacentes (Schwing *et al.*, 1983). Day *et al.* (1973, 1982b) señalan el papel que tiene el nivel del mar en el intercambio biológico entre la plataforma continental y los pantanos en Louisiana produciendo un importante efecto ecológico en la región. En el área de estudio el nivel del mar aumenta a partir de agosto, disminuyendo después de diciembre (Fig. 13).

### Meteorología y Clima

Las medias mensuales de precipitación, y en la tabla 9 se muestra las medias mensuales de la temperatura ambiental, de los puertos del Golfo de México que se manejan en este trabajo se encuentran en Soberón-Chávez (1985). Dichos datos se encuentran graficados en la Figura 14. Por otro lado, la Figura 15, muestra la frecuencia de días con "nortes" tal como son registrados en Veracruz, Ver.

No se encontró correlación entre estos factores y la captura pesquera, pero no por eso dejan de tener importancia. Se debe considerar que estos factores están ligados directamente con otros parámetros de la zona costera que influyen en la abundancia del recurso pesquero. Por ejemplo, las variaciones del nivel del mar están influenciadas en gran medida por cambios en la presión atmosférica, que a su vez determinan la presencia de "nortes". Por otro lado los frentes fríos que denominamos "nortes" al entrar en contacto con las aguas del Golfo se calientan adiabáticamente, con lo cual aumenta su capacidad de carga de agua. Esta agua acarreada por los "nortes" se precipita en las tierras del Sur del Golfo de México, en forma de chubascos que acompañan a los "nortes". La presencia de estas lluvias de invierno es responsable de que los ríos del litoral del sur del Golfo no presenten la extrema estacionalidad de los ríos del litoral del Pacífico Mexicano (Emilsson, comunicación personal).

En regiones con pantanos litorales los escurrimientos causados por la precipitación son un factor importante que contribuye a la exportación de materia orgánica desde los pantanos hacia los cuerpos de agua adyacentes, tanto por descarga directa como por efecto de erosión y transporte. Los periodos de mayor precipitación están asociados a los periodos de mayor transporte de materia orgánica en las cuencas donde los flujos de mareas son débiles (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983a, 1983b).

En el litoral mexicano del Golfo de México, las mayores precipitaciones ocurren en el extremo sur (Fig. 4b), con los mayores volúmenes de junio a septiembre (Fig. 14). Durante el invierno, los "nortes" influyen en el patrón de corrientes

litorales, que a su vez afectan la interacción entre los pantanos, los estuarios y la plataforma continental, influenciando la producción de la zona. En el Golfo de México la mayor frecuencia de días con "nortes" es de octubre a enero-febrero (Fig. 15). Recientemente se han establecido algunos planteamientos importantes en relación a la interacción de procesos climático-meteorológicos en la ecología de la zona costera (Stone *et al.*, 1978; Deegan *et al.*, 1984a, 1984b; Jansson *et al.*, 1984). El principal enfoque se ha orientado hacia la integración o acoplamiento entre los procesos físicos (normalmente influenciado por el clima y la meteorología) y los biológicos.

### Circulación Litoral

Puesto que algunas especies comerciales en el Golfo, como engraulidos, clupéidos y camarones, desovan en el mar y dependen de las corrientes para transportar las larvas a las zonas estuarinas de crianza, los patrones de transporte en los momentos críticos son importantes para su supervivencia (NOAA, 1983). En el Golfo de México las corrientes desde el Caribe permean por el Canal de Yucatán, ensanchándose y ramificándose a medida que se internan por el Golfo. Durante el invierno los "nortes" intensifican las contracorrientes que ocurren en la parte occidental y meridional del Golfo y pueden causar una corriente que se dirige hacia el sur (Secretaría de Marina, 1974). Aún cuando existe amplia información el sistema de corrientes en el Golfo de México (Leipper, 1954; Bessonov, 1971; Capurro, 1972; Nowlin, 1972; Emilsson, 1976; Vázquez de la Cerda, 1977), no se dispone de suficientes detalles sobre del patrón de corriente y contracorrientes litorales del Sur del Golfo de México. Esto reviste más importancia que la que inicialmente se le ha dado, pues no sólo los peces en cierta edad dependen del sistema de corrientes para su distribución latitudinal, sino que también las corrientes tienen un papel significativo en la plataforma interna para la distribución de sedimentos, materia orgánica y microorganismos, lo cual puede ser un factor determinante en los niveles de producción.

Finalmente sería conveniente comentar sobre las características de la plataforma continental. En este hábitat, el principal productor primario es el fitoplancton, el cual se considera en el diagrama de la Figura 28, y en menor grado las macroalgas y pastos marinos en zonas claras con sustrato arenoso o rocoso. Al igual que en el caso anterior los consumidores se agrupan en: zooplancton (copépodos, cnidarios y larvas de peces, moluscos y crustáceos, entre otros), bentos (equinodermos, crustáceos, moluscos y poliquetos) y diversos y abundantes grupos de peces (Flint, 1983; Costanza *et al.* 1983).

Este hábitat está subsidiado generalmente por hábitats adyacentes. En regiones con marcada influencia fluvial la plataforma continental importa nutrientes y detritos procedentes de los ríos, los pantanos y las lagunas costeras y estuarios.



Cabe señalar que en regiones de poca influencia fluvial, donde los procesos marinos dominan sobre los continentales la plataforma continental no sólo puede carecer de subsidios, sino que además puede estar subsidiando hábitats adyacentes.

En el diagrama de la Figura 28 se destaca la influencia de los factores climatico-meteorológicos, ríos, circulación litoral, pantanos, amplitud de mareas, nivel del mar, lagunas costeras y estuarios, como factores físicos de interacción ecológica en la estructura de los ecosistemas costeros en el Sur del Golfo de México.

Inicialmente Darnell y Soniat (1979) han hecho una extensa discusión sobre la integración ecológica de "estuarios-bocas de conexión-plataforma continental". Este enfoque es de particular importancia para entender los procesos biológicos y ambientales en la zona costera a macroescala. Yáñez-Arancibia *et al.* (1984c) desarrollan planteamientos de hipótesis y conceptos sobre el vínculo de la plataforma continental y las lagunas costeras y estuarios a través de bocas de conexión. Recientemente Yáñez-Arancibia (1984b) integra y sintetiza estos planteamientos en algunos ejemplos para el Sur del Golfo de México, señalando que los sistemas lagunares estuarinos y la plataforma continental adyacente, conjuntamente con las bocas estuarinas de conexión, conforman un reconocido sistema ecológico de alta complejidad. Los diversos hábitats en gradientes heterogéneos se relacionan por diferentes rutas, a menudo predecibles como lo señalado en los diagramas ecológicos de las figuras 25 a 28. Es evidente, analizando esos diagramas que se involucran aquí procesos de transporte y mezcla, movimientos migratorios, cambios morfofisiológicos propios en el desarrollo del ciclo biológico de las especies (p. ej. huevos y larvas planctónicos de peces adultos), como también en hábitos alimenticios, y variaciones químicas de las condiciones hidrológicas, por nombrar algunos fenómenos evidentes. La radiación solar, la pluviometría, los procesos meteorológicos, y la evaporación, entre otros, controlan la influencia externa de los componentes ecológicos de estos ecosistemas. Pero también los patrones sedimentarios, el aporte de los ríos y el efecto marino a través de olas, mareas y corrientes litorales, condicionan también el marco físico de interacciones ecológicas que controlan la distribución, abundancia y persistencia de los niveles de producción secundaria de recursos demersales marino costeros. Por ello se les denomina "Mecanismos de Producción Natural".

### Capturas en Cruceros Científicos

En la Figura 6, se muestran las estaciones de los cruceros OPLAC/Pl a 6, así como los dos subsistemas de la sonda de Campeche definidos Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil (1983).

Puede ser discutible el hecho de trabajar con grupos de especies (como se hizo en este trabajo) y no con especies en forma individual. La razón por la cual se trabajó con grupos es

que se deseaba ver como variaba la abundancia de algunos grupos de especies que en conjunto forman pesquerías establecidas en el sur del Golfo de México. Anteriormente ya se ha trabajado de esta forma, Turner (1977) realiza un análisis de correlación entre el cociente de la captura de camarones peneidos entre extensión de vegetación intermareal con la latitud, en dicho análisis trabaja con varias especies de camarones de dicha familia.

Otro factor a considerar es el número de datos con los que se realizaron estos análisis, trabajar así puede causar que no habiendo correlación el análisis muestre que sí lo hay, o lo contrario, dado que las variaciones al azar de una muestra pequeña son más significativas (por esta misma razón no se incluyen análisis de variancia de esta sección en el Anexo I). En este punto cabe señalar que la intención de trabajar con los datos de captura en Cruceros Oceanográficos es ver si a un nivel local se puede detectar el efecto de factores medioambientales manejados a nivel de todo el sur del Golfo de México.

En este análisis se encuentra que la abundancia de bagres (*Arius felis* y *Bagre marinus*, Fig. 20) esta relacionada en forma inversa con la descarga fluvial de la Laguna de Términos, esto se debe a que durante la época de mayor descarga los bagres se acercan a la línea de costa, inclusive penetrando a dicha laguna (Lara-Domínguez et al., 1981). Por su parte las sardinias (*Opisthonema oglinum*, *Harengula jaguana* y *Sardinella aurita*, Fig. 21) muestran una relación directa con la descarga fluvial, lo cual es reflejo del impacto de las aguas continentales, ricas en nutrientes, sobre la productividad de las aguas de la plataforma continental (Sánchez-Gil et al., 1981). Finalmente las chernas (*Epinephelus niveatus*, *E. nigritus*, *E. guttatus* y *Epinephelus* sp, Fig. 22) no muestran relación con la descarga fluvial, debido a que estos peces son más abundantes en la región carbonatada, de menor influencia fluvial, de la Sonda de Campeche. Pero en cambio muestran una relación aparente con el comportamiento de mareas de Campeche, lo cual no es sorprendente dado que en dicha región la amplitud de mareas promedio es mayor a los 70 centímetros.

### Regiones

En esta sección se incluye un análisis de las distintas regiones del litoral del Golfo de México. Dichas regiones fueron definidas con base en el comportamiento de los distintos factores que se analizaron en este trabajo.

#### Región I. Tamaulipas

Incluye desde el río Bravo hasta el río Pánuco. Es una región semi árida, con poca precipitación (Fig. 4a y 4b). A pesar de contar con pocos ríos, el Pánuco tiene gran importancia local con una descarga de  $17.2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año, ubicándolo como el tercero en importancia en el litoral mexicano del Golfo de

México. La laguna Madre es la principal característica fisiográfica y geomorfológica de esta región. En la época de secas (febrero a mayo) cabe esperar salinidades superiores a las 35 ppm, por el poco aporte fluvial, la baja precipitación y la alta evaporación. Se caracteriza además por la ausencia de vegetación litoral, debido a la poca influencia fluvial para el establecimiento de pantanos de agua dulce. A su vez la reducida amplitud de mareas, limita el establecimiento de pantanos de influencia marina como manglares.

En esta región se encuentran establecidas importantes pesquerías, de camarón (más de 4 mil ton/año en promedio) y de peces (más de 9 mil ton/año en promedio), siendo también importante la pesca del ostión (2 828 ton/año en promedio) en las cercanías del río Pánuco.

La Figura 29, muestra el diagrama de esta región. Se incluyen productores de la plataforma continental, lagunas costeras y estuarios y ambientes dulceacuícolas. Se destaca la importancia del detritos y las variables que influyen en su formación y transporte, así como las variables que afectan a los consumidores marinos, lagunares-estuarinos y dulceacuícolas. El diagrama conduce finalmente a la actividad pesquera como consecuencia ecológica de las interacciones involucradas. Las variables que se destacan son:

1. **Factores Climático-Meteorológicos.** Estos factores no influyen en forma directa, sino sobre otras variables que afectan directamente a la producción. Los vientos predominantes del sureste y los "nortes" durante invierno, influyen sobre el patrón de circulación. Las lluvias influyen directamente sobre la descarga fluvial. La mayor precipitación ocurre de junio a septiembre (Fig. 14), con precipitaciones menores a 1000 mm/año (Fig. 4b).
2. **Ríos.** Como ya se mencionó existen pocos ríos en la región, siendo estacionales con poco flujo. La descarga fluvial total es de  $18.5 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año de los cuales mas del 90 % corresponden al río Pánuco (Fig. 9). La descarga de los ríos no muestra una relación estrecha con la captura pesquera (Fig. 10), aunque existen pesquerías relacionadas con los ríos, como es el caso del ostión.
3. **Circulación Litoral.** Las corrientes en la costa tienen velocidades de alrededor de 1 nudo (Secretaría de Marina, 1974). La dirección de estas corrientes de enero a agosto tienen dirección hacia la costa y al norte, mientras que de septiembre a diciembre tienen dirección hacia la costa y al sur (NOAA, 1983).
4. **Mareas.** Las mareas son diurnas (Figs. 5) con poca amplitud menor a 50 cm (Fig. 10), por lo que su influencia no es marcada, aunque la interacción entre la Laguna Madre y la plataforma continental esta determinada en gran medida por este parámetro.

5. Nivel del Mar. La variación entre el punto máximo y mínimo del nivel del mar, no sobrepasa los 30 cm, alcanzando su punto máximo en octubre y el mínimo en febrero (Fig. 13). Al igual que en el caso anterior, estas variaciones intervienen en la interacción lagunas costeras-plataforma continental.
6. Lagunas Costeras y Estuarios. Cuenta con la mayor extensión de lagunas costeras y estuarios (Fig. 12), con un área de 2 148 km<sup>2</sup>, de los cuales más del 80% corresponde a la Laguna Madre.

## Región II. Sur del Golfo de México

Se extiende desde el sur del río Pánuco hasta la boca oriental de la Laguna de Términos (Boca de Puerto Real). Cuenta con una gran cantidad de ríos, como el Papaloapan ( $19.1 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año) y el sistema Grijalva-Usumacinta ( $59.4 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año) e importantes lagunas costeras, como Laguna de Tamiahua (800 km<sup>2</sup>) y Laguna de Términos (1 567 km<sup>2</sup>) sin considerar los pantanos asociados y sistemas fluvio-lagunares. También se caracteriza por las extensas zonas de vegetación de pantano y manglares, en especial en las llanuras de inundación del sistema de los ríos Grijalva-Usumacinta y los alrededores de Laguna de Términos. Las principales pesquerías en esta región son: el camarón (alrededor de 14 mil ton/año), peces (con una captura superior a 39 mil ton/año), ver Figura 8.

En el diagrama de la Figura 30, se muestran los principales productores, así como el papel de los detritos y los consumidores, hasta terminar en la actividad pesquera. Las principales variables que afectan esta región son:

1. Factores Climático-Meteorológicos. El clima es subhúmedo en su parte occidental y húmedo en la parte sur (Fig. 4a), con precipitaciones de hasta 4 500 mm/año (Fig. 4b), con las mayores precipitaciones en verano (Fig. 14). Los "nortes" en invierno afectan esta región al llegar en forma perpendicular a las costas, afectando así el intercambio entre pantanos, lagunas costeras y la plataforma continental. Estos vientos afectan también la circulación litoral, la mayor frecuencia de días con "nortes" se presenta de octubre a enero (Fig. 15).
2. Ríos. Como ya se mencionó existe una gran cantidad de ríos, con una descarga total anual promedio mayor a  $100 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año. Las mayores descargas se presentan de junio a noviembre (Fig. 9). Mostrando una gran relación con las capturas pesqueras (Figs. 10 y 15).
3. Circulación Litoral. Las corrientes litorales tienen velocidades menores a 1 nudo (Secretaría de Marina, 1974), con dirección predominante este-oeste en verano e invierno, aunque en esta última estación los "nortes" pueden causar una contracorriente con dirección oeste-este.



4. **Pantanos.** La mayor extensión de pantanos en el litoral mexicano del Golfo se encuentra en esta región (Fig. 2), con una extensión de alrededor de  $3\,300\text{ km}^2$ , concentrada principalmente en las planicies de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta, así como en las zonas adyacentes a la Laguna de Términos. La extensión de estos cuerpos de vegetación, condiciona los niveles de producción en muchos puertos (Fig. 18).
5. **Mareas.** Las mareas son predominantemente diurnas aunque en Ciudad del Carmen la marea es mixta diurna (Fig. 5) la amplitud de mareas es reducida, menor a 50 cm (Fig. 11). Debido a la marcada influencia fluvial las mareas no tienen tanto efecto, aunque su papel es importante en el periodo del año de menor descarga fluvial.
6. **Nivel del Mar.** La diferencia entre el punto máximo y el punto mínimo del nivel del mar no llega a 40 cm (Fig. 13). Al igual que las mareas su efecto se ve atenuado por la influencia fluvial.
7. **Lagunas Costeras y Estuarios.** Como se mencionó anteriormente, existe una gran cantidad de lagunas costeras y estuarios, la extensión de estos cuerpos de agua es mayor a  $2\,500\text{ km}^2$ . Estos cuerpos de agua influyen en la producción pesquera como se demuestra en la Figura 17.

### Región III. Península de Yucatán

Esta última región se extiende desde el oriente de la Boca de Puerto Real hasta Cabo Catoche. Sus principales características son su amplia plataforma continental carbonatada y la ausencia casi total de ríos—sólo se incluye el río Champoton (descarga de  $4 \times 10^7\text{ m}^3/\text{año}$ )—, ya que esta península cuenta con una topografía karstica que impide su desarrollo. El clima es subhúmedo con lluvias en verano. A pesar de lo anterior en casi todo el litoral se encuentran desarrollados extensos manglares, pero corresponden a pantanos de elevada salinidad.

La principal pesquería son los meros, con una captura promedio cercana a las 10 mil ton/año, que equivale a más del 97 % de la captura de este grupo de peces en el litoral mexicano del Golfo. La captura total promedio de peces es mayor a las 18 mil ton/año.

El diagrama de la Figura 31, muestra las principales variables físicas que actúan en la producción de esta región, de igual forma se muestra a los principales productores, el papel del detritos y la ruta que termina en la actividad pesquera como consecuencia de las interacciones ecológicas del sistema. Las variables que se incluyen en esta región son las siguientes:

1. Factores Climático-Meteorológicos. La precipitación es menor a 1000 mm/año en el extremo noroeste de la península, mientras que en la parte suroeste puede llegar a ser hasta 2000 mm/año (Fig. 4a). La época de lluvias es de junio a septiembre, sin estar bien definida en el extremo noroeste (Fig. 14). Los "nortes" tienen un efecto marcado sobre la circulación litoral en la parte oeste de la península.
2. Circulación Litoral. Las corrientes litorales en el norte de la península aumentan desde 1 nudo cerca de la costa oriental del canal de Yucatán a más de 5 nudos a una distancia de 20 a 30 millas náuticas al este de la Península de Yucatán, alcanzando sus velocidades máximas de julio a septiembre. En la costa las corrientes son menores a 1 nudo, estando influenciadas en sus patrones por la presencia de "nortes" (Secretaría de Marina, 1974).
3. Pantanos. En el litoral de esta península se extienden manglares bien desarrollados, con una extensión total cercana a los 1100 km<sup>2</sup>. Estos pantanos de manglar se encuentran influenciados por las mareas y las variaciones del nivel del mar. Los manglares aportan grandes cantidades de detritos a la trama trófica. Dentro del análisis de la Figura 18 se incluyen diversos puertos de esta región.
4. Mareas. El efecto de la marea es más grande que en las otras dos regiones, con una amplitud mayor a 70 cm en el oeste de la península, y más de 50 cm en el norte de la misma (Fig. 13). El efecto que pueden tener las mareas se refleja en las capturas de chernas en Cruceros Científicos (Fig. 22).
5. Nivel del Mar. Las variaciones del nivel del mar muestran una mayor influencia sobre la captura pesquera (Fig. 19). Esto se debe a la escasa influencia fluvial en esta región, puesto que a pesar de que la diferencia entre el punto máximo y mínimo es menor a 30 cm -al no existir descargas fluviales-, esta variación del nivel del mar afecta en gran medida el intercambio entre los pantanos y los sistemas adyacentes.
6. Lagunas Costeras y Estuarios. En la península existe una considerable extensión de lagunas costeras, aunque no como en las otras dos regiones. La extensión total de estas lagunas en la península de Yucatán es de 800 km<sup>2</sup> y son ecológicamente diferentes a la Región II.

La Figura 32, muestra a las 3 regiones definidas, señalando la extensión de cada una de ellas y las distintas variables que actúan sobre las mismas.

Otros autores han marcado la importancia de algunas variables físicas en la producción secundaria. Así Odum y Odum (1976) desarrollan un modelo para explicar la alta producción en estuarios. Las variables físicas que consideran son el aporte fluvial, los vientos, la amplitud de mareas y el área de la

cuenca estuarina. No consideran el efecto de las corrientes litorales, las variaciones del nivel del mar, ni la superficie de pantanos adyacentes, aunque consideran a los pantanos como productores pertenecientes a los estuarios.

Jansson (1978, 1981) y Jansson *et al.* (1984) al analizar la dinámica de la producción en el mar Báltico, consideran básicamente 3 sistemas, la zona fital (fondos rocosos y blandos dentro de la zona fótica), zona pelágica, y fondos blandos; considerando a los dos primeros productores que exportan energía y, al tercero como un sistema de consumidores. La dinámica de interacción entre estos tres sistemas sostiene a la producción de peces. Esta dinámica depende del aporte de nutrientes desde los ríos del norte de la cuenca, y los procesos de circulación que causan el hundimiento y surgencia de masas de agua, ya que estos procesos dinámicos controlan el intercambio entre los sistemas que el diferencia. No considera el aporte de estuarios, la amplitud de mareas, y el nivel del mar.

Boynton *et al.* (1982) al analizar las fuentes de material y los mecanismos que controlan la producción de fitoplancton en estuarios a nivel mundial, encuentran que las principales variables que controlan estos procesos son: la descarga fluvial, los vientos, la morfología de la cuenca estuarina (área y profundidad) y otras fuentes de nutrientes y sedimentos no especificados. Como se observa sólo dos variables de las incluidas en los modelos de este trabajo no son consideradas por Boynton *et al.* (1982), estas son la variación del nivel del mar y la superficie de pantanos adyacentes a los estuarios.

Costanza *et al.* (1983) en los estudios ecológicos de los hábitats de la región deltaica del río Mississippi consideran en un análisis conceptual a nivel de ecosistema que las principales variables que afectan la producción de la región son la descarga fluvial, los procesos climático-meteorológicos y los procesos marinos del Golfo de México. Pero como su análisis de sistemas es a nivel integral destaca la importancia que tienen los factores económicos en el desarrollo y mantenimiento de la región.

### CONCLUSIONES

1. La extensión de la vegetación costera esta controlada por la fisiografía, la precipitación y la descarga de los ríos (Tabasco-Campeche), pero en ciertas regiones la vegetación costera puede ser controlada por procesos marinos (Yucatán).
2. El aporte de material terrígeno continental a la plataforma esta controlado por la cuenca de drenaje y la descarga fluvial, pero en zonas de poca influencia fluvial dicho aporte lo controlan la amplitud de mareas y las variaciones del nivel del mar principalmente.

3. La interacción ecológica entre las lagunas costeras y la plataforma continental es reducida en el noroeste del litoral mexicano del Golfo de México desarrollando estas lagunas condiciones hipersalinas en algunas épocas del año. Al sur del Golfo de México la interacción estuario-plataforma está controlada por la influencia fluvial, los vientos y la circulación litoral, mientras que en Yucatán dicha interacción es debida principalmente a vientos y procesos marinos.
4. La variabilidad de la producción pesquera está relacionada con la variabilidad de los factores físicos que la controlan. Así la disminución de la producción pesquera en 1977 está relacionada con la disminución de la descarga fluvial de dicho año, para todas las entidades mexicanas del Golfo, pudiéndose relacionar de igual forma, el aumento de la producción pesquera y el aumento de la descarga fluvial de años posteriores.
5. Las variaciones estacionales en la producción pesquera se relacionan con la estacionalidad de la descarga fluvial, la amplitud de mareas y el nivel del mar.
6. La extensa planicie costera y la abundancia de pastos de pantano y de manglares en el sur del litoral mexicano de Golfo de México, influyen en gran medida en la abundancia del recurso pesquero en dicha región.
7. El litoral mexicano del Golfo de México se puede dividir en tres regiones con sus plataformas continentales, las cuales se definen en base a sus respectivas características fisiográficas, a los factores físicos que en ellas participan y al tipo de recurso pesquero que se explota en las mismas. Estas son: Región I Tamaulipas; Región II Sur del Golfo de México; y Región III península de Yucatán.
8. La Región I se caracteriza por la ausencia de vegetación costera y la enorme extensión de lagunas costeras de alta salinidad. Las variables ambientales que afectan su producción son tanto marinas como continentales, i. e. circulación litoral, amplitud de mareas, variación del nivel del mar, área de lagunas costeras y estuarios, y eventualmente descarga fluvial.
9. La Región II se caracteriza por la gran cantidad de ríos, lagunas costeras de salinidades intermedias, y las extensas zonas de vegetación pantanosa. La producción pesquera está controlada básicamente por procesos continentales, pudiendo ser importantes los procesos marinos en la temporada de menor descarga fluvial y mayor efecto de tormentas de invierno, i. e. descarga fluvial, extensión de pantanos, área de lagunas costeras y estuarios, amplitud de mareas, variación del nivel del mar, circulación litoral, factores climático-meteorológicos.



10. La Región III se caracteriza por su topografía kárstica, a lo cual se debe la ausencia casi total de ríos. Se presentan extensos manglares con altas salinidades que son mantenidos por procesos marinos. La producción pesquera no se encuentra influenciada por procesos continentales, sino principalmente por procesos marinos y meteorológicos, i. e., amplitud de mareas, variación del nivel del mar, circulación litoral, procesos climático-meteorológicos, extensión de pantanos litorales, y área de lagunas costeras.
11. Los ecosistemas costeros de los litorales del Golfo de México son estables ecológicamente, pero desarrollados en un marco físico ambiental variable que controla la producción secundaria de los recursos demersales. Los peces demersales costeros se han adaptado a la variabilidad ambiental de la zona costera, optimizando la heterogeneidad de hábitats -entre los pantanos y el mar- para completar sus ciclos de vida.
12. Las variables físicas de interacción ecológica consideradas como **"Mecanismos de Producción Natural"** de los recursos demersales multiespecíficos del Sur del Golfo de México son: a) factores climático-meteorológicos, b) descarga fluvial, c) circulación litoral, d) extensión de pantanos y vegetación costera, e) mareas, f) variación del nivel del mar y, g) áreas de lagunas costeras y estuarios.

#### AGRADECIMIENTOS

El apoyo institucional y económico para el presente estudio fue proporcionado por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (ICML-UNAM). Este trabajo es parte del proyecto apoyado institucional y económicamente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) denominado: "Mecanismos de Producción en Ecosistemas Costeros (Laguna de Términos, Campeche, México y Laguna de Arcachón, Francia)" ICML/UNAM/CONACYT, Clave QCMACFR-001698.

Se agradece la lectura del manuscrito, haciendo comentarios y sugerencias, al Dr. Agustín Ayala-Castañares, Dr. Alfredo Laguarda Figueras, Dr. Alfonso V. Botello, Dr. Ingvar Emilsson, Dra. Vivianne Solis-Weiss y al Dr. Manuel Gallardo.

Se agradece Al Ing. Jose Alberto Villasana por su ayuda en la selección y obtención de las cartas topográficas, al Maestro Francisco Grivel Piña por proporcionar los datos de mareas y nivel del mar y al Ing. Rodolfo del Arenal por la información de las cuencas de drenaje. Al personal del Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina por la colaboración brindada, especialmente a la M. en C. Patricia Sánchez-Gil que proporcionó los datos de los cruceros OPLAC/P-1 a 6 realizados en la Sonda de Campeche y al Biol. Margarito Tapia García por la obtención de los hidrogramas y datos de descarga de ríos, al Físico Eduardo Sáinz-Hernández por el auxilio en el uso del equipo de computación, a José González-Casanova por las correcciones de estilo.

Tabla 1. Características Ambientales de la Sonda de Campeche

|                                          |            | Zona A          | Zona B                      |
|------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------------------|
| Influencia Fluvial                       |            | mucha           | poca                        |
| Transparencia                            |            | 7 - 42 %        | 50 a 99 %                   |
| Salinidad (ppm)                          | superficie | 32.3 a 37       | 35.7 a 37.2                 |
|                                          | fondo      | 35.6 a 37       | 35.7 a 37.2                 |
| Temperatura (°C)                         | superficie | 22.8 a 27.7     | 26.1 a 28.8                 |
|                                          | fondo      | 23.3 a 28.0     | 24.2 a 28.1                 |
| Sedimentos                               |            | limo arcillosos | arenoso                     |
| Porcentaje $\text{CaCO}_3$ en Sedimentos |            | 10 - 60 %       | 70 a 90 %                   |
| Contenido Orgánico en Sedimentos         |            | $\geq 10$ %     | $\leq 10$ %                 |
| pH                                       |            | 7.6 a 8.3       | 7.7 a 8.9                   |
| Oxígeno Disuelto (ml/l)                  |            | $\leq 4.0$      | $\geq 4.0$                  |
| Macrovegetación Bentónica                |            | ausente         | pastos marinos y macroalgas |

Fuente: Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1983.

Tabla 2. Capturas Pesqueras, Descarga de Ríos, Areas de Lagunas y Estuarios y Areas de Vegetación Costera de los Estados del Litoral Mexicano del Golfo de México

| ESTADO                                    | 1973a      | 1974a      | 1975a      | 1976a      | 1977a      | 1978a       | 1979a       | 1980        | 1981         |
|-------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Tamaulipas                                |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Captura (toneladas)                       | 15,155     | 17,031     | 18,310     | 18,953     | 18,723     | 29,341      | 33,379      | 27,825      | 42,537       |
| descarga ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> ) | 20,454,303 | 18,381,140 | 20,975,416 | 25,642,847 | 10,311,436 | 15,405,355c | 10,630,780c | 16,435,685c | 17,976,722c  |
| Lagunas y estuarios (km <sup>2</sup> )    | 2,148      | 2,198      | 2,193      | 2,198      | 2,198      | 2,198       | 2,198       | 2,198       | 2,198        |
| Vegetación costera (km <sup>2</sup> )     |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Veracruz                                  |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Captura (toneladas)                       | 39,408     | 42,047     | 36,984     | 39,502     | 32,089     | 51,112      | 60,552      | 69,200      | 82,324       |
| descarga ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> ) | 56,228,169 | 41,878,147 | 36,310,962 | 41,197,924 | 28,903,538 | 51,812,137c | 67,922,297c | 84,067,540c | 110,945,110c |
| Lagunas y estuarios (km <sup>2</sup> )    | 1,195      | 1,195      | 1,195      | 1,195      | 1,195      | 1,195       | 1,195       | 1,195       | 1,195        |
| Vegetación costera (km <sup>2</sup> )     | 982        | 982        | 982        | 982        | 982        | 982         | 982         | 982         | 982          |
| Tabasco                                   |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Captura (toneladas)                       | 15,794     | 13,738     | 15,106     | 13,494     | 11,982     | 19,758      | 17,664      | 21,204      | 26,557       |
| descarga ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> ) | 56,578,826 | 52,274,788 | 51,064,805 | 58,829,336 | 50,498,415 | 66,826,220  | 77,274,899  | 88,900,247c | 127,371,140c |
| Lagunas y estuarios (km <sup>2</sup> )    | 354        | 354        | 354        | 354        | 354        | 354         | 354         | 354         | 354          |
| Vegetación costera (km <sup>2</sup> )     | 1,445      | 1,445      | 1,445      | 1,445      | 1,445      | 1,445       | 1,445       | 1,445       | 1,445        |
| Campeche                                  |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Captura (toneladas)                       | 30,138     | 29,712     | 27,292     | 32,014     | 27,533     | 36,491      | 36,265      | 52,159      | 79,872       |
| descarga ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> ) | 13,214,788 | 11,591,038 | 11,936,043 | 13,220,712 | 11,371,616 | 16,228,611  | 18,401,824  | 23,670,156c | 46,755,487c  |
| Lagunas y estuarios (km <sup>2</sup> )    | 1,992      | 1,992      | 1,992      | 1,992      | 1,992      | 1,992       | 1,992       | 1,992       | 1,992        |
| Vegetación costera (km <sup>2</sup> )     | 1,282      | 1,282      | 1,282      | 1,282      | 1,282      | 1,282       | 1,282       | 1,282       | 1,282        |
| Yucatán                                   |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Captura (toneladas)                       | 23,569     | 22,386     | 19,431     | 21,852     | 21,233     | 39,139      | 38,018      | 29,309      | 32,812       |
| descarga ( $\times 10^3$ m <sup>3</sup> ) |            |            |            |            |            |             |             |             |              |
| Lagunas y estuarios (km <sup>2</sup> )    | 169        | 169        | 169        | 169        | 169        | 169         | 169         | 169         | 169          |
| Vegetación costera (km <sup>2</sup> )     | 801        | 801        | 801        | 801        | 801        | 801         | 801         | 801         | 801          |

a. Peso Fresco

b. Peso desembarcado

c. Registro de datos incompletos, estimado con base en datos presente

Tabla 3. Aporte de sedimentos de los principales ríos de los estados Mexicanos del Golfo de México

| Estado     | Ton. sedimento/año | Porcentaje (%) |
|------------|--------------------|----------------|
| Tamaulipas | 7,297,101          | 13.52          |
| Veracruz   | 14,104,071         | 26.13          |
| Tabasco    | 27,911,531         | 51.72          |
| Campeche   | 4,659,222          | 8.63           |
| Yucatán    | 0                  | 0.00           |
| T o t a l  | 53,971,925         | 100.00         |



Tabla 4. Captura comercial pesquera y extensión de vegetación costera de algunos puertos del Golfo de México

| Puerto<br>Pesquero       | Captura<br>(toneladas) | Vegetación<br>Costera (km <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| Tamiahua, Ver.           | 5378                   | 125                                      |
| Tuxpan, Ver.             | 2456                   | 52                                       |
| Alvarado, Ver.           | 15199                  | 646                                      |
| Coatzacoalcas, Ver.      | 2546                   | 125                                      |
| Sánchez Magallanes, Tab. | 7262                   | 586                                      |
| Puerto Ceiba, Tab.       | 5915                   | 124                                      |
| Frontera, Tab.           | 5896                   | 412                                      |
| Términos, Camp.          | 15109                  | 646                                      |
| Campeche, Camp.          | 5247                   | 414                                      |
| Celestun, Yuc.           | 10285                  | 556                                      |
| Progreso, Yuc.           | 14599                  | 227                                      |

Tabla 5. Extensión de vegetación costera, captura de camarones peneidos y latitud geográfica

| Localidad<br>(latitud)                | Vegetación Cos-<br>tera (Miles Ha)<br>(a) | Captura de Cama-<br>rones (Toneladas)<br>(b) | Fuente         |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|
| North                                 |                                           |                                              |                |
| Carolina (35.5)                       | 64.5                                      | 1,270                                        | a) 1<br>b) 2   |
| South                                 |                                           |                                              |                |
| Carolina (33)                         | 176.5                                     | 1,588                                        | a) 1           |
| Georgia (31.5)                        | 148.2                                     | 1,927                                        | a) 1<br>b) 2   |
| Florida Este (28)                     | 61.5                                      | 1,379                                        | a) 1<br>b) 2   |
| Florida, Alabama,<br>Mississippi (29) | 404.9                                     | 14,014                                       | a) 3<br>b) 2   |
| Louisiana, Texas (29)                 | 1,244.0                                   | 41,179                                       | a) 3<br>b) 2   |
| Veracruz (20)                         | 98.2                                      | 2,647                                        | a) 4*<br>b) 5* |
| Tabasco (19.5)                        | 144.5                                     | 1,496                                        | a) 4*<br>b) 5* |
| Campeche (20)                         | 128.2                                     | 12,748                                       | a) 4*<br>b) 5* |
| Yucatán (21)                          | 80.1                                      | 245                                          | a) 4*<br>b) 5* |
| Costa Rica (9)                        |                                           |                                              |                |
| Costa Oeste                           | 58.5                                      | 2,580                                        | a) 6<br>b) 7   |
| El Salvador (13.5)                    | 65.0                                      | 5,600                                        | a) 6<br>b) 7   |
| Guatemala (14.5)                      |                                           |                                              |                |
| Costa Oeste                           | 18.5                                      | 2,120                                        | a) 6<br>b) 7   |
| Nicaragua (12.5)                      |                                           |                                              |                |
| Costa Oeste                           | 15.0                                      | 1,457                                        | a) 6           |
| Costa Este                            | 212.5                                     | 4,980                                        | b) 7           |
| Trinidad (10.5)                       | 14.1                                      | 544                                          | a) 6<br>b) 7   |

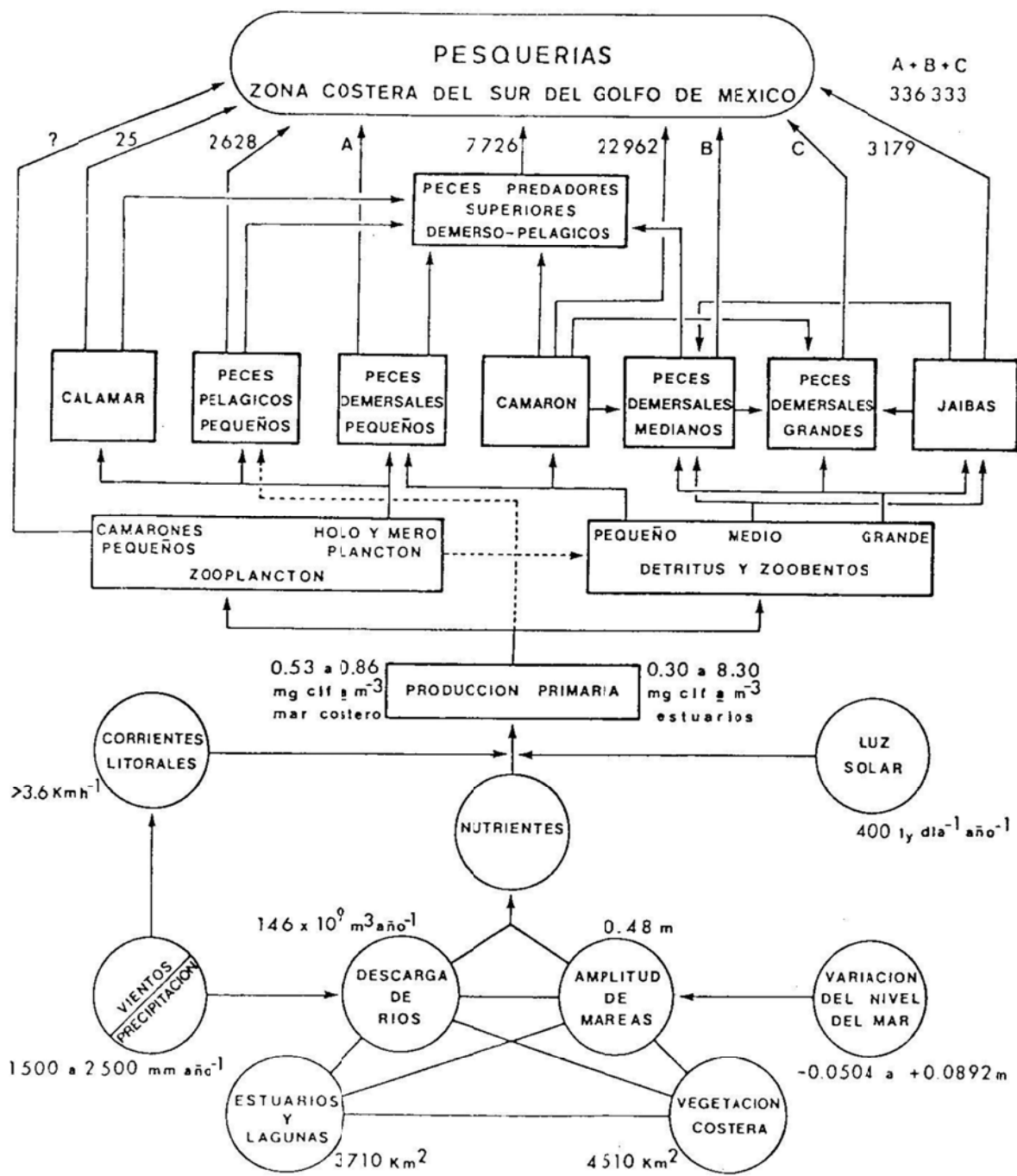
(Continuación Tabla 5.)

|                      |       |        |               |
|----------------------|-------|--------|---------------|
| Ecuador (2)          | 40.0  | 6,240  | a) 6<br>b) 7  |
| Lago Maracaibo (10)  | 120.0 | 8,075  | a) 6<br>b) 7  |
| Ceylan (7)           | 3.7   | 630    | a) 6<br>b) 8  |
| W. Bengal (21)       | 416.0 | 10,872 | a) 9<br>b) 11 |
| Java (7)             | 24.5  | 2,038  | a) 6<br>b) 11 |
| Sumatra (2)          | 300.0 | 26,048 | a) 9<br>b) 12 |
| Malasia (4)          | 300.0 | 60,600 | a) 9<br>b) 7  |
| Pakistan (24)        | 320.0 | 19,000 | a) 6<br>b) 7  |
| Filipinas (12.5)     | 448.3 | 26,400 | a) 13<br>b) 7 |
| Tailandia (10)       | 164.5 | 77,644 | a) 14<br>b) 7 |
| Camboya (10)         | 21.5  | 860    | a) 6<br>b) 7  |
| Vietnam del Sur (10) | 474.0 | 55,500 | a) 15<br>b) 7 |
| Malagasy (17)        | 320.0 | 4,900  | a) 6<br>b) 7  |
| Sudáfrica (18)       | 13.5  | 528    | a) 6<br>b) 7  |
| Mozambique (15)      | 85.8  | 3,300  | a) 9<br>b) 7  |

1.- Spinner, 1969; 2.- U.S. Fish and Wildlife Service (1955-1975);  
 3.- Turner and Gosselink, 1975; 4.- Yáñez-Arancibia *et al.*, 1984a;  
 5.- Secretaría de Pesca, México (1977-1981); 6.- Turner, 1977;  
 7.- FAO, 1974; 8.- Ivanov, 1964; 9.- MacNae, 1974; 10.- Banerji,  
 1969; 11.- N. van Zalinge (según Turner, 1977); 12.- Indonesia  
 Directorate Gral. of Fish, 1974; 13.- Lawas *et al.*, 1968;  
 14.- Banjibatana, 1958; 15.- Ross, 1975.

Tomado de Turner (1977), con excepción de los datos con \* de  
 Yáñez-Arancibia, Soberón-Chávez y Sánchez-Gil (1985).

Fig. 1. Estructura trófica y pesquerías en el ecosistema costero de la plataforma interna del sur del Golfo de México. Las flechas señalan las principales rutas del flujo energético a través de los hábitos alimenticios de los conjuntos faunísticos de cada bloque. El diagrama muestra que las pesquerías son la consecuencia ecológica de los procesos costeros y las variables físicas de interacción ecológica definidas como mecanismos de producción, los cuales se indican en los círculos en la parte basal del modelo. Los datos de precipitación son según García (1973), de radiación solar según Almanza y López (1975), corrientes litorales según Emilsson (1976), marea y nivel del mar según Grivel Piña (1979 y comunicación personal), producción primaria estuarina según Day *et al.* (1982), producción primaria litoral según Licea Durán (1982 y comunicación personal). Los valores de capturas pesqueras se indican en toneladas anuales y son promedios anuales según las estadísticas de la Secretaría de Pesca, para los años 1977 a 1981 en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Yucatán. Los valores de las capturas de peces demersales (A, B y C) son estimados de la relación de peces/camarón = 12:1 (Yáñez-Arancibia, 1984).





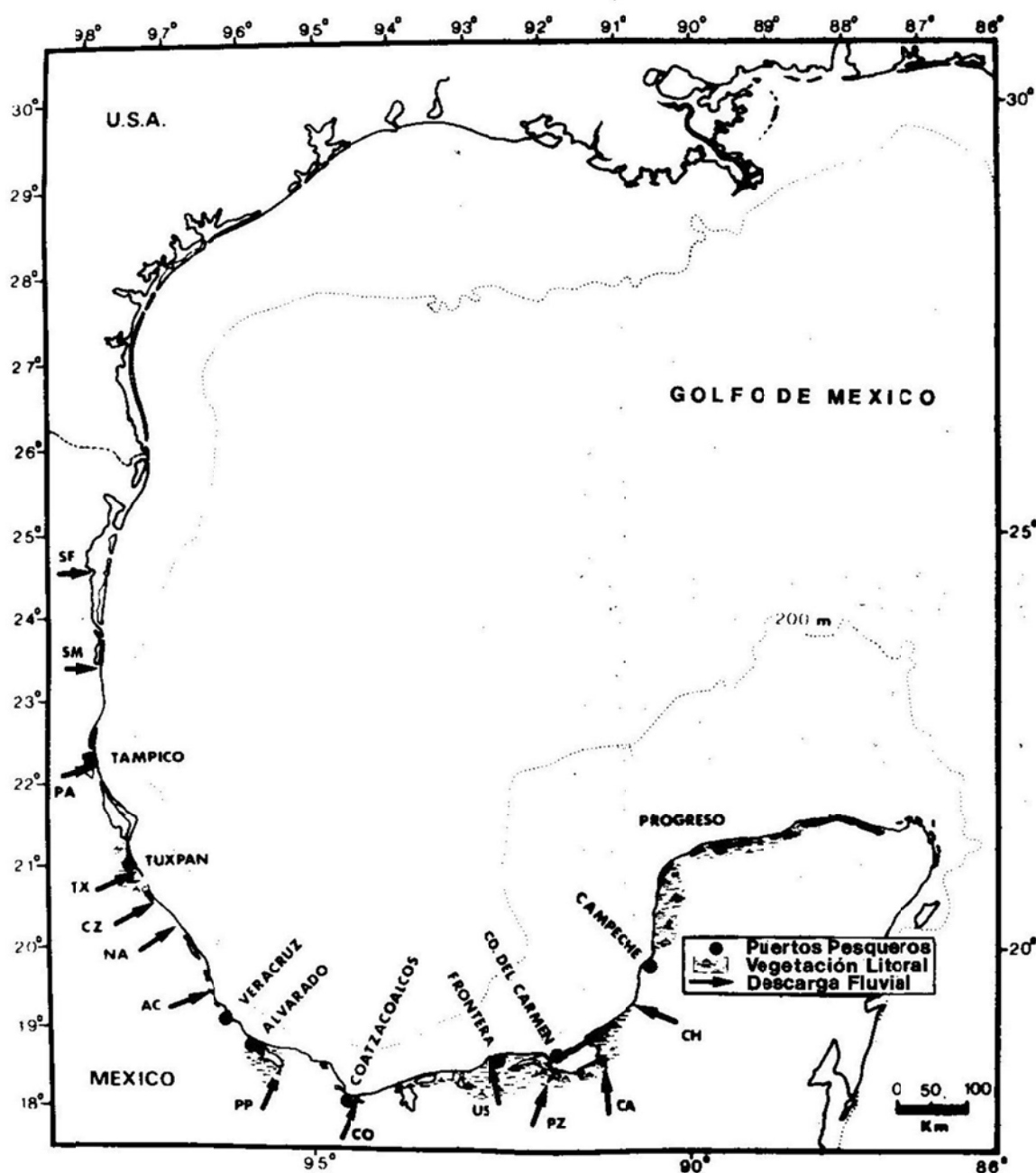


Fig. 2. Area de Estudio. Principales características fisiográficas en el Sur del Golfo de México. Se muestran las lagunas y zonas de vegetación costera. Las flechas indican los sistemas fluviales de mayor importancia: SF= San Fernando, SM= Soto la Marina, PA= Pánuco, TX= Tuxpan, CZ= Cazones, NA= Nautla, AC= Actopan, PP= Papaloapan, CO= Coatzacoalcos, US= Grijalva-Usumacinta (donde se incluye al río San Pedro y San Pablo), PZ= Palizada, CA= Candelaria y CH= Champotón). Se señalan los principales puertos pesqueros del Sur del Golfo de México.

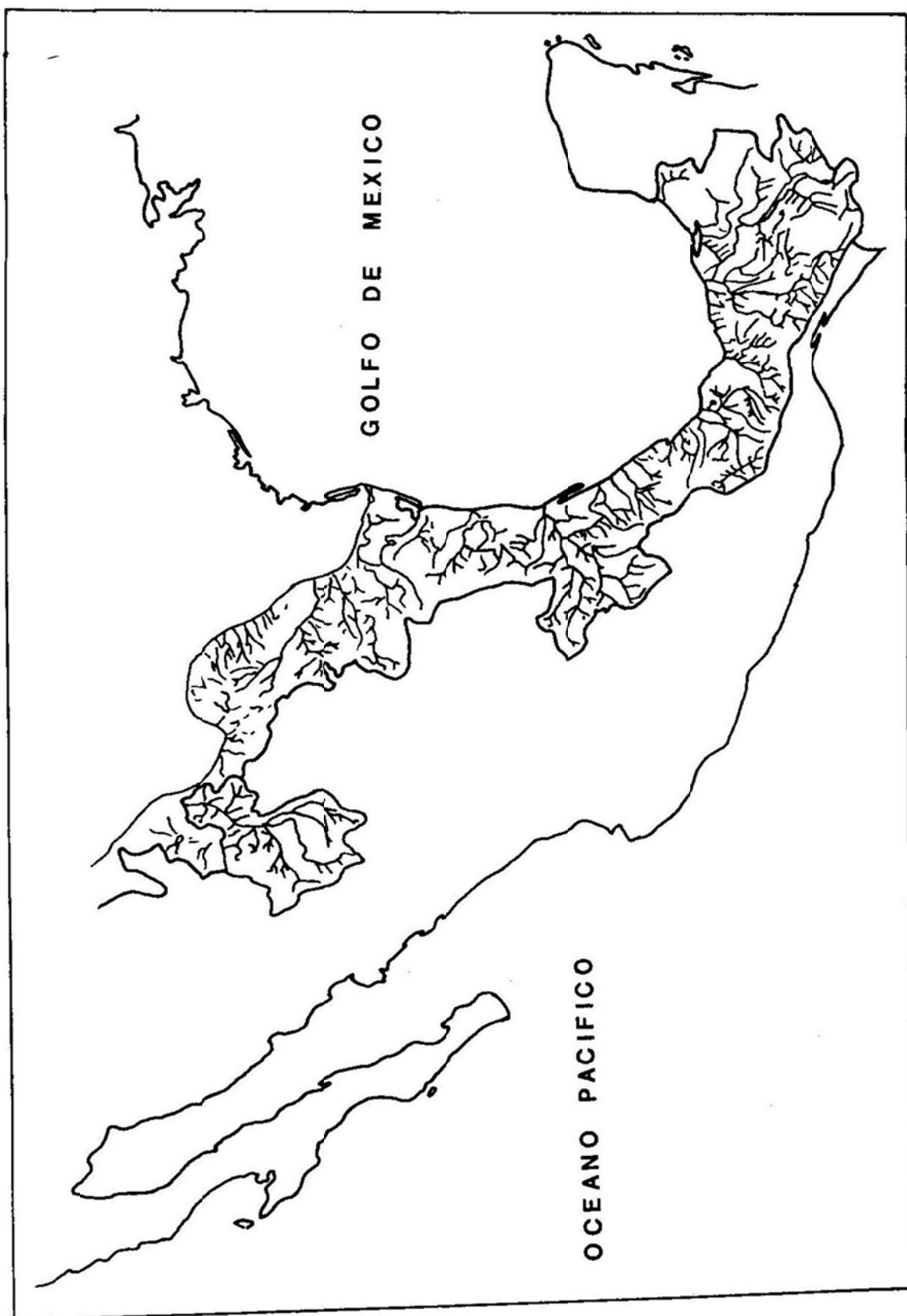


Fig. 3. Se señalan las principales cuencas de drenaje en el litoral mexicano del Golfo de México (Modificado de Del Río y Wilson, 1970).

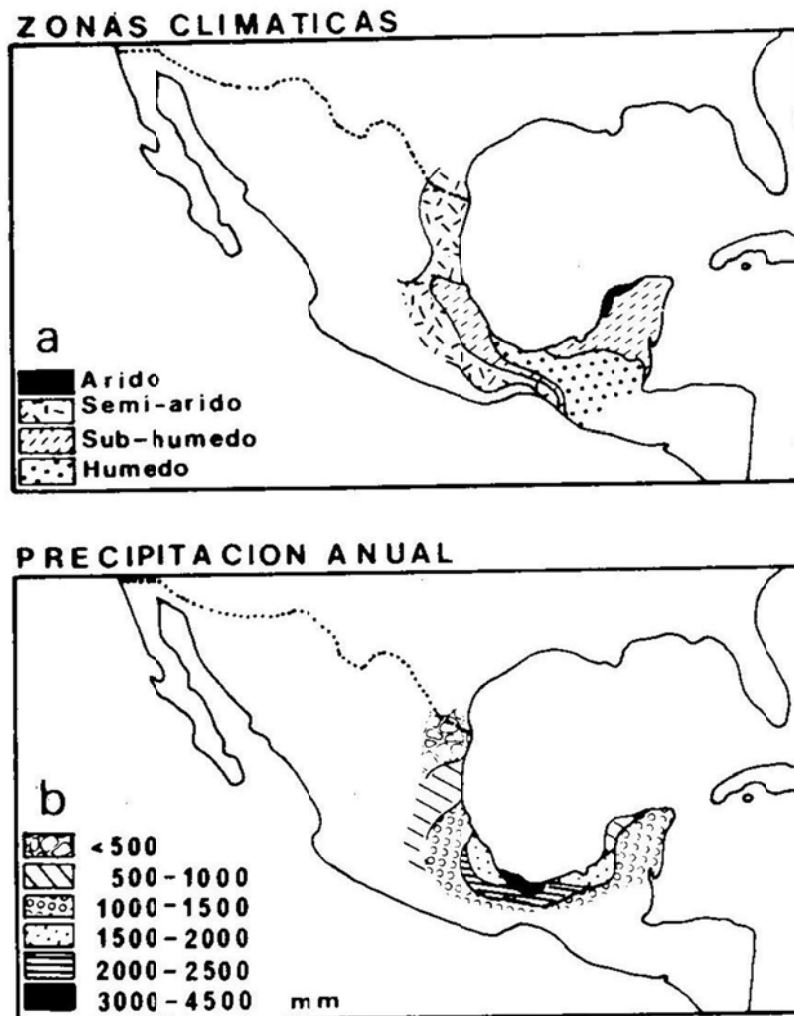


Fig. 4. Se muestran las principales características medioambientales del Sur del Golfo de México.  
 a) Se caracterizan las principales zonas climáticas.  
 b) Se muestran las principales zonas de precipitación en el área.

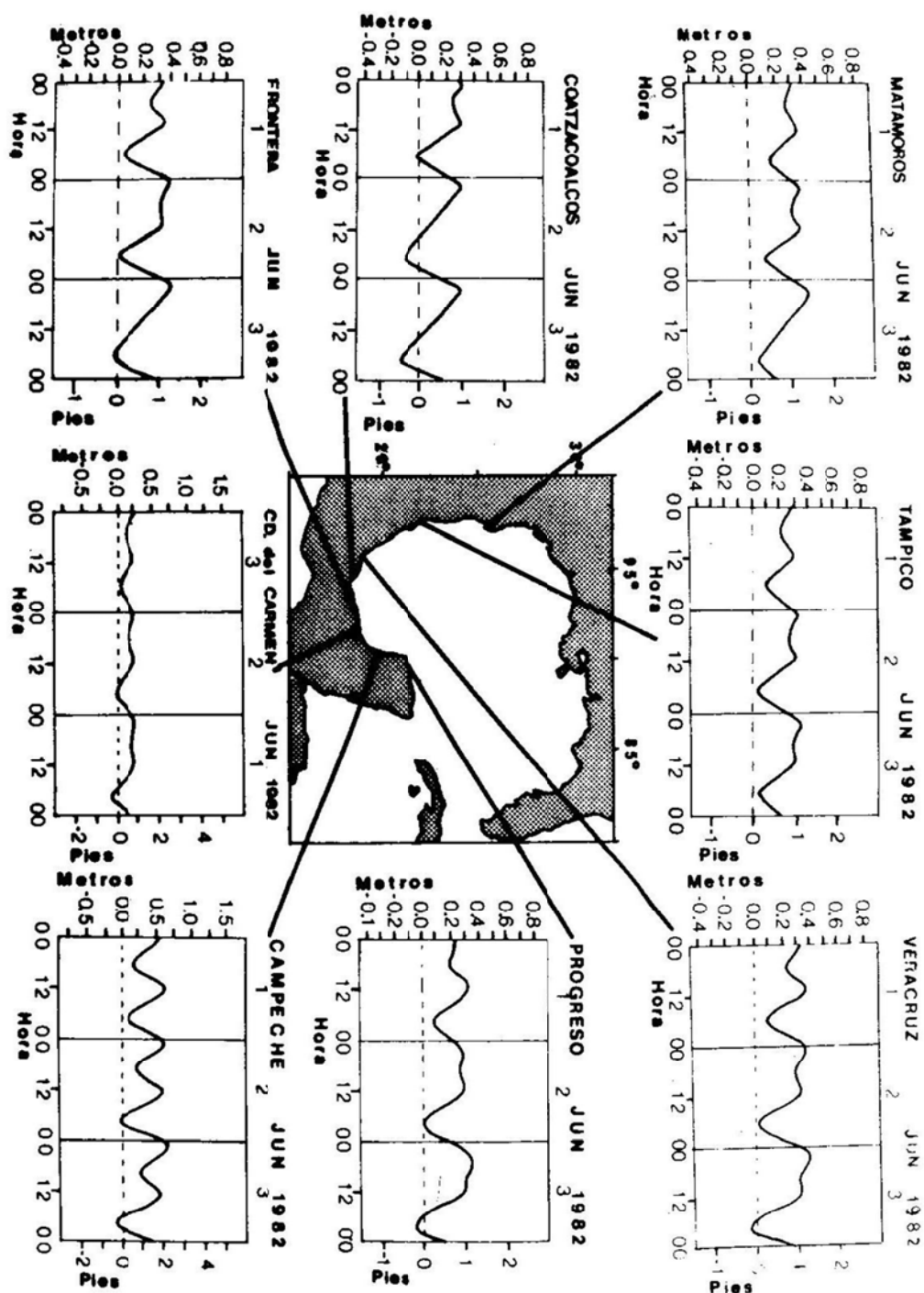


Fig. 5. Comportamiento de las mareas en algunos puertos representativos del Sur del Golfo de México durante el verano de 1982 (Fuente, Instituto de Geofísica, 1981).

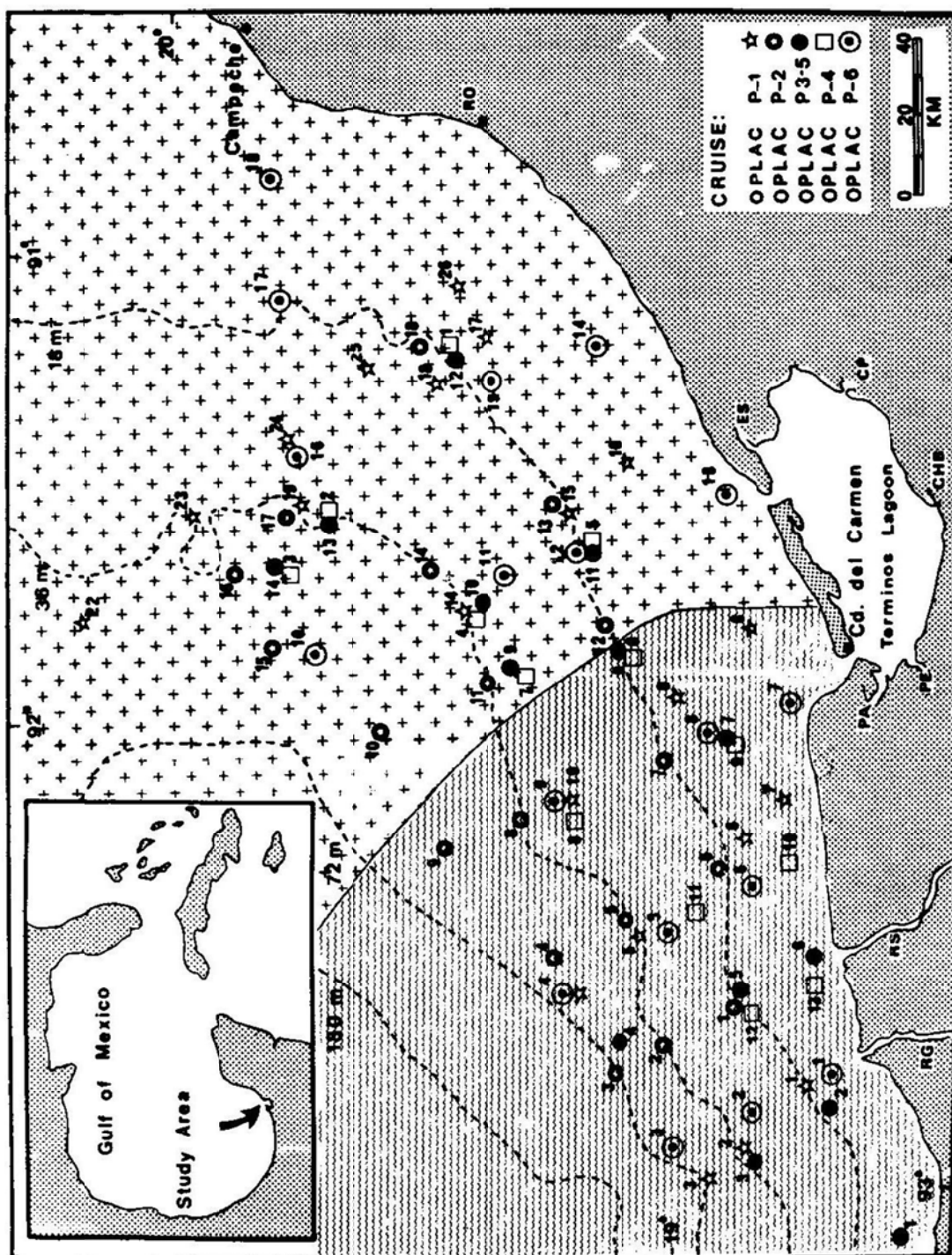
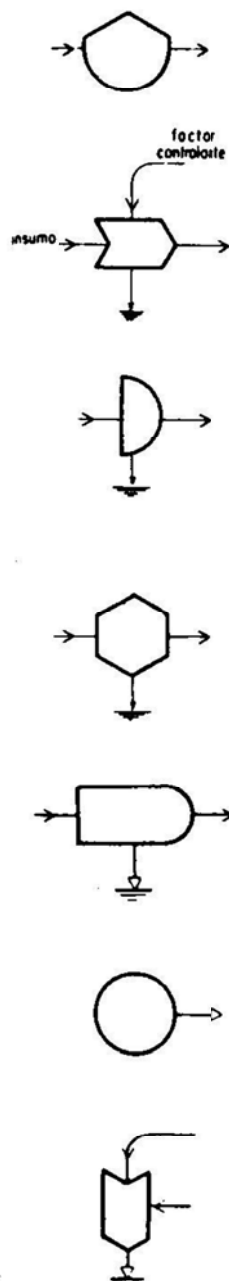


Fig. 6. Subsistemas de la Sonda de Campeche. Se muestra la localización de los subsistemas A y B, la zona de transición entre ambos subsistemas y la localización de las estaciones de muestreo de los cruceros OPLAC/P 1-6.



Fig. 7. Símbolos del lenguaje de sistemas (H. T. Odum, 1971 y H. T. Odum *et al.*, 1974) basado en el comportamiento de la energía (en Lugo y Morris, 1982). Se hace referencia a ellos en las figuras 24 a 31.



a. Almacenaje pasivo. Este símbolo representa el almacenaje de cualquier substancia en el ecosistema, sin que ocurra una transformación de energía durante el almacenaje. Algunos ejemplos son el almacenaje de hojas en el suelo del bosque, gasolina en el tanque de un automóvil o comida en la alacena.

b. Multiplicador. Este símbolo denota la relación multiplicativa entre un flujo energético de baja magnitud (factor controlante) y otro flujo energético de mayor magnitud (insumo). El producto representa un tercer flujo energético y está acompañado por la pérdida de calor.

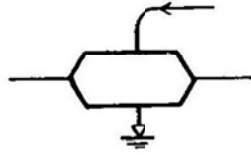
c. Receptor de energía. Este símbolo representa la recepción de energía ondular, como la energía solar, el sonido y el oleaje. La energía ondular activa algún material cíclico en el sistema y éste transfiere energía potencial a algún proceso del sistema y retorna a su estado de receptor. Un ejemplo es la recepción de luz por la clorofila.

d. Consumidor. Este símbolo representa cualquier población de consumidores en un sistema, por ejemplo, el ser humano, sus máquinas, o los animales del bosque. El sistema consumidor almacena energía potencial activamente (por medio de transformación y pérdida de calor) y utiliza parte del almacenaje para trabajar y obtener más energía potencial.

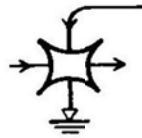
e. Productor. El símbolo de un sistema productor es la combinación de dos símbolos: un receptor de energía y un consumidor. La respiración del sistema es el consumidor, el cual mantiene la maquinaria metabólica y recibe energía potencial del receptor. Ejemplos: un bosque o una planta.

f. Fuente de energía. Cualquier fuente de energía en un sistema se representa con el círculo. Ejemplos: el Sol, la energía fósil, el agua en una represa o el viento. Para facilitar la comprensión se debe especificar si la energía es transmitida como un flujo continuo, con fuerza continua o con alguna periodicidad específica.

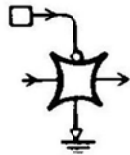
g. Presión o tensión. Este símbolo denota la pérdida de energía potencial de un sistema. La pérdida es una función multiplicativa de algún factor de tensión o presión. El producto de la interacción no hace el trabajo sino que se pierde como calor. Ejemplo: El efecto de un contaminante en un río.



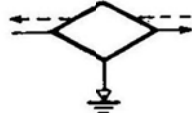
h. Multiplicador de dos direcciones. Este símbolo también se denomina símbolo de difusión. Se utiliza para representar procesos que pueden mover materia o energía en dos direcciones. La fuerza motriz del proceso determina la dirección de flujo. Ejemplos: el movimiento de las mareas bajo la acción de la Luna, el movimiento de sustancias químicas bajo la influencia de mareas, el movimiento vertical del planctón y nutrientes en el mar, o el intercambio de gases entre cuerpos de agua y la atmósfera.



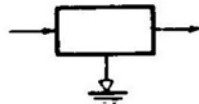
i. Interruptor. Este símbolo denota procesos que tienen estados activados y no activados. El flujo no es posible en ausencia de la señal de activación. Cuando esta señal está presente, el interruptor se activa y es posible el flujo de materia o energía. Ejemplos de la aplicación de este símbolo: el interruptor eléctrico o la germinación de una semilla.



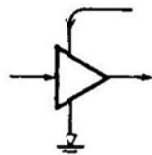
j. Interruptor activado por un límite. Este símbolo se comporta de la misma manera que el interruptor anterior, pero antes de ser activado, el factor activador tiene que exceder un límite crítico característico del proceso que se está modelando. Por ejemplo, el flujo de agua sobre una represa tiene que exceder el volumen de la represa antes de que ocurra. Del mismo modo, el agua no se escapa del suelo, hasta que no se excede su capacidad de retención. Al utilizar este símbolo hay que indicar las condiciones que deben satisfacerse para que funcione el interruptor.



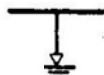
k. Transactor económico. Este símbolo se utiliza para representar los flujos de dólares y energía en sistemas económicos. El flujo de dólares se representa con líneas entrecortadas y el de energía con líneas sólidas. Cuando se obtiene un artículo o un servicio se envían dólares en una dirección y se obtiene energía potencial o trabajo en la dirección opuesta. La razón entre estos dos flujos es el precio del artículo o el servicio. La pérdida de calor de tales convenios es pequeña a menos que aquéllos no estén controlados por sistemas de transacción complejos.



l. Caja. Este símbolo denota funciones para las cuales no hay símbolo, cuando se representa una acción no especificada o algo de poca importancia para el punto que ilustra el modelo. Si se conoce la función matemática que describe el funcionamiento del compartimiento, ésta debe escribirse dentro de la caja.



m. Amplificador con ganancia constante. Este símbolo describe sistemas con energía ilimitada, que se utiliza para aumentar el insumo por un factor constante (el factor de amplificación). Esto causa crecimiento exponencial. Una población que tenga una fuente de alimentos y espacio ilimitado puede sostener una razón de reproducción constante y crecimiento exponencial.



n. Pérdida de calor y flujos en estado estable. Se utilizan dos símbolos: la línea representa el flujo estable de energía, y la flecha, con el símbolo de tierra que se utiliza en electricidad, representa la pérdida de calor necesaria para hacer posible cualquier proceso irreversible (unidireccional).

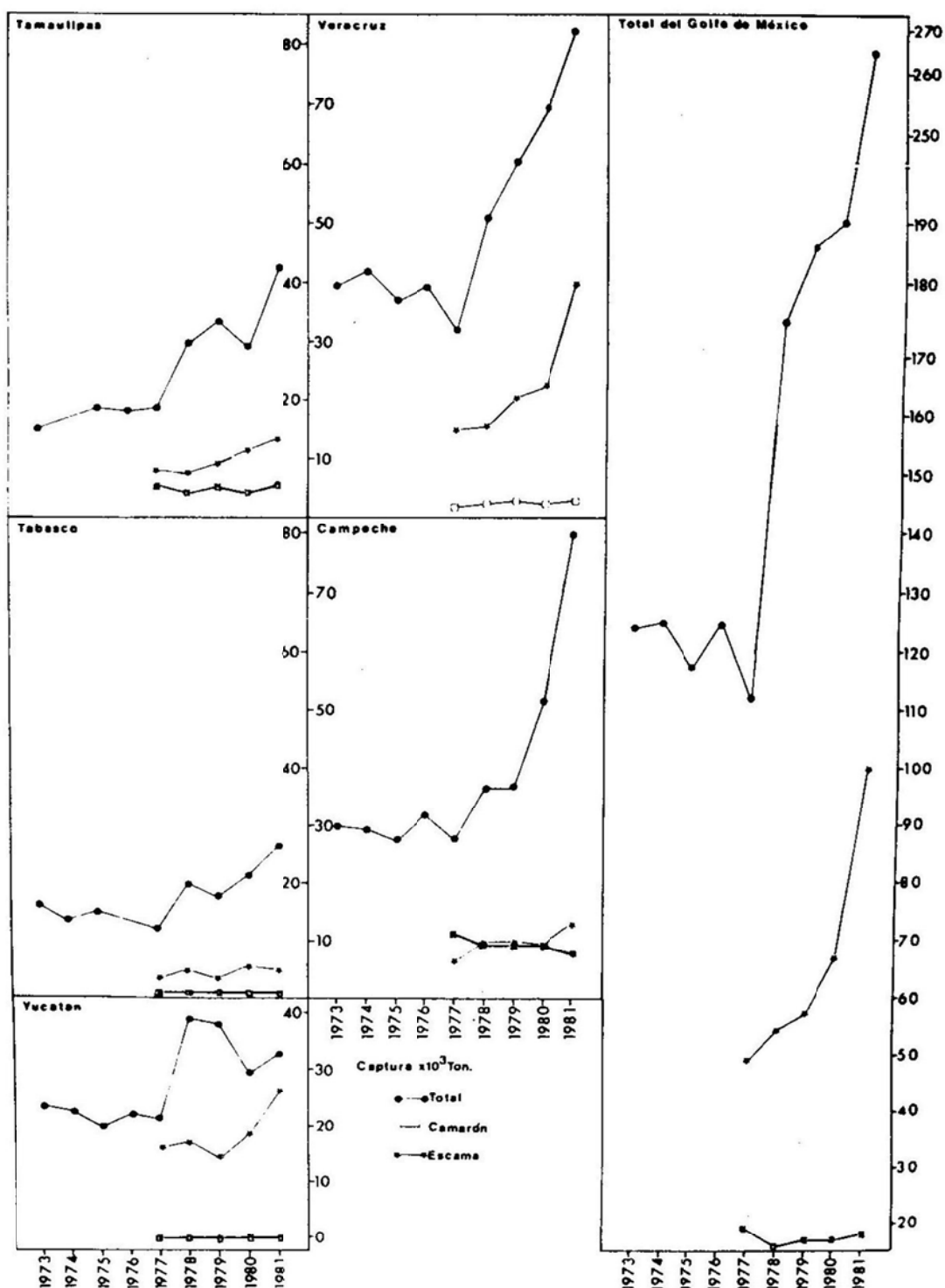


Fig. 8. Capturas pesqueras anuales de los estados mexicanos del litoral del Golfo de México. La captura total incluye otros grupos además de peces y camarones (i. e. jaiba, ostión, pulpo).

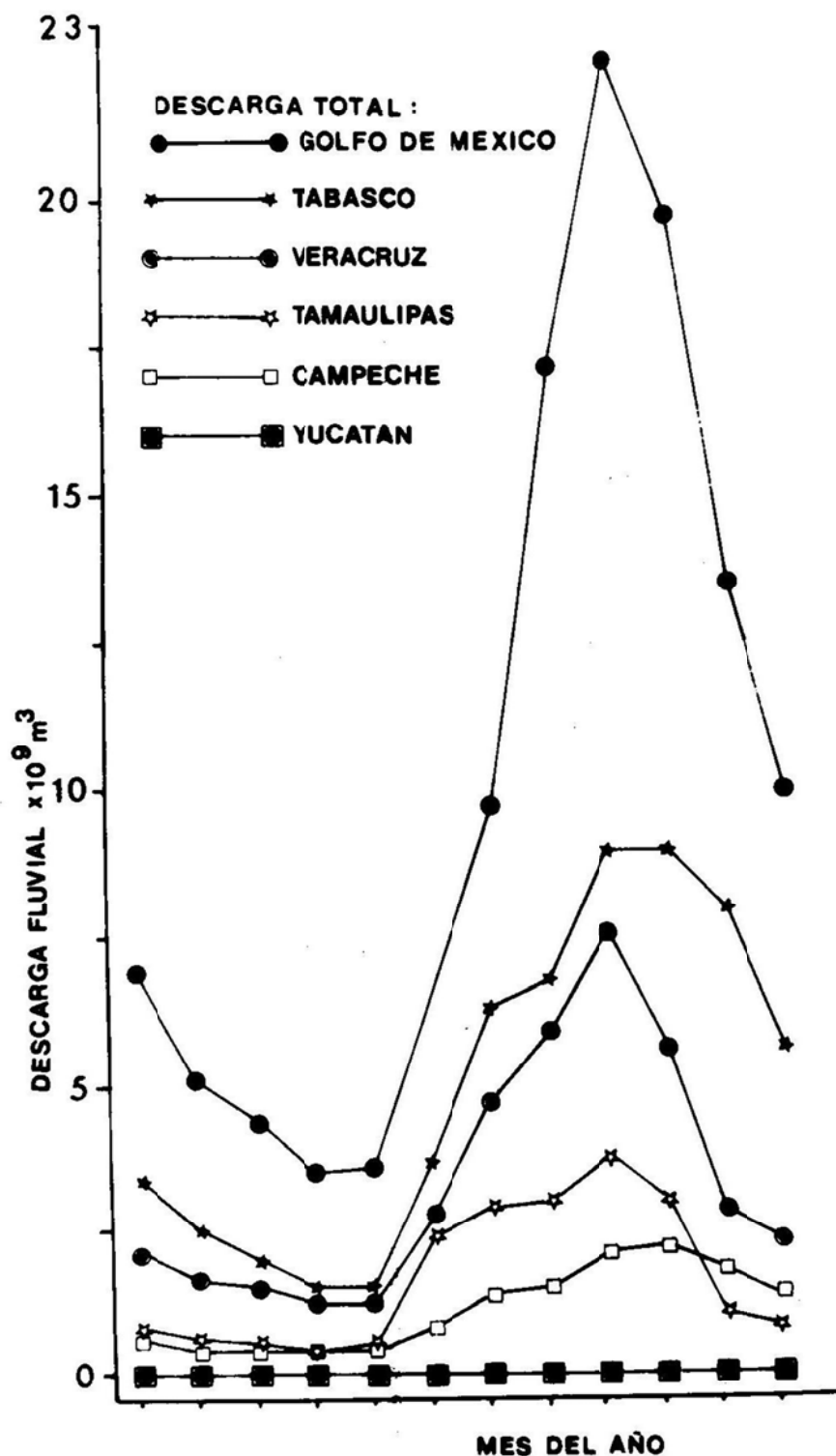


Fig. 9. Descarga fluvial en el Sur del Golfo de México. Se muestra las medias mensuales de descarga para cada uno de los estados mexicanos del Golfo de México (i. e. Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatan), y las medias de la descarga total en el litoral mexicano del Golfo (en base a descarga de los principales ríos, ver Anexo II).

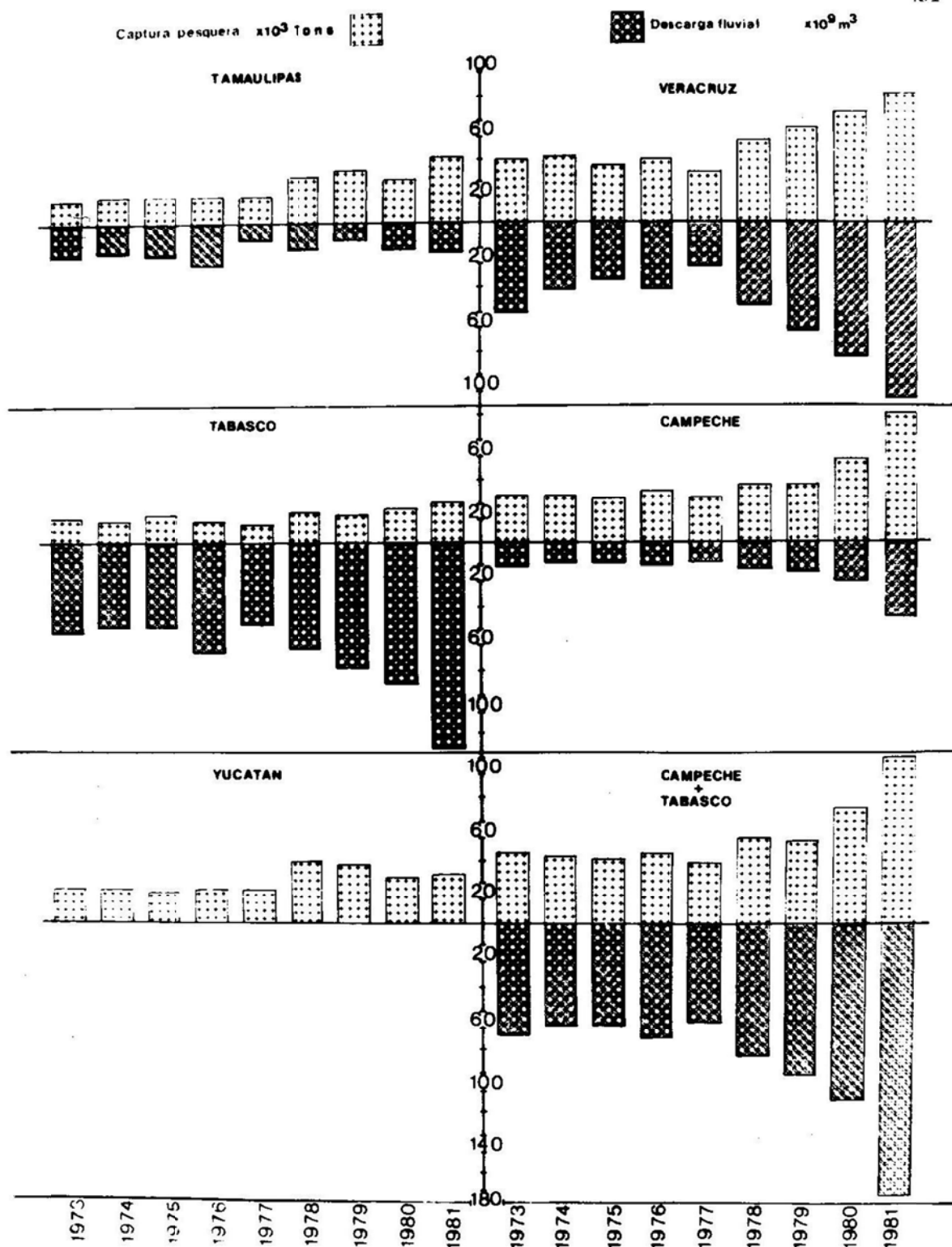


Fig.10. Comparación entre la descarga fluvial anual y la captura pesquera comercial anual para cada uno de los estados mexicanos del Golfo (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán) y para los datos combinados de Tabasco y Campeche. Se muestran los datos correspondientes al período 1973-1981.



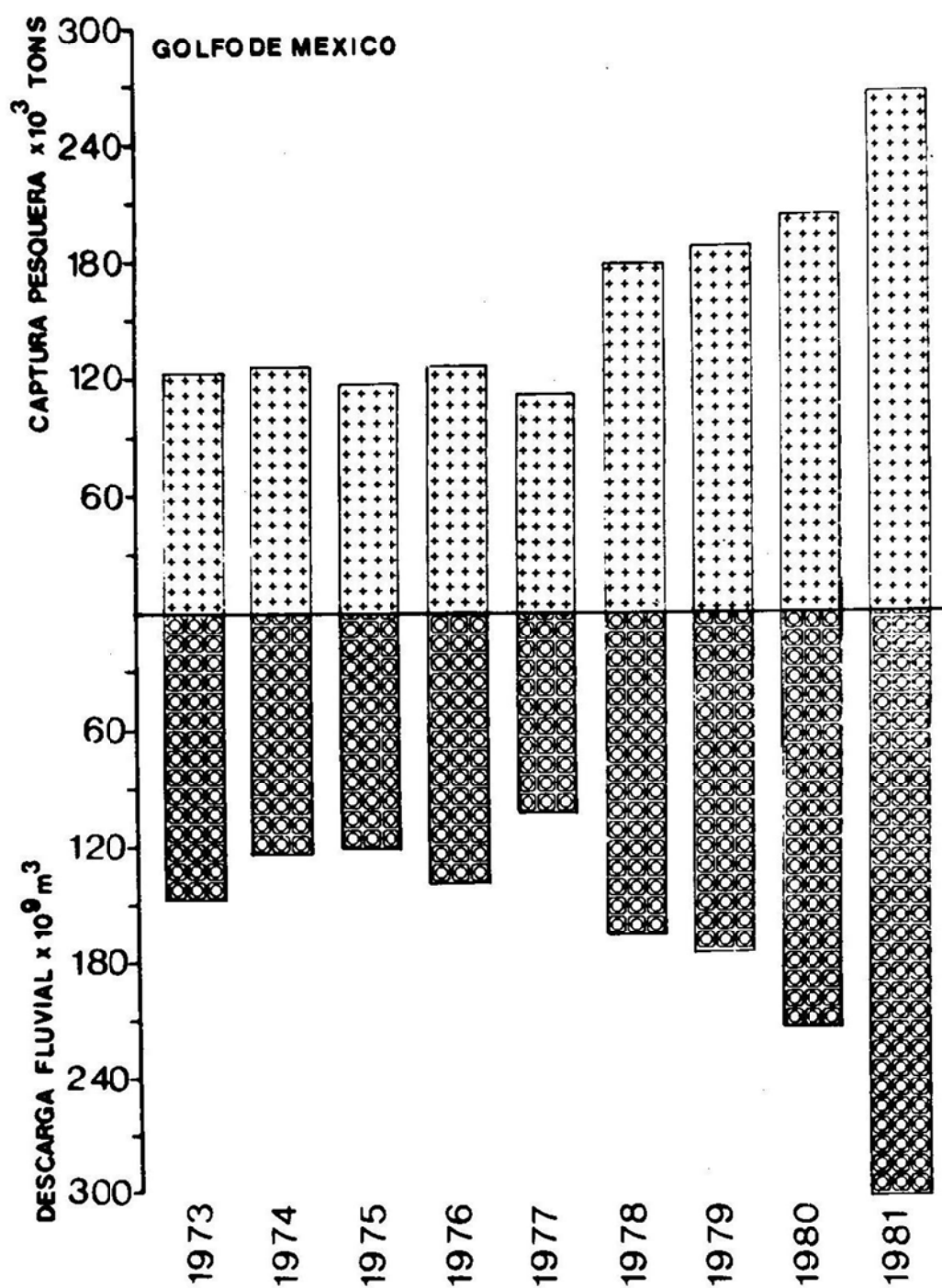


Fig.11. Comparación entre la descarga fluvial anual y la captura pesquera comercial anual para el litoral mexicano del Golfo de México. Se muestran los datos correspondientes al período 1973-1981.

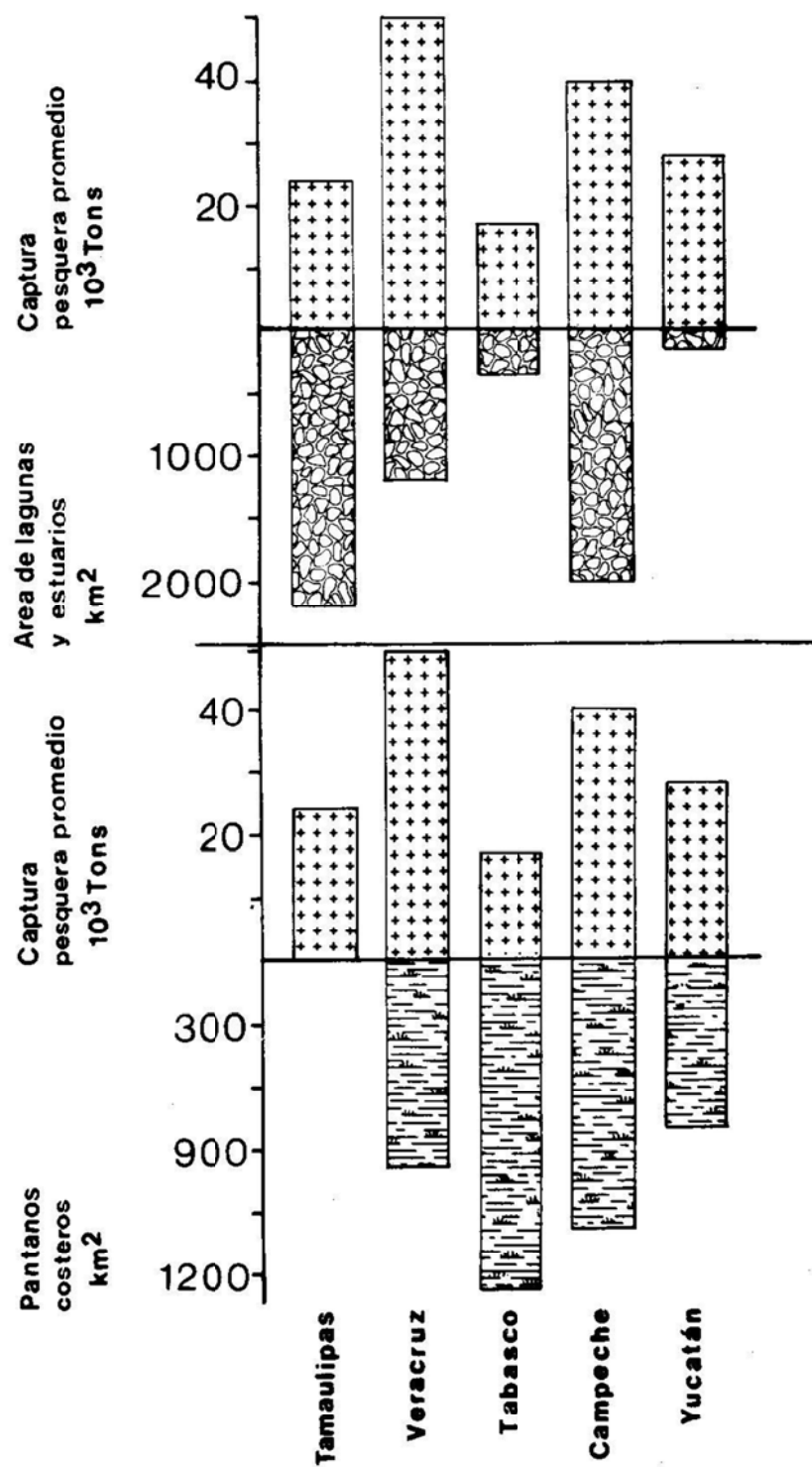


Fig. 12. Comparación de la captura pesquera comercial anual promedio ( $\times 10^3$  tons) con la extensión de lagunas costeras y estuarios ( $\text{km}^2$ ), y con la extensión de áreas de vegetación costera ( $\text{km}^2$ ) para cada uno de los estados mexicanos del litoral del Golfo de México.

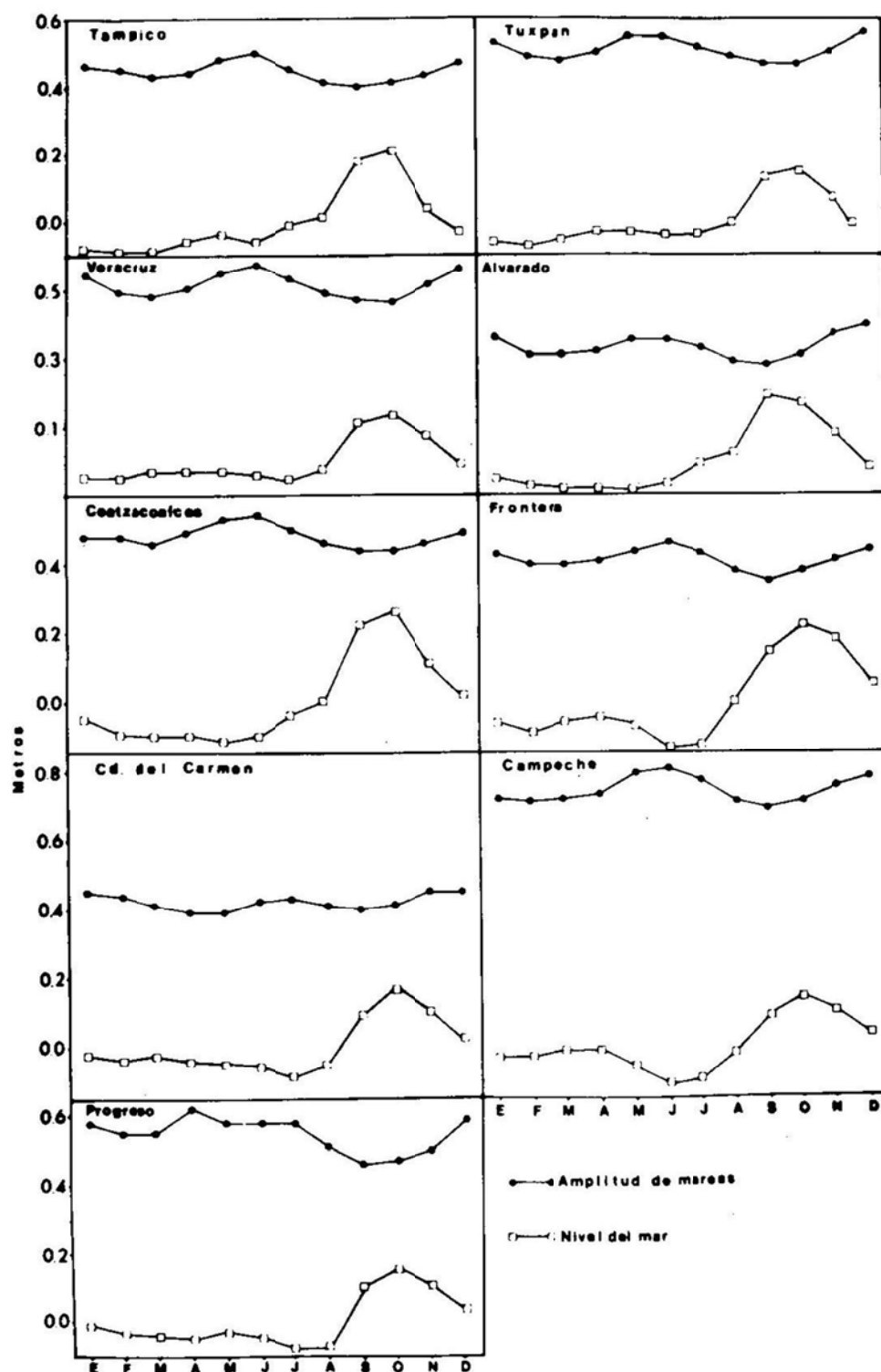


Fig. 13. Medias mensuales de amplitud de mareas y nivel del mar en puertos representativos del Golfo de México.

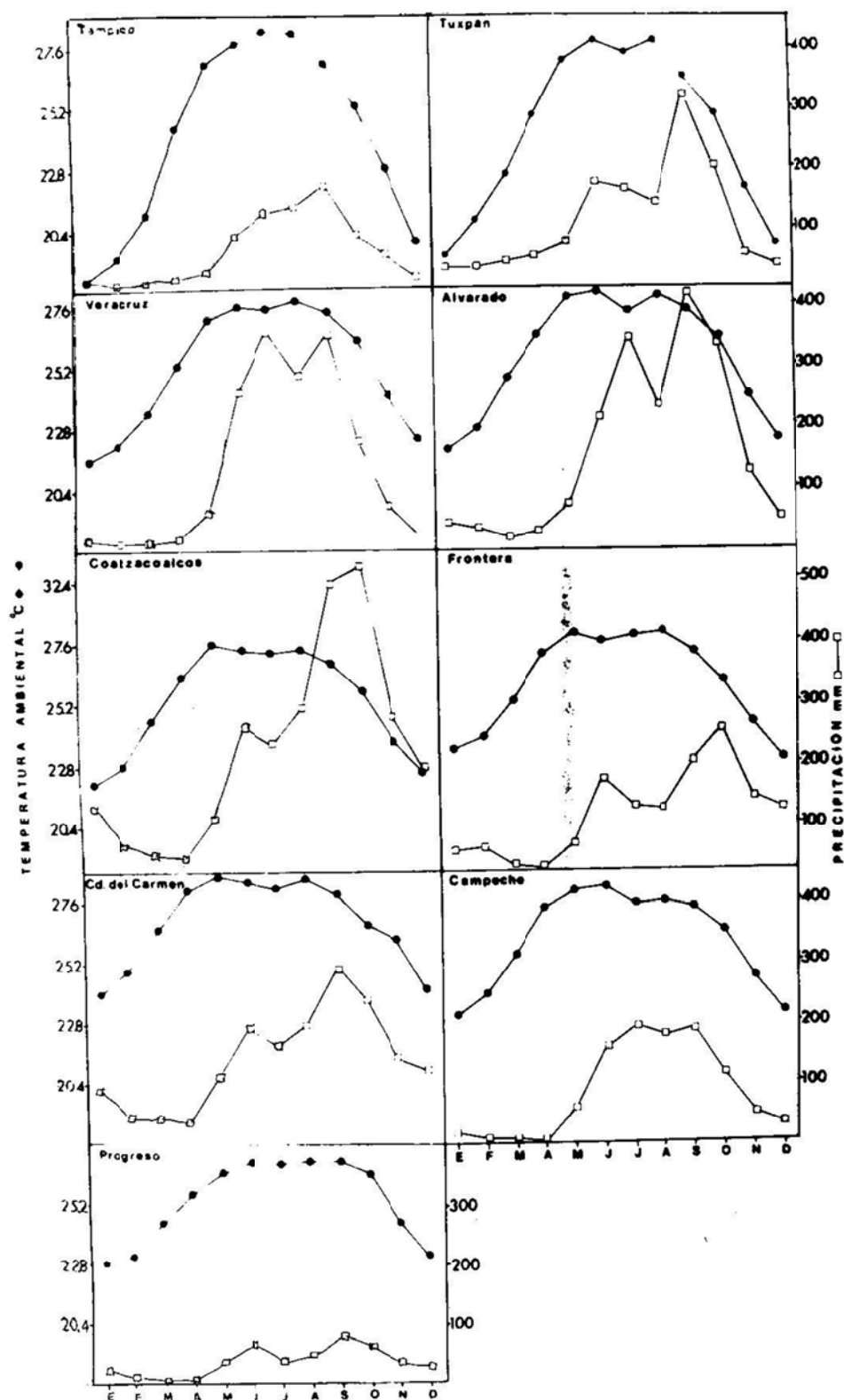


Fig. 14. Medias mensuales de precipitación y temperatura ambiental en puertos representativos del Sur del Golfo de México.

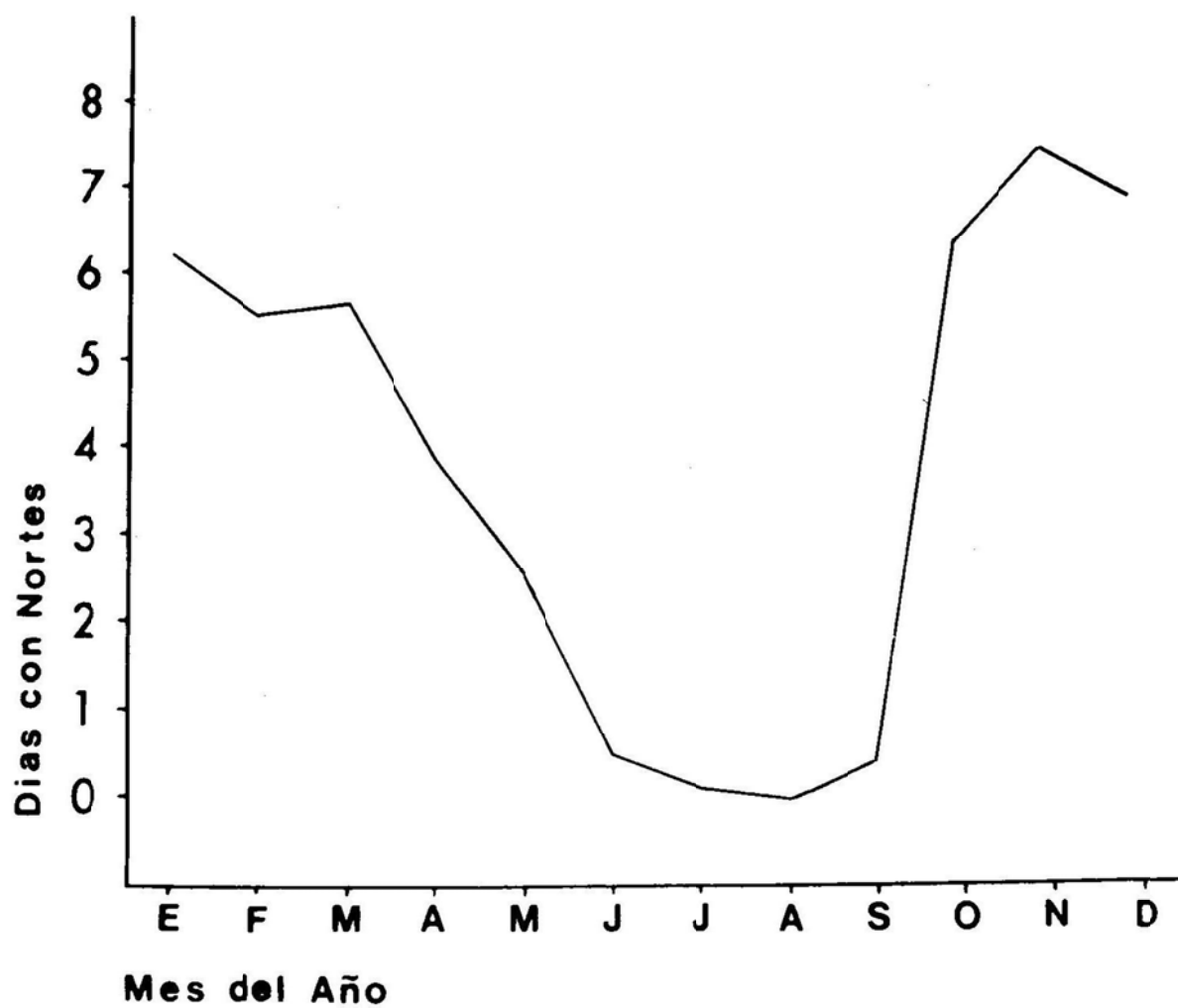


Fig. 15. Frecuencia mensual de días con "nortes" en el Sur del Golfo de México.

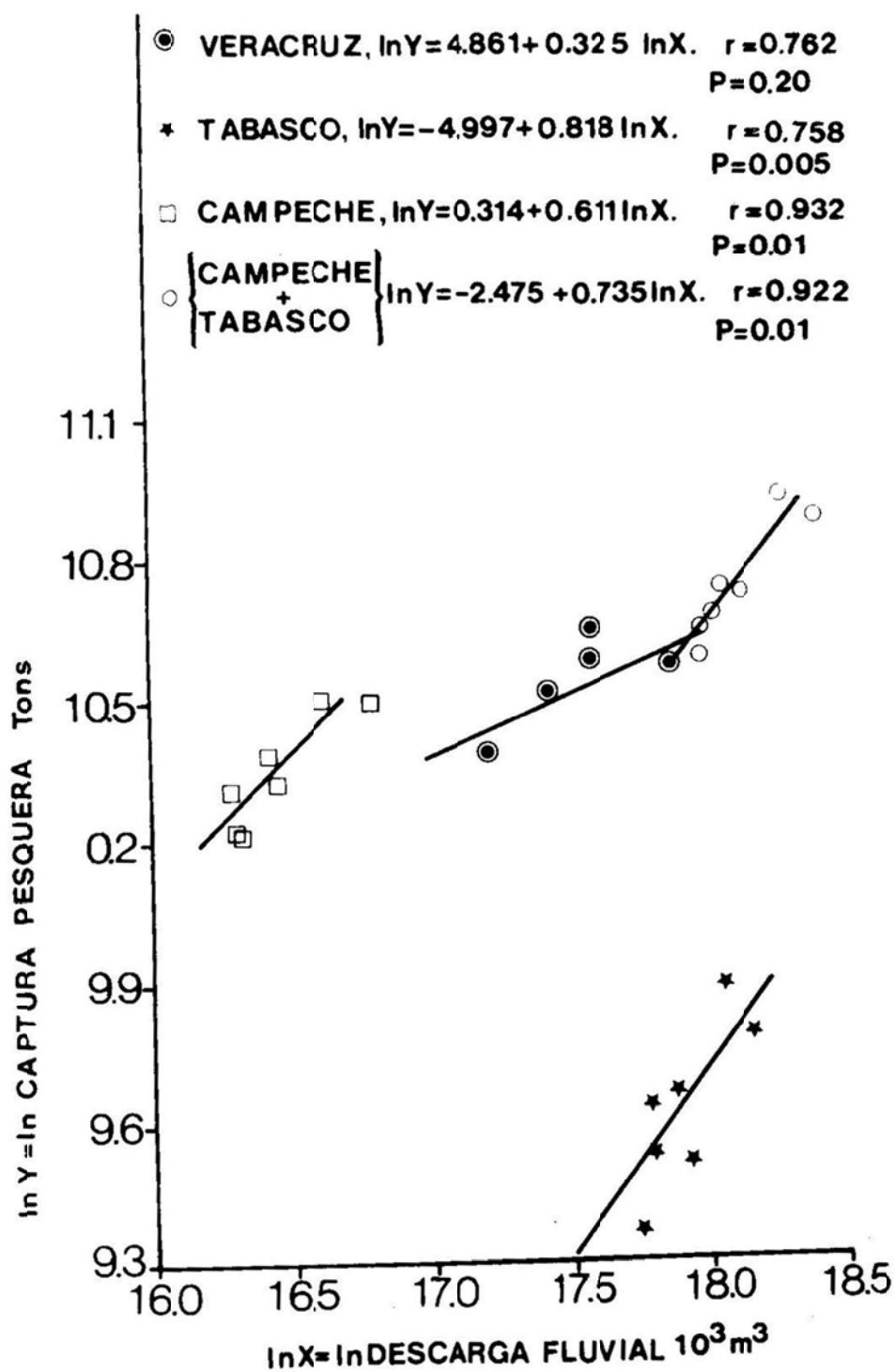


Fig. 16. Correlación entre las capturas pesqueras comerciales (Tons) y la descarga fluvial ( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ), ambos expresados en forma logarítmica, para cada uno de los estados mexicanos del Golfo de México, los datos de Tabasco y Campeche se incluyen de forma conjunta (periodo 1973 a 1981). Se muestran las ecuaciones de las rectas de mínimos cuadrados, los coeficientes de correlación ( $r$ ) y niveles de significancia estadística ( $P$ ).



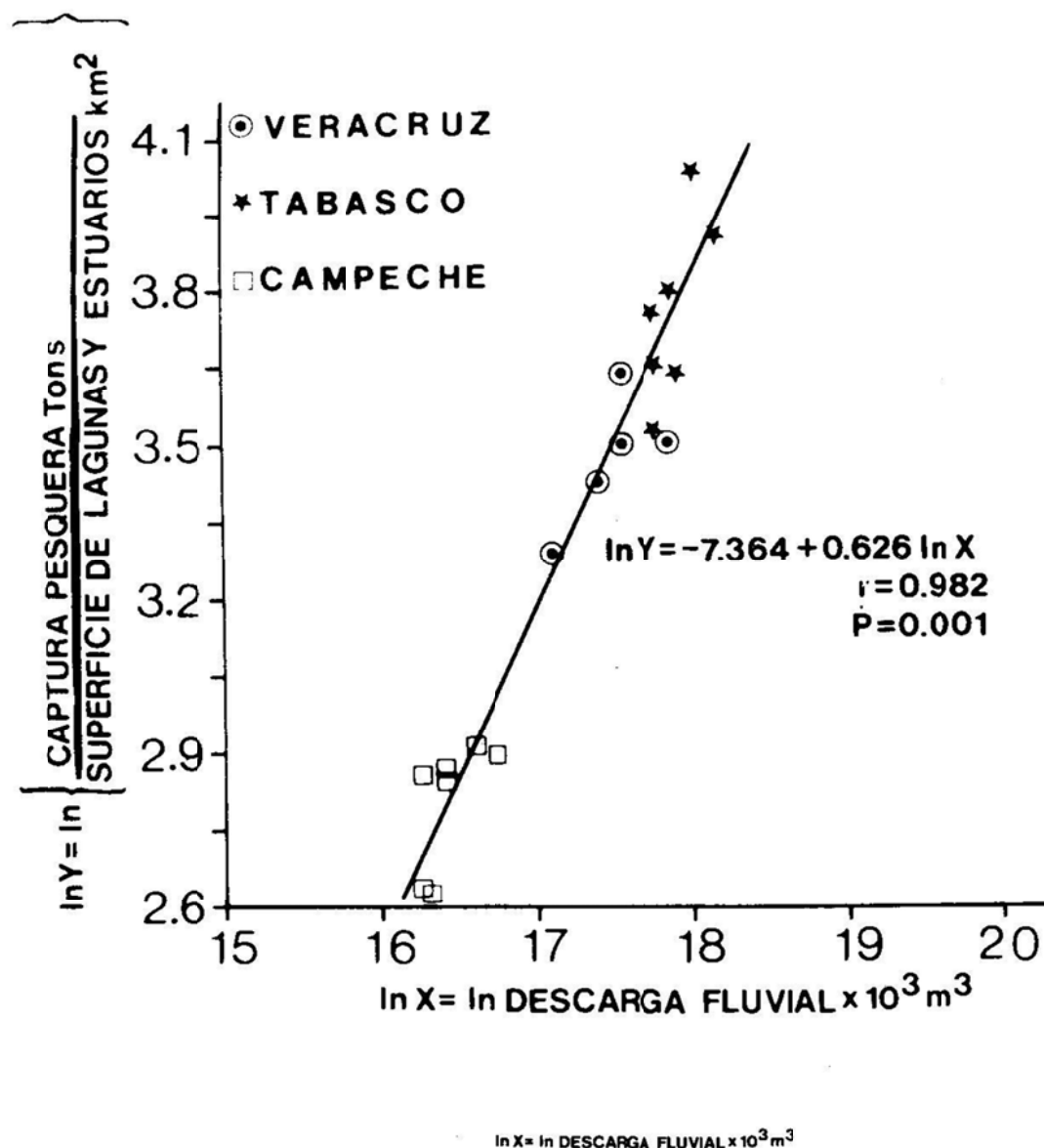
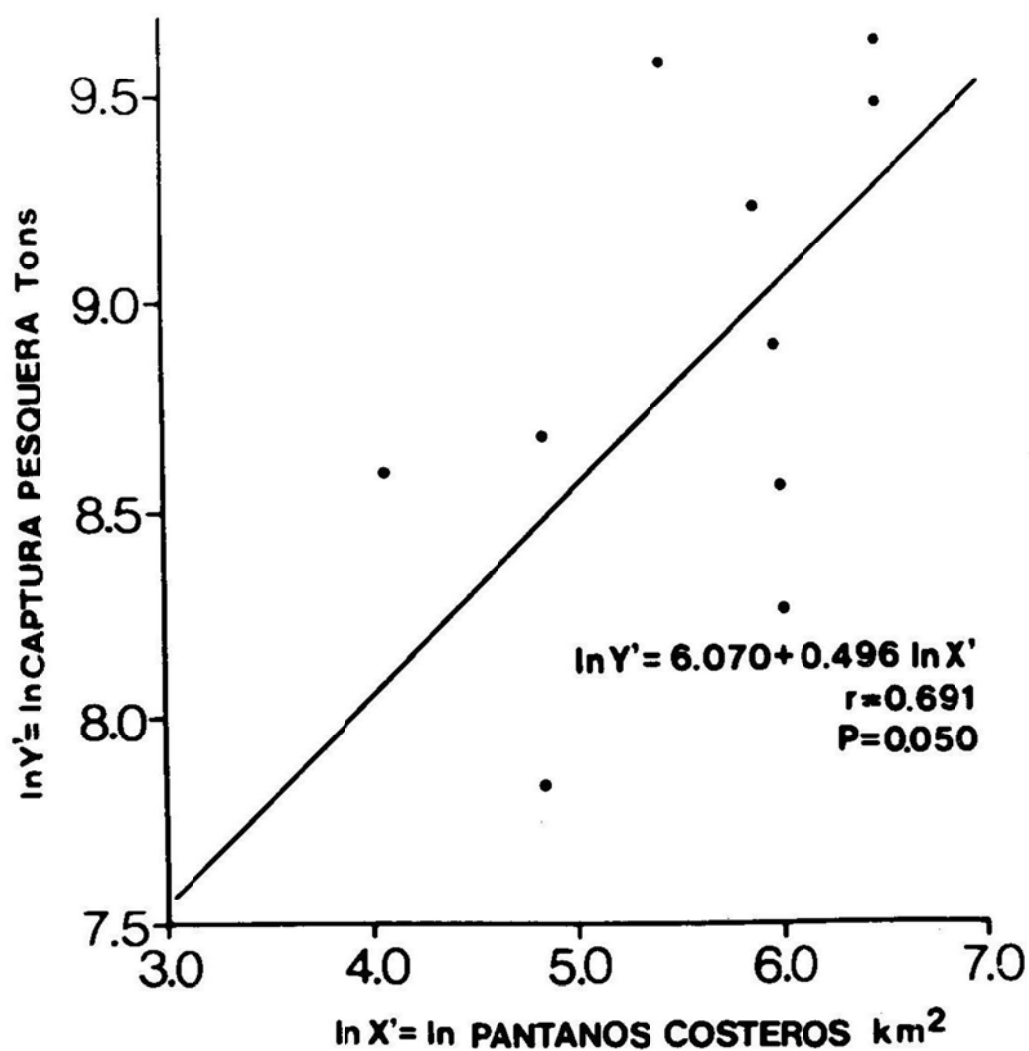
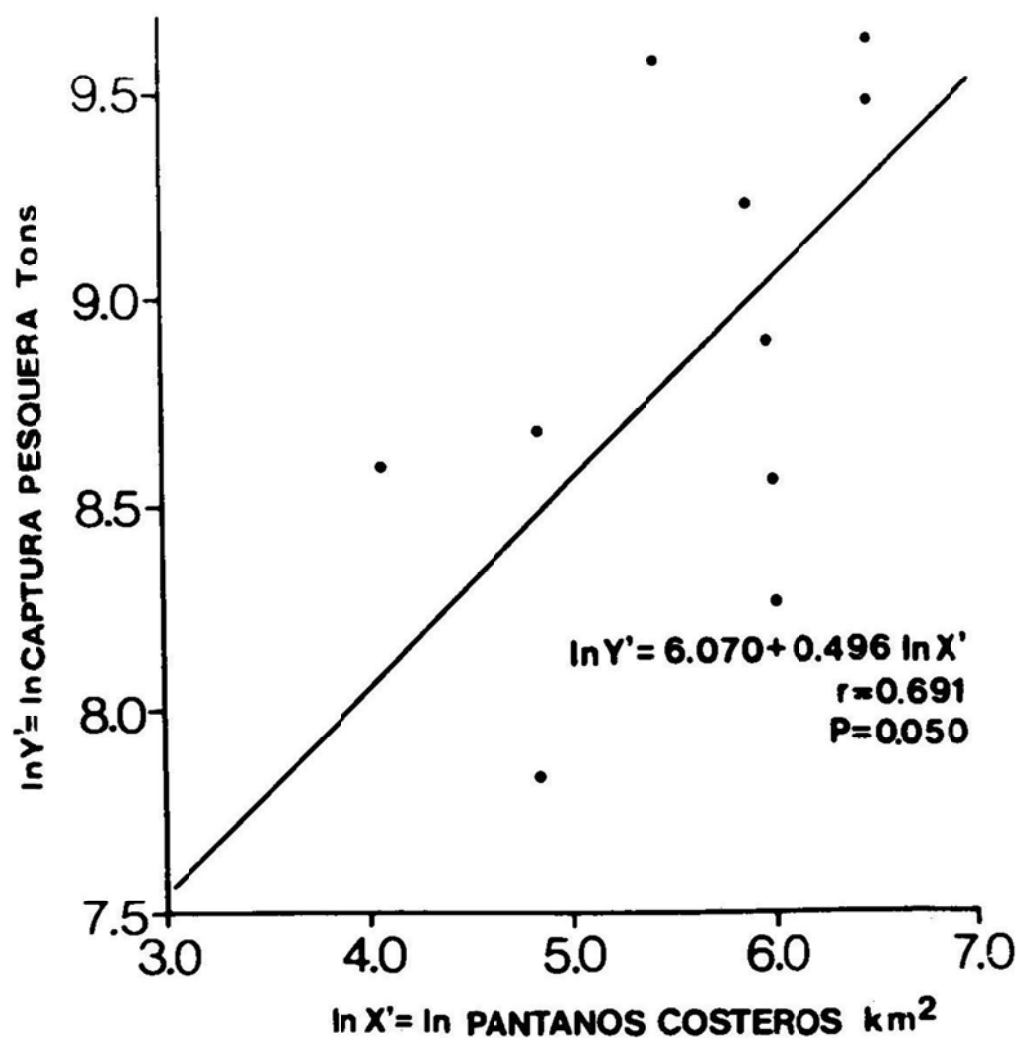


Fig. 17. Correlación entre el cociente de la captura pesquera comercial (tqns) entre la extensión de lagunas costeras y estuarios ( $\text{km}^2$ ), y la descarga fluvial ( $X \times 10^3 \text{ m}^3$ ), ambos expresados en forma logarítmica. Se muestra la ecuación de la recta de mínimos cuadrados, su coeficiente de correlación ( $r$ ) y su nivel de significancia ( $P$ ). El análisis corresponde a los datos de Veracruz, Tabasco y Campeche.



$\ln X' = \ln \text{PANTANOS COSTEROS km}^2$

Fig. 18. Correlación entre la captura pesquera anual comercial promedio (tons) y la extensión de vegetación costera ( $\text{km}^2$ ), ambos parámetros expresados en forma logarítmica para los puertos que se enlistan en la tabla 11. Se muestra la ecuación de la recta de mínimos cuadrados, el coeficiente de correlación ( $r$ ) y el nivel de significancia estadística ( $P$ ).



$\ln X' = \ln \text{PANTANOS COSTEROS km}^2$

Fig. 18. Correlación entre la captura pesquera anual comercial promedio (tons) y la extensión de vegetación costera ( $\text{km}^2$ ), ambos parámetros expresados en forma logarítmica para los puertos que se enlistan en la tabla 11. Se muestra la ecuación de la recta de mínimos cuadrados, el coeficiente de correlación ( $r$ ) y el nivel de significancia estadística ( $P$ ).

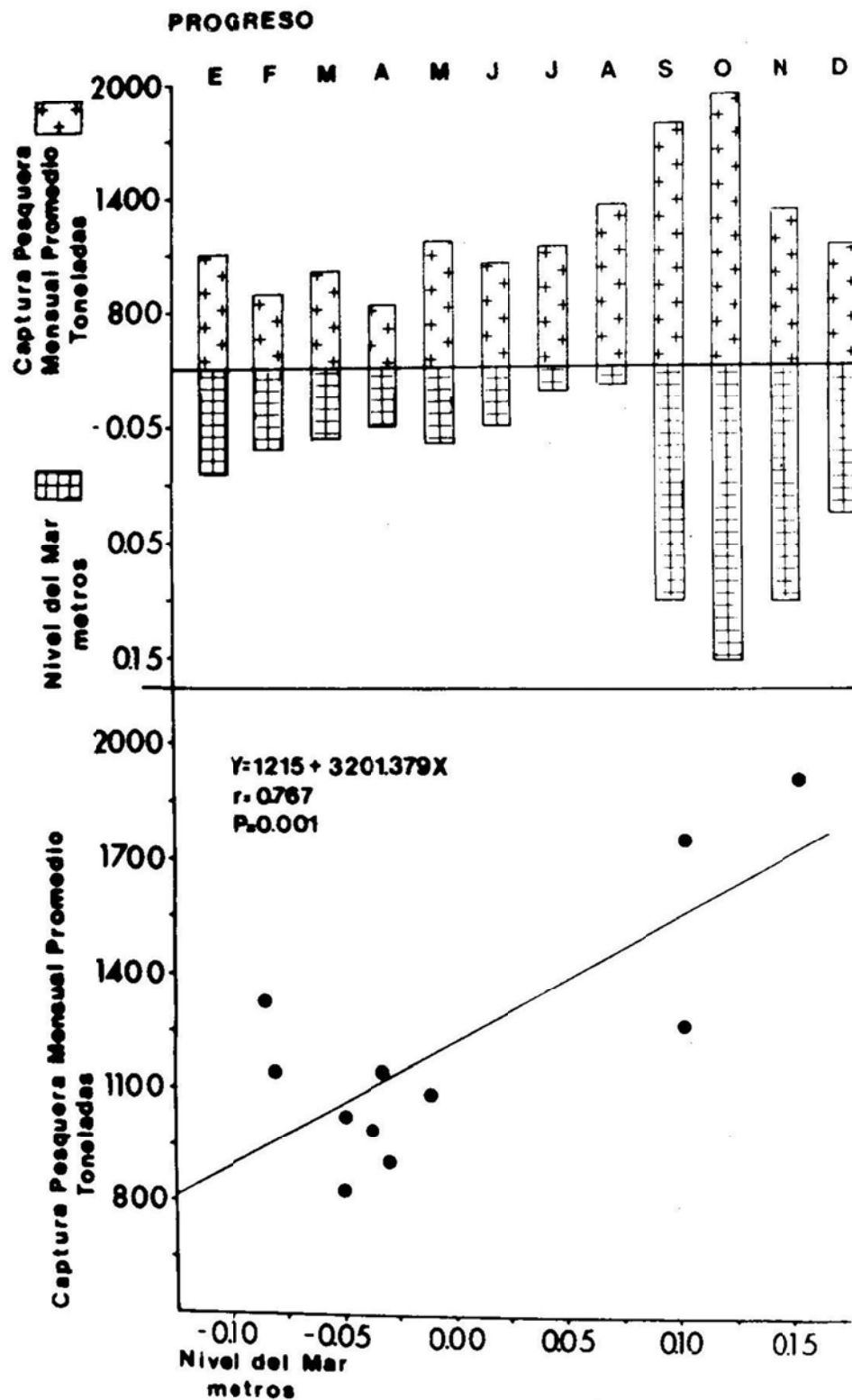


Fig. 19. Se compara el comportamiento de las medias mensuales de la captura pesquera y el nivel del mar de Progreso, Yuc.. Se muestra también el análisis de correlación entre ambos parámetros, con la recta de mínimos cuadrados, la ecuación de la misma, su coeficiente de correlación ( $r$ ) y el nivel de significancia estadística ( $P$ ).

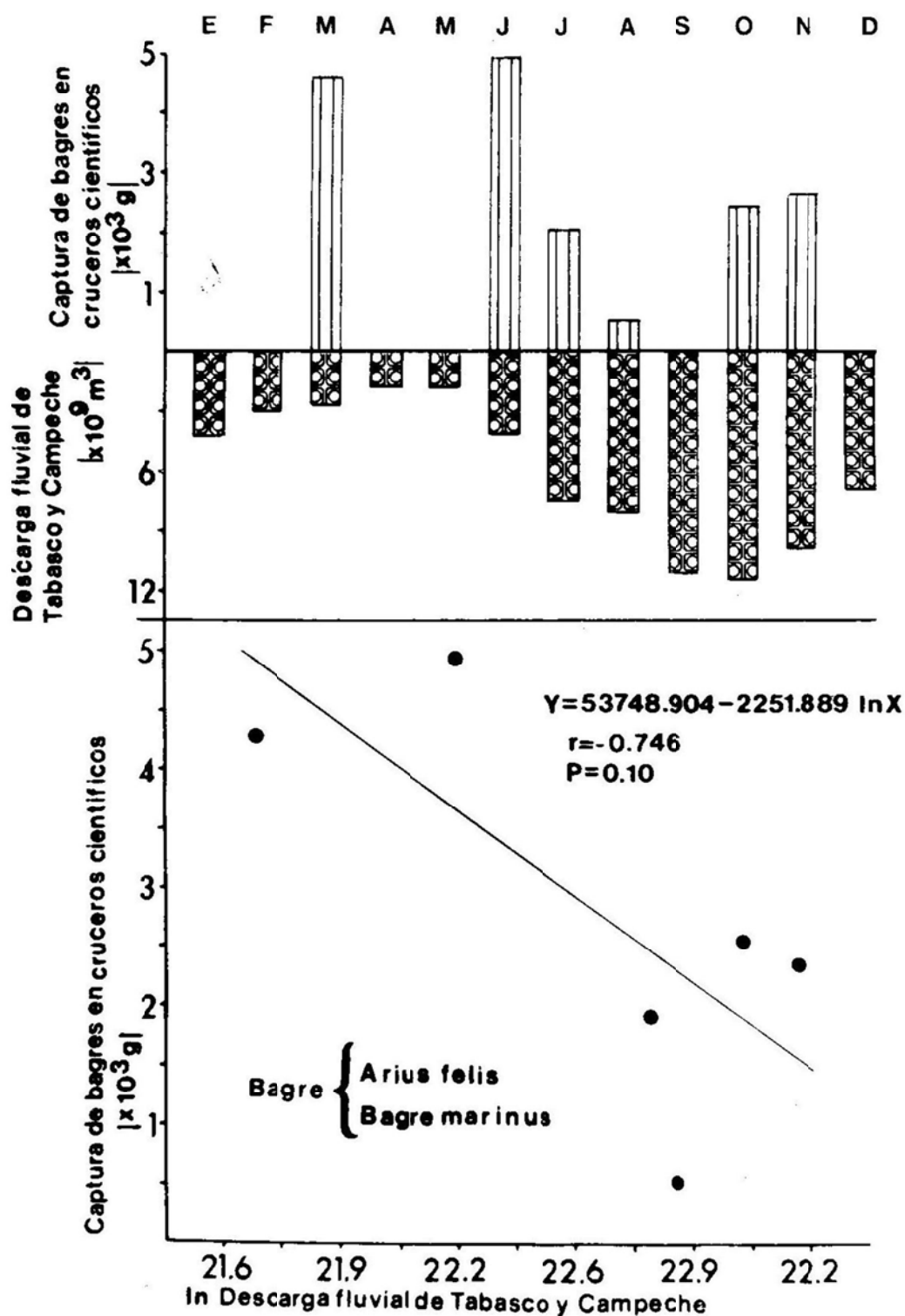


Fig. 20. Se compara el comportamiento de la captura de bagres (*Arius felis* y *Bagre marinus*) en Cruceros Científicos en la Sonda de Campeche y la descarga fluvial de Tabasco y Campeche. Se muestra también el análisis de correlación entre ambos parámetros, con la recta de mínimos cuadrados, la ecuación de la misma, su coeficiente de correlación ( $r$ ) y el nivel de significancia estadística ( $P$ ).

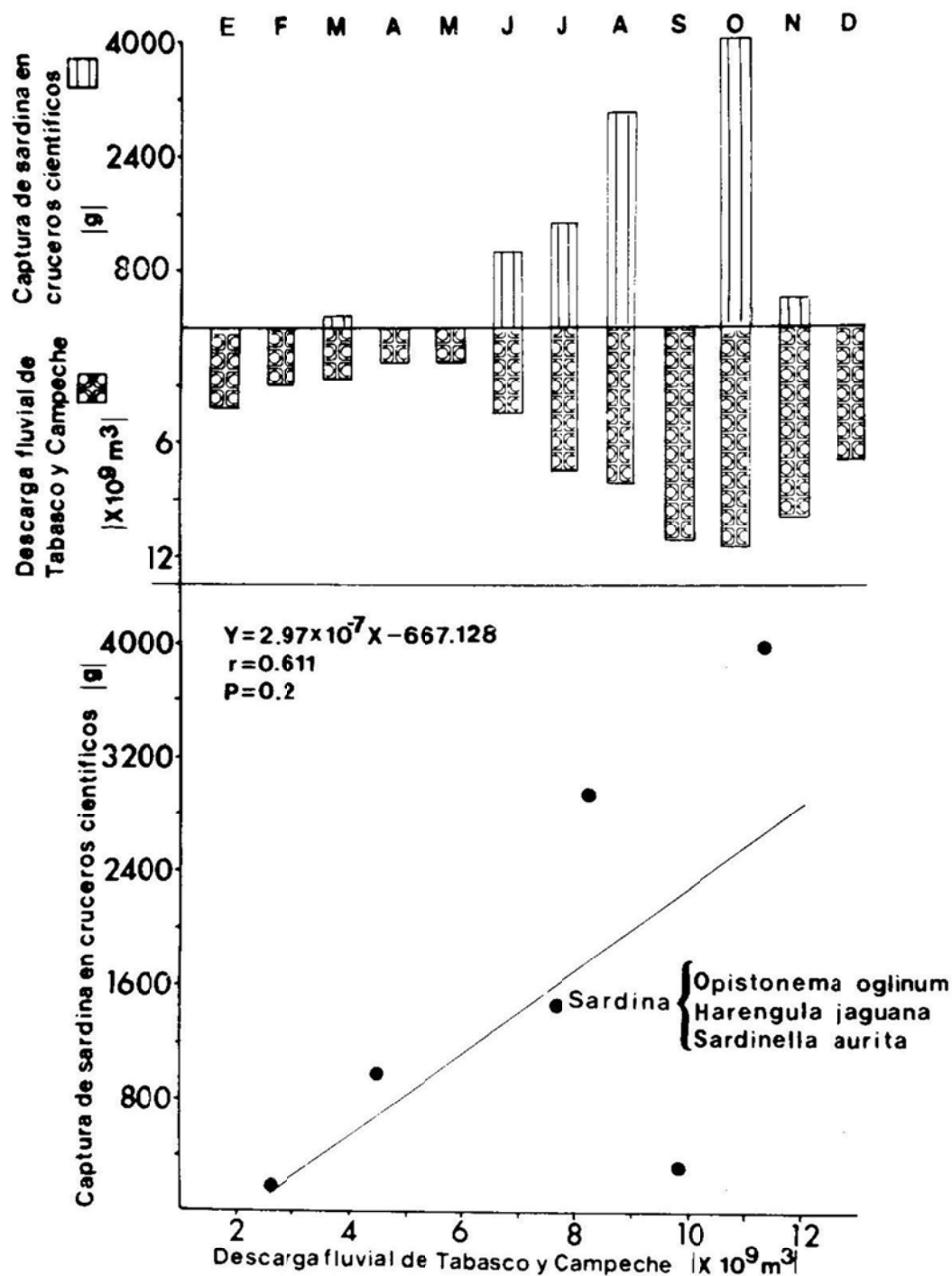


Fig. 21. Se compara el comportamiento de la captura de sardinas (*Opisthonema oglinum*, *Harengula jaguana* y *Sardinella aurita*) en Cruceros Científicos en la Sonda de Campeche y la descarga fluvial de Tabasco y Campeche. Se muestra también el análisis de correlación entre ambos parámetros, con la recta de mínimos cuadrados, la ecuación de la misma, su coeficiente de correlación ( $r$ ) y el nivel de significancia estadística ( $P$ ).



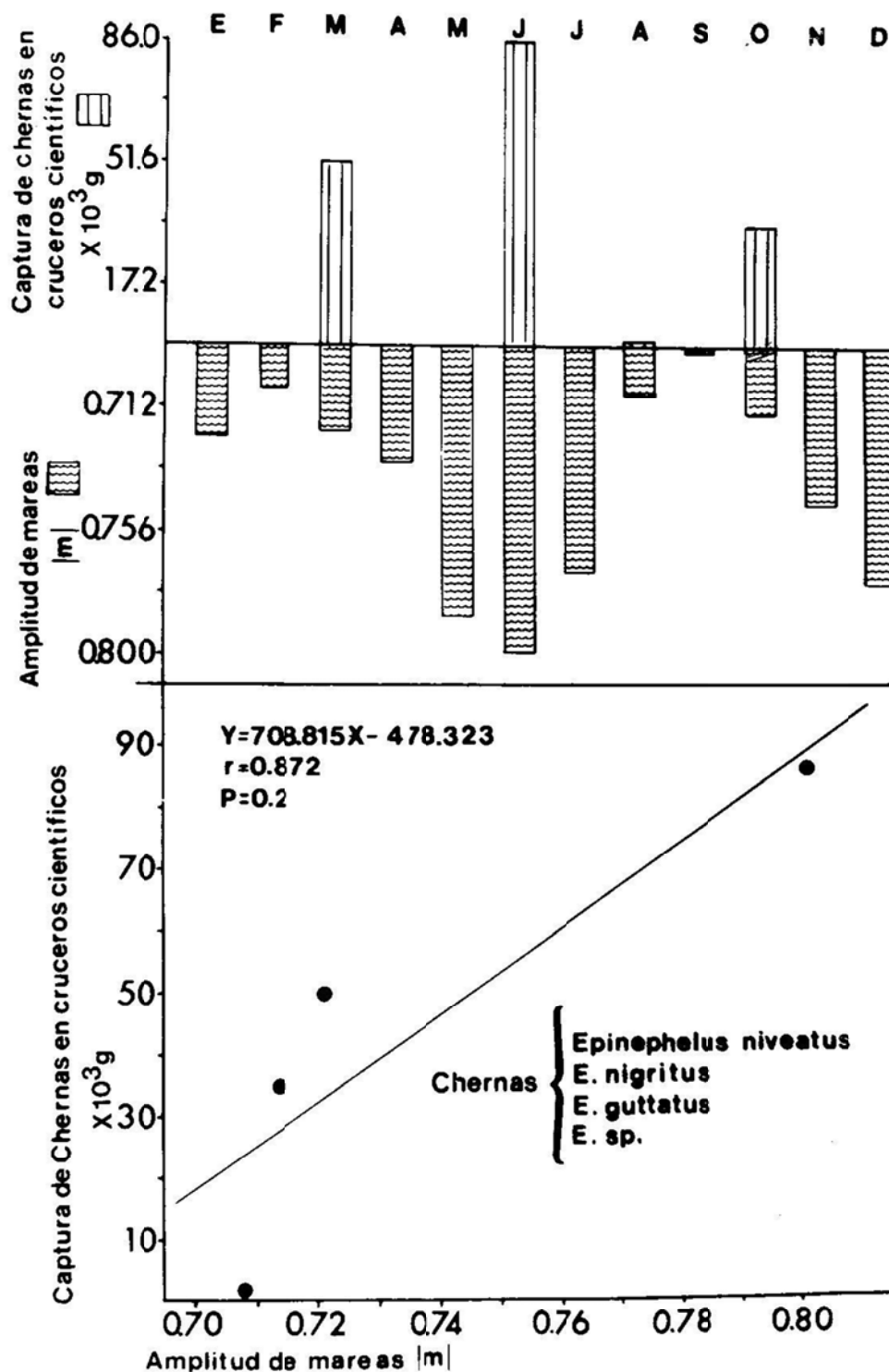


Fig. 22. Se compara el comportamiento de la captura de chernas (*Epinephelus niveatus*, *E. nigrilus*, *E. guttatus* y *E. sp.*) en Cruceros Científicos en la Sonda de Campeche y, la amplitud de mareas en Campeche, Camp.. Se muestra también el análisis de correlación entre ambos parámetros, con la recta de mínimos cuadrados, la ecuación de la misma, su coeficiente de correlación ( $r$ ) y el nivel de significancia estadística ( $P$ ).

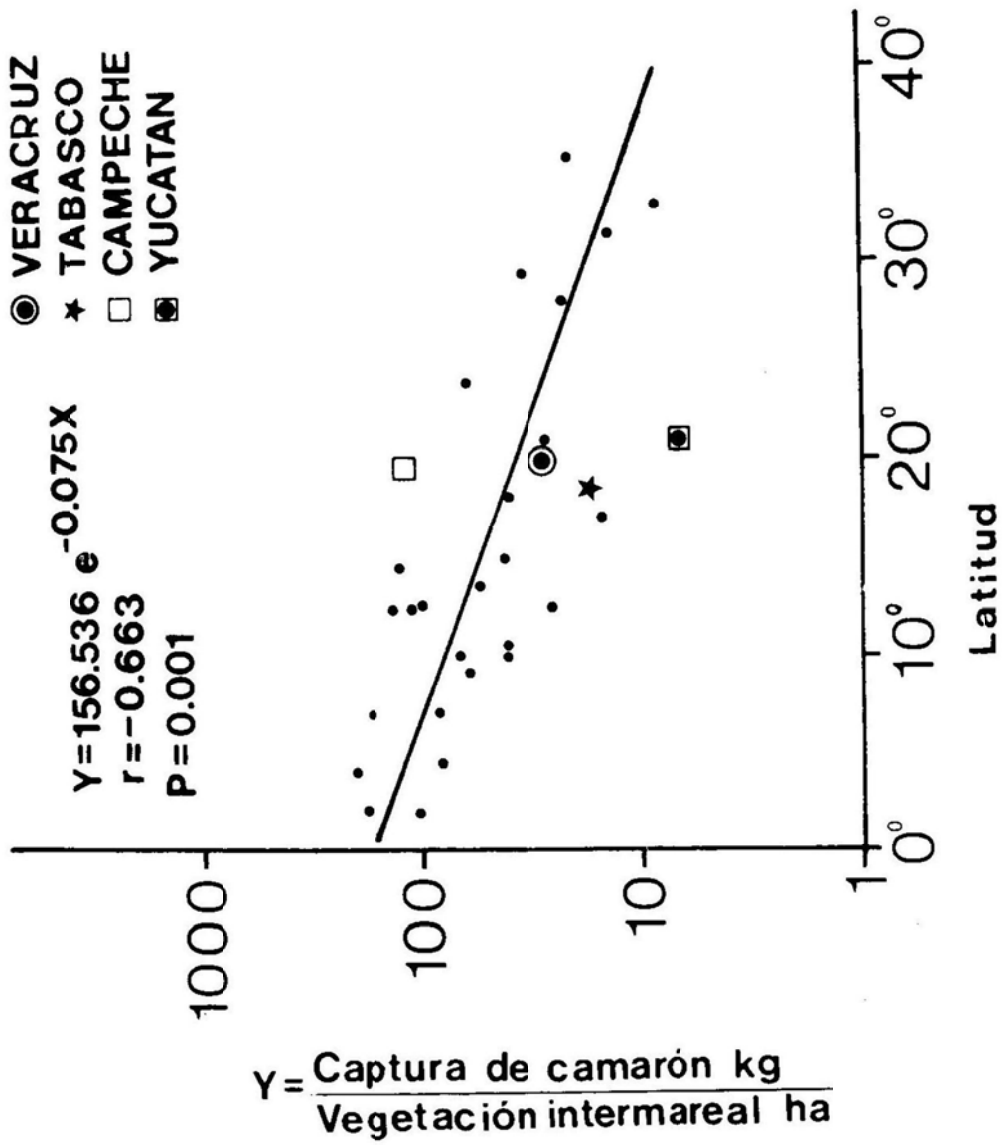


Fig. 23. Correlación entre el cociente de la captura pesquera sobre la extensión de vegetación costera (kg/ha) y la latitud. Se muestra la ecuación de la curva obtenida, su coeficiente de correlación ( $r$ ) y nivel de significancia estadística, se destacan los datos correspondientes a los estados mexicanos del Golfo de México (modificado de Turner, 1977).

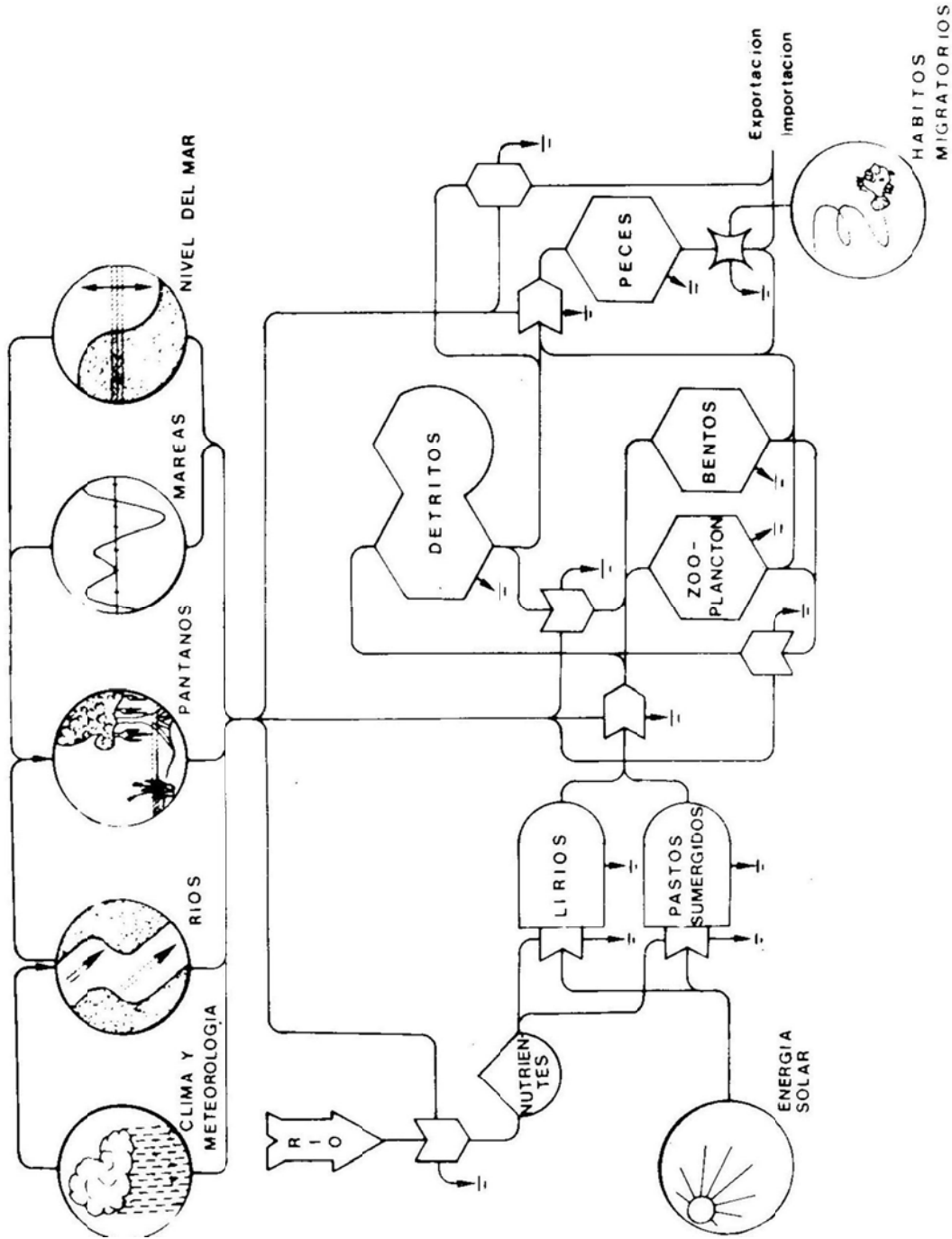


Fig. 24. Diagrama del hábitat de ríos y cuerpos de agua dulce. Se muestran los componentes del hábitat (productores y consumidores), se destaca la formación del detritus, los hábitos, migratorios de los peces y las variables físicas que actúan sobre este hábitat.

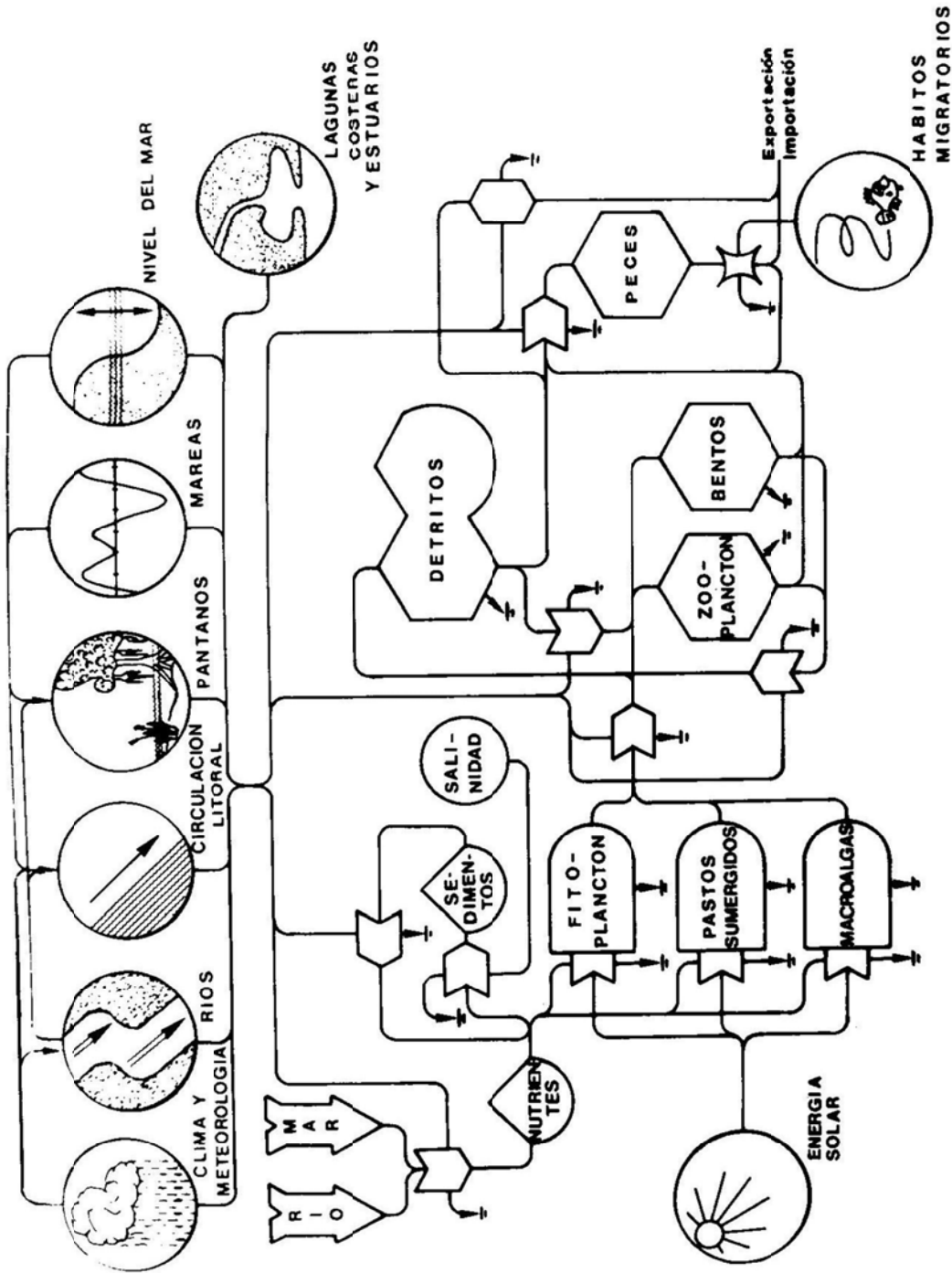


Fig. 25. Diagrama del hábitat de lagunas costeras y estuarios. Se muestran los componentes del hábitat (productores y consumidores), se destaca la formación del detritus, los hábitos migratorios de los peces y las variables físicas que actúan sobre este hábitat.

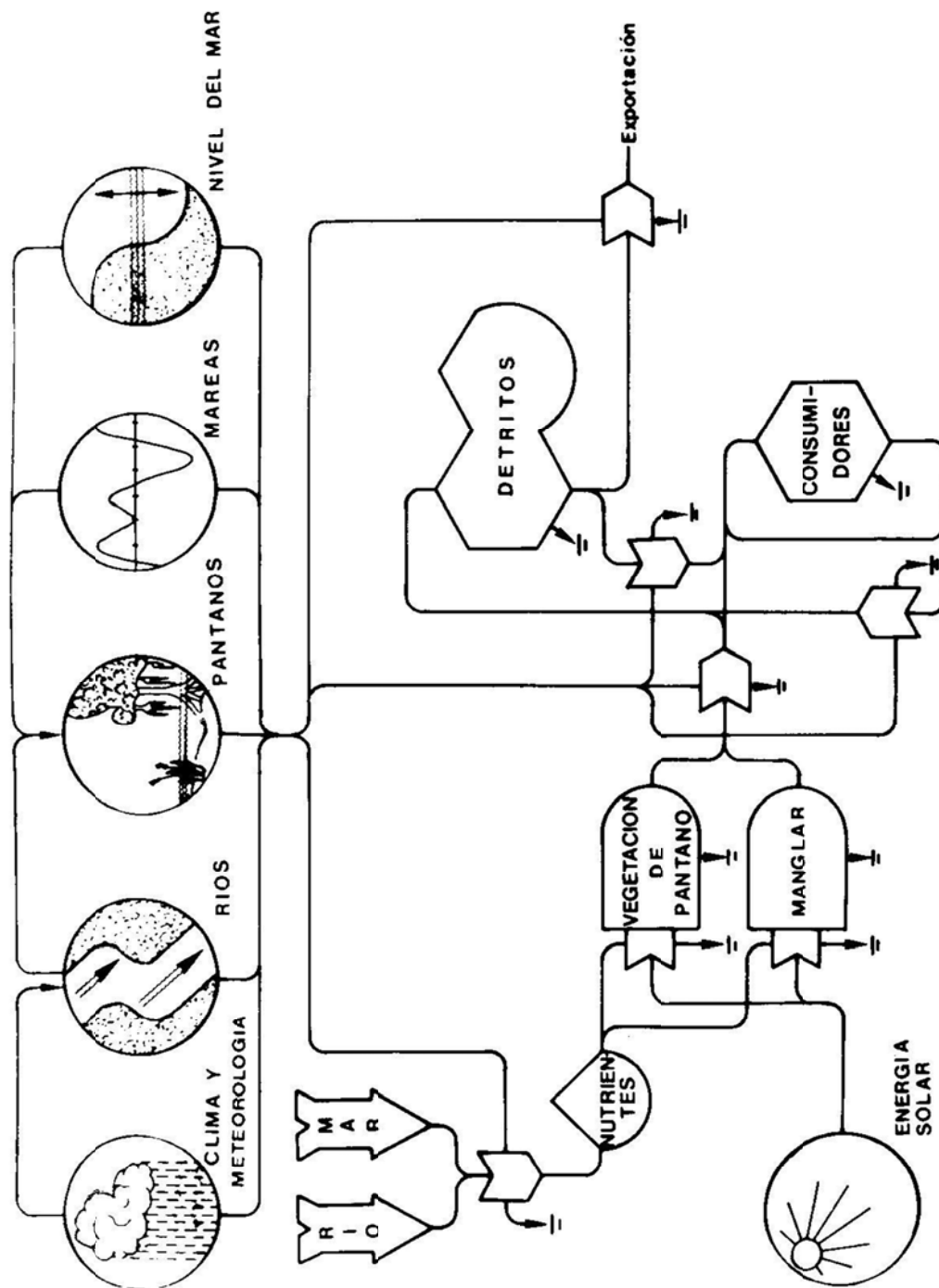


Fig. 26. Diagrama del hábitat de pantanos. Se muestran los componentes del hábitat (productores y consumidores), se destaca la formación del detritos y su exportación y las variables físicas que actúan sobre este hábitat.

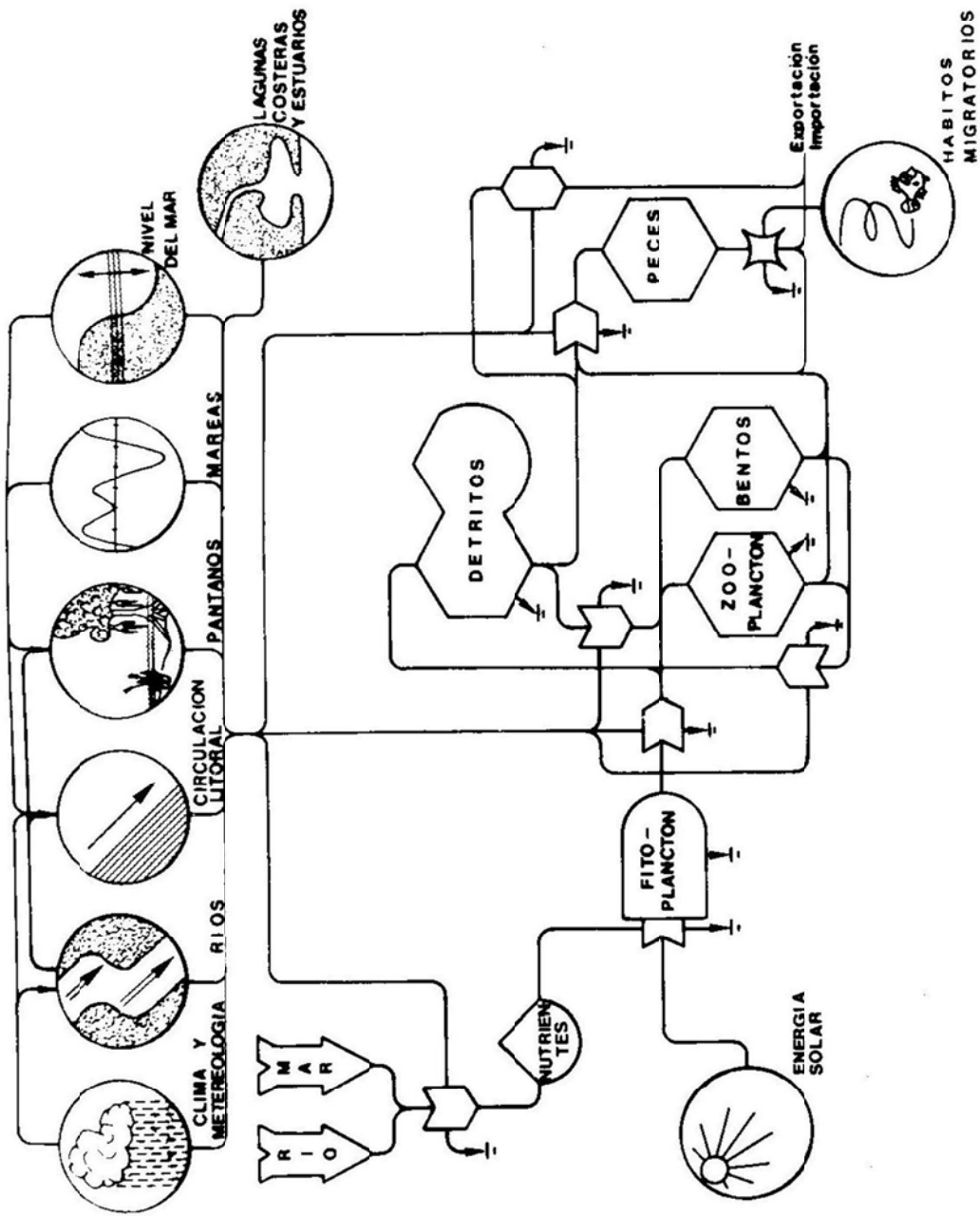


Fig. 27. Diagrama de la plataforma continental. Se muestran los componentes del hábitat (productores y consumidores), se destaca la formación del detritos, los hábitos migratorios de los peces y las variables físicas que actúan sobre este hábitat.



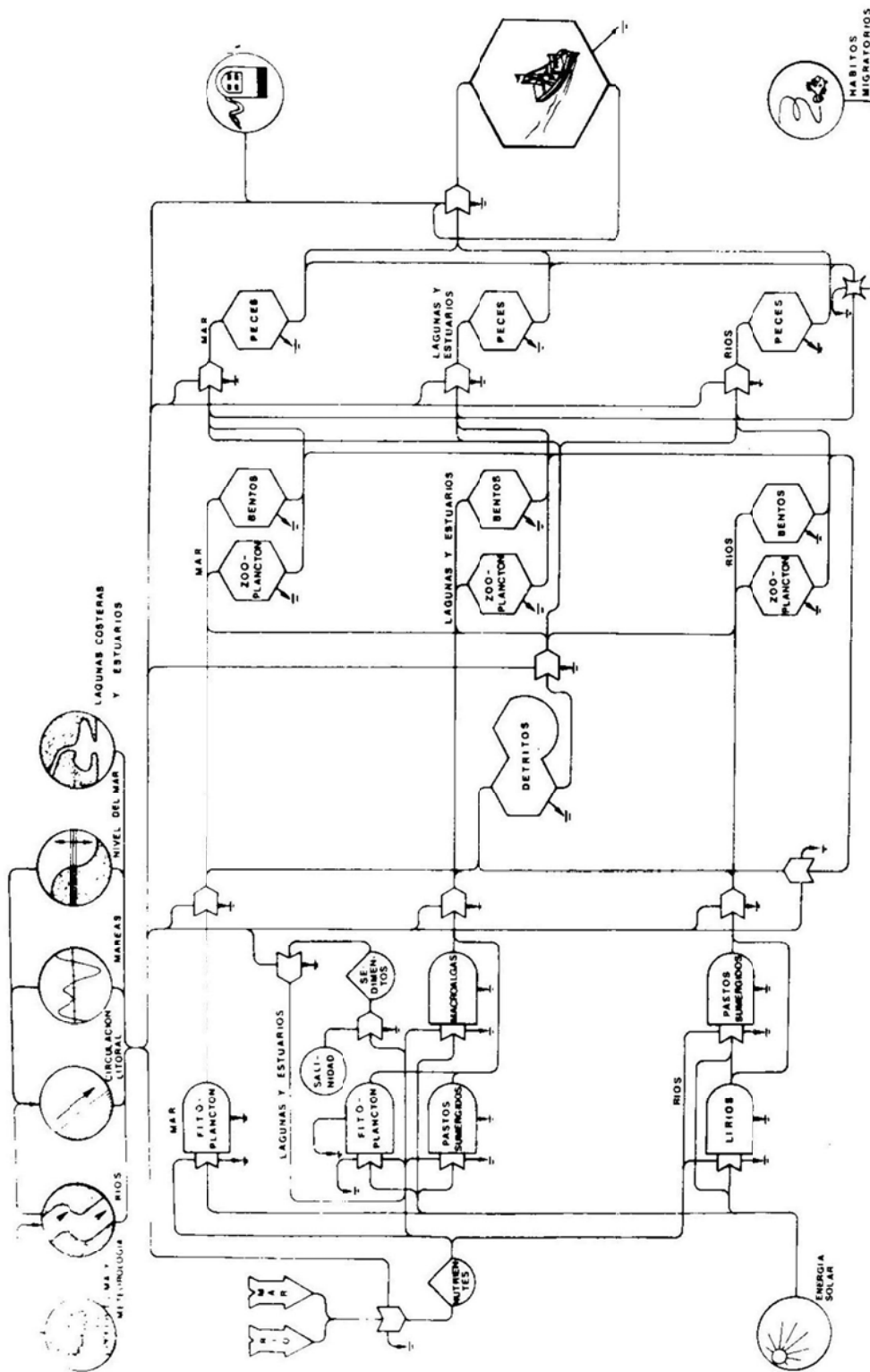


Fig. 28. Diagrama de la Region I -Tamaulipas-. Se muestran los productores y consumidores de los principales habitats de la región, así como la formación del detritos. El diagrama muestra la vía producción primaria---►producción secundaria, terminando en la producción pesquera. Se destacan las variables físicas que actúan sobre esta región.

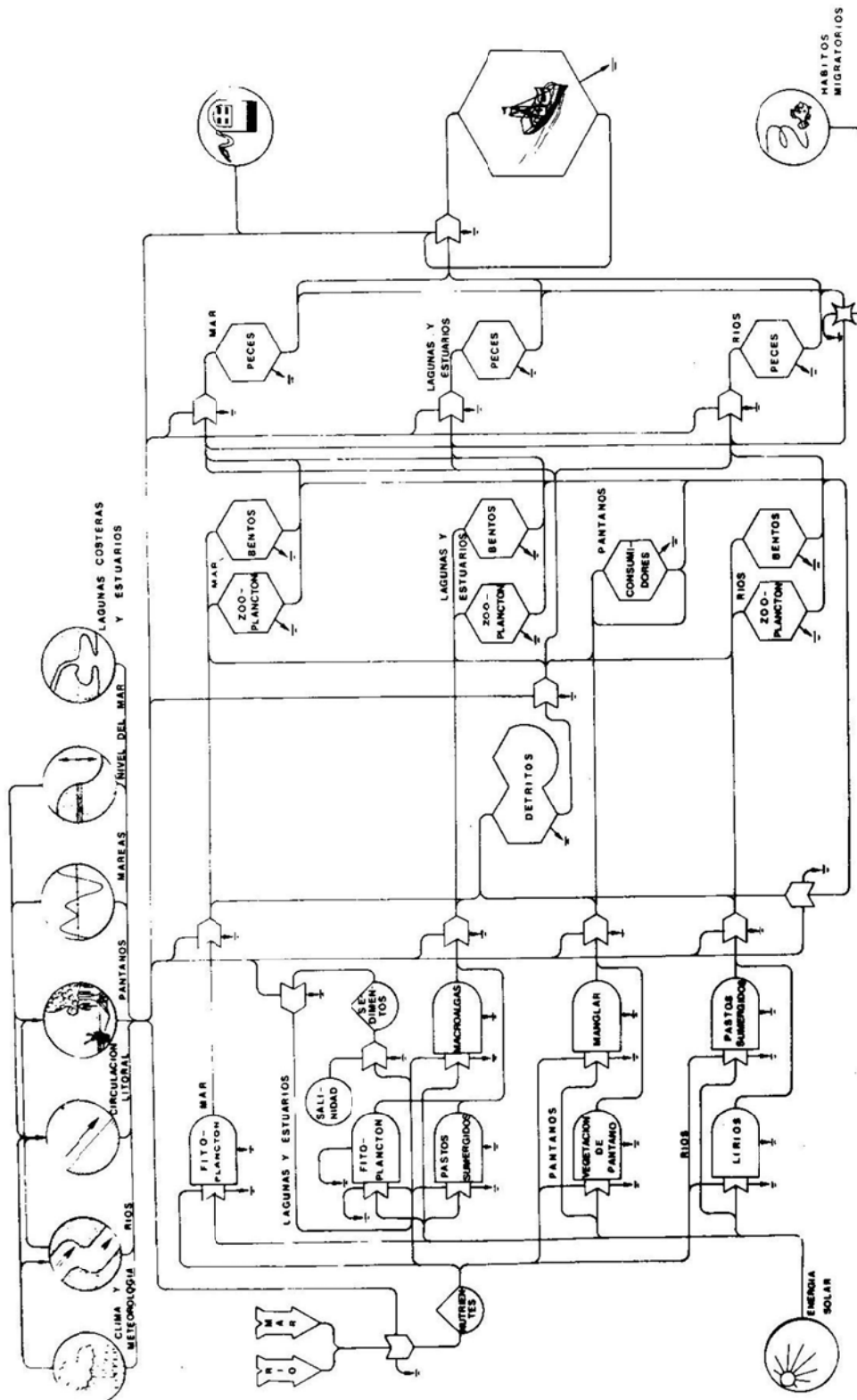


Fig. 29. Diagrama de la Región II-Sur del Golfo de México-. Se muestran los productores y consumidores de los principales hábitats de la región, así como la formación del detritus. El diagrama muestra la vía de producción primaria --> producción secundaria, terminando en la producción pesquera. Se destacan las variables físicas que actúan sobre esta región.

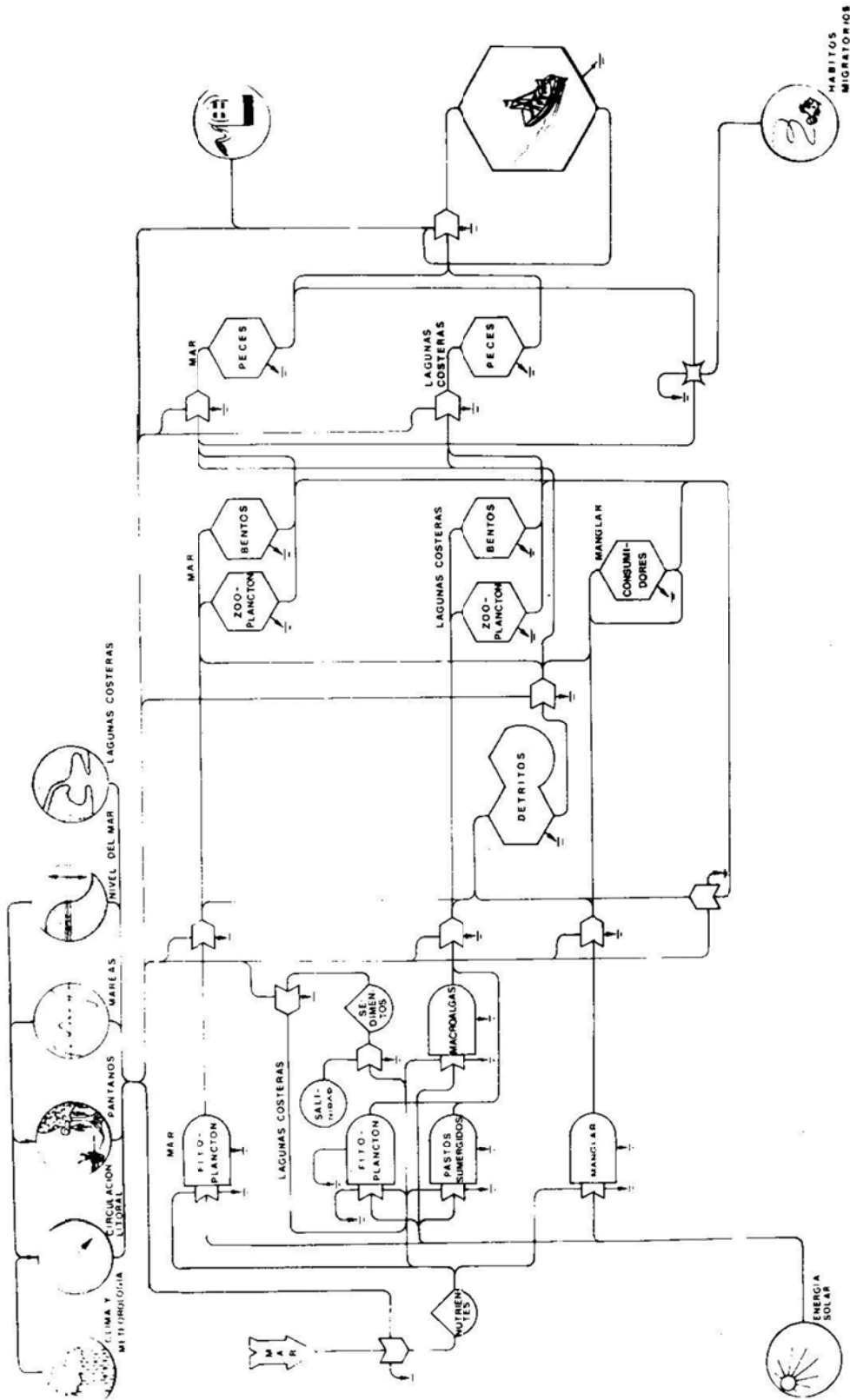


Fig. 30. Diagrama de la Región III-Península de Yucatán-. Se muestran los productores y consumidores de los principales habitats de la región, así como la formación del detritus. El diagrama muestra la vía de producción primaria y secundaria, terminando en la producción pesquera. Se destacan las variables físicas que actúan sobre esta región.

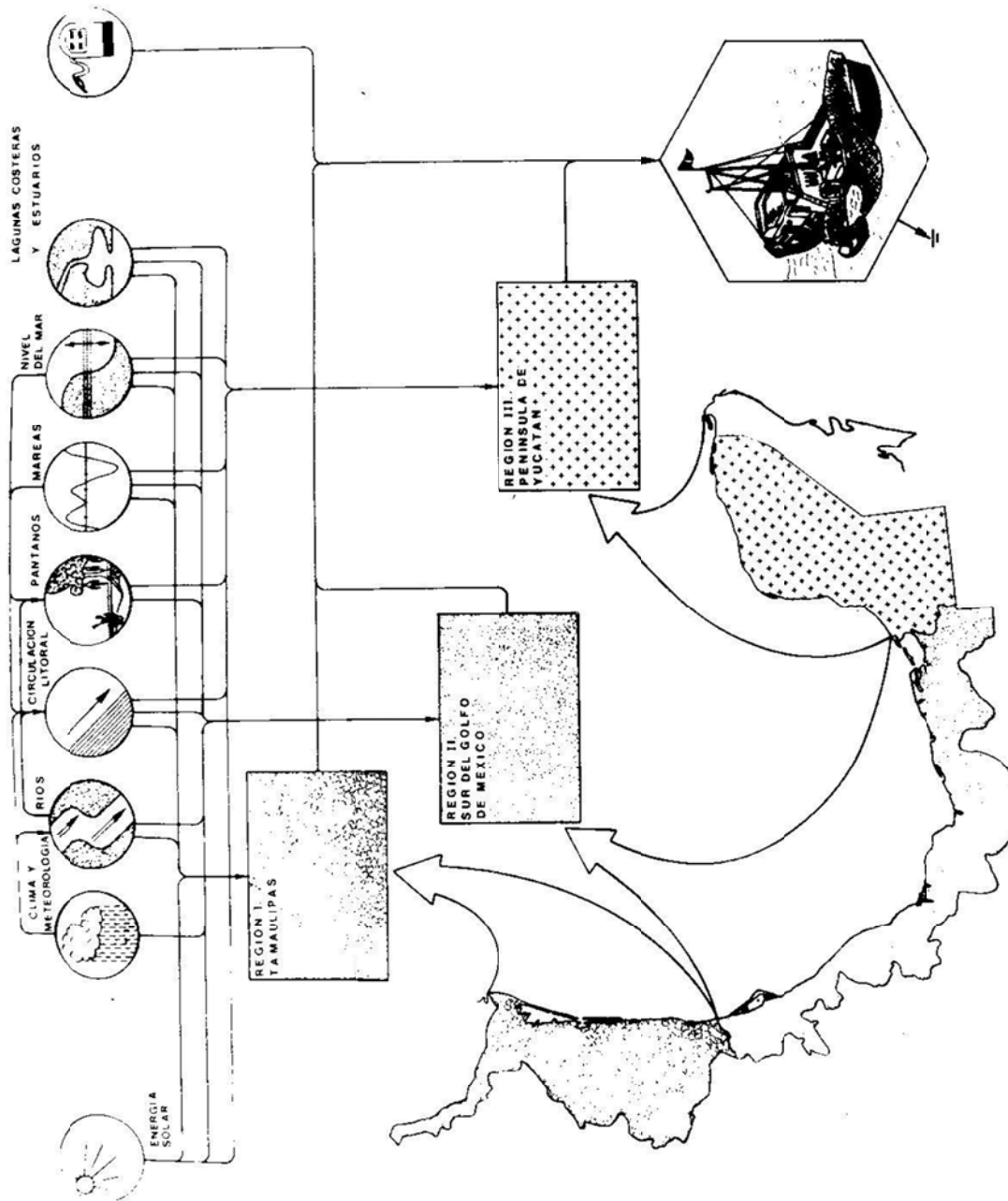


Fig. 31. Diagrama de la Zona de Estudio. Se comparan las variables físicas que controlan el recurso pesquero en cada una de las tres regiones definidas.

## LITERATURA CITADA

- ALMANZA, R. y S. LÓPEZ, 1975. Radiación Solar Global en la República Mexicana Mediante Datos de Insolación. Inst. Ing., Univ. Nal. Autón. México, 357 : 1-10.
- AMEZCUA 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. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 7 (1) : 69-118.
- ANGEL, M. V., 1984. Detrital organic fluxes through pelagic ecosystems. p. 475 - 516. In: Fasham, M. J. R. (Ed.) Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems, Theory and Practice. Nat. Conference Series IV : Marine Sciences, Plenum Press, New York, 13 : 733 p.
- ARMSTRONG, N. E., 1982. Responses of Texas estuaries to freshwater inflows, p. 103 - 120. In: Kennedy, V. S. (Ed). Estuarine Comparisons. Academic Press Inc. New York, 710 p.
- BANERJI, S. K., 1969. Crustacean production in India. Bull. Cent. Mar. Fish. Res. Inst., 14 : 259 - 272.
- BANJIBATANA, D., 1958. Mangrove forests in Thailand. 9th Pac. Sci. Congr. Proc., 11 : 22 - 34.
- BESSONOV, N., O. GONZALES y A. ALZAROV, 1971. Resultados de las investigaciones cubano-soviéticas en el Banco de Campeche. In: Coloquio Sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes, CICAR/UNESCO/FAO : 317 - 323.
- BOYNTON, W. R., W. M. KEMP y C. W. KEIFE, 1982. A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production, p. 69 - 90. In: Kennedy, V. S. (Ed.). Estuarine Comparisons. Academic Press Inc. New York. 710 p.
- BRIGGS, P. T. y J. S. O'CONNORS, 1971. Comparison of shore-zone fishes over naturally vegetated and sand-filled bottoms in Great South Bay. New York Fish Game J., 41 (16) : 15 - 14.
- BROWDER, J. A. y D. MOORE, 1981. A new approach to determining the quantitative relationship between fishery production and the flow of fresh waters to estuaries. p. 403 - 430. In: Cross, R. y D. Williams (Eds.) Proceedings of the National Symposium on Freshwater Inflow to Estuaries. U. S. Fish Wildl. Serv. Off. Biol. Serv. FWS/CBS-81/04, 1. 525 p.
- CAPURRO, L. A., 1972. La circulación oceánica en el Golfo de México. In: Carranza, J. (Ed.) Mem. IV Congr. Nac. Oceanogr. (México), 1969 : 3 - 12.

- CASTELLO, J. P. y O. O. MOLLER Jr., 1978. On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon (Rio Grande do Sul, Brazil). *Atlantica Rio Grande*, 3 : 67 - 74.
- CINTRÓN, G. y Y. SCHAEFFER-NOVELLI, 1983a. Introducción a la Ecología del Manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe -ROSTLAC Montevideo-Uruguay. 109 p.
- CINTRÓN, G. y Y. SCHEFFER-NOVELLI, 1983b. Mangrove forests: ecology and response to natural and man induced stressed. In : Ogden J. C. y E. H. Gladfelter (Eds.) *Coral Reefs, Sea Grass Beds, and Mangroves: Their Interaction in the Coastal Zone of the Caribbean*. UNESCO Rep. Mar. Sci., 23 : 87 - 113.
- COLL DE HURTADO, A., 1975. El Sureste de Campeche y sus Recursos Naturales. Inst. Geogr. Univ. Nal. Autón. México, Serie Cuadernos. 84 p.
- COPELAND, B. J., H. T. ODUM y F. N. MOSELEY, 1974. Migrating subsystems, 343 - 371. In: Odum, H. T., B. J. Copeland y E. A. McMahan (Eds.) *Coastal Ecological Systems of the United States*. The conservation Foundation, Washington D. C., 1 (aprox. 2000 p.)
- COSTANSA, R., C. NEIL, S. G. LEIBOWITZ, J. R. FRUCI, L. M. BAHR y J. W. DAY Jr., 1983. Ecological Models of the Mississippi Deltaic Plain Region: Data Collection and Presentation. U. S. Fish Wildl. Serv. Div. Biol. Serv. Washington D. C. FWS/OBS-82/68. 342 p.
- DANIEL, W. W., 1977. Bioestadística. Editorial Limusa. México D.F. 485 p.
- DARNELL, R. M. y T. M. SONIAT, 1979. The estuary/continental shelf as an interactive system, p. 489-525. In: Livingston R. J. (Ed.) *Ecological Processes in Coastal and Marine Systems*, Marine Science. Plenum Press New York., 10 : 548 p.
- DARNELL, R. M., R. E. DEFENBAUGH, y D. MOORE, 1983. Northwestern Gulf Shelf Bio-Atlas: A Study of the Distribution of Demersal Fishes and Penaeid Shrimp of Soft Bottoms of the Continental Shelf from the Rio Grande to the Mississippi Delta. Open File Report 82-04. Metairie LA., Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Regional Office. 438 p.
- DAY Jr., J. W., W. G. SMITH, P. R. WAGNER y W. C. STOWE, 1973. Community Structure and Carbon Budget of a Salt Marsh and Shallow Bay Estuarine System in Louisiana. Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, Publ. No. LSU-56-72-04. 79 p.
- DAY Jr., J. W. y A. YANEZ-ARANCIBIA, 1982. Coastal lagoons and estuaries: Ecosystem approach. *Ciencia Interamericana (Mar. Sci.)*, OEA Washington D. C., 22 (1 y 2): 11 - 26.

- DAY Jr., J. W., R. H. DAY, M. T. BARREIRO, F. LEY LOU y C. J. MADDEN, 1982a. Primary production in the Laguna de Terminos, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico, p 269-276. In: Laserre, P. y H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons. Oceanologica Acta, Vol. Spec., 5 (4): 462 p.
- DAY Jr., J.W., C. S. HOPKINSON y W. H. CONNER, 1982b. An anlaysis of environmental factors regulating community metabolism and fisheries production in a Louisiana estuary, p. 121 - 136. In : Kennedy V. S. (Ed.) Estuarine Comparisons. Academic Press Inc. New York. 710 p.
- DAY Jr., J.W., L. A. DEEGAN, W. BARNES JOHNSON, J.G. GOSSELINK, E. TURNER, R. DARNELL y A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1983. Coastal biotic provinces of the Gulf of Mexico. Estuaries, 6 (3) : 263.
- DEEGAN, L. A., W. BARNES JOHNSON, J. G. GOSSELINK, J. W. DAY Jr., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, G. WOODSUM y M. DUEVER, 1983. Estuarine primary production in the Gulf of Mexico: A complex response to physiographic climatic and marine processes. Estuaries, 6 (3) : 284 - 285.
- DEEGAN, L. A., J. W. DAY JR. y A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1984a. Relationships of vegetation to climate, river discharge and geomorphology in the Gulf of Mexico estuaries. LSU-NSF-UNAM, Tech. Rep. 38 p., 16 figs.
- DEEGAN, L. A., W. BARNES JOHNSON, J. W. DAY JR., J. G. GOSSELINK y A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1984b. Relationships between primary productivity and physical characteristics in eight Gulf of Mexico estuaries. LSU-NSF-UNAM, Tech. Rep. 46 p., 10 figs.
- Del RÍO, F. y A. WILSON, 1970. Características hidrológicas de México, p. 15-28. In: Del Arenal R. (Ed.) Comité Nacional Para el Decenio Hidrológico Internacional -Memoria 1968-1969. Inst. Geof. Univ. Nal. Autón. México. 36 p.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1978. Anuario Estadístico Pesquero 1977. Dirección General de Planeación, Estadística e Informática, México. 169 p.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1979. Anuario Estadístico Pesquero 1978. Dirección General de Planeación, Estadística e Informática, México. 361 p.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1980. Anuario Estadístico Pesquero 1979. Dirección General de Planeación, Estadística e Informática, México. 422 p.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1981. Anuario Estadístico de Pesca 1980. Dirección General de Planeación, Estadística e Informática, México. 800 p.



- DUURSMA, E. K., 1980. River inputs and other pathways of organic materials in the coastal zone, p. 352 - 359. In: Martin, J. M., D. Burton y D. Eisma (Eds.) River Inputs to Oceans Systems. UNEP/UNESCO, Suiza. 384 p.
- EMILSSON, I., 1976. La oceanografía regional con respecto a los problemas actuales y futuros de la contaminación y los recursos vivos, Golfo de México. Reunión Internacional de Trabajo COI/PNUMA, Sobre Contaminación Marina en el Caribe y Regiones Adyacentes, Caracas 13 - 18 diciembre : 1 - 24.
- FAO, 1974. Yearbook of Fishery Statistics for 1973. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. 328 p.
- FLINT, R. W., 1980. Ecology of the Texas Gulf of Mexico Shelf, p. 123 - 145. In: Fore, P. L. y E. D. Petersen (Eds.) Proceedings of the Gulf of Mexico Coastal Systems Workshop. U. S. Fish Wildl. Serv.. Albuquerque, New Mexico. FWS/OBS-80/30. 214 p.
- FRANCIS, R. C., 1980. Fisheries sciences now and in the future: A personal view. New Zealand J. Mar. Freshwater Res., 14 (1): 95-100.
- GALLAGHER, J. L., 1978. Estuarine angiosperms: Productivity and initial photosyntate dispersion in the ecosystem, p. 131 - 143. In: Wiley M. L. (Ed.) Estuarine Interactions. Academic Press Inc. New York. 604 p.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). Inst. Geofís., Univ. Nal. Autón. México. 246 p.
- GRIVEL PIÑA, F., 1979. Variaciones del nivel medio del mar, puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Datos Geofísicos, Oceanografía 5. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Serie A. 308 p.
- GOLDBERG, E. D., 1971. River-Ocean interactions, p. 143 - 156. In: Costlow J. D. (Ed.) Fertility of the Sea. Gordon and Breach Science Publishers l. 308 p.
- GUNTER, G., 1967. Some relationships of estuaries to the fisheries of the Gulf of Mexico, p. 621 - 638. In: G. A. Lauff, (Ed.) Estuaries, Am. Assoc. Adv. Sci. Publ. Spec., 83. Washington D.C. 757 p.
- GUNTER, G. y J. C. EDWARDS, 1967. The relation of rainfall and freshwater drainage to the production of the Penaeid shrimp *P. fluviatus* (Say) and *P. aztecus* (Ives), in Texas and Louisiana waters. FAO, Fish Rept., Cap. 3 : 875 - 892.
- GUTIÉRREZ-ESTRADA, M., 1977. Sedimentología del Área de Transición Entre las Provincias Terrigena y Carbonatada del Suroeste del Golfo de México. Tesis M. en C. (Geología). Fac. Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 175 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. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 9(1) : 89 - 100.
- GUTIÉRREZ-ESTRADA, M. y A. GALAVIZ SOLIS, 1983. Morfología y sedimentos recientes de la lagunas El Carmen, Pajonal y La Machona, Tabasco. México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 10(1): 249 - 268.
- HAINES, E. B., 1979. Interactions between Georgia salt marshes and coastal waters: A changing paradigm, p. 35 - 46. In: Livingston, R. J. (Ed.) Ecological Processes in Coastal and Marine Systems. Plenum Press New York, Mar. Sci., 10: 548 p.
- HALL, CH. A. S. y J. W. Day Jr. (Ed.), 1977. Ecosystem Modeling in Theory and Practice: An Introduction With Case Histories. John Wiley and Sons Inc., Wiley Interscience, New York. 684 p.
- HEALD, 1970. The production of organic detritus in a south Florida estuary. Univ. of Miami. Sea Grant Tech. Bull., 6 : 1 - 110.
- HEALD, E. J., W. E. ODUM, y D. C. TABB, 1974. Mangroves in the estuarine food chain, p. 182 - 189. In : Gleason, P. J. (Ed.) Environment of South Florida: Past and Present. Miami Geol. Soc. Mem., 2.
- HILDEBRAND, H. H. y G. GUNTER, 1953. Correlation of rainfall with Texas catch of white shrimp Penaeus setiferus (Linnaeus). Trans. Amer. Fish Soc., 82 : 151 - 155.
- INDONESIAN DIRECTORATE GENERAL OF FISHERIES, 1974. Fisheries Statistics of Indonesia 1973. Jakarta. 68 p.
- INSTITUTO DE GEOFÍSICA DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA, 1976. Tablas de Predicción de Mareas 1977, Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. An. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Apéndice 1, Parte A, 22.
- INSTITUTO DE GEOFÍSICA DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA, 1977. Tablas de Predicción de Mareas 1978, Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Anal. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Apéndice 1, Parte A, 23.
- INSTITUTO DE GEOFÍSICA SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, 1978. Tablas de Predicción de Mareas 1979, Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Datos Geofísicos, Serie A. Oceanografía 6.
- INSTITUTO DE GEOFÍSICA SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, 1979. Tablas de Predicción de Mareas 1980, Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Datos Geofísicos, Serie A, Oceanografía 6.

- INSTITUTO DE GEOFÍSICA SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, 1980. Tablas de Predicción de Mareas 1981, Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Datos Geofísicos, Serie A, Oceanografía 6.
- INSTITUTO DE GEOFÍSICA SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, 1981. Tablas de Predicción de Mareas, 1982, Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Inst. Geofís. Univ. Nal. Autón. México, Datos Geofísicos, Serie A, Oceanografía 6.
- IVANOV, B. G., 1964. A world survey of the shrimping trade. Moscow Transl. 1837. Israel Program Sci. Transl. Doc. TT67-51268, U.S. Dept. Commerce. 106 p.
- JANSSON, B. O., 1978. The Baltic: A systems analysis of a semi-enclosed sea, p: 131 - 183. In: Charnock, H. y G. Deacon (Eds.) Advances in Oceanography. Plenum Publishing Corp. 560 p.
- JANSSON, B. O., 1981. Production dynamics of a temperate sea -the Baltic. p. 273 - 303. In : Lasserre, P., H. Postma, J. Costlow y M. Steyaert (Eds.) Coastal Lagoon Research : Present and Future. II Proceedings, UNESCO/IABO. Tech. Pap. Mar. Sci. UNESCO, 33 : 349 p.
- JANSSON, B. O., W. WILMOT y F. WULFF, 1984. Coupling the subsystems -the Baltic sea as a case study, p. 549 - 587. In : Fasham, M. J. R. (Ed.) Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems, Theory and Practice. Nat. Conference Series IV : Marine Sciences, Plenum Press New York, 13 : 733 p.
- LANKFORD, R. R., 1977. Coastal lagoons of Mexico: Their origin and clasification, p. 182 - 215. In: Cronin E. L. (Ed.) Estuarine Processes. Academic Press Inc., New York, 2 : 587 p.
- LARA-DOMÍNGUEZ, A. L., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. y F. AMEZCUA LINARES, 1981. Biología y ecología del bagre Arius melanopus (Gunther) en la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces : Ariidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 8 (1) : 267 - 304.
- LAUFF, G. H. (Ed.), 1967. Estuaries. Am. Assoc. Adv. Sci., Spec. Publ., 83 Washington D.C. 757 p.
- LAWAS, J. M., J. RAVELO, P. ACOSTA, y G. ESTRADA, 1968. Economic study on alternative uses of mangrove swamp: Bakawan production of fish ponds, p. 65 - 69. In: Proc. of Indo-Pacific Fish. Coun., 15th Sess., Bangkok.
- LEE, G. F., E. BENTLEY y R. AMUNDSON, 1975. Effects of marshes on water quality. In : Hasler, A. D. (Ed.) Coupling of Land and Water Systems. Springer-Verlag New York, 309 p.
- LE RESTE, L., 1980. The relation of rainfall to the production of the penaeid shrimp (Penaeus duorarum) in the Casamance Estuary (Senegal). Trop. Ecol. and Develop, 1169 - 1173.

- LIEPER, D. F., 1954. Physical Oceanography of the Gulf of Mexico, p. 119-138. In : Galtsoff, P. S. (Ed.) Gulf of Mexico: Its Origin, Waters and Marine Life. Fish. Bull. 89. U. S. Fish and Wildl. Serv. 55.
- LICEA-DURAN, S., R. LUNA, P. TORRES y C. TREJO, 1982. Informe Final del Proyecto de Investigación: Evaluación de los Posibles Efectos del Derrame del Pozo IXTOC-1 Sobre las Comunidades del Fitoplancton y la Productividad Primaria. PCEESC/UNAM/ICML(IF), 48 p., 11 tablas, 16 figs.
- LIVINGSTON, R. J., 1981. River derived input of detritus into the Apalachicola Estuary, p 320 - 329. In : Cross, R. and D. Williams (Eds.). Proceedings of the National Symposium on Freshwater Inflow to Estuaries. U. S. Fish Wildl. Serv., Off. Biol. Serv.. FWS/OBS-81/04, 1: 525 p.
- LUGO, A. E. y G. L. MORRIS. Los Sistemas Ecológicos y la Humanidad. Sría. Gral. de la OEA, Progr. Reg. Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington D. C. Monografía 23. 82 p.
- MACNAE, W., 1974. Mangrove Forests and Fisheries. FAO Publ. IOFC/74/3, Rome. 34 p.
- MANN, K. H., 1972. Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters, p. 353 - 383. In : Proc. IBP-UNESCO Symp. Detritus and its Ecological Role in Aquatic Ecosystems. Mem. 1st Ital. Hydrobiol., Suppl. 29.
- MANN, K. H., 1976. Production on the bottom of the sea, p.225 - 250. In : Cushing, D. H. y J. J. Walsh (Eds.) The Ecology of the Seas. Blackwell Scientific Publishers. Cap. 10:467 p.
- MANN, K. H., 1984. Fish Production in open ocean ecosystems, p. 435 - 459. In : Fasham, M. J. R. (Ed.) Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems, Theory and Practice. Nat. Conference Series IV : Marine Sciences, Plenum Press, New York, 13 : 733 p.
- MOORE, D., H. A. BRUSHER y L. TRENT, 1970. Relative abundance, seasonal distribution and species composition of demersal fishes off Louisiana and Texas, 1962-1964. Contr. Mar. Sci., 15: 45 - 70.
- NEWELL, R. C., 1982. The energetics of detritus utilization in coastal lagoons and nearshore waters, p. 347 - 355. In : Lasserre, P. y H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons. Oceanologica Acta, Vol. Spec., 5 (4): 462 p.
- NEWELL, R. C., 1984. The biological role of detritus in the marine environment, p. 317 - 343. In : Fasham, M. J. R. (Ed.) Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems, Theory and Practice. Nat. Conference Series IV : Marine Sciences, Plenum Press, New York, 13 : 733 p.

- NEWMAN, R. M. y B. MARTIN, 1983. Estimation of fish production rates and associated variances. *Can. J. Fish Aquatic Sci.*, 40: 1729 - 1736.
- NIXON, S. W., 1980. Between coastal marshes and coastal waters: A review of twenty years of speculation and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and water chemistry, p. 437 - 525. In: Hamilton, P y K. B. MacDonald (Eds.) *Estuarine and Wetland Processes, with Emphasis on Modeling*. Plenum Press New York. *Mar. Sci.* 11, 654 p.
- NIXON, S. W., 1982. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons, p. 357 - 371. In: Lasserre P. y H. Postma (Eds.) *Coastal Lagoons*. *Oceanologica Acta. Vol. Spec.*, 5 (4): 462 p.
- NOWLIN Jr., W. D., 1972. Winter Circulation patterns and property distributions, p. 3 - 51. In: Capurro, L. R. A. y J. L. Reid (Eds.) *Contribution on the Physical Oceanography of The Gulf of Mexico*. Texas A & M University, *Oceanogra. Phy. Stud.*, Gulf Publ. Co. Houston, Texas, 2.
- NOAA, 1983. Marine Environmental Assessment. National Environmental Satellite, Data, and Information Service, Assessment and Information Services Center. National Oceanographic and Atmospheric Administration. U.S. Dept. Comm. 80 p.
- ODUM, H. T., 1971. *Environment, Power and Society*. Wiley Interscience, John Wiley and Sons, New York, 331 p.
- ODUM, H. T. y E. C. ODUM, 1976. *Energy Basis for Men and Nature*. McGraw Hill New York, 618 p.
- ODUM, H. T., B. J. COPELAND y E. A. McMAHA, 1974. *Coastal Ecological Systems in United States* (4 vol. aprox 2000 p.). Publication Department the Conservation Foundation. Washington D.C.
- ODUM, W. E. y E. J. HEALD, 1972. Trophic analyses of an estuarine mangrove community. *Bull. Mar. Sci.*, 22 (3) : 671 - 738.
- ODUM, W. E. y E. J. HEALD, 1975. Mangrove forests and aquatic productivity, p. 129 - 136. In: Hasler A. D. (Ed.) *Coupling of Land and Water Systems*. Springer-Verlag, New York. 309 p.
- ODUM, W. E. y E. J. HEALD, 1975. the detritus-based food web of an estuarine mangrove community, p. 265 - 286. In: Cronin, L. E. (Ed.) *Estuarine Research*. Academic Press, New York, 1: 738 p.
- PALOHEIMO, J. E., A. P. ZIMMERMAN, W. G. SPRULES y M. A. GATES, 1984. The structure of aquatic ecosystems and its dependence on environmental variables, p. 85 - 105. In: Fashan, M. J. R. (Ed.) *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems, Theory and Practice*. Nat. Conference Series IV : Marine Sciences, Plenum Press, New York, 13 : 733 p.

- PAULY, D. y G. I. MURPHY (Eds.), 1982. Theory and Management of Tropical Fisheries. ICLARM Conference Proceedings 9, Manila, Filipinas, 360 p.
- PELLEGRIN Jr., G., 1983. Descarte de pescado en la pesquería de camarón en el Sudeste de Estados Unidos, p. 56 - 60. In: FAO-CIID-IDRC (Eds.) Pesca Acompañante del Camarón -Un Regalo del Mar: Informe de una consulta técnica sobre la utilización de la pesca acompañante del camarón celebrada en Georgetown, Guyana, 27-30 oct. 1981. Ottawa, Ont. CIID, 175 p.
- POMEROY, L. R., 1979. Secondary production mechanisms of continental shelf communities, p. 163 - 188. In: Livingston, R. J. (Ed.) Ecological Processes in Coastal and Marine Systems. Plenum Press, New York. Mar. Sci. 10 :548 p.
- ROSS, P., 1975. The mangrove of South Vietnam: The impact of military use of herbicides, p. 695 - 709. In: Walsh, G. E., S. C. Snedaker, y H. J. Teas (Eds.) Proc. of the Int. Symp. on Biology and Management of Mangroves. Univ. of Florida, Gainesville.
- SAINSBURY, K. J., 1982. The ecological basis of tropical fisheries management, p. 167 - 194. In: Pauly, D. y G. I. Murphy (Eds.), Theory and Management of Tropical Fisheries. ICLARM Conference Proceedings 9, Manila, Filipinas, 360 p.
- SÁNCHEZ-GIL, P., 1985. Ecología, Estructura y Función de las Comunidades de Peces Demersales de la Sonda de Campeche Frente a la Laguna de Términos. Tesis Maestría en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera) CCH, Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 437 p.
- SÁNCHEZ-GIL, P., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA y F. AMEZCUA LINARES, 1981. Diversidad, distribución y abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda de Campeche. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. de México, 8 (1) : 209 - 240.
- SCHAAF, W. E., 1975. Fish Population models: Potential and actual links to ecological models, p. 211 - 239. In: Russell, C. S. (Ed.) Ecological Modeling in Resource Management. Resources for the Future Inc., Washington D. C..
- SCHWING B. F., B. KJERFVE y J. E. SNEED, 1983. Sea level oscillations in a salt marsh lagoon system, North Inlet, South Carolina. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico, 10 (1):231 - 236.
- SECRETARÍA DE MARINA, 1974. Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe; Sección I, Mareas y Corrientes. Dirección Gral. de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, México D. F. 39 p.



- SECRETARÍA DE MARINA, DEPARTAMENTO DE PESCA Y PETROLEOS MEXICANOS, 1980. Informe de los Trabajos Realizados Para el Control del Pozo Ixtoc-1, el Combate del Derrame y Determinación de sus Efectos Sobre el Ambiente Marino. Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche. 242 p.
- SECRETARÍA DE PESCA, 1982. Anuario Estadístico de Pesca 1981. Dirección General de Informática y Estadística. 796 p.
- SPINNER, G. P., 1969. A Plan for the Marine Resources of the Atlantic Coastal Zone. Geographic Society, Tech. Press New York. 80 p.
- SOBERÓN-CHÁVEZ, G., 1985. Mecanismos de producción natural de las poblaciones de peces demersales de la plataforma continental del sur del Golfo de México : Variables físicas de interacción ecológica. Tesis Maestría en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera) CCH, Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 121 p.
- STONE, J. H., 1976. Environmental Factors Related to Louisiana Menhaden Harvest. Louisiana State University, Center for Wetland Resources, Baton Rouge, La. Final Rept. U.S. Dept. Comm., NOAA, Nat. Mar. Fish. Serv., St. Petersburg Fla.
- STONE, J. H., J. W. DAY Jr., L. M. BAHR Jr. y R. A. MULLER, 1978. The impact of possible climatic changes on estuarine ecosystems, p. 305 - 322. In: Wiley, M. L. (Ed.) Estuarine Interactions. Academic Press Inc. New York, 604 p.
- SUTCLIFFE, W. H., 1972. Some relations of land drainage, nutrients, particulate material, and fish catch in two eastern Canadian bays. J. Fish. Res. Bd. Canada, 29 (4) : 357 - 362.
- TEMPLEMAN, W. y A. M. FLEMING, 1953. Long term changes in hydrographic conditions an corresponding changes in the abundance of marine animals. ICNAF Annu. Proc., 3 : 79 - 86.
- TEXAS DEPARTAMENT OF WATER RESOURCES, 1979. The Influence of Freshwater Upon the Bays and Estuaries of the Texas Gulf Coast. Executive Summary. Texas Departament of Water Resources, Texas Water Development Board, Texas Water Commision. Austin Texas.
- TUNDISI, J. G., 1980. Ecological studies of the lagunar region of Cananea : A review, p. 298-304. In : Martin, J. M., D. Burton y D. Eisma (Eds.) River Input to Ocean Systems. UNEP/UNESCO, Suiza, 384 p.
- TURNER, R. E., 1977. Intertidal vegetation and commercial yields of penaeid shrimp. Trans. Am. Fish Soc., 106 (5) : 411 - 416.



- TURNER, R. E., 1978. Louisiana's coastal fisheries and changing environmental conditions, p. 363 - 372. In: Day, J. W. Jr., D. D. Culley, Jr., R. E. Turner and A. J. Murphrey, Jr. (Eds.) Coastal Marsh and Estuary Management. Proc. Third Coastal Marsh and Estuary Management Symposium. Louisiana State University, Division of Continuing Education, Baton Rouge, Louisiana. 511 p.
- TURNER, R. E. y J. G., GOSSELINK, 1975. A note on standing crops of Spartina alterniflora in Texas and Florida. Contr. Mar. Sci., 19 : 113 - 119.
- U. S. FISH AND WILDLIFE SERVICE, 1955-1975. Fishery Statistics of the United States. Annual Reports, Washington, D.C.
- VALIELA, I., J. M. TEAL, S. WOLKMANN, D. SHAFER y E. J. CARPENTER, 1978. Nutrient and particulate fluxes in a salt marsh ecosystem : Tidal exchanges and inputs by precipitation and groundwater. Limnol. Oceanogr., 23 (4) : 798 - 812.
- VARGAS MALDONADO, I., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA y F. AMEZCUA LINARES, 1981. Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de Rhizophora mangle y Thalassia testudinum de la Isla del Carmen, Laguna de Términos, Sur del Golfo de México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 8 (1) : 241 - 266.
- VAZQUEZ DE LA CERDA, A. M., 1977. Circulación del agua en el suroeste del Golfo de México, p. 155 - 171. In: Stewart, H. B. (Ed.) Proceedings of the CICAR-II Symposium, Caracas Venezuela, 12-16 julio 1976. Progress in Marine Research in the Caribbean and Adjacent Regions, FAO Fish. Rep. (200) : 756 p.
- WALNE, P. R., 1972. The importance of estuaries to commercial fisheries, p. 107 - 118. In: Barnes, R. S. K. y J. Green (Eds.) The Estuarine Environment. Applied Science Publishers Ltd., London. 133 p.
- WEST, R. C., N. P. PSUTTY y P. G. THOM, 1976. Las Tierras Bajas de Tabasco en el Sureste de México. Villahermosa, Gobierno del Estado de Tabasco. 198 p.
- WILLIAMS, R., 1984. An overview of secondary production in the pelagic ecosystem, p. 361 - 405. In: Fashan, M. J. R. (Ed.) Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems, Theory and Practice. Nat. Conference Series IV : Marine Sciences, Plenum Press New York, 13 : 733 p.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1978. Taxonomía, Ecología y Estructura de las Comunidades de Peces en Lagunas Costeras con Bocas Efímeras del Pacífico de México. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp., 2 : 306 p.

- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1981. Ecological studies in Puerto Real inlet, Terminos Lagoon, Mexico: Discussion on trophic structure of fish communities on Thalassia testudinum banks, p. 191 - 232. In : Lasserre, P. y H. Postma, J. Costlow y M. Steyaert (Eds.) Coastal Lagoon Research : Present and Future. II Proceedings, UNESCO/IABO, Tech. Pap. Mar. Sci. UNESCO, 33 : 349 p.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1982. Usos, recursos y ecología de la zona costera. Ciencia y Desarrollo CONACYT, 43 (VII) : 58 - 63.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1983. Hacia el conocimiento de la ecología, la cuantificación y el manejo del potencial pesquero del sur del Golfo de México. In: Carvajal, R. (Ed.) La Alimentación del Futuro. Mem. Simp. Programa Universitario de Alimentos, Univ. Nal. Autón. México (en prensa).
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1984a. Evaluación de la pesca demersal costera. Ciencia y Desarrollo CONACYT, 58 (X) : 61 - 71.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1984b. Ecología de la Zona Costera: Análisis de Siete Tópicos. Univ. Autón. Metropol. Iztapalapa, México, Ed. Trillas, 370 p. (serie Textos, enviado a publicación).
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. y J. W. DAY Jr., 1982. Ecological characterization of Terminos Lagoon a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of Mexico, p. 431 - 440. In: Lasserre, P. y H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons. Oceanologica 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 hrs (Laguna de Términos, Sur del Golfo de México). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 10 (1) : 85 - 116.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. y P. SÁNCHEZ-GIL, 1983. Environmental behavior of Campeche Sound ecological system, off Terminos Lagoon Mexico: Preliminary results. An. Inst. Cienc del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico, 10 (1) : 117 - 136.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. y P. SÁNCHEZ-GIL, 1985. Los Peces Demersales de la Plataforma Continental del Sur del Golfo de México. Vol. 1. Caracterización del Ecosistema y Ecología de las Especies, Poblaciones y Comunidades. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp. 9 (en prensa).
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., F. AMEZCUA LINARES y J. W. DAY Jr., 1980. Fish community structure and function in Terminos Lagoon, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico, p. 465 - 482. In: Kennedy, V. (Ed.) Estuarine Perspectives. Academic Press Inc. New York. 534 p.

- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., A. L. LARA-DOMÍNGUEZ, P. CHAVANCE y D. FLORES HERNANDEZ, 1983a. Environmental behavior of Terminos Lagoon ecological system, Campeche, Mexico. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico, 10 (1) : 137 - 176.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., P. SÁNCHEZ-GIL, M. TAPIA GARCIA y Ma. de la C. GARCIA-ABAD, 1983b. Ecology and community structure of demersal fishes in Campeche Sound in the Southern Gulf of Mexico: Ocean tropical resources. In: CNC/SCOR. Proceedings of the Joint Oceanographic Assembly 1982 -General Simposia. Canadian National Committee on Oceanic Research, Ottawa, Ont. 189 p., microfilm 3 : 107.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., G. SOBERÓN-CHÁVEZ y P. SÁNCHEZ-GIL, 1984a. Ecology of control mechanisms of fish production in the coastal zone. Chap. 27. In: Yanez-Arancibia A. (Ed.) Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons : Towards an Ecosystem Integration. Editorial Universitaria, UNAM-PUAL-ICML, Mexico (en prensa).
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., P. SÁNCHEZ-GIL, M. TAPIA GARCÍA y Ma. de la C. GARCÍA ABAD, 1984b. Ecology community structure and evaluation of tropical demersal fishes in the Southern Gulf of Mexico. Cahiers de Biologie Marine, France (enviado a publicacion).
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., L. LARA-DOMÍNGUEZ y H. ÁLVAREZ GUILLÉN, 1984c. Fish community ecology and dynamics in estuarine inlets. Chap. 7. In: Yanez-Arancibia, A. (Ed.) Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons : Towards an Ecosystem Integration. Editorial Universitaria, UNAM-PUAL-ICML, Mexico (en prensa).

TERCERA PARTE  
REFERENCIAS INTERNACIONALES

*Salí por todas las calles  
del mundo  
a repartir pescado  
y entonces grita,  
grita para que te oigan  
todos los pobres que trabajan  
y dicen,  
asomado a la lora  
de la niña:  
"Ahí viene el viejo mar  
repartiendo pescado"*

NERUDA

Pauly, D. and R. Neal, 1985. Shrimp vs. fish in Southeast Asian fisheries : The biological, technological and social problems, Cap. 10 : 487 - 510.

In : Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México : La Pesca Acompañante del Camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D.F. 748 p.

## **SHRIMP VS. FISH IN SOUTHEAST ASIAN FISHERIES : THE BIOLOGICAL, TECHNOLOGICAL AND SOCIAL PROBLEMS**

Daniel Pauly

Richard Neal

International Center for Living Aquatic Resources Management  
MCC P.O. Box 1501, Makati, Metro Manila, Philippines

### **ABSTRACT**

Problems related to shrimp fisheries in Southeast Asia occur mainly because commercially exploitable (i.e., trawlable) shrimp concentrations usually occur only within the narrow coastal belt that is accesible to artisanal fishermen. Thus, fish and shrimp fisheries are always entagled, and commercial and artisanal fishermen compete for the same resources. The problems related to the biological assessment of such stocks are reviewed. They are complex, but less so that the problems associated with managing the fisheries. Several major special problems influencing management dicision in Southeast Asia are discussed.

### **RESUMEN**

Los problemas relacionados a la pesquería del camarón en el Sureste de Asia se deben principalmente a que la explotación comercial (arrastres) de las concentraciones de camarón se llevan a cabo en una estrecha franja costera que es accesible a los pescadores artesanales. De esta manera, la pesca comercial y artesanal estan siempre mezcladas, y los pescadores comerciales y artesanales compiten por el mismo recurso. Los problemas relativos a las contribuciones biológicas de tales estocs son revisados. Ellos son complejos, pero menores que los problemas asociados con el manejo de pesquerías. Se discuten varios problemas principales que influyen en el manejo y decisiones en el Sureste Asiático.

## INTRODUCTION

In 1980, the price per kg (live weight) of medium-quality penaeid shrimp in the Philippines was about 56 pesos (1). During the same period, the price of medium quality demersal fish was about 7 pesos (Anon. 1981). The 8:1 ratio between these two prices, which is typical of the situation prevailing in Southeast Asia is one of the root causes of a number of biological, technological and social problems besetting the demersal fisheries of this region (2).

These problems, although they form a continuum may be split into 3 sets, as follows:

- problems in assessing the shrimp and associated fish estocs, inclusive of the problems associated with accounting for the biological interaction between fish and shrimp,
- Technological problems arising from the attempts to catch only one part of the exploited shrimp/fish complex (e.g. catching shrimp but no fish or vice versa),
- Social problems arising from fishing on inshore, artisanal fishing ground by trawlers aiming at shrimp concentrations.

As will be noticed, these problems do not include the "by-catch" problem per se, due to the fact that most fish caught in Southeast Asia are landed even when taken incidentally with shrimp (exceptions are discussed below). The relatively short duration of fishing trips which is interrelated with the lack of ice usage or the use of too little ice (Baasch et al., 1976) enables shrimp fishermen to land fish more easily than in most shrimp fisheries in the Western Hemisphere. Perhaps more important is the fact that there is typically a ready market for all trash fish in Southeast Asia for use as human food, fish meal, animal or fish feed or fish sauce. Other than for human food, trash fish need not be in good condition to be marketed. An interesting demonstration of this situation in South Asia is noted by Madhu (1984) in discussing Sri Lankan fishermen's enthusiastic adoption of a shrimp trawl designed to catch more fish.

(1) 20 Philippines Pesos ~ 1 US\$

(2) Southeast Asia is here defined as the ASEAN Countries (Brunei, Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore and Thailand, at the core, with Burma, Vietnam, Kampuchea, Southern China (inclusive of Taiwan and Hongkong) and Papua New Guinea at the periphery ("periphery is here meant to imply a socio-political, as well as a geographic separation).

All of these problems occur because shrimp occur in commercially exploitable quantities in Southeast Asia only in habitats which are also the habitats of large number of fish, and often in which the fish occur predominantly as juveniles.

Unar and Naamin (1984) stated that,

"The ratio of shrimp to fish caught [...] depends upon the distance of the fishing ground. The closer the ground is to the shore, estuarine and lagoon, the more shrimps [are] caught. The ratio could be 1:1 or 1:0.3 and the further the ground from the shore, estuarine and lagoon, the fewer shrimps [are] caught, the ratio falling to 1:20 or 1:30".

In fact, the co-occurrence of certain species of shrimp with certain species of fish led to some fish species being referred to as "shrimp indicators" (Rapson and McIntosh, 1972); such species are, for example, Bombay duck (*Harpodon neherus*), croakers (Fam. Sciaenidae) and hairtail (Fam. Trichiuridae) (Unar and Naamin, 1984). Other indicator species are *Leiognathus equulus* and *Leiognathus splendens*, both of which are extremely abundant but relatively small, of little value (maximum size 30 and 15 cm respectively), and restricted to estuarine habitats (*L. equulus*) or to inshore waters with "semi-estuarine" conditions (*L. splendens*) (see Pauly, 1977 and references in Pauly and Wade-Pauly, 1981).

In Figure 1, a map is presented of the distribution of *L. splendens* in the Java Sea, a shallow sea in Southeast Asia; presented here to show that the area of occurrence of *L. splendens* (corresponding roughly with that the exploitable shrimp concentrations) consists of a rather narrow inshore belt accessible to both artisanal, sail-rigged craft based in villages of the North Java coast and to trawlers located in the harbors along the coast (e.g., Semarang).

Shrimp concentrations in Southeast Asia thus rapidly decrease with distance offshore. The problem is that absolute fish densities also decrease offshore, while the shrimp:fish ratio decrease even faster. This implies that the Southeast Asia, at least, attempts to "disentangle" the artisanal inshore fisheries from the trawl fisheries by classical legislative or administrative means (exclusive zones, bans on inshore fishing for trawlers, and others) will generally not work, because the offshore stocks, defined roughly as those occurring at depths greater than 50 m, simply cannot support commercial trawl fisheries.

Before this aspect of the management of Southeast Asian demersal fisheries is discussed, a review is given of methods used to derive information useful for the management of these fisheries, and of current attempts to disentangle the shrimp and fisheries of Southeast Asia through selective gears.



### STOCK ASSESSMENT IN SHRIMP / FISH FISHERIES

Major advances have been accomplished in recent years with regard to the development of methods for the assessment of tropical single-species stocks. Most of these new methods are based on size (rather than age) data (Fig. 2). This implies that the application of such assessment models such as Csirke and Caddy's (1983) surplus-production models or yield-per-recruit analyses (Beverton and Holt, 1957, 1966) to shrimp stocks can be performed more or less routinely, once the input data are obtained (Figs. 3 - 5).

Among the major advances in the estimation of vital statistics of shrimp stocks from length-frequency data are Jones' (1974, 1981) method for length-structured cohort analysis (applied to penaeid shrimp in Jones and van Zalinge, 1981) and the ELEFAN programs (Pauly and David, 1981; Pauly *et al.*, 1984; Pauly in press). Some results (growth parameters, estimates of Z and recruitment patterns) obtained using the latter method in Southeast Asian penaeid shrimp stocks are given in Figure 2.

Another major advance concerning the estimation of values of natural mortality (M) for use with analytical stock assessment models (e.g., cohort analysis and yield-per-recruit analysis) appears to have been made through the realization that the empirical equation of Pauly (1980), linking M to L<sub>∞</sub> (or W<sub>∞</sub>), K and mean temperature for fish stocks also provides reasonable estimates of M for shrimp (Anonymous, 1984; Pauly *et al.*, 1984).

This finding is documented here for Penaeus merguensis, one of the few shrimp species for which reliable and consistent estimates of M have been obtained by different authors based on a variety of methods (Table 2).

It can thus be proposed that when the growth parameters (L and K) of the von Bertalanffy growth equation have been estimated reliably (that is after having taken account of the potential effect of seasonal growth oscillations, Pauly, in press), reasonable estimates of M in shrimp can be obtained from:

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.6543 \log K + 0.4634 \log T \quad (1)$$

or

$$\log M = -0.2107 - 0.0824 \log W_{\infty} + 0.6757 \log K + 0.4627 \log T \quad (2)$$

where L<sub>∞</sub> (in cm) refers to total length and W<sub>∞</sub> to live weight (in grams), where K is expressed on an annual basis, and where T refers to the mean temperature of the waters inhabited by the shrimp in question (in °C), and log is log<sub>10</sub>.

These equation, as well as the models in Figures 3, 4 and 5 assume that M in shrimp is independent of environmental factors except those which work indirectly by changing Loo, K and T. This assumption is not necessarily realistic but straightforward methods are available to deal with the problems arising. It is possible to perform preliminary "multispecies" analyses, using even limited data sets, to test whether demersal fish biomass, on a given fishing ground does affect the natural mortality of shrimps (Pauly, 1982a, 1984b).

More sophisticated analyses are possible, for example length-structured Virtual Population Analyses (VPA) as implemented in the ELEFANT III program of Pope *et al.* (MS) and the ECOPATH program of Polovina (1984). When the VPA-based approach is implemented, it is possible to account for predation by adding the quantities of shrimp eaten by their predators (as estimated by multiplying predator biomass by assumed consumption rates) to the catch and hence to reduce the value of M, i.e. to reduce in the Virtual Population Analyses the role of shrimp not "caught" by either fishery or predator. Such computation will involve a version of the basic VPA equation rewritten as:

$$\frac{N_i}{C_i + Q_{ji}} = \frac{(F_i + M_o + M_{ji}) \exp -(F_i + M_o + M_{ji})}{(F_i + M_{ji}) (1 - \exp -(F_i + M_o + M_{ji}))} \dots (3)$$

where  $N_i$  is the population of shrimp in age group  $i$ ,  $C_i$  the catch of shrimp of age group  $i$ ,  $Q_{ji}$  the consumption by predator  $j$  of shrimp of age group  $i$ ,  $F_i$  the fishing mortality of age group  $i$ , while  $M_{ji}$  is the predation mortality of age group  $i$  by predator  $j$ ,  $M_o$  being the residual natural mortality applicable to all age groups considered. Expression (3) can be expanded to include a number of predators (implying  $j > 1$ ). In such case however, values of  $Q_{ji}$  are required for  $j$  predator groups. More details of the implementation of the VPA-based approach to the study of shrimp stocks are given in Pauly (in press). Another approach explicitly taking species interactions into account is the ECOPATH model of Polovina (1984; see also Polovina and Ow, 1983), with the help of which biomasses and food consumption by the various elements of a multispecies community can be estimated rather straight-forwardly, given the following main inputs:

- i) Production biomass ratio per group (with  $P/B = Z$  for most practical purposes);
- ii) food consumption data (as obtained from the literature or from stomach analyses);
- iii) ratio of food eaten to average biomass ( $Q/B$ ).

(See Polovina (1984) for a few more, very minor inputs).

Of these inputs,  $Z$  (input (i) above) is very easy to estimate using, for example, length-converted catch-curves (Pauly, 1983, 1984a) while stomach content analyses here especially of shrimp-eating fishes, are not discussed here.

Reasonable estimates of the parameter  $Q/B$  are straightforward to obtain from feeding experiments, and a number of such estimates may be found in the literature which are of sufficient accuracy to allow building of preliminary ECOPATH-based models of shrimp/fish systems.

Simulation models may also be applied to tropical multispecies stocks and fisheries to investigate, e.g., the effects of fish removal on shrimp. An example of such an approach is available for a Southeast Asian multispecies fishery, the Gulf of Thailand fishery (see Larkin and Gazey, 1982). Their findings, as well as the preliminary analysis presented in Pauly (1982a, 1984b), are at variance with the results of Sheridan *et al.* (1984) on the Gulf of Mexico ecosystem, who concluded that:

"the limited information available indicated a low frequency occurrence of commercial penaeid shrimps in the bottomfish species and suggested that man may be the major predator of these penaeids".

These conflicting results suggest that continued studies on the biological interactions between fish and shrimp represent a very rewarding field.

Suitable tools to examine this question are available being Polovina's ECOPATH model mentioned above.

#### TECHNOLOGICAL INTERACTION : THE GEAR PROBLEM

The development of gear capable of selectively catching shrimp or at least increasing the proportion of shrimp in catches was driven by two considerations, neither of them necessarily related to attempts to reduce fish mortality *per se*. They were:

- i) to reduce the turtle by-catch;
- ii) to reduce the time spent sorting the shrimp from the overall catch.

The first of these considerations affected mainly the USA segment of the Gulf of Mexico shrimp fishery (Watson and Seidel, 1980), and is related to concerns that are external to the fishery itself (i.e., to conserve turtles). The second consideration is often due to economic considerations within the fishery itself and may in the long term be more successful, especially when the reduction of the fish by-catch can be demonstrated to benefit the finfish fisheries. Figure 6, illustrates some technological approaches to reducing shrimp by-catch (see also Sternin and Allsopp, 1982).

Within Southeast Asia, research on fish-excluding devices on shrimp trawlers has been conducted mainly in Indonesia, notably in the Arafura Sea. Reports of these experiments have been presented by Sujastani (1984a, in press) and Naamin and Sujastani (1984). Some conclusions from these experiments are:

"The application of [a by-catch excluding device] for shrimping is very useful for fishery management. It conserves fishery resources, save operational time for sorting and reduces waste. The simultaneous implementation of [a by-catch excluding device] and mesh-size regulation for [the] shrimping industry in the Arafura Sea [...] has been an ideal management measure".

The effectiveness of the by-catch excluding device [BED] is reported to stem from the feature that, while reducing the shrimp catch to an insignificant extent, it reduce the fish catch to a significant extent, thus significantly increasing the shrimp/fish ratio in the catch (Naami and Sujastani, 1984). These results were apparently obtained by applying a t-test to mean (untransformed) catch rates and mean percentage of shrimp in the catch, a doubtful procedure given that catch-per-effort data, as well as percentages, strongly violate the assumption of normality involved in such tests.

Reanalysis of one of the data sets presented by Naamin and Sujastani (1984) using log-transformed data, demonstrating valid differences in the shrimp/fish ratio between hauls with BED and those with the control nets, supporting the author's contention (Table 3).

#### **SOCIAL PROBLEMS IN SHRIMP / FISH TRAWL FISHERIES**

A discussion such as this can deal only superficially with the social, political, economic and related problems caused by or associated with the co-occurrence of shrimp and fish on the richest fishing grounds of Southeast Asia (Fig. 7). Thus brief comments are presented on some problems that have recently been discussed in the Southeast Asian literature, and the solutions attempted. The problems addressed here are as follow:

- i) as fishing pressure increases on shrimp and fish stocks, resources are being strained to or beyond the limits for maximum sustained yields;
- ii) traditional systems of resources utilization and management are being eroded away;
- iii) management agencies are unable to define fishery management goals adequately;
- iv) widespread difficulty exists in effecting viable fishery management and law enforcement.

#### **Fishing Pressure Incresing**

Increasing fishing pressure is characteristic of the shrimp fisheries of Southeast Asia. The high value of shrimp both within and outside Southeast Asia, the need for exports and foreign currency, and the rapidly growing demand related to increasing populations and improved incomes all contribute to greater pressure on the resources. Trawlers, which catch both fish and

shrimp link the two commodities inseparably. Overall, fish catches, shrimp catches and shrimp exports have all increased steadily over the least 20 years. Development funding has been used widely for adding new, larger boats, engines and gear to the trawl fishery.

While resources were underexploited this expansion of effort was beneficial; however, many Southeast Asian trawl fisheries are today overexploiting the resources. Nevertheless, a lack of alternative employment opportunities has resulted in continuing entry of more fishermen and more gear. Unfortunately, in recent years harvests have been increasing relatively slowly compared to earlier years and have not kept pace with demand. Kent (1983) has noted that in Thailand, Malaysia and the Philippines, seafood exports have expanded sharply while per capita consumption of seafood has declined. In Malaysia, for example, per capita availability of fish declined 30 % between 1967 and 1975. An increasing amount of the fish by-catch consist of small fish, often the juveniles of important commercial species (Sinoda *et al.*, 1978), which are used for the production of fermented fish sauces, fish meals or feed for animals (e.g., for cultured catfish in Thailand). The importance of the fish catch in relation to shrimp fisheries will be examined further below.

### Traditional Systems Changing

Although shrimp fisheries utilizing a variety of gears have existed for some time, the introduction to Southeast Asia of otter trawls and the larger vessels used to fish them in the 1960's and early 1970's brought about a major transition (SCSP, 1981). To fully understand the impact of this transition is must be kept in mind that numbers of small-scale fishermen utilizing other small gears for fish and shrimp were increasing simultaneously. Trawling has "created" a trashfish industry; as trawling has increased, trashfish landings and trashfish usage have also increased (Sinoda *et al.*, 1978). Boonyubol and Pramokchutima (1982) observed that total catch of food fish has increased only slightly since 1963 in Thailand; however, the trashfish catch has increased dramatically as is demonstrated by the increased number of fish meal factories from 6 in 1967 to 95 in 1980. The high value of the shrimp taken by trawlers "supports" the harvesting of fish populations at densities lower than would be economical if only the fish were taken.

The net effect of the situation is the conflict between trawl fishermen and small-scale fishermen using traditional gears. It is not surprising that there are fewer fish as a result of shrimp trawling, or that traditional fishermen catch less than previously, or that the small-scale fishermen recognize the trawlers as one of the causes of their crisis. Effort to restrict trawling on traditional small-scale fishing ground near shore are largely ineffective because these ground yield the best shrimp catches. The small-scale fishermen have not tenure rights to the resources or the areas fished and thus tension mounts



between large number of poor fishermen and small number of well-equipped trawl owners and operators. Traditional fishing and management systems have eroded and no viable alternative systems are in sight.

### Management Goals

The shrimp trawling problem discussed here is an example of the broader, general problem of conflicts between large-scale, expansive gear users and the traditional poor fishermen. Management agencies have generally been unable to formulate rational non-contradictory sets of management goals under these circumstances. In fact, they are serving two masters and political expediency dictates that stated management goals appear to serve both the interests of the large-scale commercial fishermen and the poor traditional fishermen. Thus, management goals often simultaneously include increasing total sustained harvest, increasing exports, increasing employment, improving distribution of benefits among the fishermen, and improving the economic efficiency of the industry.

Among the various pressure groups striving to influence management decision, the group most likely to prevail is the wealthy boats owners and exporters of high-priced fishery products (particularly shrimp). Poor traditional fishermen are seldom organized and have less opportunity to state their case.

### Management Difficulties

An important question concerning fisheries management in Southeast Asia is whether, given the existence of a viable set of management goals, the management agencies have the capability of enforcing them. Fisheries law-enforcement is weak to non-existent in several countries. Funds for such purposes are lacking, particularly for vessels, fuel and other transportation. Enforcement agents are commonly poorly paid and the temptation to accept bribes is great. Major changes and additional expenditures would be required to alter present laissez faire policies toward fisheries management. Under such policies, a gradual decline in the productivity of fisheries resources and of the fishing industry itself can now be predicted, affecting small-scale fishermen particularly.

Two management measures are being tested in Indonesia where conflicts and violence between the two groups of fishermen previously became intolerable. First of these is the total ban on trawling in the waters surrounding Java and Sumatra (Sardjono, 1980). The small-scale fishermen themselves are playing an active role in enforcement and although it is too early to completely evaluate the impact of this measure, it has apparently resulted in a drop in the total aggregate catch of shrimp and fish but an increase in the average catches of small-scale fishermen. This is rather drastic action but is the only Southeast Asian example where benefits for the small-scale fishermen have been enhanced.

The second measure being tested in Indonesian waters still open to trawling is the use of a by-catch excluder device (BED) to minimize the impact of trawling on fish populations. Naamin and Sujastani (1984) have reported that BED use results in reductions in the fish catch of 18 % to 64 % while maintaining similar catches of shrimp (see Table 3).

### **Relevance to Less-heavily Exploited Shrimp/Fish Fisheries**

Of primary interest is the question of whether fishing intensity in Latin America fisheries will ever reach the levels observed in Southeast Asian fisheries. Harvesting costs are a determining factor in the level of exploitation of shrimp populations. Increasing fuel and equipment costs over the years ahead and production of shrimp through aquaculture may lead to a situation requiring larger catches per unit of effort to realize profits, thereby reducing fishing intensity.

Large increases in human populations together with reduced per capita income could, conceivably, lead to artisanal fishing levels comparable to Southeast Asia but the prospect seems remote. Latin American countries have the opportunity to avoid potential conflicts by establishing tenure rights for small-scale fishermen and by limiting entry into all fisheries.

The issue of how trashfish might be utilized more wisely has been answered in the Asian context where it is used for fish meal, directly as animal feed and in fish sauces. Given these potential uses, the question becomes an economic one for Latin America where the value of trashfish would have to exceed the added costs of shorter fishing trips, preservation on ice or processing at sea.

A final lesson can be learned from the Southeast Asian experience with respect to the importance of law enforcement. The lack of effective law enforcement in Southeast Asia has seriously complicated the problems there and makes solutions appear extremely difficult. In fact, in Southeast Asia, the disease of fishery mismanagement is so far advanced that the drastic treatments required appear worse than the disease.



Table 1. Catch, effort and total mortality of Penaeus merguensis in the Arafura Sea, Indonesia (Sub area IV)<sup>a)</sup>

| Year | Annual<br>Catch<br>(tons) | Effort<br>(vessel<br>days)(Z)<br>Standard | Total<br>Mortality |
|------|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------|
| 1969 | 673                       | 857                                       | 2.71               |
| 1970 | 1056                      | 1542                                      | 3.05               |
| 1974 | 5777                      | 12247                                     | 8.62               |
| 1975 | 4177                      | 11124                                     | 8.56               |
| 1976 | 3628                      | 15701                                     | 10.96              |
| 1977 | 4049                      | 11215                                     | 8.79               |
| 1978 | 4508                      | 10436                                     | 8.41               |
| 1979 | 3845                      | 10040                                     | 7.47               |
| 1980 | 3940                      | 9795                                      | 8.01               |
| 1981 | 4038                      | 10132                                     | 7.93               |

<sup>a)</sup> From Tables 10b and 21 in Naamin (1984).

Table 2. Estimates of natural mortality (M) in Penaeus merguensis, as obtained by various authors and methods.

| Method                                                | M ('/year)         | Area, source and remarks                                                                      |
|-------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plot of Z on effort                                   | 2.26               | Arafura Sea, see Fig. 2                                                                       |
| Parabolic plot of catch on Z                          | 2.22               | Arafura Sea, see Fig. 3                                                                       |
| Empirical equation (2)                                | 2.06 <sup>b)</sup> | Arafura Sea, from Naamin (1984) <sup>a)</sup>                                                 |
| Z=M in a little-exploited stock                       | 2.60               | Gulf of Capentaria (Lucas et. al. 1979); authors noted that their M is an overestimate        |
| Z-F, the latter estimated from area swept by trawlers | 2.70               | Gulf of Papua (Gwyther 1982) see original paper by for problems within estimation of Z and F. |

<sup>a)</sup> note that this independent estimate is within 15% of the other two estimates of M for the Arafura Sea stock.

Table 3. Results of shrimp trawling experiments with and without a by-catch excluder device (BED), as reported in Table 1 and 2 in Naamin and Sujastani (1984)<sup>a)</sup>

| Station No.                      | BED (kg/h)   |          |                      | Control (kg/h) |          |                      |
|----------------------------------|--------------|----------|----------------------|----------------|----------|----------------------|
|                                  | shrimp catch | by-catch | %                    | shrimp catch   | by-catch | %                    |
| 1                                | 4.5          | 130.5    | 3.3                  | 1.8            | 268.2    | 0.7                  |
| 2                                | 1.8          | 238.2    | 0.8                  | 2.3            | 537.7    | 0.4                  |
| 3                                | 1.5          | 73.5     | 2.0                  | 2.2            | 147.7    | 1.5                  |
| 4                                | 1.7          | 73.2     | 2.3                  | 0.9            | 119.1    | 0.8                  |
| 5                                | 2.5          | 72.4     | 3.3                  | 4.0            | 119.0    | 3.3                  |
| 6                                | 8.0          | 142.0    | 5.3                  | 9.0            | 171.0    | 5.0                  |
| 7                                | 26.6         | 183.4    | 12.7                 | 61.9           | 253.3    | 19.6                 |
| 8                                | 35.2         | 129.8    | 21.3                 | 44.2           | 240.8    | 15.5                 |
| 9                                | 27.0         | 123.0    | 18.0                 | 44.2           | 210.8    | 17.3                 |
| 10                               | 26.1         | 108.9    | 19.3                 | 34.3           | 175.7    | 16.3                 |
| 11                               | 11.1         | 71.5     | 13.4                 | 20.5           | 129.5    | 13.7                 |
| 12                               | 11.0         | 71.5     | 13.3                 | 16.0           | 134.0    | 10.7                 |
| 13                               | 26.6         | 183.4    | 12.7                 | 19.5           | 235.4    | 7.6                  |
| 14                               | 20.8         | 174.2    | 10.7                 | 24.7           | 200.1    | 10.9                 |
| 15                               | 9.6          | 110.4    | 8.0                  | 15.2           | 224.8    | 6.3                  |
| 16                               | 5.6          | 54.4     | 9.3                  | 5.6            | 114.4    | 4.7                  |
| 17                               | 3.1          | 64.4     | 4.6                  | 3.3            | 101.7    | 3.1                  |
| 18                               | 0.9          | 44.1     | 2.0                  | 3.1            | 101.8    | 3.0                  |
| 19                               | 1.4          | 58.6     | 2.3                  | 0.3            | 194.7    | 0.2                  |
| 20                               | 0.6          | 59.4     | 1.0                  | 0.8            | 89.2     | 0.9                  |
| Arithmetic mean <sup>b)</sup>    |              |          |                      |                |          |                      |
|                                  | 11.8         | 108.34   | (9.43) <sup>c)</sup> | 15.69          | 188.45   | (7.69) <sup>c)</sup> |
| Standard deviation <sup>b)</sup> |              |          |                      |                |          |                      |
|                                  | 11.31        | 53.83    | -                    | 17.85          | 99.49    | -                    |
| Geometric mean (x)               |              |          |                      |                |          |                      |
|                                  | 5.86         | 96.89    | (5.70) <sup>c)</sup> | 6.77           | 170.70   | (3.82) <sup>c)</sup> |
| Mean log <sub>10</sub> x         |              |          |                      |                |          |                      |
|                                  | 0.768        | 1.99     | -                    | 0.830          | 2.23     | -                    |
| st. error (x)                    |              |          |                      |                |          |                      |
|                                  | 0.168        | 0.102    | -                    | 0.182          | 0.0972   | -                    |
| (in log <sub>10</sub> units)     |              |          |                      |                |          |                      |

<sup>a)</sup> Shrimp catch and by-catch are as given in Naamin and Sujastani (1984), based on data in Anon. (1982). The percentages were recomputed from the original tables.

<sup>b)</sup> As in Naamin and Sujastani (1984), i.e., computed from the untransformed kg/h data.

<sup>c)</sup> Mean % of shrimp in total catch (in brackets) were obtained from the means of the corresponding catch data, rather than by averaging the individual % values. Note that comparison of geometric means emphasizes differences between BED and control catches.

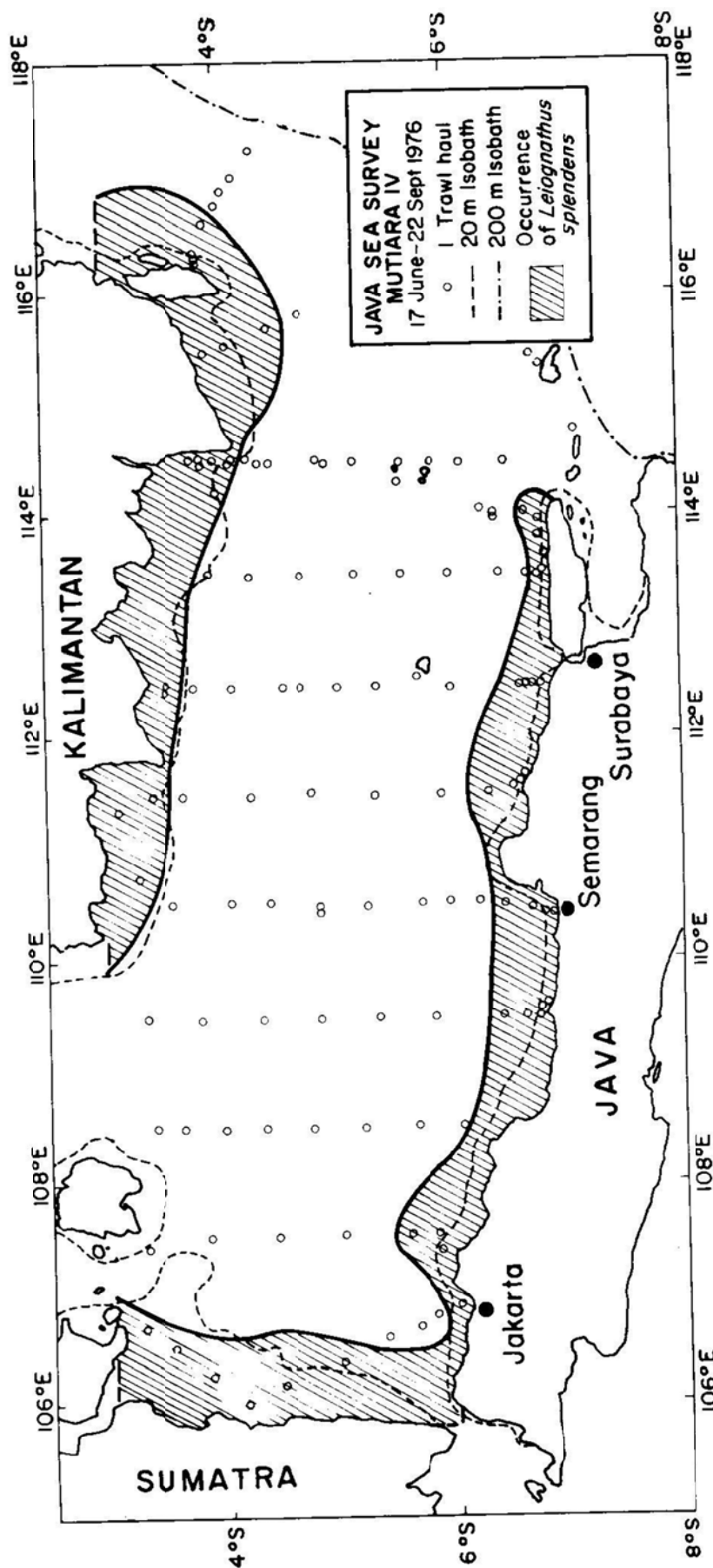


Fig. 1. Distribution of the fish *Leiognathus splendens* (a shrimp "indicator species") in the Java Sea. Note narrow coastal habitat, forcing those aiming at resources associated with *L. splendens* to operate very close inshore (redrawn from Losse and Dwiponggo 1977).

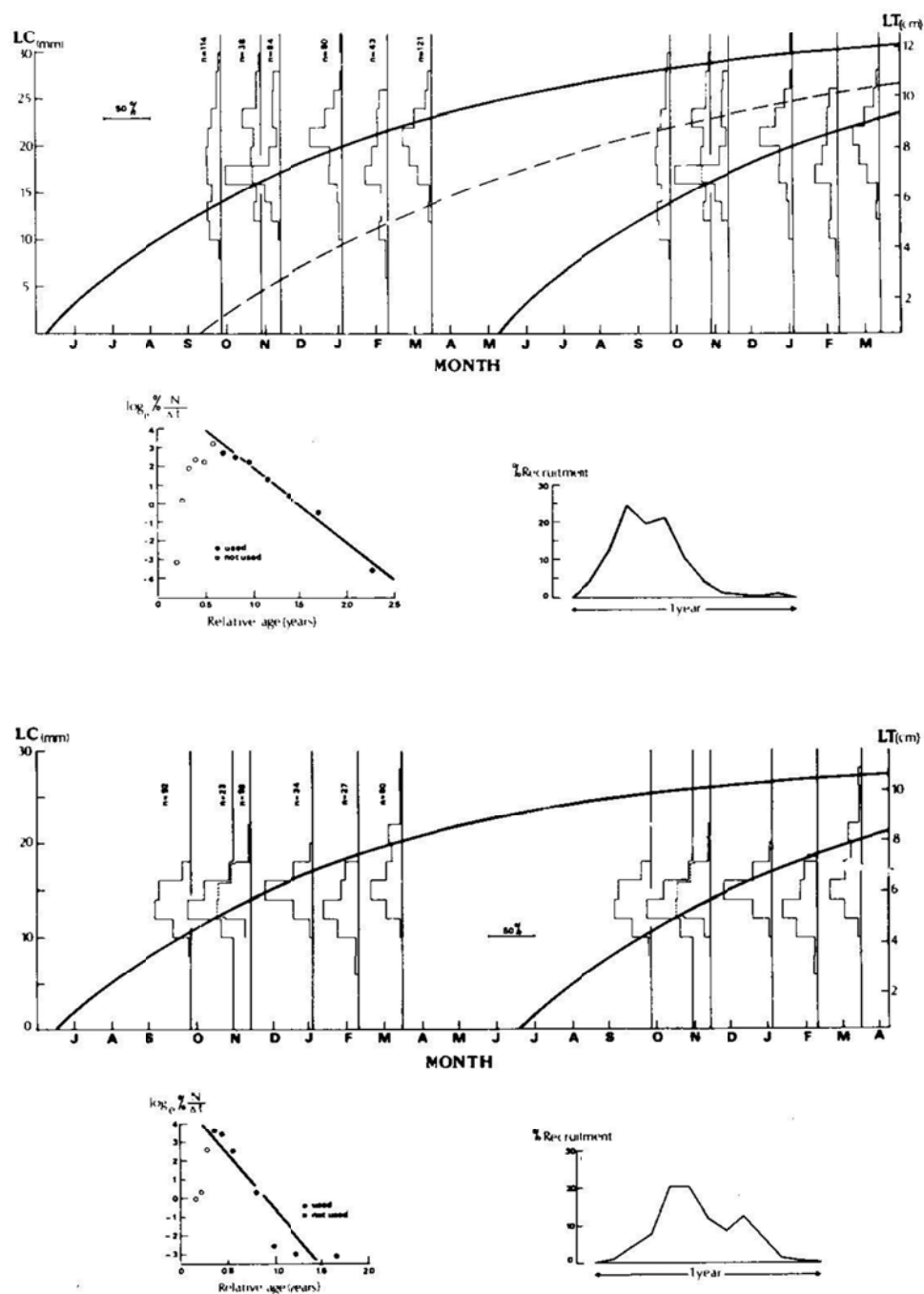


Fig. 2. Results of length-frequency analyses using ELEFAN I and II programs and showing growth curves, length-converted catch curves to estimate total mortality and recruitment patterns in *Trachypenaeus* females (above) and males (below). Based on length-frequency data in Ingles (1980); see Pauly et al. (1984) for details on these stocks and the ELEFAN programs used in these analyses (LC = carapace length; LT = total length).

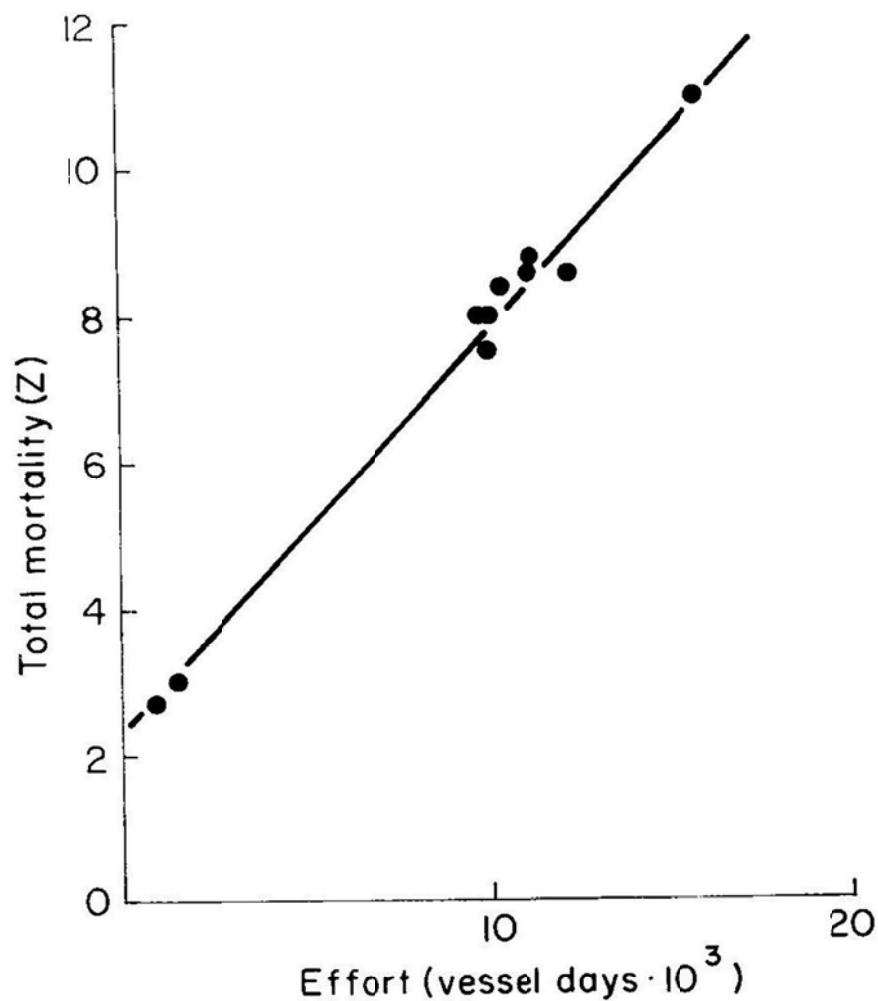


Fig. 3. Plot of total mortality ( $Z$ , as estimated using ELEFAN II) on effort in a Indonesian stock of *Penaeus merguensis* (based on data in Table 1); note very close fit of data points to regression line and estimate of natural mortality ( $M$ ) very close to that obtained using equation 2 (see also Table 2 and text).

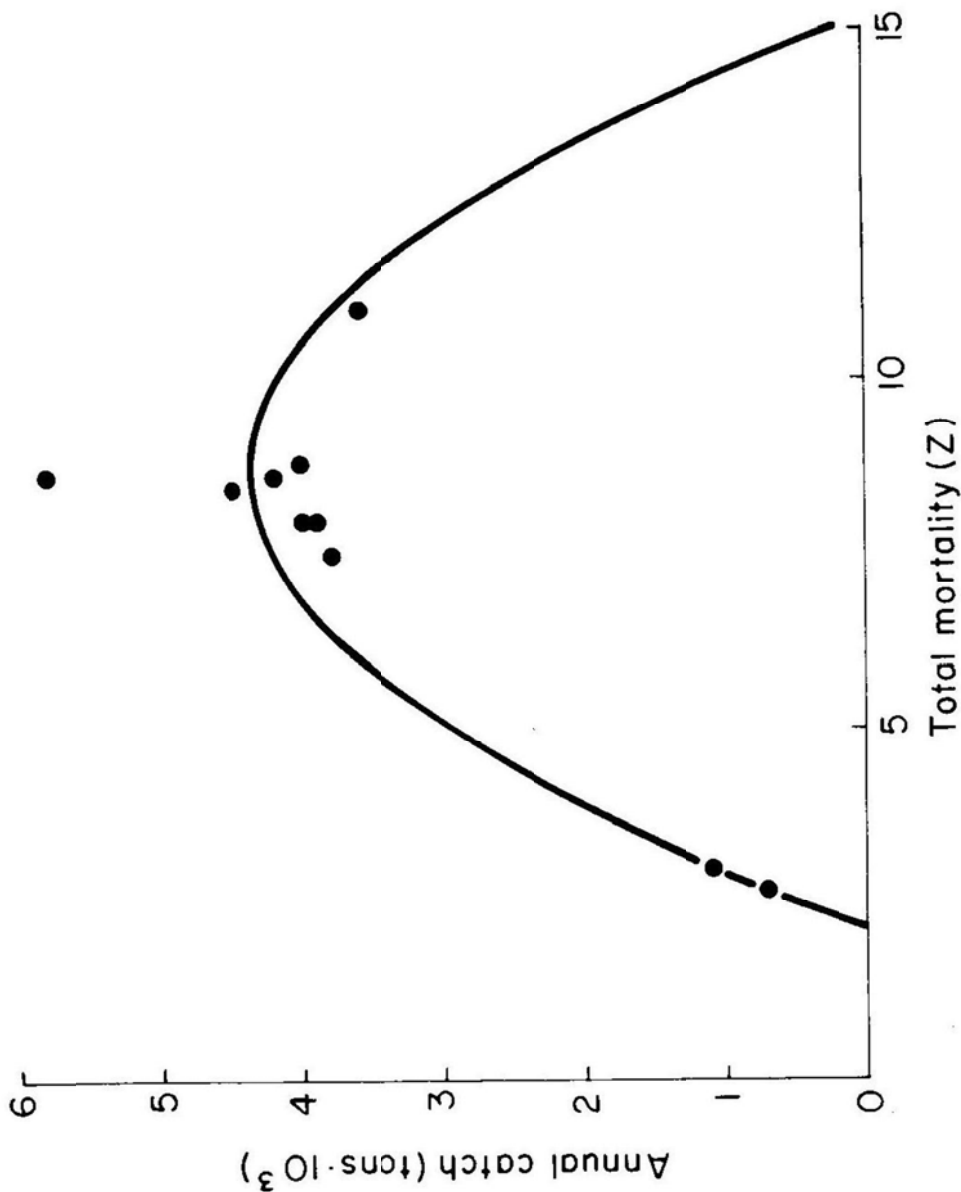


Fig. 4. Application to an Indonesian stock of *Penaeus merguensis* of Csirke and Caddy's yield model (based on data in Table 1); note relatively good fit of this first application of the model to a shrimp stock, and estimate of  $M$  close to those obtained using different methods (Fig. 3 and Table 2).



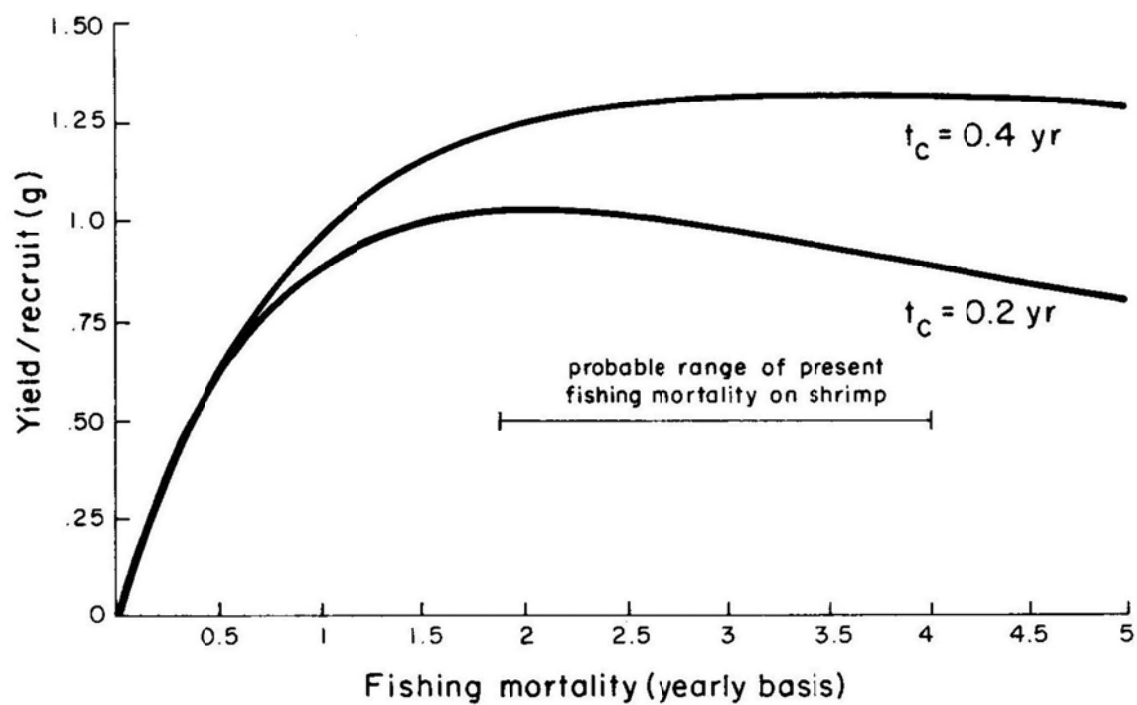


Fig. 5. Results of a yield-per-recruit analysis for a stock of *Metapenaeus ensis* in San Miguel Bay, Philippines. Results suggest growth overfishing of shrimps in this multispecies fishing ground, confirming analyses conducted on fish species exploited by the same fishery (from Pauly 1982b).  $t_c$  = age at recruitment.

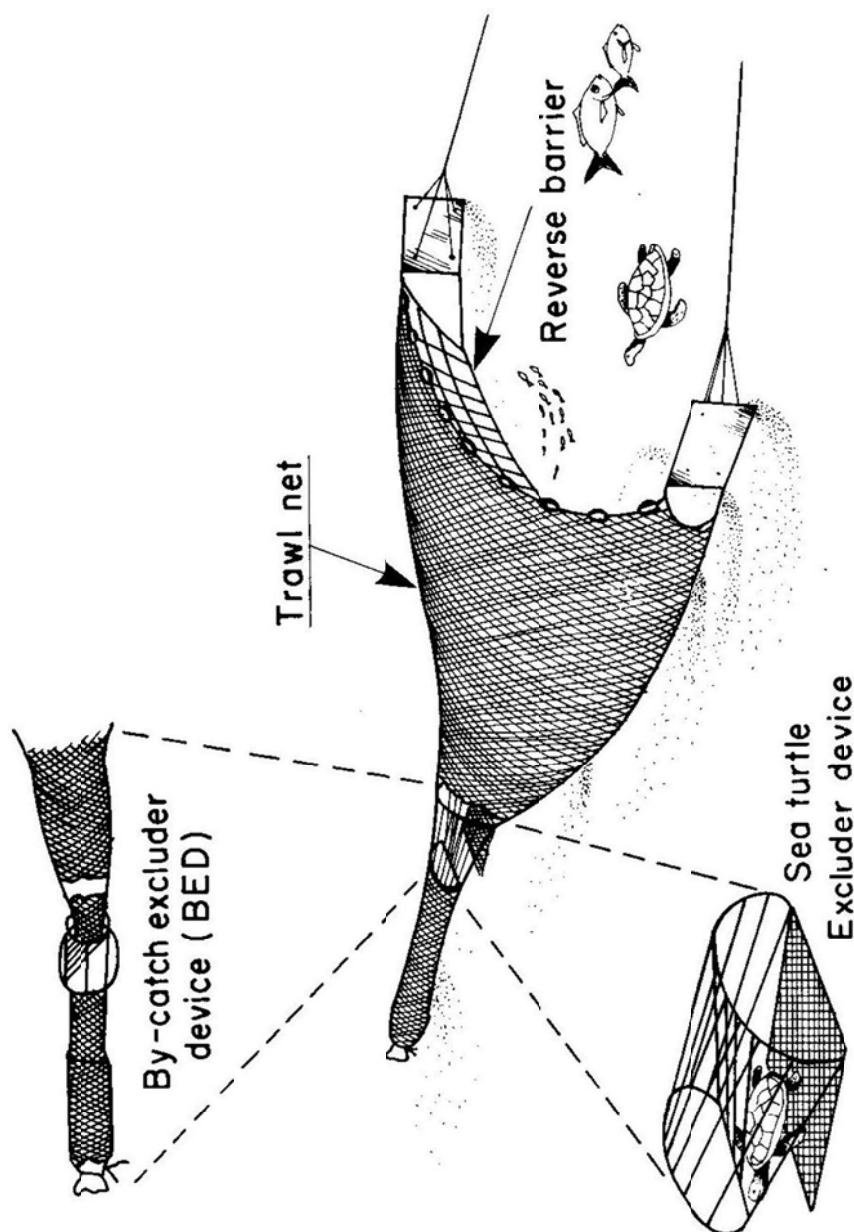


Fig. 6. Schematic representation of various methods to reduce by-catch of turtles and fish in shrimp trawling.

- Reverse barrier prevents turtles from entering the mouth of the net;
- turtle excluder device allows escape of turtles (caught when reverse barrier is not used);
- by-catch excluder device reduces by-catch of large vertebrates (large fish and turtles caught when reverse barrier is not used).

Adapted from figures in Watson and Seidel (1980, Fig. 2) and Naamin and Sujastani (1984, Fig. 5).

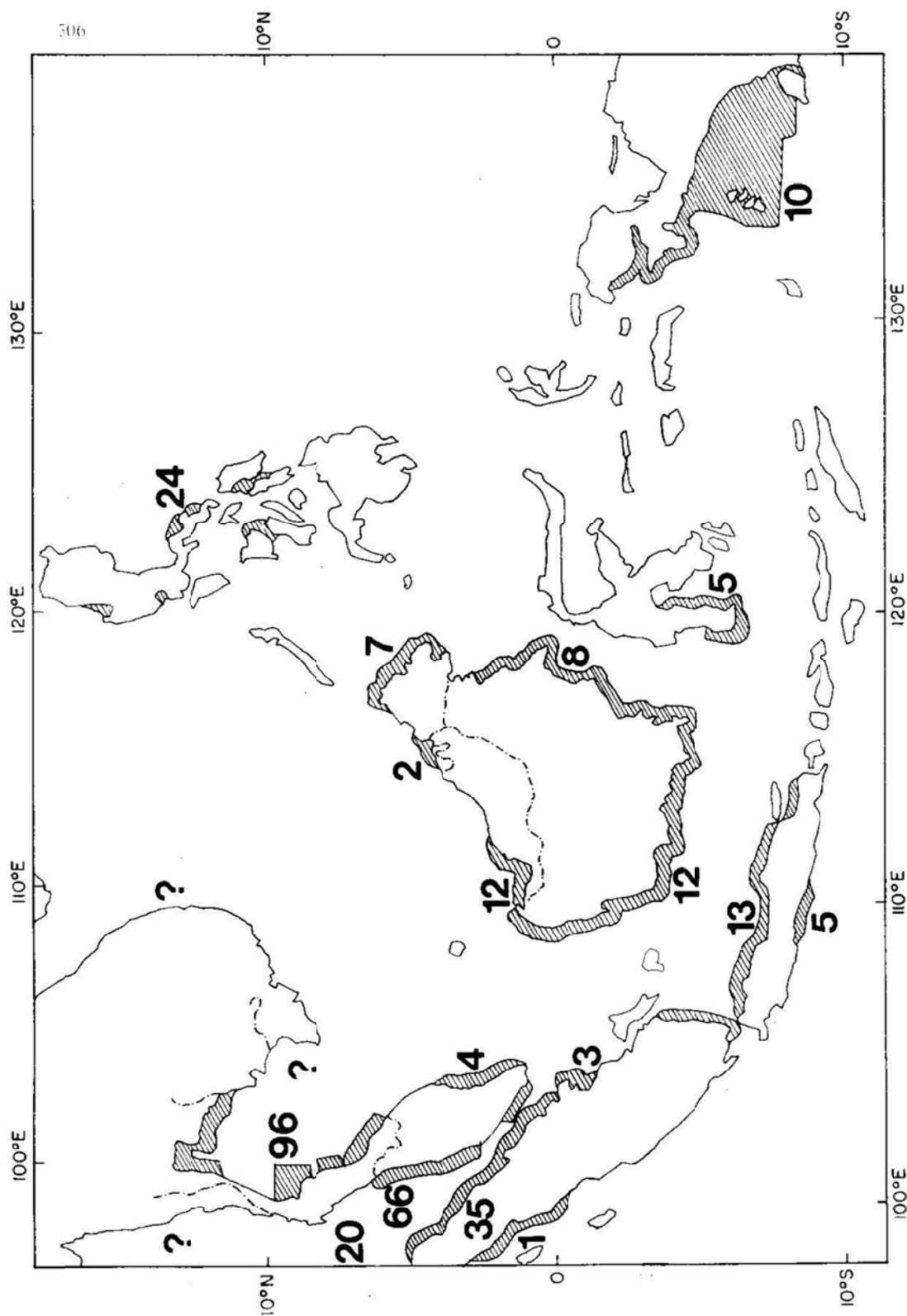


Fig. 7. Major shrimp fishing areas of Southeast Asia (shaded) with average annual catch (1976-78) for each area in thousands of metric tons (adapted from SCSP 1981).

## LITERATURE CITED

- ANONYMOUS, 1981. Fish market news. Fish. Marketing Review, 3 (1) : 51 - 60.
- ANONYMOUS, 1982. Experiments with BED in the Arafura Sea. BPPT (Agency for Assessment and Application of Technology). Report to the Minister of Research and Technology. Jakarta. (unpublished, in Indonesian)
- ANONYMOUS, 1984. Report of the workshop on the scientific bases for the management of penaeid shrimps. p. 9 - 30 In: Gulland, J.A. and B.I. Rothschild (Eds.) Penaeid shrimps: their biology and management. Fishing News Books, Farnham, England. 312 p.
- BAASCH, H., P. JARCHAU, H. von WESTERNHAGEN and M. ZUREK, 1976. Fischerei auf den Philippinen und Moglich-keiten ihrer Forderung. Mimeographed Report, Fed. Min. Econ. Coop. Fed. Rep. of Germany, Bonn. 133 p.
- BEVERTON, R. J. and S. J. HOLT, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish Invest. Ministr. Agric. Fish. Food Great Brit. Ser. 2, Sea Fish, 19 : 533 p.
- BEVERTON, R. J. H. and S. J. HOLT, 1966. Manual de metodos para la evaluacion de los stocks de peces. Parte 2. Tablas de funciones de rendimiento. FAO Doc. Tec. Pesca, 38 (1) : 67 p.
- BOONYUBOL, M. and S. PRAMOKCHUTIMA, 1982. Trawl Fisheries in the Gulf of Thailand. ICLARM Traslations, 4 : 12 p.
- CAMPOS, J. and A. BORNEMISZA, 1984. Analisis Multiple en Pesquerias (AMULPES I), CIMAR, Universidad de Costa Rica. MS.
- CSIRKE, J. and J. F. CADDY, 1983. Production modelling using mortality estimates. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40 : 43 - 51. (with errata in Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40 255 -256).
- GWYTHHER, D., 1982. Yield estimates for the banana prawn (Penaeus merguensis de Man) in the Gulf of Papua Fishery. J. Cons. Inter. Explor. Mer., 40 : 245 - 258.
- INGLES, J., 1980. Distribution and relative abundance of penaeid shrimps (sub family Penaeidae) in the Visayan Sea. M.Sc. Thesis, Univerty of the Philippines, Manila. 78 p.
- JONES, R., 1974. Assessing the long-term effects of changes in fishing effort and mesh size from lenght composition data. ICES CM, 1974/F:33, Mimeo. 13 p.
- JONES, R., 1981. El uso de datos de composicion por tallas en la evaluacion de poblaciones de peces (con notas sobre VPA y analysis de cohortes) FAO Circulares de Pesca, 734 : 61 p.

- JONES, R. and N. van ZALINGE, 1981. Estimates of mortality rates and population size for shrimps in Kuwait waters. Kuwait Bull. Mar. Sci., 2 : 272 - 288.
- KENT, G., 1983. The pattern of fish trade. ICLARM Newsletter, 6 (2): 12 - 13.
- LARKIN, P. A. and W. GAZEY, 1982. Applications of ecological simulation models to management of tropical multispecies fisheries, p. 123 - 140. In: D. Pauly and G. I. Murphy (Eds.) Theory and Management of Tropical Fisheries. ICLARM Conference Proceedings, 9 : 360 p.
- LOSSE, G.F. and A. DWIPONGGO, 1977. Report on the Java Sea Southeast Monsoon Trawl Survey, June-December 1976. Mar. Fish. Res. Rep./Contr. Demersal Fish. Project No. 3, Jakarta. 119 p.
- LUCAS, C., G. KIRKWOOD and I. SOMERS, 1979. An assessment of the stocks of the banana prawn Penaeus merguensis in the Gulf of Carpentaria. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 30 : 639 - 652.
- MADHU, S. R., 1984. Exciting new fishery in Sri Lanka. Bay of Bengal News. Bay of Bengal Programme for Fisheries Development, FAO, 16: 1 - 6.
- NAAMIN, N., 1984. Population dynamics of Banana (Penaeus merguensis de Man) in the Arafura Sea, with alternative management plan. In Indonesian. Doct. Diss., Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia.
- NAAMIN, N. and T. SUJASTANI, 1984. The by-catch excluder device experiments in Indonesia. Paper presented at the international workshop on the Management of penaeid shrimp / prawn in the Asia-Pacific Region, 29 Oct.-2 Nov. 1984, Brisbane, Australia.
- PAULY, D., 1977. The Leiognathidae (Teleostei): their species, stocks and fisheries in Indonesia, with notes on the biology of Leiognathus splendens (Cuvier). Mar. Res. Indonesia, 19: 73-93.
- PAULY, D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Inter. Explor. Mer, 39 : 175 - 192.
- PAULY, D., 1982a. A method to estimate the stock-recruitment relationships of shrimps. Trans. Amer. Fish. Soc., 111 : 13-20.
- PAULY, D., 1982b. History and present status of the fisheries, p. 95 - 124. In: D. Pauly and A. N. Mines (Eds.) Small-scale Fisheries of San Miguel Bay: Biology and Stock Assessment. ICLARM Tech. Rep., 7 : 124 p.
- PAULY, D., 1983. Algunos metodos simples para la evaluacion de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento de Pesca 234 : 49 p.

- PAULY, D., 1984a. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies and Reviews, 8 : 325 p.
- PAULY, D., 1984b. Reply to comments on prerecruit mortality in Gulf of Thailand shrimp stocks. Trans. Amer. Fish. Soc., 113 : 404 - 406.
- PAULY, D., (in press). A methodology for studying the recruitment into Kuwait's shrimp stocks. In: C. P. Mathews (Ed.) Proc. 6th Shrimp and Fin Fisheries Management Workshop, 15 - 17 December 1984. Kuwait Inst. Sci. Res., Kuwait.
- PAULY, D. and N. DAVID, 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. Meeresforsch., 24 : 205 - 211.
- PAULY, D. and S. WADE-PAULY, 1981. An annotated bibliography of slipmouths (Pisces:Leiognathidae). ICLARM Bibliographies 2. 62 p.
- PAULY, D., J. INGLES and R. NEAL, 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II), p. 220 - 234. In: J. A. Gulland and B. I. Rothschild (Eds.) Penaeid Shrimps - Their Biology and Management. Fishing News Books. Farnham, England. 312 p.
- POLOVINA, J. J., 1984. An overview of the ECOPATH model. Fishbyte (ICLARM), 2 (2) : 5 - 7.
- POLOVINA, J. J. and M. D. OW, 1983. ECOPATH : a user's manual and program listings. Southwest Fish. Cent. Admin. Rep. H., 82-83 NMFS, Honolulu. 46 p.
- POPE, J. G., D. PAULY and N. DAVID, (MS). ELEFAN III: user's instructions and program listings. ICLARM.
- RAPSON, A. M. y C. R. McINTOSH, 1972. Prawn surveys in Papua New Guinea. Res. Bull. Dept. Agr. Stock, Fish. Port Moresby, 3 : 98 p.
- SARDJONO, I., 1980. Trawlers banned in Indonesia. ICLARM Newsletter, 3 (4) : 3 p.
- SCSP, 1981. Report of the workshop on the biology and resources of penaeid shrimps in the South China Sea area. Part II. 30 June - 5 July 1980. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. SCS / GEN / 81/30. South China Sea Fisheries Development and Coordinating Programme. Manila, Philippines. 143 p.
- SHERIDAN, P. F., J. A. BROWDEN and J. E. POWERS, 1984. Ecological interactions between penaeid shrimps and bottomfish assemblages, p. 235 - 254. In: J.A. Gulland and B.I. Rothschild (Eds.) Penaeid Shrimps: Their Biology and Management. Fishing News Books, Farnham, England. 312 p.

- SINODA, M., PANG YONG LIM and SEN MIN TAN, 1978. Preliminary study of trash fish landed at Kangkar fish market in Singapore. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44 (6) : 595 - 600.
- STERNIN, V. and W.H.L. ALLSOPP, 1982. Strategies to avoid by-catch in shrimp trawlings, p. 61 - 64. In: Fish By-Catch... Bonus from the Sea: Report of a Technical Consultation on shrimp by-catch utilization held in Georgetown, Guyana, 27-30 October 1981. Ottawa, Ont., CIID 1983, 175 p.
- SUJASTANI, T., 1984. Report to FAO on the by-catch excluder demonstration and experiments in Malaysia. Inst. Mar. Res. Jakarta Tech. Rep.
- SUJASTANI, T., (in press). The by-catch excluder device. In: Report of the 4th Session of the Standing Committee on Resources Research and Development of the Indo-Pacific Fishery Commission, 23-29 August 1984, Jakarta. FAO Fish. Rep.
- UNAR, M. and N. NAAMIN, 1984. A review of the Indonesian shrimp fisheries and their management, p. 104 - 110. In: J.A. Gulland and B.I. Rothschild (Eds.) Penaeid Shrimps: Their Biology and Management. Fishing News Books, Farnham, England. 312 p.
- WATSON, J. W. and W. R. SEIDEL, 1980. Evaluation of techniques to decrease sea turtle mortalities in the Southeastern United States shrimp fishery. ICES CM, B-31 : 8 p.



Alvarez-León, R. 1985. Evaluación de los Recursos Demersales del Caribe y Pacífico Colombiano, Cap. 11 : 511 - 570.  
In : Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México : La Pesca Acompañante del Camarón. Progr. Univ. de Alimentos, Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Inst. Nal. de Pesca. UNAM, México D F. 748 p.

## **EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS DEMERSALES DEL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANO**

Ricardo Alvarez-León  
Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, INVEMAR  
Apartado Aéreo 1016, Santa Marta (Magdalena)  
Colombia

### **RESUMEN**

Se ofrece una síntesis de las investigaciones realizadas en el Mar Territorial y la plataforma continental de Colombia por parte de investigadores de diversas nacionalidades, los cuales hicieron parte de las diferentes expediciones y cruceros de exploración o recibieron, según su especialidad, el material biológico correspondiente. Obviamente estos esfuerzos de 10 naciones incluida Colombia han dado como resultado informes, tesis y publicaciones científicas en su gran mayoría de carácter básico, pero cada día y con base en estas, son más abundantes las publicaciones de orientación aplicada. Sin embargo, aunque el conocimiento de las aguas nacionales y recursos es considerable, naturalmente dista de ser completo y utilizable en forma inmediata. Indudablemente por las artes de pesca utilizadas y la importancia económica a nivel mundial, el recurso mejor conocido es el de los camarones de aguas someras, sobre el cual se ejerce una pesquería organizada en las dos costas colombianas. Con base en los esfuerzos gubernamentales por fomentar dicha actividad, así como por evaluar la posibilidad de construir un canal interoceánico a través del Darién y los efectos sobre la fauna marina, se tiene una valiosa información sobre fauna demersal acompañante. Se identifica la problemática ocasionada por la monopesca del camarón, enfatizando el enorme potencial que se está perdiendo anualmente al desaprovecharse miles de toneladas métricas de moluscos, crustáceos y peces, los cuales podrían suplir verdaderamente, las deficiencias proteínicas del pueblo colombiano.

### ABSTRACT

A synthesis of the investigations done in the Colombian Territorial Seas and Continental Shelf by scientists of several nationalities which were part of different expeditions and exploratory cruises, or received biological material according to their speciality, is made. Obviously these efforts of ten nations, including Colombia, have produced reports, thesis and scientific publications, mostly of basic scientific character, but based on them new ones, of applied orientation, are being produced. Although knowledge about our waters and resources is considerable, it is still not complete as to be used immediately. Shallow water shrimp is the best known resource due to the fishing methods used and to their worldwide economic importance. There are organized shrimp fisheries on both Colombian coasts. Based on efforts of the government to encourage this activity and to evaluate the possibility of opening an interoceanic canal across the Darién and its effect on the marine fauna, there is valuable information on the demersal fauna by-catch. The problems caused by fishing only shrimps are identified, emphasizing the enormous potential being lost annually by not utilizing thousands of metric tons of mollusks, crustaceans and fin-fish. These could be of great help to cover the protein deficiency of the Colombian population.

### INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los recursos vivos del mar contribuye de manera decisiva a mejorar los niveles nutricionales de la población, generar nuevas fuentes de empleo, aportar cifras significativas al producto interno bruto y proporcionar un elevado número de divisas adicionales. Sin embargo, es obvio que el logro de los beneficios citados solo será posible en el momento que se conjuguen el esfuerzo gubernamental con la participación efectiva de los sectores involucrados, que los instrumentos implementados sean efectivos y las medidas que se adopten sean adecuadas. Sin embargo, es lógico que todo lo anterior, debe partir del conocimiento científico de sus recursos y el manejo adecuado de la realidad nacional.

Como se sabe Colombia es el único país sudamericano con costas sobre el Mar Caribe y el Océano Pacífico de la mas variada fisiografía y una compleja diversidad de ecosistemas. Posee además 988 000 km<sup>2</sup> de aguas jurisdiccionales (Fig. 1), comprendidos entre su Mar Territorial y la Zona Económica Exclusiva (Ley 10 de 1978) es decir, casi igual a la superficie continental actual; no obstante, en forma tradicional el país ha cifrado su economía y sus fuentes nutricionales en las actividades agropecuarias. La extracción pesquera nacional se hace exclusivamente en las plataformas continentales, en las cuales las capturas ascienden aproximadamente a 26 000 ton/año es decir, solo un 10 % del potencial estimado en estas áreas (INDERENA/DNP/COLCIENCIAS, 1984; Moncaleano y Hernández, 1984).

Dicha situación, naturalmente es el reflejo, entre otros aspectos, de la descoordinación entre el sector académico - investigativo con el productivo artesanal e industrial. Durante 15 años no han existido progresos sostenidos, sino períodos de avance especialmente durante la ejecución de los proyectos internacionales concertados entre el Gobierno Nacional a través del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y el Ambiente INDERENA, con entidades internacionales como la Food and Agriculture Organization FAO (1968 - 1973), la Japanese International Cooperation Agency JICA (1979-1981) y la Canadian International Development Agency CIDA (1978-1982), después de los cuales el estancamiento o aun el retroceso ha sido el factor común.

No obstante, existe valiosa información generada desde comienzos del presente siglo que debidamente analizada y complementada con los resultados de los proyectos desarrollados y en ejecución deberá ofrecer el material indispensable para priorizar las investigaciones que deberán complementarse y/o iniciarse. Recientemente el Gobierno Nacional se ha pronunciado a éste respecto y a través de un Grupo Técnico ha elaborado el Plan Nacional de Investigaciones Pesqueras PLANIPES.

El objetivo central del presente trabajo es el de ofrecer un compendio de aspectos científicos y técnicos conocidos hasta la fecha, resultado de la evaluación biológica y pesquera de los recursos vivos del Caribe y Pacífico colombiano. Aunque la revisión bibliográfica de todos los aspectos involucrados en la investigación pesquera no es exhaustiva, si la ha sido en aquellos relacionados con los recursos demersales.

### ANTECEDENTES

Las actividades de investigación biológico-pesqueras en los mares colombianos se inician hacia 1880 (Tabla 1) cuando las actividades y muestras colectadas por el buque francés Chazalie comenzaron a ser analizadas. Posteriormente plataformas de investigación de 10 nacionalidades han visitado las costas colombianas, recabando importante información en su gran mayoría publicada pero nada fácil de compilar por su dispersión en muy diversas revistas científicas e informes técnicos finales. Asimismo, a medida que aumentó la participación nacional en los cruceros de investigación también creció la producción documental, pero al no usarse los canales apropiados para divulgarla lamentablemente ha quedado inédita.

Vale la pena destacar el esfuerzo y los resultados de los trabajos desarrollados por los científicos a bordo y/o asociados que en diferentes laboratorios precesaron las muestras colectadas. Indudablemente por el volumen y calidad de la información generada en los cruceros de los B/I Albatross, Velero III, Velero IV, Oregon, Pillsbury, Te Vega, Lutjan, Kniazik, Chocó y Caribbean Star 2. Los dos últimos utilizados en los proyectos internacionales entre INDERENA-FAO y JICA respectivamen

te, cuyos resultados han sido muy útiles para la orientación de los recursos en explotación y aquellos potenciales o con perspectivas de ser explotados.

La pesca artesanal en ambos litorales ha servido de sustento a los nativos ribereños desde tiempos precolombinos, tal como ha podido comprobarse en los hallazgos arqueológicos. No obstante, aunque hoy en día sigue supliendo la mayor cantidad de productos marinos que se consume en el país, no ha alcanzado los niveles de desarrollo y tecnificación adecuada (Ciardelli, 1968; INDERENA, 1983).

Las actividades pesqueras industriales propiamente dichas se inician en las costas colombianas con un desfase considerable, mientras en el Pacífico se origina en 1936 y sólo se estabiliza a partir de 1957 exclusivamente sobre el camarón de aguas someras (Londoño, 1978; Pineda, 1978) en el Caribe nace realmente en 1968 (Martínez, 1978). En ambos litorales la implantación y desarrollo se han basado fundamentalmente en el sector privado, con el apoyo técnico financiero del sector público, quien a su vez ejerce el manejo y control del recurso.

Múltiples factores se señalan como causantes del tiempo que ha tomado el país en desarrollar la pesca marina: condiciones oceanográficas y geográficas, las artes y métodos de pesca, la estructura socio-cultural y económica netamente agropecuaria y mediterránea, la existencia de por lo menos 43 entidades vinculadas al sector, pero no hay duda de que el desequilibrio entre estas actividades y actitudes no ha permitido que la producción pesquera, no obstante su potencial, se vincule en forma significativa al sistema alimentario nacional, ni se configure como actividad productiva importante (Martínez, 1978; Moncaleano y Hernández, 1984; Knecht *et al.*, 1984). En la actualidad, afortunadamente se está en un punto de giro en el proceso de planificación oceánica; precisamente porque aún se está en las etapas iniciales de este desarrollo y obviamente a través de un esfuerzo ordenado, planificado y analítico podrían evitarse los errores cometidos y beneficiarse de éstos y de aquellos ejemplos que han tenido éxito (Knecht *et al.*, 1984).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de la información existente sobre los recursos pesqueros demersales de Colombia y un análisis del contenido de cada uno de los documentos a fin de obtener los datos que se ofrecen en forma resumida (Tablas 1-7). Se hace especial énfasis en los moluscos y crustáceos comerciales utilizando como referencias básicas los trabajos regionales de Fischer (1978), Cervigón y Fischer (1979) y Chirichigno *et al.* (1982). Naturalmente en la documentación analizada se ha considerado varios grupos de invertebrados los cuales por su íntima relación con los recursos comercialmente importantes, son relativamente frecuentes en las faenas extractivas, pero teniendo en cuenta los objetivos del contenido de este libro, solo se

incluyen aquellos recursos en explotación o que por su frecuencia y características constituyen un real potencial. Se excluyen los peces ya que por su cantidad, fueron incluidos en el trabajo de Alvarez-León y Acero Pizarro (1985), donde adicionalmente se discute su distribución geográfica. Las ilustraciones se elaboraron con base en los Tratados Internacionales existentes (Fig.1) y el diagnóstico sobre pesca industrial (Figs. 2 y 3) preparado por INDERENA (1984).

### ÁREAS DE ESTUDIO

Colombia con una extensión territorial de 1 141 748 km<sup>2</sup> es el cuarto país más grande de Sudamérica, sus límites marítimos abarcan una longitud de 2,900 km. Las fronteras marítimas han sido definidas mediante la firma de Tratados con las naciones limítrofes, mediante la Ley 10 de 1978 y como nación signataria de la Nueva Convención del Derecho del Mar de Jamaica, posee un Mar Territorial de 12 millas y una Zona Económica Exclusiva de 188 millas.

### Costas en el Mar Caribe

El litoral sobre el Caribe tiene una longitud de 1,600 km comprendidos entre Cabo Tiburón (77° 20' W - 8° 40' N) en la frontera de Panamá, y la desembocadura río Sillamaná (77° 25' W - 11° 50' N) en la frontera con Venezuela.

La base continental presenta costas con una variada configuración cuyos rasgos más sobresalientes son: rocosas desde Cabo Tiburón (Cho.) hasta Titumate (Cho.); bajas, pantanosas y selváticas con ciénagas formadas por el río Atrato, desde Titumate (Cho.) - Golfo de Urabá- Punta Arenas (Ant.); amplias y arenosas, pantanosas con ciénagas formadas por el río Sinú y el Canal del Dique, desde Punta Arenas (Ant.) hasta Bahía de Barbacoas-Punta Barú (Bol.); coralina desde Punta Barú (Bol.) hasta Punta Manzanillo (Bol.); anegadizas, pantanosas, con numerosas ciénagas formadas por el río Magdalena desde Punta Manzanillo (Mag.) hasta Punta Gaira (Mag.); rocosas y coralinas desde Punta Gaira hasta Menguaca (Mag.); amplias, arenosas y coralinas en escasos puntos (Cabo de la Vela), desde Menguaca (Mag.) hasta el río Sillamaná (Gua.).

Las extensiones insulares están representadas en primer lugar por el Archipiélago de San Andrés y Providencia (12° 00' y 16° 30' N; 78° 00' y 82° 00' W) que incluye las Islas de San Andrés, Providencia, Santa Catalina, los Cayos de Rocador, Serrana, Quitasueño y los Bajos de Alburquerque, del E.S.E., Nuevo, Serranilla, Alicia; El Archipiélago de San Bernardo con 8 islotes; las Islas del Rosario, Barú, Tierrabomba y Salamanca.

La plataforma continental es amplia en las zonas del Golfo de Urabá y Riohacha, mediana en el Golfo de Morrosquillo y reducida de Cartagena a Dibulla.



### Costas en el Océano Pacífico

El litoral sobre el Pacífico tiene una longitud de 1 300 km comprendidos entre El Pacífico ( $77^{\circ} 53' W$  -  $07^{\circ} 12' N$ ), en la frontera con Panamá, y la desembocadura del río Mataje ( $78^{\circ} 45' W$  -  $01^{\circ} 12' N$ ) en la plataforma con Ecuador.

La base continental presenta costas con menos variación que la costa caribeña y sus rasgos más sobresalientes son: altas, rocosas y montañosas con acantilados ocasionales desde El Pacífico (Cho.) hasta Cabo Corrientes (Cho.); arenosas, pantanosas, con extensas áreas estuarinas formadas por la desembocadura de numerosos ríos de poca profundidad, como el Baudó, San Juan, Naya, San Juan de Micay, Guapi, Sanguiangá, Mira y Mataje entre Cabo Corrientes (Cho.) hasta el río Mataje (Nar.).

Entre las extensiones insulares están las islas continentales de Gorgona, Gorgonilla, Tumaco, El Morro, Viciosa y Cascajal, y la isla oceánica de Malpelo.

La plataforma continental es estrecha, la parte más amplia comprende desde Golfo de Tortugas hasta el sur de Isla de Gorgona, es mediana entre Cabo Corrientes y las Bocas de San Juan así como entre Punta Charambira y el río Mataje, y estrecha o reducida entre El Pacífico y Cabo Corrientes.

Las características fisiográficas y geomorfológicas enunciadas, unidas a las condiciones oceanográficas y meteorológicas, obviamente tienen una incidencia directa con el tipo de recursos aprovechables por los pescadores artesanales e industriales (Figs. 2 y 3).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las investigaciones marinas de carácter biológico y pesquero en Colombia se han cumplido a través de tres tipos de proyectos bien definidos (Tabla 1): 1) Extranjeros, 2) De Cooperación Binacional y 3) Nacionales.

En los proyectos extranjeros no hubo participación nacional en ninguna de las tres etapas de planeación, ejecución y divulgación. Las costas colombianas comenzaron a ser visitadas en 1880, aproximadamente por embarcaciones de instituciones académicas o gubernamentales que tomaban las muestras en estaciones predeterminadas dentro del plan interdisciplinario del crucero. Normalmente la tendencia inicial fue evaluar el tipo de recursos que presentaba en estas áreas tropicales, asimismo, y con muy raras excepciones los cruceros cubrían las aguas jurisdiccionales de varios de los países vecinos e incluso varios muestrearon en el Caribe y el Pacífico durante el mismo crucero.

En los proyectos de cooperación binacional, en cambio, se participó en la etapa de ejecución inicialmente como observadores y luego como contrapartes. En ésta etapa pueden situarse los

proyectos oficiales INDERENA - FAO e INDERENA - JICA a través de los cuales se dimensionaron los estudios a emprender, orientaron sobre los recursos potenciales, ofrecieron cifras preliminares del potencial de especies comerciales, efectuaron pesca simulada y real de faenas artesanales e industriales. Asimismo, debe incluirse los proyectos auspiciados por la industria privada PESCOLOMBIA - GRYF, IPA - SOVISPAN, UIP - GRYF, INTERMAR - SOVISPAN.

Finalmente, los proyectos nacionales han permitido formular y ejecutar actividades de exploración y explotación, tendientes a satisfacer necesidades por parte del sector oficial, tanto de los pescadores artesanales como industriales. En esta etapa han prestado su valioso concurso los institutos de investigación marina, adscritos a dependencias descentralizadas del sector oficial.

Como resultado de toda actividad desarrollada, se cuenta hoy en día con un complejo acervo de información el cual lamentablemente, solo ha comenzado a evaluarse en forma analítica. La tendencia inicial de las publicaciones fue la de elaborar inventarios detallados de flora y fauna para posteriormente cuantificar aquellos recursos potencialmente rentables.

Como era de esperarse dadas las condiciones particulares de los mares tropicales, especialmente el poseer una alta diversidad de especies, se han descrito por primera vez gran cantidad, algunas de ellas de una importancia económica actual o potencial.

Asimismo una de las características que más llama la atención tanto en el Caribe como en el Pacífico colombianos es la existencia de recursos compartidos internacionalmente y que bien pueden dividirse en tres categorías: continentales, insulares y oceánicos (Robins, 1971; Palacio, 1983) los cuales se encuentran en un área relativamente reducida. Igualmente es característico al alto endemismo que se observa en las especies caribeñas y la baja cantidad relativa por especie, como es lógico este último aspecto reduce la tendencia a efectuar capturas monoespecíficas, típicas de los mares templados y fríos.

Con escasas excepciones en las cuales se ha utilizado buceo a pulmón, líneas de anzuelos, nasas, palangres y redes agalleras, las evaluaciones han sido realizadas con diferentes tipos de redes de arrastre por popa o por una o dos bandas, desde embarcaciones también diferentes en todos los aspectos. Esta heterogeneidad ha permitido tener una visión bastante aproximada en cuanto a la cantidad y calidad del recurso, aunque naturalmente se carece de la cuantificación por zonas y de los rendimientos máximos sostenibles de pesca para las diferentes especies de importancia comercial.

La interdisciplinariedad de la mayoría de los cruceros realizados sobre recursos hidrobiológicos ha permitido correlacionar los parámetros bióticos y abióticos característicos



de los fondos y las diferentes masas de agua. Ello ha facilitado, por ejemplo, encontrar diferentes núcleos de surgencia en el Caribe colombiano (Bula-Meyer, 1977; Corredor, 1979) entre la desembocadura del río Magdalena y el Cabo de la Vela. Asimismo, los estudios de Forsberg (1969) y Pineda (1971) sugieren la posibilidad de existencia de núcleos de surgencia asociados al que se presenta en el Golfo de Panamá, localizados frente a las Bahías de Solano y Buenaventura, en el Pacífico colombiano. Dichos fenómenos necesariamente tienen una amplia repercusión en las pesquerías nacionales, por su influencia en la dinámica de las poblaciones y el equilibrio de los ecosistemas influenciados.

Indudablemente el camarón es el recurso que ha recibido mayor atención no solo por sus características biológicas sino por la demanda internacional y el valor económico que alcanza. Estas últimas circunstancias prácticamente han convertido su extracción en la única actividad de la flota pesquera industrial, desechando al igual que lo hacen otros países americanos la fauna incidental principalmente aquella que podría representar una fuente de proteínas y ganancia económica para los tripulantes y armadores. En este caso aunque existen varias razones ampliamente discutidas por Martínez (1979c), tradicionalmente el pescador de camarón, a pesar de su experiencia de muchos años sobre las áreas y épocas de pesca donde actúa, siempre está esperando hasta el último día de mar, con la esperanza de que en los últimos arrastres llenaran sus bodegas de camarón; esta actitud lógicamente es uno de los mayores obstáculos para dar un mejor uso de las bodegas y aprovechar la fauna acompañante.

#### Camarones de Aguas Someras (0-80 m)

Los estudios sobre las diferentes especies y los aspectos científicos y tecnológicos son relativamente abundantes. Sobre los camarones del Caribe, su biología y ecología (Londoño, 1969; Rojas-Beltrán, 1970, 1975; Buchelli, 1971; Bula Meyer, 1973; Pérez Farfante, 1974); su explotación y pesquería (Bullis y Thompson, 1959; Acero Sánchez *et al.*, 1966; Londoño, 1967, 1969; Buchelli, 1971; Giudicelli, 1971a; Bula Meyer, 1973; Squires *et al.*, 1974a, 1974b; FAO, 1975; Artunduaga y Mora, 1975; Rau y Rau, 1975; Rojas-Beltrán, 1976; Robins, 1978; Russo, 1978; Pereira y Herazo, 1978; Martínez, 1978, 1979b; COPACO, 1978; Herazo, 1979; Monchizuki *et al.*, 1980; JICA, 1981; Mora *et al.*, 1982; García, 1984a, 1984b; INDERENA, 1984; Mora, 1984; Rey, 1984); tecnología a bordo y en tierra así como el control de calidad (Mercado y Sarmiento, 1971; Tinoco y Doria, 1972; Barón y Villanueva, 1974; Escamilla, 1974; Molinares *et al.*, 1974a, 1974b; Caicedo *et al.*, 1984). Sobre los camarones del Pacífico, su biología y ecología (Pérez Farfante, 1971; Squires y Mora, 1971; Mora, 1973; Barona, 1974, 1975; Cárdenas, 1975; Ibañez, 1975; Trujillo, 1977; Solano, 1979; Holthius, 1980); su explotación y pesquería (Acero Sánchez *et al.*, 1966; Díaz, 1967; Squires *et al.*, 1970, 1971a, 1971b; Angel y Maldonado, 1971; Barona, 1974; INDERENA, 1974; Artunduaga

y Mora, 1975; Dirección General de Pesca, 1975; Fernández, 1975; UIP/GRYF, 1975; GRYF/PESCOLOMBIA, 1976; Rubio e Ibañez, 1976; Londoño, 1978; Díaz, 1979; Hawkins, 1979; Mora y Barona, 1979; Ramírez, 1979; García *et al.*, 1984; Mora, 1984; Mora y García, 1984; Mora *et al.*, 1984); tecnología a bordo y en tierra así como el control de calidad (Molinares *et al.*, 1974a, 1974b; Solano, 1979).

En las capturas están representadas las familias Penaeidae (Penaeus, Protochypenaeus, Trachypenaeus, Tanypenaeus, Xiphopenaeus), Sicyoniidae (Sicyonia) y Palaemonidae (Nematopalemon) siendo más abundantes las especies de Penaeus y Xiphopenaeus en el Caribe y de Penaeus, Trachypenaeus y Xiphopenaeus en el Pacífico.

#### **Camarones de Aguas Profundas (80-450 m)**

A diferencia de la cantidad de estudios sobre el recurso de aguas someras en explotación hace varios años, los estudios relacionados son escasos. Sobre los camarones del Caribe su biología y ecología (Coob, 1971; Pérez Farfante y Bullis, 1973; Fischer, 1978; Holthuis, 1980), su explotación (FAO, 1975; Herazo, 1979; Martínez, 1979b; JICA, 1981; Rey, 1984). Sobre los camarones del Pacífico, su biología y ecología (Pérez Farfante, 1973; Sierra, 1976; Trujillo, 1979) y sobre su explotación (FAO, 1975; Sierra, 1976; Trujillo, 1979; Herazo, 1981; JICA, 1981).

El recurso fué detectado a través del proyecto INDERENA-FAO quien hizo evaluaciones preliminares, posteriormente el Consorcio Pesquero Colombiano S.A. COPESCOL complementó dicha información y finalmente el proyecto INDERENA-JICA cuantificó los rendimientos pesqueros sostenidos.

En las capturas están representadas las familias Solenoceridae (Penaeopsis, Pleoticus, Solenocera), Aristeidae (Aristaeomorpha, Plesiopenaeus) y Pandalidae (Heterocarpus, Pandalus, Parapandalus). No obstante las especies más abundantes y que pueden ser susceptibles de explotación comercial son: Solenocera agassizii y Heterocarpus vicarius en el Pacífico y Pleoticus robustus en el Caribe (JICA, 1981).

#### **Moluscos y Crustáceos**

En las Tablas 3 y 4 se presentan las especies que incidentalmente se capturan por parte de los pescadores artesanales e industriales que realizan faenas de uno o varios días, en busca de camarón. La gran mayoría de estos invertebrados no se incluye en los trabajos de Cervigón y Fischer (1979) y Chirichigno *et al.* (1982) puesto que en Colombia no se aprovechan por falta de demanda local, a pesar de constituirse en una fuente relativamente barata de proteínas.

Dentro de las pocas especies que se aprovechan en el Caribe están los chipi-chipis, Donax spp (Leal, 1982; Moncaleano, 1982; Cosel, 1985), los scallops Amusium laurenti y Pecten zic-zac (Torres, 1974; Moncaleano, 1982; Cosel, 1985), los pata de burro Melongena melongena (Moncaleano, 1982; Cosel, 1985), los vasos Vasum muricatum (Moncaleano, 1985; Cosel, 1985), los caracoles de pala Strombus spp (Ben-Tuvia y Ríos, 1970; Martínez, 1979a; Moncaleano, 1982; Cosel, 1982) entre los cuales S. gigas se extrae por buceo a pulmón y ha recibido tal presión que está en peligro de extinción en varias áreas (Duque Goodman, 1974; Moncaleano, 1978), los calamares Loligo pealei, L. plei, Lolliguncula brevis (Voss, 1971; López Salgado, 1972; Moncaleano, 1982), los pulpos Octopus spp (Voss, 1971; Fischer, 1978; Moncaleano, 1982); jaibas Callinectes bocourti y C. sapidus (Williams, 1974; Rodríguez, 1982; Norse y Fox-Norse, 1982), las langostas Panulirus argus y P. laeviscauda (Squires et al., 1971; Chislett y Yesaki, 1974; Herazo, 1974, 1975; Riveros, 1974; Squires y Riveros, 1978).

En el Pacífico la situación es similar puesto que solo se aprovechan las pianguas o sángaras Anadara spp (Squires et al., 1972; Betancourth y Cantera, 1976; Cantera y Contreras, 1976; Cosel, 1984), las almendras Glycymeris, tivelas, Protothaca, almejas Chione, Donax, Megapitaria (Cantera y Contreras, 1976; Cosel, 1984), los pecten Chlamys lowei, Lyropecten subnodosus (Grau, 1959; Cosel, 1984), los cobos Strombus spp (Cantera y Contreras, 1976; Cosel, 1984), los pata de burro Melongena patula (Cantera y Contreras, 1976), los tulipanes Fasciolaria princeps (Cantera y Contreras, 1976; Cosel, 1984), los calamares Loligo gahi y Lolliguncula panamensis (Barragán, 1977a, 1977b; Squires y Barragán, 1979), los pulpos Octopus vulgaris; las jaibas Callinectes arcuatus y C. toxotes (Garth, 1958; Garth y Stephenson, 1966; Estévez, 1974; Lozano, 1974; Norse y Estévez, 1976, 1977; Chirichigno et al., 1982) y las langostas Panulirus gracilis y P. inflatus (Barragán, 1982).

### Peces

En Colombia el recurso íctico es el segundo en importancia después del camarón y su evaluación ha demandado múltiples esfuerzos y métodos artesanales, semindustriales e industriales. Sin embargo, la mayor cantidad de información proviene de estos últimos, bien sea por faenas específicamente diseñadas para su captura o en aquellas dirigidas a otros recursos igualmente valiosos como los camarones y langostas.

En el Caribe como en el Pacífico los registros de la ictiofauna acompañante del camarón constituye la fuente más importante para conocer el enorme potencial que representa este recurso, el cual como ya se ha expresado no se aprovecha integralmente, por el contrario se devuelve al mar.

Los estudios en el Caribe se diseñaron y ejecutaron a través de diversas instituciones y proyectos tanto nacionales como internacionales: Allan Hancock (Caldwell y Caldwell, 1964), George Vanderbilt-ANSP (Fowler, 1944, 1953), Catherwood-Chaplin-ANSP (Fowler, 1950), Bureau of Commercial Fisheries-NOAA (Bullis y Thompson, 1959; Mercado, 1971), University of Miami-RSMAS (Voss, 1967; Voss *et al.*, 1967, 1978; Staiger, 1964; Bayer *et al.*, 1970; Palacio, 1974; Testaverde y Ríos, 1971), INDERENA-FAO (Ben-Tuvia, 1969; Alvarez-León *et al.*, 1971; Testaverde, 1972a, 1972b; Testaverde y Ríos, 1971, 1972; Ben-Tuvia y Ríos, 1974; FAO, 1975), FAO-CAFD (Giudicelli, 1971a, 1971b; Yesaki y Giudicelli, 1971), Vikingos de Colombia / Pesquera Bolívar/ Frigopesca (Gómez Gaspar, 1972; De Nogales, 1974; Saiz, 1975; Baruque, 1978; Martínez, 1979b; Beltrán y Corral, 1982; Rojas-Beltrán, 1983; Rey, 1984), IPA-SOVISPAN (Maldonado, 1971; Barrera, 1978), INDERENA-JICA (JICA, 1981; Mora *et al.*, 1982). Otras artes y métodos que han sido utilizados: palangres (Kleijn, 1974; Springer, 1979; Murad, 1981; Rubio y Alvarez, 1982; Mora *et al.*, 1984), líneas (Carpenter y Nelson, 1971; Arias y Cabrales, 1980; Gómez y Victoria, 1980; Wolf y Chislett, 1974), nasas (Beese, 1974; Galvis, 1984), y cruceros o proyectos en los cuales se evaluó el recurso utilizando una combinación de métodos y artes, atendiendo a las características de las zonas y recursos específicos (Salnikov, 1965; Rathjen, 1971; Wolf y Rathjen, 1974; JICA, 1981; Mercado, 1981; Rubio y Alvarez, 1982).

En el Pacífico también ha existido el concurso en varias instituciones y proyectos tanto nacionales como internacionales: George Vanderbilt-ANSP (Fowler, 1938), INDERENA-FAO (Ben-Tuvia, 1969; Retamoso, 1970, 1974; Squires *et al.*, 1970, 1971a, 1971b; Johnson *et al.*, 1972; FAO, 1975; Testaverde y Artunduaga, 1974; Artunduaga y Retamoso, 1974; Alvarez-León y Bernal-Solano, 1983; Alvarez-León y Ben-Tuvia, 1985), COPESCOL (Sierra, 1975; Trujillo, 1979; Londoño, 1979), PESCOLOMBIA-GRYF-UIP (Angel y Maldonado, 1975; Fernández, 1975; Hawkins, 1975; UIP/GRYF, 1975, PESCOLOMBIA/GRYF, 1977), INTEMAR-SOVISPAN (Ramírez, 1979), otras entidades (Díaz, 1967; Rodríguez, 1972; Ibañez, 1975; Sterling, 1976; Terán, 1976; Díaz, 1979; Trujillo, 1979; Fernández, 1979), INDERENA-JICA (Monchuzuki *et al.*, 1980; JICA, 1981). Igualmente se han realizado evaluaciones utilizando líneas (Artunduaga y Barragán, 1974; Artunduaga y Estévez, 1974), palangres (Fernández, 1975; Murad, 1981) y faenas mixtas (Nichols y Cushman, 1944; Clemens, 1955).

En resumen especies demersales de 64 familias en el Caribe (Alvarez-León y Acero Pizarro, 1985; Acero *et al.*, 1985) y 75 familias en el Pacífico (Alvarez-León y Acero Pizarro, 1985) están siendo aprovechadas o se encuentran potencialmente disponibles tanto para la pesca artesanal como para la industrial. En ambas costas el aprovechamiento de la pesca blanca ha venido aumentando inclusive en los buques camaroneros, con base en las irregulares capturas de crustáceo.



### Producción Pesquera Nacional

La producción pesquera nacional en los últimos diez años (1975-1984) se resume en la tabla 5 y la porción que se exporta, en la Tabla 6. Como puede observarse existen sin excepción grandes fluctuaciones en cuanto a las capturas, no existe una producción sostenida a lo largo del período considerado e incluso se observan estabilizaciones y descensos preocupantes.

El análisis de la producción destinada al mercado interior, a las exportaciones y la proveniente de las importaciones, permite obtener parámetros objetivos sobre la importancia relativa de cada producto. Así, de las tablas 5 y 6 se puede afirmar que los langostinos constituyen el principal producto de exportación con aproximadamente el 51.7 % del total (INDERENA/DNP/COLCIENCIAS, 1984). Obviamente, esta información refleja el esfuerzo realizado sobre el principal recurso actualmente en aprovechamiento, el de los camarones de aguas someras. Debe tenerse en cuenta que a pesar de no obtenerse los estimativos potenciales máximos, parece haberse alcanzado los rendimientos máximos en el Pacífico (136 barcos), quedando aún el Caribe (41 barcos) un posible incremento limitado del esfuerzo pesquero (INDERENA, 1984).

### Normalización y Administración del Recurso

Uno de los aspectos mas delicados en el aprovechamiento de los recursos naturales especialmente de la pesca, es el de la administración y el apoyo técnico para garantizar la transferencia científica y tecnológica. En este aspecto, Colombia posee un amplio y variado conjunto de normas jurídicas, de las cuales solo se incluyen en la Tabla 7, aquellas a nivel de Ley y Decreto-Ley, las cuales obviamente han sido reglamentadas a través de resoluciones y de acuerdos específicos (Pereira-Velásquez y Alvarez-León, 1980).

### CONCLUSIONES

1. La evaluación de los recursos demersales de Colombia indudablemente se ha visto favorecida por su estratégica situación geográfica. La cantidad de expediciones y proyectos que se han desarrollado en sus plataformas con el objeto de potenciar sus condiciones biológicas, geológicas y oceanográficas han permitido conocer cualitativamente los recursos existentes. Lamentablemente solo algunos se han cuantificado en forma preliminar y muchos de los trabajos han sido poco o deficientemente divulgados, lo que explica las omisiones observadas en trabajos regionales de Fischer (1978) y Chirichigno *et al.* (1982), el primero oportunamente revisado por Acero-Pizarro y Garzon-Ferreira (1982) en cuanto a los peces.

2. A pesar del acervo de información sobre los recursos demersales de Colombia todavía los conocimientos son insuficientes. Con base en los diagnósticos nacionales (MA/MDE/DNP, 1980) y la reciente formulación del Plan Nacional de Investigaciones Pesqueras PLANIPES, las principales limitantes son el desconocimiento de: a) Ciclos biológicos de la mayoría de recursos; b) distribución espacial de las especies; c) distribución temporal de las especies; d) potencial real existente; e) eficiencia de los artes y métodos de pesca; f) eficiencia de las embarcaciones pesqueras (INDERENA/DNP/COLCIENCIAS, 1984).
3. La escasez de estadísticas confiables y continuas, una actividad pesquera generalmente artesanal difícilmente controlable y exploraciones de poca densidad, generalmente reducen la verdadera importancia de los recursos pesqueros (Giudicelli, 1979a, 1979c; INDERENA, 1983; Malo, 1983) no solo en el Caribe sino en el Pacífico colombiano.
4. El problema real no parece ser tanto el de tratar de evaluar un potencial sino la verdadera rentabilidad económica de su explotación. En este campo una acción progresiva con base en esfuerzos de pesca comercial simulada daría información simultánea en relación a su posible rentabilidad económica y las técnicas apropiadas para su explotación (Giudicelli, 1979c).
5. El efecto de la monopesca del camarón en las costas colombianas tiene varias explicaciones y lógicamente consecuencias en el recurso objeto de la explotación y en los recursos asociados. La actividad es rentable y relativamente estable, aún cuando no se aprovechen los moluscos, crustáceos y peces que incidentalmente aparecen. No obstante, múltiples razones entre las que sobresalen el aumento de fauna acompañante y su proporción en peso con relación al camarón, han determinado optimizar su utilización (Martínez, 1977) y evaluar el aprovechamiento de subproductos (Caicedo et al., 1982).
6. Como se sabe, existe sobrexplotación cuando se ejerce un esfuerzo pesquero excesivo en relación a la producción del recurso (Villegas, 1979). Pero es urgente analizar la situación real de la pesquería industrial de camarón en el Pacífico, pues con base en el diagnóstico del INDERENA (1984) el recurso de aguas someras se estaría explotando al máximo. Las alternativas de diversificación hacia el camarón de aguas profundas (JICA, 1981) y/o la pesca de peces con redes de arrastre (Giudicelli, 1978) han sido evaluadas técnicamente. En el Caribe también existen dos recursos listos para ser explotados, los camarones y pargos de profundidad (Arias y Cabrales, 1980; JICA, 1981).

7. En el campo de la extracción, la relativa escasez y dispersión de los recursos caribeños, parecen imponer una pesca artesanal polivalente con diferentes grados de sofisticación. Solo los recursos demersales de los márgenes superiores de los taludes continentales parecen ofrecer actualmente ciertas posibilidades de diversificación y desarrollo para la pesca industrial (Giudicelli, 1979b, 1979c).
8. El éxito y la utilización sostenida de las pesquerías potenciales y de las actualmente explotadas, dependen del mantenimiento de la productividad biológica de los manglares, estuarios, lagunas costeras, arrecifes coralinos y pastos marinos. Así mismo, el manejo integral es fundamental teniendo en cuenta la complejidad y dinámica de los procesos y recursos, haciéndose cada vez más necesarios estudios interdisciplinarios y regionales como los de Vasiliev y Torin (1965) y Alvarino (1976). Sería irreal pretender manejar los mares colombianos en forma unilateral, teniendo en cuenta sus características fisiográficas y geomorfológicas (Palacio, 1979, 1983).
9. Un aspecto fundamental, es que no puede existir verdadero desarrollo del aprovechamiento de cualquier recurso pesquero sin la plena participación del pescador, el cual continúa siendo el principal e indispensable factor de producción. Por tanto, se deberá propender por su promoción e integración cultural y social, teniendo como base el incremento de su producción y productividad. En esta forma, la meta propuesta no depende tanto de la introducción de mejores barcos o artes sino sobretodo, en el mejoramiento de su profesionalismo (Giudicelli, 1979c).
10. Tal como lo expresa Knecht et al. (1984), Colombia se encuentra en un punto clave para el éxito de su acción en favor de un armónico desarrollo de sus actividades marinas. Múltiples factores confirman ese diagnóstico entre los que se puede señalar: la adopción de las 200 millas de Zona Económica Exclusiva, el establecimiento de límites en áreas marinas y submarinas, la participación activa en los diez años de deliberación y la firma de adhesión a la Conferencia sobre el Nuevo del Mar, la incorporación a la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la firma del convenio de pesca con Jamaica, la formulación del PLANIPES y la creación del Programa Nacional de Fomento Pesquero PROPECA. Al parecer, en forma lenta pero segura se está retornando la conciencia del potencial que se tiene en estos mares.



### AGRADECIMIENTOS

Se expresa el sincero reconocimiento a los organizadores del proyecto UNAM/PUAL/ICML Curso/Libro Recursos Pesqueros Potenciales de Mexico : La Fauna Acompañante del Camarón, Ingeniero Carlos Castañeda, Director de PUAL, Dr. Agustín Ayala-Castañares, Director del ICML y Dr. Alejandro Yañez-Arancibia, Coordinador del Curso/Libro, por su cordial invitación a participar en este evento. Igualmente se agradece el apoyo otorgado por el Dr. Eduardo Aldana Valdés, Director del COLCIENCIAS y el Dr. Hernando Sánchez Moreno, Director de INVEMAR. A la señorita Silvia Rosa Canchano por su paciencia, cuidado y dedicación al transcribir la versión definitiva del trabajo. Por su oportuno apoyo documental y gráfico al Dr. Jorge Enrique Valencia, Jefe de la División de Administración y Fomento Pesquero del INDERENA, y a los colegas de INVEMAR que revisaron cuidadosamente el texto e hicieron sugerencias.

Tabla 1. Exploración Biológico-Pesquera Demersal del Caribe y Pacífico Colombiano

| Año     | Embarcación | (a)     |                 | Nº de Cruceros | (b) | (c)   |  |
|---------|-------------|---------|-----------------|----------------|-----|-------|--|
|         |             | Bandera | Area Geográfica |                |     |       |  |
| 1873/96 | Chazalie    | Fra     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1884/85 | Albatross   | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1891    | Albatross   | Eua     |                 | 1              |     | P     |  |
| 1904/05 | Albatross   | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1921/22 | Dana II     | Din     |                 | 2              |     | C - P |  |
| 1924    | St. George  | Inq     |                 | 1              |     | P     |  |
| 1928    | Carnegie    | Eua     |                 | 2              |     | C - P |  |
|         | Dana        | Din     |                 | 2              |     | C - P |  |
| 1930    | Dana        | Din     |                 | 2              |     | C - P |  |
| 1932/41 | Velero III  | Eua     |                 | 2              |     | P     |  |
| 1933    | Hannibal    | Eua     |                 | 1              |     | P     |  |
| 1935/36 | Mercator    | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1938    | Zaca        | Eua     |                 | 1              |     | P     |  |
| 1939    | Velero III  | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1941    | Askoy       | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
|         | Velero IV   | Eua     |                 | 1              |     | P     |  |
| 1950/51 | Galathea    | Din     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1957    | Oregon      | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1960    | Atlantic    | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |
| 1961    | Argossy     | Eua     |                 | 1              |     | P     |  |
| 1963/64 | Shoyo Maru  | Jap     |                 | 2              |     | P     |  |
|         | Chain       | Eua     |                 | 1              |     | C     |  |

| Año  | Embarcación   | Bandera (a) | Nº de Cruceros (b) | Area Geográfica | (c)   |
|------|---------------|-------------|--------------------|-----------------|-------|
| 1964 | Oregon        | Eua         | 1                  | C               | C     |
|      | A. Agassiz    | Eua         | 1                  | P               | P     |
| 1966 | Pillsbury     | Eua         | 1                  | C               | C     |
| 1967 | Alaminos      | Eua         | 1                  | P               | P     |
|      | Kyosei Maru 1 | Jap         | 1                  | P               | P     |
| 1968 | Alcyon        | Eua         | 1                  | C               | C     |
|      | Normandie     | Fra         | 1                  | C               | C     |
|      | Oregon II     | Eua         | 1                  | C               | C     |
|      | Pillsbury     | Eua         | 1                  | C               | C     |
|      | T. Vega       | Eua         | 1                  | P               | P     |
| 1969 | Cacique       | Col         | 11(1)              | P               | P     |
|      | Chocó         | Col         | 10(1)              | C - P           | C - P |
| 1970 | Alaminos      | Eua         | 1                  | C               | C     |
|      | Canopus       | -           | 3                  | C               | C     |
|      | Chocó         | Col         | 19                 | C - P           | C - P |
| 1971 | Chocó         | Col         | 9                  | C - P           | C - P |
|      | Inderena 1    | Col         | 2                  | P               | P     |
|      | Monique       | Col         | 15(3)              | C               | C     |
| 1972 | Chocó         | Col         | 4                  | P               | P     |
|      | J.M. Gillis   | Eua         | 1                  | P               | P     |
|      | Discoverer    | Eua         | 1                  | C               | C     |
|      | York County   | Eua         | 1                  | P               | P     |
| 1973 | Tauro         | Col         | 4                  | P               | P     |
| 1974 | Discovery     | Eua         | 1                  | A               | A     |

Continuación Tabla 1.

| Año | Embarcación | Bandera (a) | Nº de Cruceros (b) | Area Geográfica | (c) |
|-----|-------------|-------------|--------------------|-----------------|-----|
|     | Kniazik     | Pol         | 1                  |                 | P   |
|     | Kurtchacov  | Rus         | 1                  |                 | C   |
|     | Polishanov  | Dol         | 1                  |                 | P   |