

2ej  
470



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Ciencias

**DIAGNOSIS DE LA PESQUERIA DEL CARACOL  
MARINO Strombus gigas LINNAEUS (1758), Y  
ALTERNATIVAS PARA EL RESURGIMIENTO DE  
SUS POBLACIONES EN QUINTANA ROO MEXICO**

**Tesis Profesional**

Que para obtener el título de:

**B I O L O G O**

**P r e s e n t a :**

**JOSE RAMON CRUZ SANTABALBINA**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## C O N T E N I D O

Indice	1
Agradecimientos	2
Resumen	4
Introducción	6
Antecedentes	13
Objetivos	17
Area de Estudio	18
Metodología	24
I) Pesquerías	24
II) Acuicultura	27
Resultados	39
a) Distribución	39
b) Capturas	42
c) Estruct. Poblacional	45
d) Determinación del RMB	51
e) Determinación del Py	56
f) Biotecnología de cultivo	57
Conclusiones	76
Recomendaciones	82
Literatura citada	85

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible realizarlo gracias al apoyo de la Secretaría de Pesca en México a través del Instituto Nacional de la Pesca, y al Gobierno del estado de Quintana Roo. De manera muy especial quiero expresar mi agradecimiento al C. Secretario de Pesca Lic Pedro Ojeda Paullada, al C. Gobernador del estado de Quintana Roo Lic. Pedro Joaquín Coldwell y al C Director del Instituto Nacional de la Pesca Dr. Alfredo Laguarda Figueras, por su apoyo al desarrollo de este trabajo.

Así mismo quiero manifestar mi agradecimiento a todo el grupo de trabajo del Centro Regional de Investigación Pesquera en Pto Morelos Q.Roo quienes han hecho posible gracias a su colaboración y empeño el desarrollo de este trabajo y muy en especial a Oc. Jose Luis Coral G.; Biol. Aurora Ramirez E.; T.A. Miguel Angel Rivero F.; T.P. Israel Ramirez B.; I.P. Severiano Chin Ch.; T.P. Luis Zorilla C. Biol. Ricardo Fanjul R.; Biol. Donald Martinez V.; M en C. Germán Araneda V. y M en C. Frizia Ortiz de O.

Muy en especial quiero agradecerle al Biol. Alonso Quijano Fernández Por sus valiosas aportaciones sobre pesquerías y su ayuda en el trabajo de campo.

Agradezco tambien su participaci3n en el inicio del proyecto y el apoyo que lo hiz3 funcionar al Dr. Jorge Carranza Fraser y al Ing. Jose Antonio Carranza Palacios, por sus orientaciones y apoyo para resolver el problema de la administraci3n pesquera de este recurso.

Agradezco sinceramente a : M en C Hector Lesser Hiriart.; Dr. Jorge Carranza Fraser; M en C Ma. Teresa Gaspar ; M en C. Alicia Dur3n Dillanes y M en C Luis Jose Rangel Ruiz , por la revisi3n tecnica del manuscrito y sus contribuciones a este.

Agradezco al pesonal del laboratorio de Crust3ceos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnolog3a de la UNAM estaci3n Puerto Morelos, y muy en especial al Biol. Gabriel Carrasco Z. Por su ayuda en el manejo y procesamiento de los datos de computadora.

A La Biol. Aurora Abundes de Cruz le agradezco profundamente su apoyo durante todo momento del exilio para la realizaci3n de este trabajo, asi como sus acertados comentarios y contribuciones para la finalizaci3n del mismo.

A todas aquellas personas que de alguna forma participaron en la realizaci3n de este trabajo les doy las gracias.

## RESUMEN

Se estudió la Pesquería del caracol rosa ( Strombus gigas Linnaeus 1758 ) en Quintana Roo desde la temporada de pesca 1972 a la fecha. Los efectos de esta demostraron ser una pesquería sobreexplotada principalmente en las zonas norte y centro del estado.

Debido a esto se manejan alternativas para la correcta administración del recurso haciendo énfasis en la ayuda al resurgimiento de las poblaciones con el manejo acuacultural del recurso en condiciones controladas de laboratorio.

Se presenta una breve sinopsis de la biotecnología óptima para el cultivo de la especie, y se dan cuotas máximas de captura para cada zona para la buena administración del recurso.

## ABSTRACT

The Queen conch fishery ( *Strombus gigas* Linnaeus 1758 ) since the fishing season of 1972 to the present was studied in the state of Quintana Roo México. The effects of its intense capture demonstrated that is principally overexploited in the north and central zones of the state.

The results obtained give different alternatives of management for the correct administration of the resource. Special emphasis is given for a new resourcement of populations by aquaculture laboratory controlated conditions.

It is also included a brief synopsis of a biotechnological optimum for the species culture and maximum quotas of capture for each zone, in order to have a good administration of this resource.

## INTRODUCCION

Durante la última década, Quintana Roo ha sido objeto de profundas transformaciones en sus estructuras política, económica y social. Ha pasado de ser un territorio federal, prácticamente considerado como reserva, a un estado en intenso proceso de desarrollo. Cuantiosas inversiones sobre todo en los sectores turístico y pesquero entre otros han intensificado su economía poniendo de manifiesto por una parte su potencial económico y sus grandes posibilidades futuras, y por otra un conjunto de serios problemas inherentes a un proceso de desarrollo desarticulado e inarmónico, por lo que el sector pesquero esta efectuando continuas evaluaciones de los recursos pesqueros, para lograr en un mediano plazo un concepto de ordenación para las pesquerías del estado.

Quintana Roo, al igual que la mayoría de los estados ribereños, esta viviendo un cambio básico en el marco jurídico de las pesquerías mundiales, desde que se aceptó un nuevo derecho consuetudinario en el que se plasmaron los grandes principios de acceso a la explotación de los recursos pesqueros marinos, lo cual ha traído basicamente tres consecuencias importantes:

A) A corto plazo, las nuevas condiciones de participación en las pesquerías basadas ahora en criterios geograficos, han traído consigo transferencias en la tecnología de producción.

b) A mediano plazo, el estado ha aumentado poco a poco la tasa anual de producción, lo cual le ha brindado la posibilidad de reducir progresivamente la disipación de los beneficios económicos y sociales que era practicamente inevitable en el regimen anterior de libre acceso a los recursos y por consiguiente una competencia demasiado fuerte.

c) Por último se dejan ver ya los primeros pasos a las pesquerías de altura acelerando así la creación de planes de explotación que mejor se ajusten a los distintos marcos y a los intereses nacionalz concretos.

Sin embargo actualmente las pesquerías marinas en Q. Roo se caracterizan por la existencia de un mayor número de pesquerías artesanales, limitadas en su escala de operación por el tipo de tecnología utilizada, caracterizándose por una excedente mano de obra y la participación de los propietarios que emplean poco capital y apenas técnicas modernas.

Un ejemplo palpable de este tipo de pesquerías lo tenemos en la actualidad con la pesquería del caracol marino.

En la península de Yucatán, la pesquería del caracol se remonta a la década de los cincuentas con fines de explotación comercial, sin embargo anteriormente en el período prehispánico los antiguos habitantes de la región lo consumían a nivel doméstico, utilizando su concha para la elaboración de diversos objetos de ornamentación y uso diario (Juarez 1974 Fide De la Torre 1984). Actualmente la pesquería del caracol en el golfo de México ha desaparecido y en el mar caribe ha declinado notablemente, en ambas zonas debido principalmente a la sobreexplotación de la que ha sido objeto, colocando el recurso en una situación crítica para su supervivencia.

Esta situación se ha presentado homogéneamente en toda la zona del mar caribe. Belice, Venezuela, Bahamas, y Puerto Rico entre otros, manifiestan un abatimiento en sus capturas (Brownell y Stevely 1981), en otros países como Cuba existe desde 1979 una veda permanente provocada igualmente por la sobreexplotación a la que fue sometido el recurso por varios años.

Actualmente, la pesquería del caracol en el Caribe esta compuesta por varias especies entre las que destacan el

caracol "Chac-pel" ( Pleuroploca gigantea ), el "king conch" ( Cassia madagascariensis ), el caracol "blanco" ( Strombus costatus ), el "trompillo" ( Busycon coarctatum ), el caracol "negro" ( Xancus angulatus ), y el caracol "rosa o reina" ( Strombus gigas ), sin embargo este último es indudablemente el que soporta la pesquería en toda el area del caribe, aportando hasta el 98 % de la producción total.

En México especialmente en el estado de Quintana Roo, Strombus gigas es un importante recurso alimenticio donde en ocasiones excede las 340 toneladas de pulpa anuales siendo este uno de los volúmenes de captura mas grandes de caracol de esta especie en toda el area, acercándose solamente las realizadas en Belice, que dada la cercanía con el estado presentan una similitud en cuanto medio ambiente e influencia de las corrientes se refiere, ya que influyen fundamentalmente en la distribución y propagación de larvas, por lo que es innegable una relación entre los índices de densidad de las poblaciones caracoleras de ambos países ( De la Torre 1984 ).

Actualmente existen 20 sociedades cooperativas de producción pesquera distribuidas a lo largo del estado, además de un gran número de pescadores libres que también se dedican a la captura de caracol.

La forma de extracción aunque no ha variado considerablemente, se ha modificado debido a la necesidad de sumergirse a profundidades mayores para la localización de los individuos. Los pescadores utilizan equipo de buceo autónomo, y solo en muy pocos lugares lo siguen colectando a "pulmón libre". Sin embargo y no obstante esta diferencia de técnica, en ambos casos las áreas de captura se han deteriorado por efectos de la sobrexplotación ( fig 1 ).

Aunado a esto, se puede observar como la composición de tallas en la población ha disminuido enormemente, capturándose cada día individuos de tallas muy pequeñas, los cuales todavía no alcanzan una talla de reproducción, propiciando un decremento en los volúmenes de densidad de los siguientes años, debido a que día con día son menores los individuos reproductores en toda el área del Caribe.

La existencia de importantes zonas de caracoles juveniles en el estado, permiten pensar en programas de repoblación, cultivos intensivos y extensivos, educación de pescadores y técnicas para el buen manejo y recuperación de las zonas caracoleras en el estado y en todo el Mar Caribe, sin embargo, la falta de datos biológico-pesqueros había impedido el desarrollo de planes de manejo adecuados para esta pesquería. Desde 1981, se han implementado algunos programas de conservación en varios países, empezando en México también las acciones de protección y preservación de

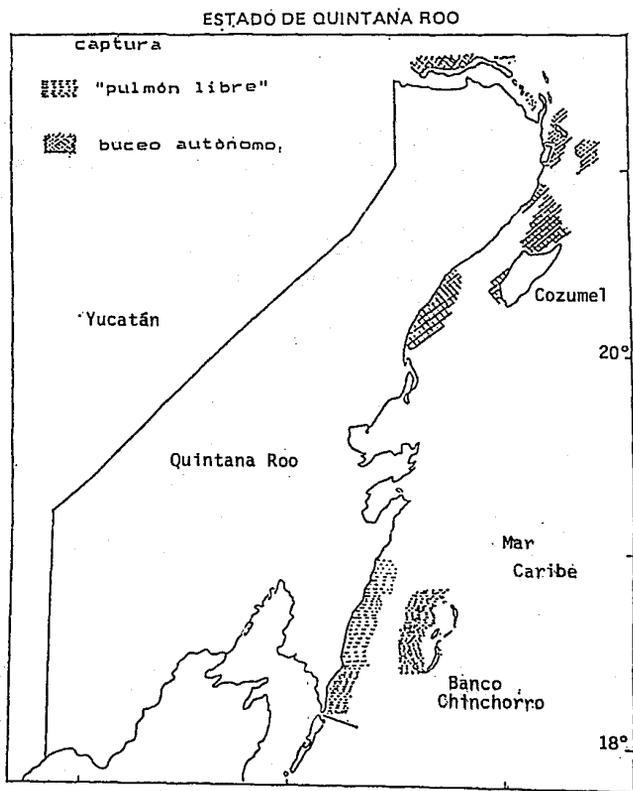


Fig 1: Localización de las áreas de pesca de *Strombus gigas* en el estado de Quintana Roo y sus diferentes métodos de extracción.

esta especie, englobando una serie de alternativas que van desde la veda del caracol en periodos especificos para protegerlos durante la época reproductora ( Julio-Septiembre), con programas de inspección y vigilancia de cuotas máximas de captura y tallas mínimas de pesca, hasta la práctica del maricultivo de esta especie, con el objeto principal de la producción masiva de organismos juveniles en laboratorio para siembras masivas y repoblación de los bancos de caracoles del estado y en un futuro en el area del caribe.

## ANTECEDENTES

En los últimos años, ha habido un gran número de trabajos que describen el incremento y posterior declinación de pesquerías tropicales, la mayoría de los cuales están referidos a especies demersales en las aguas del sudeste asiático.

En México, numerosos recursos están siendo objeto de la sobrepesca, y hasta la fecha, se han efectuado relativamente pocas tentativas para transferir y aplicar sobre recursos tropicales aquellos conceptos de sobrepesca que fueran desarrollados a partir de consideraciones referentes a otros recursos.

Un ejemplo tangible de un recurso sobreexplotado lo representan los caracoles del caribe, principalmente el caracol rosa Strombus gigas, también conocido en otros países como botuto, carrucho, lambi, conch, cobo, abanico y reina, y el cual soporta una activa pesquería en todo el mar caribe. A causa de su explotación excesiva en torno a la mayoría de las islas, las poblaciones de caracol rosa están disminuyendo rápidamente, como lo demuestra el aumento de las capturas de juveniles. Dada la importancia de esta

pesquería, en diversas partes del caribe se han iniciado recientemente estudios sobre la abundancia relativa, el crecimiento y el cultivo de este molusco.

En algunos países como Bahamas, Belice, Republica Dominicana y Turcos & Caicos, la pesquería del caracol rosado rebasa las 500 toneladas anuales y Goodwin (1982) reporta capturas mayores para esa zona en el pasado. La captura y comercialización en estas zonas es supervisada por el gobierno y las cooperativas pesqueras. La importancia del caracol en la economía local esta bien definida y los estudios y proyectos para la administración del recurso serían de interes inmediato.

En contraste, las pesquerías del caracol en otras areas del caribe es menos productiva. St.Kitts/Nevis, St. Vicente, y Grenada reportan capturas cuyo rango va desde las 25 a las 50 toneladas por año. En estos países el esfuerzo de pesca para el caracol esta fuertemente influenciado por las prácticas de la oferta y la demanda.

Finalmente, otras islas como Montserrat y Dominica reportan capturas anuales mas bajas del rango de 5 a 10 toneladas anuales. Esta producción esta destinada a consumo local, y muy pocas veces es exportada a Isla Guadalupe (Goodwin 1982).

En México, especialmente en Quintana Roo, es un importante recurso alimenticio donde su pesquería excede las 350 toneladas anuales registradas ( Aproximadamente 600 toneladas totales por año ), siendo este uno de los volúmenes de captura mas grandes de caracol en el mundo.

Aunque los estudios de la biología del caracol *Strombus gigas* datan de la época de los 60's, y en donde destacan los realizados por Randall (1964) con contribuciones generales a la biología del caracol reina, y los efectuados por D'Assaro (1965) sobre la organogénesis, desarrollo y metamorfosis de la misma especie, no es sino hasta finales de los 70's y principios de los 80's, cuando se empieza a hacer incapié en la sobreexplotación de la especie, así como de su posible preservación por medio del maricultivo.

En 1976, Berg elabora un estudio sobre el crecimiento del caracol reina, y aporta una discusión sobre la posibilidad de cultivarse en laboratorio. Al mismo tiempo Brownell (1977) hace un estudio sobre reproducción, cultivo en laboratorio y crecimiento de tres especies de Strombidos en Venezuela. De esa fecha en adelante, unas cuantas aportaciones por un reducido número de científicos avocados al tema se han publicado, y en donde se describen la pesquería y los esfuerzos acuaculturales básicamente de 4

países que son Turcos & Caicos, Venezuela, Martinica y E.U.A.

En México es hasta 1982 cuando el gobierno del estado de Quintana Roo y el gobierno federal por parte de la secretaría de pesca a través del instituto nacional de la pesca demuestran su interés por resolver el problema de esta pesquería y comienzan los estudios de esta especie, fundando el Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelos Q.Roo como uno de los dos únicos centros en el mundo avocados a la producción masiva de organismos de Strombus gigas en laboratorio.

A Partir de esta fecha, una serie de trabajos han sido aportados para contribuir al conocimiento de la especie tanto en el área de la pesquería como de su manejo acuacultural, y en donde destacan las efectuadas por De la Torre (1982) Haciendo una diagnosis histórica de la pesquería del caracol en el caribe Mexicano. Los de Cruz (1983) y Coral (1985) En donde se muestran los avances de las técnicas acuaculturales hechas en México para Strombidos, y los de Vazquez y Fanjul (1985) sobre estudios de alimentación de la especie en cautiverio. En el area de pesquerías, esfuerzos encaminados hacia la correcta administración del recurso en México han sido descritos por Díaz (1985) y por Quijano y Cruz (1986).

## OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo hacer un análisis crítico y diagnóstico de la pesquería del caracol en Q. Roo, y el aportar las alternativas para el resurgimiento de las poblaciones de caracol rosa Strombug. gigas, mediante la aplicación de modelos pesqueros para la implantación de cuotas máximas de captura y tallas mínimas de pesca, así como la evaluación y descripción de las técnicas acuaculturales para el mejor manejo y pronta recuperación de la especie.

## AREA DE ESTUDIO

El estado de Quintana Roo ocupa la porción oriental de la península de Yucatán, limita al norte con el estado de Yucatán y el golfo de México, al este con el mar caribe, al oeste con los estados de Yucatán y Campeche y al sur con Guatemala y Belice (Fig 1).

Tiene una extensión de 50,350 km. cuadrados y cuenta con 1000 kilómetros aproximadamente de litoral, tanto en el canal de Yucatán como en el Mar Caribe,

En el extremo noreste del estado, el cabo catoche marca el límite del golfo de México, donde la costa recurva hacia el sureste y despues al sur bañada a todo lo largo por el mar caribe.

En el norte del estado, la plataforma continental es tendida y de poca profundidad, a partir de isla mujeres, la plataforma se reduce encontrándose la isobata de los 200 metros a una cuantas millas de la orilla, y en algunas partes se encuentra casi en el mismo límite del arrecife que corre paralelo a la costa.

El litoral tiene numerosas caletas, ensenadas y bahías, siendo las mas importantes las Bahías de la Ascensión, la Bahía del Espiritu Santo, y la Bahía de Chetumal, todas ellas someras de fondo lodoso y muy dificiles para la navegación.

Desde la colindancia con Belice, la costa se dirige al noroeste (NW) hasta donde comienza la Bahía de Chetumal ( río northern ), de una manera general, esta costa es baja y cubierta con mangles que se extienden hasta la playa. La plataforma continental es reducida, y el sedimento de esta parte es arenoso con praderas de Thalassia y otros pastos marinos. 165 kilómetros al nornoreste (NNE), la costa se dirige hacia punta Herrero, saliente que marca la entrada a la bahía del Espiritu Santo. En toda esta zona hay una barrera de arrecifes acantilados que corren paralelos a lo largo de la costa a distancias entre 2 a 3 kilometros de la playa. El banco Chinchorro es un banco acantilado de unas 47 kilometros de largo que se encuentra en esta zona a 25 kilometros de la costa hacia el este (E).

Desde punta Herrero la costa se dirige hacia el norte (N) unas 95 kilometros hasta punta Allen, en donde otro corte de 15 kilometros de ancho marca la bahía de la Ascensión. Esta area de bahías, es un importante lugar de reclutamiento de juveniles de varias especies (principalmente peces y crustaceos), y numerosas corridas de reproducción van a acabar a esta zona.

De punta Allen la costa corre hacia el noreste (NE) unas 90 kilometros hasta puerto morelos. La isla de Cozumel se encuentra a 16 kilometros de distancia de esta costa y 30 kilometros al sur de puerto morelos. Esta franja de litoral presenta enfrente un banco de arrecifes que se extienden a una distancia de 2.5 kilometros de la costa. La isobata de las 100 brazas de profundidad se encuentra relativamente cerca al margen posterior del arrecife.

Desde Puerto Morelos, la costa se dirige hacia el nornoroeste (NNE) unos 25 kilometros y luego recurva gradualmente al nornoroeste (NNW) unos 64 kilometros hasta el cabo catoche. la isobata de las 100 brazas se abre de la costa y a la altura del cabo se halla a una distancia de 66 kilometros al este del cabo. En esta zona se encuentran dos islas importantes que son Isla Contoy e Isla Mujeres, localizadas a 5.5 kilometros de la costa.

Desde cabo catoche hasta el limite con el estado de Yucatán la costa corre hacia el oeste (W) . Esta zona esta compuesta por una serie de cayos e islas en donde se encuentra la isla holbox, la cual encierra a la laguna de yalahau, otro importante lugar de reclutamiento de especies marinas.

A lo largo de toda la costa de Quintana Roo se establece una corriente de sur a norte, llegando a alcanzar velocidades hasta de 3 nudos. La dirección e intensidad de las corrientes esta afectada en gran parte por los vientos dominantes. En el canal de yucatan, la corriente principal se localiza alejada de la costa, y se establece en dirección oeste con velocidades de 0.5 a 1.5 nudos.

De acuerdo a la clasificación de Koppen, modificado por García (1981) el clima del estado es tropical lluvioso tipo A con precipitación en el mes seco menor a 60 mm., encontrándose los subtipos de cálidosemisesco ( Aw1 ) en la región norte, y cálido subhúmedo ( Aw2 ) en las regiones media y sur.

La oscilación diaria entre las temperaturas máximas y mínimas es muy pequeña por lo que la temperatura media es casi uniforme durante todos los meses del año, a excepción de la temporada invernal, cuando las temperaturas se apartan de los valores promedio mensuales que varían de 24 a 32 grados centígrados.

Las lluvias se registran durante todo el año con una temporada relativamente seca durante los meses de febrero a abril, registrándose los máximos de precipitación en los meses de junio y septiembre. La precipitación media anual a lo largo de la costa es de 1000 a 1500 mm. (Sec. Marina 1978).

La corriente general de los vientos que domina esta zona es la de los alisios, por lo tanto de febrero a septiembre los vientos dominantes son del este. La velocidad promedio de estos vientos es de 10 km. por hora alcanzando fuertes velocidades de 30 km/hora y en algunas perturbaciones tropicales los 160 km/hora. De octubre a Enero los vientos predominantes son los del norte, y aunque son frecuentes no alcanzan la intensidad que alcanzan en el golfo de México.

La costa del estado de Quintana Roo se encuentra en la trayectoria de los huracanes o ciclones tropicales que se forman en el atlántico y luego penetran al mar caribe durante la temporada que va de junio a octubre, siendo el mes de mayor ocurrencia de ciclones en el area el mes de septiembre.

## METODOLOGIA

### I) Pesquerías:

Los datos que sirvieron para el análisis del presente trabajo, provienen de las estadísticas de captura comercial de caracol en el estado de Quintana Roo de los últimos 13 años ( de la temporada 72/73 en adelante ), así como para la evaluación de los bancos caracoleros, se realizaron muestreos de campo con objeto de verificar el potencial pesquero en las zonas de Isla Mujeres, Cozumel y el banco Chinchorro.

Para el análisis de datos se comprendieron los siguientes puntos:

A) Registros estadísticos anuales de la captura y del esfuerzo de pesca aplicado ( Kg/buzo/día ) para las 13 temporadas analizadas.

b) Ocho muestreos biométricos realizados en 1985 y 1986, determinando la composición de la captura de caracol por especies, tamaños y sexos, así como densidad en el área.

Los datos de composición de tallas fueron transformados a valores de composición de peso muscular ( pulpa ) y peso visceral, empleando los métodos de correlación lineal a partir de datos obtenidos en los muestreos masivos de campo.

Las hembras y machos se trabajaron combinados, valores que se trabajaron de esa forma durante todo el trabajo.

Los cálculos de biomasa fueron calculados según la metodología descrita por Pauly ( 1983 ) modificada por Cruz ( 1986 ).

Las estimaciones del rendimiento máximo sostenible (RMS) fueron calculadas por el método de producción excedente de Schaffer ( 1954-1957 ), mientras que las estimaciones del potencial pesquero fueron calculadas según el modelo propuesto por Rickar ( 1975 ) a partir del modelo simple (parabólico) de Schaffer, modificado por Pauly (1983) en base a Blueweiss (1978) y Gulland (1971-1979) ( Fide Pauly 1983 ).

Para la diagnosis del potencial pesquero, el trabajo de campo consistió primero en investigación entre los socios de las cooperativas la localización exacta así como la dimensión del banco caracolero que explotan, y se asentó sobre una carta batimétrica la información obtenida.

Posteriormente se realizaron muestreos biológicos y de prospección en distintos sitios del banco, empleándose para tal fin equipo de buceo autónomo. En cada muestreo se realizaron las siguientes prácticas:

- Se calculó el área recorrida por el buzo en cada muestreo, el tiempo total de buceada y su velocidad.

- Se obtuvo la densidad de caracoles en cada sitio de muestreo considerando el número de caracoles capturados y el área trabajada.

- Con los ejemplares capturados en los muestreos se determinó la estructura poblacional del banco caracolero de acuerdo a las especies presentes en la zona. Además se obtuvo la composición sexual de las poblaciones así como el valor promedio de peso de la parte comestible, para estimar su valor de biomasa en el banco.

## II) Acuacultura:

El proceso de investigación acuacultural con el objeto de obtener la biotecnia de cultivo para la especie fue dividida en 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

### a) Colecta, transporte e incubación:

La colecta de masas de hueva se llevó a cabo a lo largo de la costa de Quintana Roo, en zonas variables que oscilan entre 5 y 40 metros de profundidad ,dependiendo de la zona.

Las colectas se realizaron con equipo de buceo autónomo, escogiendo las huevas recientes o frescas para asegurar un buen transporte.

Durante la colecta de las masas de huevo se registraron algunos parámetros físico-químicos como temperatura, profundidad y tipo de sustrato, para determinar su influencia en el desove del caracol.

Una vez colectada las huevas fueron puestas en bolsas de plástico con agua marina dentro de un recipiente aislante de temperatura, y se transportó al laboratorio. En el laboratorio la masa de huevo se enjuagó abundantemente con agua marina filtrada para separar los excesos de sedimento y algas, así como para identificar un posible depredador.

Para su incubación la huevo de caracol fué puesta en pequeños retenes de malla plástica, y sumergidos en estanques de fibras de vidrio de 150 litros de capacidad, con agua marina filtrada y circulación y aeración constante en donde permanecen de 96 a 120 horas. ( Fig 2 )

La ontogénesis del caracol corresponde a una serie continua de cambios y variaciones mas o menos complejas, y su representación exacta exige una observación continua, por lo que observaciones detalladas se hicieron al microscopio diariamente para calcular la fecha de eclosión y suspender el agua circulante.

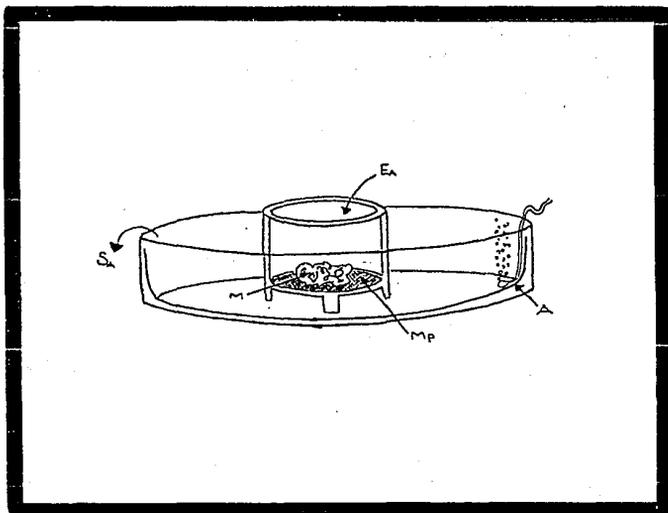


FIG 2 : Esquema del sistema de incubación de las masas de  
huevo de caracol marino. ( Ea ) Entrada de agua fil  
trada, ( Sa ) Salida de agua, ( M ) Masa de huevo ,  
( Mp ) Malla plástica de 80  $\mu$ . y ( A ) Aeración.

Cercana la fecha de eclosión, las masas de hueva se trasladaron a los estanques especiales para cultivo de larvas, en donde se llevó a cabo la eclosión.

b) Cultivo de larvas y metamorfosis.

La eclosión de la larva se llevó a cabo en los estanques de cultivo donde individual o masas conjuntas eclosionaron y fueron sometidas a conteos para calcular la densidad.

La larva al momento de la eclosión se caracteriza por ser flotante y libre nadadora, por lo que sus requerimientos en cuanto a calidad de agua son delicados.

Se manejaron dos métodos para el manejo de larvas: Agua estática y flujo continuo. El cultivo en agua estática se llevó a cabo en estanques de concreto de 1, 3 y 6 metros cúbicos de capacidad. La masa de hueva, como se señaló anteriormente, fué puesta en pequeños retenes de malla

plástica en un estanque previamente desinfectado con cloro al 20 %, con solo el 30 % de su capacidad con agua filtrada. Una vez eclosionada la larva, se realizaron observaciones rutinarias al microscopio para comprobar que toda la masa de huevecillos estuviera vacía para retirarla, aumentando el nivel de agua hasta su máxima capacidad.

Diariamente se sifonearon los residuos del fondo junto con algunas larvas vivas que tenían algún problema para nadar. Estas larvas se detienen en tamices de malla de plancton de 80, 150, 200 y 500  $\mu$  dependiendo de su tamaño. Una vez sifoneadas las larvas, eran pasadas a cubetas de 20 litros con agua marina filtrada, y con continuos cambios de agua se logra que la larvas vuelvan a nadar, regresándolas al estanque del cultivo, al cual con este proceso se le cambian las 2/3 partes del agua que se restituyen con agua filtrada.

Conjuntamente con esto, diariamente una muestra de larvas fue analizada al microscopio para comprobar el grado de aceptación del alimento así como también el crecimiento de organismos depredadores como copépodos y protozoarios era analizado con muestras de larvas muertas.

El tipo de alimentación es crítico en esta etapa, durante el desarrollo de la investigación se probaron tres especies de microalgas ( Thalassiosira fluviatilis, Tetraselmis chuii e Isichrysis thaitian ), con objeto de probar la preferencia de la larva.

Las microalgas utilizadas en el cultivo fueron cultivadas con anterioridad con el método de Guillards modificado (Provassoli 1968), del cual hablaremos mas adelante.

La concentración usada en el alimento depende del estado de desarrollo larval. En estados tempranos de desarrollo la concentración de células por mililitro es menor que en estados mas avanzados y varia segun las condiciones de cultivo. Usualmente la alimentación se realizó una vez al día dejando la concentración de algas establecida para que se consuma en 24 horas.

La concentración de células por mililitro deseadas se calculó con un hematocitómetro, según la metodología descrita por Rivero ( com. pers. 1983 ).

El cultivo con flujo continuo se llevó a cabo en estructuras plásticas de 20 litros de capacidad ( Fig 3 ), con una malla de 80 u en la parte superior que impedía la salida de larvas. Se diseñó un sistema con flujo continuo de 0.2 lt/min con aereación constante y control de temperatura a 27° C.

La cantidad deseada de alimento de microalgas fué puesta en el recipiente de aereación y circulación, por lo que la alimentación tenía una duración de solo 50 min/día.

La etapa larval es una etapa crítica y muy importante en el desarrollo del caracol. El desarrollo aproximado osciló entre 18 y 29 días durante los cuales se pudieron observar grandes cambios tanto fisiológicos como morfológicos en las larvas. Después de este tiempo, las larvas están aptas para realizar la metamorfosis para lo cual se cambiaron a pequeños acuarios para tener un mejor control del sistema.

La metamorfosis se realizó en canastas de malla de plancton de 500 u las cuales fueron introducidas en peceras de 100 lt. de capacidad con agua marina circulando. En las

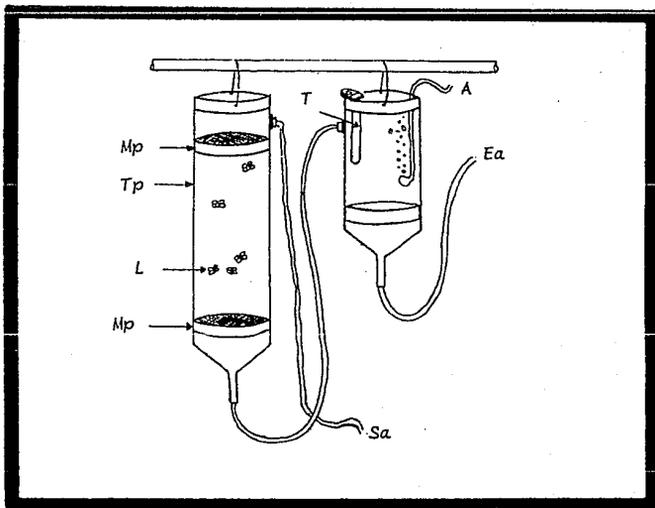


FIG 3 : Esquema del sistema de flujo continuo en bolsas de plástico para el cultivo de larvas véliger.  
 (Mp) Malla plástica, (Tp) Tubo plástico, (L) Larvas  
 (T) Termostato, (A) Acreador, (Ea) Entrada de agua  
 (Sa) Salida de agua.

canastas de malla previamente fueron cultivadas macroalgas de los géneros Enteromorpha sp , Chaetomorpha sp y Ryzomorpha sp, con objeto de crear un sustrato adecuado para proporcionar alimento al nuevo caracol.

Se calcularon los valores de supervivencia, los cuales fueron divididos en dos etapas: durante la etapa larval y durante la etapa de metamorfosis.

Durante esta etapa se llevó un registro de la temperatura con objeto de definir su efecto en el crecimiento de las larvas.

#### c) Cultivo de juveniles.

Esta fase del cultivo se lleva a cabo en estanques de concreto exteriores, con densidades y tallas variables en cada uno de ellos.

Los juveniles caracoles comienzan a crecer despues de tres o cuatro días de haber comenzado la metamorfosis, y conforme van aumentando su crecimiento aumenta la

posibilidad de supervivencia de los individuos considerablemente.

Para la presente investigación se trabajó el crecimiento de juveniles en condiciones semicontroladas. En lo referente a alimentación en esta etapa, se hizo con tres especies de Macroalgas y su crecimiento fué inducido con métodos de fertilización orgánica, sobre todo para los géneros de algas Enteromorpha sp Rizomorpha sp. y Chaetomorpha sp. y algunas otras epifitas que brindan un excelente alimento disparando considerablemente el crecimiento.

Los lotes de juveniles sometidos a cultivo, siempre tuvieron alimento abundante, y se rotaban de estanque una vez que el alimento estaba por terminarse a otro anteriormente inducido al crecimiento de macroalga. Para juveniles de tallas muy pequeñas ( Menores de 1 cm. ) se fabricaron diferentes tipos de colectores de algas con los que se aumentó la superficie de fijación de algas y se pudo tener un control mas estricto sobre la alimentación y desarrollo de esas primeras etapas.

Durante las 24 horas se tuvo agua corriente circulando en el cultivo y la temperatura del estanque estaba dada por la temperatura ambiental.

d) Cultivo de microalgas.

Durante la etapa larval, las pequeñas larvas son alimentadas con cultivos axénicos de microalgas cultivadas bajo condiciones especiales para posteriormente cambiar radicalmente a un tipo de alimentación basada en macroalgas durante su etapa juvenil.

Una serie muy amplia de factores fisicoquímicos debe ser considerada respecto al medio ambiente de los cultivos de microalgas como son: Luz, temperatura, aereación, pH, salinidad, aspectos nutricionales, contaminaciones etc.. de lo que depende el mantenimiento del sistema de cultivo y consecuentemente la producción de alimento.

Un gran número de especies de algas son utilizadas en la producción de alimento para el cultivo de invertebrados marinos. Para el presente trabajo se utilizaron especies reportadas en Puerto Rico como

satisfactorias para el cultivo del caracol Strombus gigas, pertenecientes a tres especies diferentes de algas que son: Tetraselmis chuii Isochrysis tahitian y Thalassiosira fluviatilis.

Cultivos con cepas puras fueron importados de Puerto Rico en 1982, y guardados en tubos de cultivo de 125 ml. Transferencias de cepas fueron hechas cada tercer día para conservar la pureza de las cepas, de donde se cambiaban a cultivos de 500 ml. para comenzar la producción masiva.

El metodo de cultivo que se manejó el el F - 2 Guillard para cultivos pequeños, y el de Guillard modificado a UNISON para cultivos masivos, los cuales estan formados por tres series de reactivos: de Nutrientes, metales y vitaminas, formando así medios adecuados para la reproducción de las algas (Provassoli 1968).

La respuesta en crecimiento de densidad de las tres especies de algas se puede observar al segundo día de haber sido inoculado el medio con un mililitro. Los cultivos fueron incubados en una cuarto con temperatura controlada entre 23 y 25 C. bajo iluminación constante las 24 horas con lámparas fluorescentes de 40 watts, recibiendo una radiación total de 4 - 5 lux aproximadamente y con aereación constante.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### a) Distribución

Strombus gigas se encuentra distribuido en todo el mar caribe. Brownell ( 1981 ) Hace referencia a su localización desde la florida hasta Venezuela y todas las islas de las antillas y en México especialmente desde Veracruz hasta Quintana Roo. En el presente trabajo se vió que debido a su sobreexplotación, la distribución en México ha cambiado considerablemente y solo esta presente en toda la costa de Quintana Roo y en muy pequeñas proporciones en la costa este de Yucatán ( Fig 4 ).

En el estado de Quintana Roo, la abundancia de las poblaciones es mayor en la zona sur, y va disminuyendo gradualmente conforme se acerca a la zona norte ( Fig 5 ), con valores de densidad de 1 caracol por cada 588 m<sup>2</sup> en la zona norte, de 1: 398 m<sup>2</sup> en la zona centro y de 1: 26 m<sup>2</sup> en la zona sur ( Tabla 1 ). El banco de mayor densidad de organismos y el único que aún puede soportar una pesquería moderada es el que se encuentra en la zona del banco Chinchorro, ya que debido a su lejanía de las comunidades de



FIG 4 : *Distribución actual de Strombus gigas*

ESTADO DE QUINTANA ROO

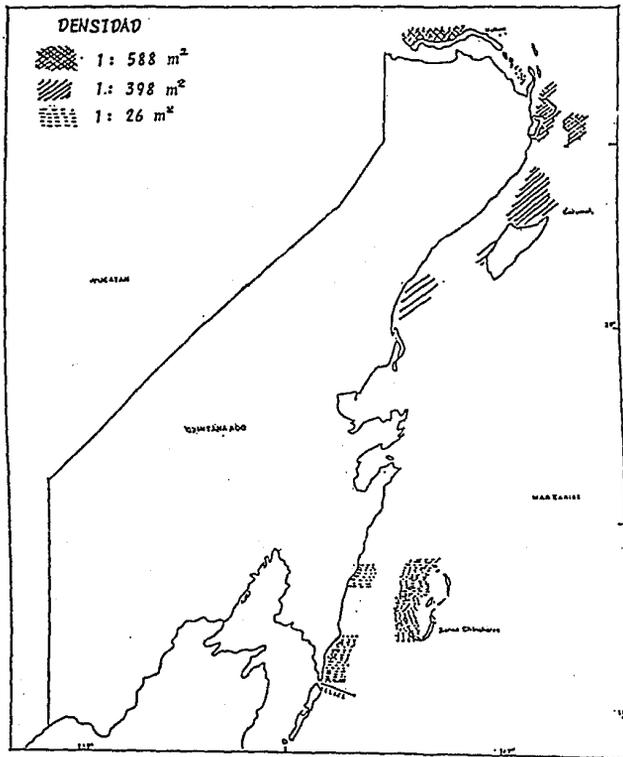


FIG 5 : Localización de los principales bancos de caracol marino en el estado de Quintana Roo

pescadores se había conservado poco explotado, aunque actualmente se empiezan a ver sus poblaciones reducidas por un aumento considerable en el esfuerzo pesquero de esa zona

b) capturas

Los registros de captura de caracol con que se cuenta para el estado de Quintana Roo datan de 1972 a la fecha, contando también a partir de entonces con las cifras del esfuerzo aplicado, las cuales permiten tener una aproximación de los rendimientos de captura por buzo por día ( Fig 6 ).

Resulta evidente que la captura se ha mantenido descendente a partir del año 1975 y comportarse de una manera estabilizada de los años 81 en adelante, en cambio los valores de captura por unidad de esfuerzo muestran una declinación gradual que mantiene la misma tendencia descendente en todas las temporadas de pesca (Fig 7). En el período 74-75 la captura por unidad de esfuerzo se mantuvo en un nivel cercano a 1.04 ton/buzo/año, a partir de la temporada 79-80 los niveles de captura por esfuerzo descendieron un 84 % en promedio en las últimas temporadas, alcanzando valores mínimos de 0.117 ton/buzo/año .

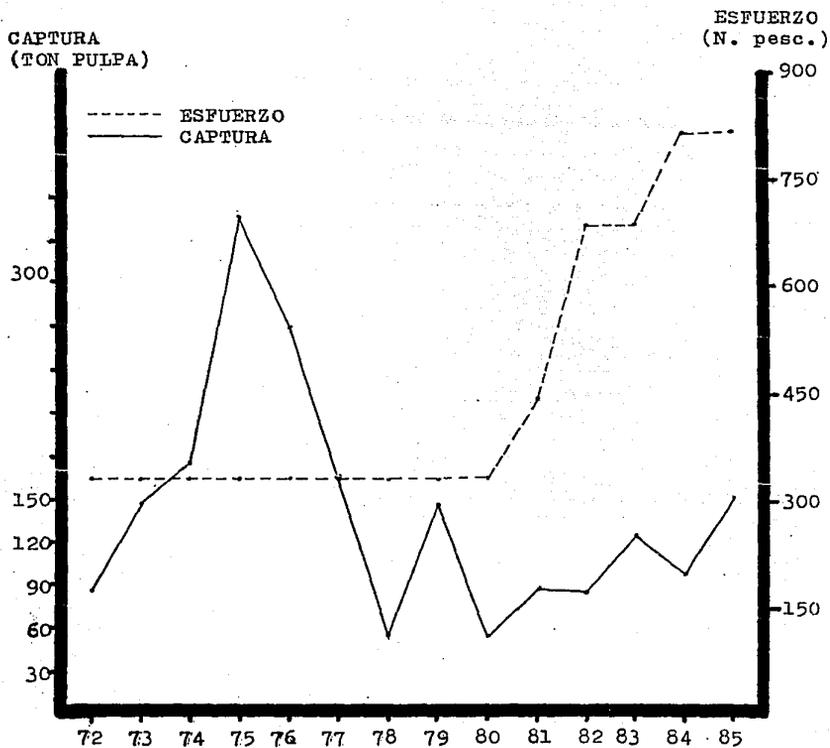


FIG 6 : Capturas anuales y esfuerzo aplicado en la pesquería del caracol

CAPTURA  
(TON. PULPA)

CPUE  
(TON/BUZO/AÑO)

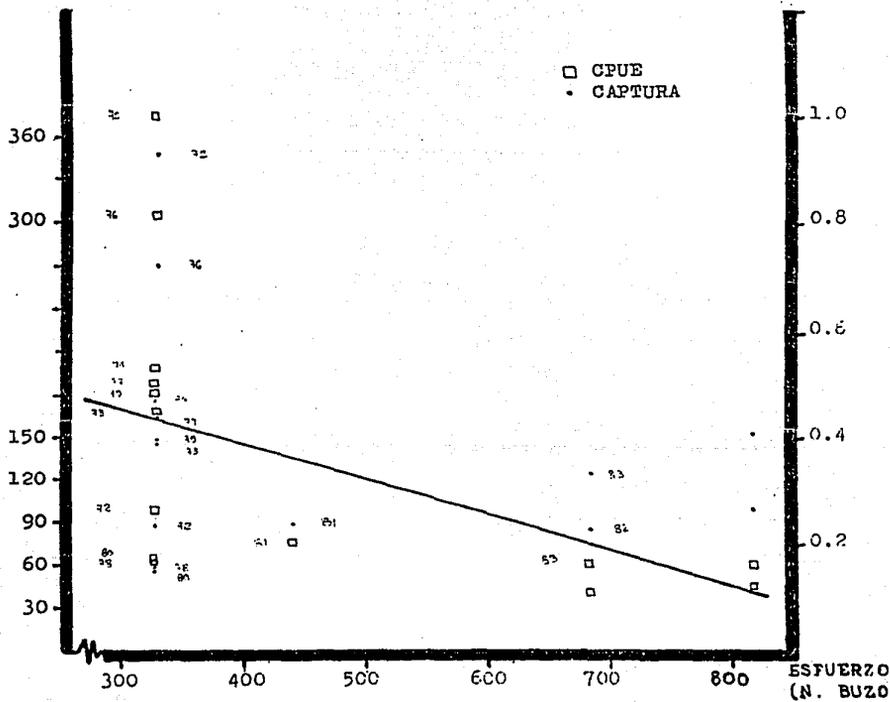


Fig 7 : Valores de captura y captura por unidad de esfuerzo de la pesquería de caracol en Quintana Roo.

Es importante hacer notar que durante todo este período el esfuerzo sigue una tendencia ascendente lo cual refleja un incremento en la presión de pesca que afecta directamente los valores de captura/buzo/año.

Tratándose de que el 98 % de la captura en el estado lo constituye S.gigas las tendencias señaladas se aplicaron en su totalidad a esta especie.

c) Estructura poblacional.

Sobre la composición de especies de los diferentes bancos caracoleros podemos decir que se constituyen casi exclusivamente por S.gigas que representó el 89%, 99% y 99% en las zonas norte centro y sur respectivamente de los ejemplares capturados.

En las zonas muestreadas se encontró un 23.46 % promedio ( 15%, 26% y 29.4% norte centro y sur ) de ejemplares juveniles de los que se obtuvo el valor de su longitud in situ. La distribución de tallas de los

caracoles en los diferentes bancos mostró que la población del sur presenta tallas más pequeñas que las otras dos zonas ( Fig 8 ).

Con estos datos se manejaron fundamentalmente dos tipos de relaciones biométricas: Peso muscular/longitud total (  $W_m / L$  ) y peso visceral/peso muscular (  $W_v / W_m$  ).

La ecuación de la relación  $W_m / L$  , se ajustó a la ecuación  $y = a x^b$  dando como resultado la ecuación:

$$W_m = 0.0291 L^{-0.737}$$

$$r = 0.7318$$

La ecuación de la relación  $W_v / W_m$ , se ajustó a la ecuación  $y = a + bx$  dando como resultado la ecuación

$$W_v = 266.84 + 1.075 W_m$$

$$r = 0.4209$$

La proporción sexual se estimó en un 60 % de hembras y 40 % de machos en promedio en todo el estado. Se

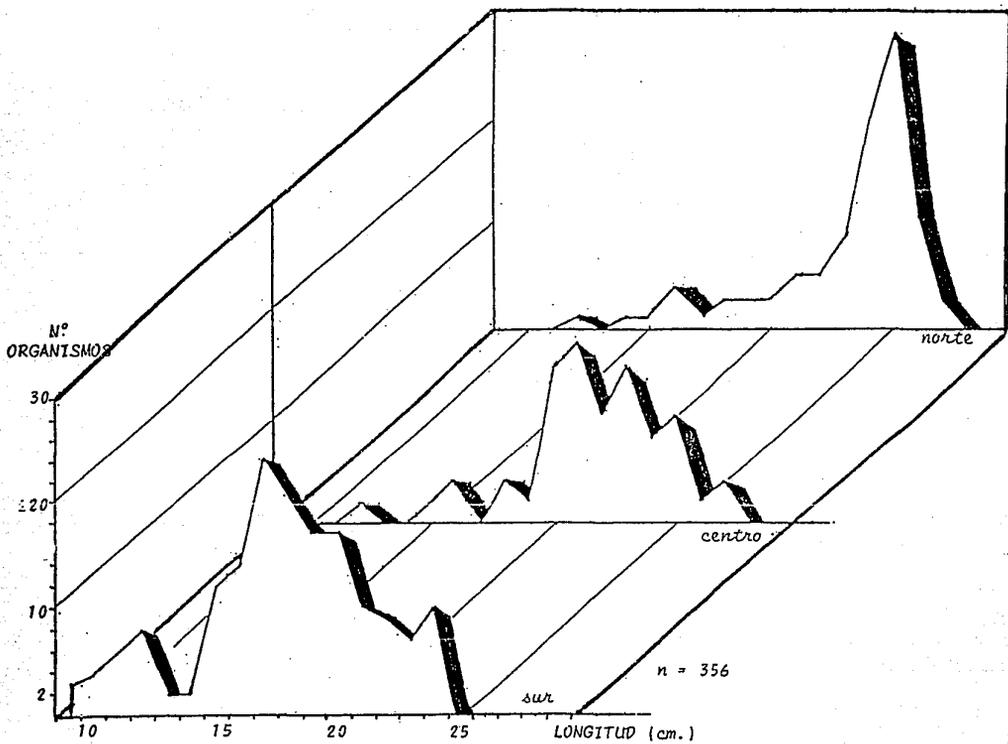


FIG 8 : Distribución de tallas del caracol *S. gigas* en los diferentes bancos del estado de Q. Roo.

determinó la época de desove durante los meses de marzo a octubre con un pico en los meses de julio agosto y septiembre ( Fig 9 ), Aunque se encontraron en el banco Chinchorro algunas puestas de masas de huevo durante todo el año.

Se calculó la biomasa total de S. gigas a partir de los valores de las capturas masivas efectuadas durante la investigación en las diferentes zonas de evaluación, se obtuvieron los valores de la biomasa en cada banco y la estimación obtenida se presenta en la tabla 1.



ZONA		NORTE	CENTRO	SUR	TOTAL
BANCOS PRINCIPALES		(SE) DE ISLA MUJERES BAHIA MUJERES HOLBOX CONTOY PUERTO MORELOS PUNTA BRAVA	(W) DE COZUMEL TULUM	BANCO CHINCHOR XCALAK PUNTA GAVILAN	
AREA DE EXPLOTACION ( km <sup>2</sup> )		48.8	180	176	
BIOMASA ESTIMADA	No. ORGANIS.	83,000	452,000	6,700,000	7,235,000
	kg. PULPA	11,300	49,736	791,000	852,089
DENSIDAD (IND:M <sup>2</sup> )		1 : 588	1 : 398	1 : 26	

Tabla 1 : Bancos existentes de caracol en Q. Roo y estimación de la biomasa en cada uno para el año 1984

d) determinación del rendimiento máximo sostenible ( RMS )

Con los valores de las capturas anuales y los esfuerzos de pesca correspondientes se aplicó el modelo del rendimiento excedente de Schaffer ( 1954 ).

Los resultados obtenidos para aplicar en este modelo se reúnen en la tabla 2

AÑO	N. PESCADORES	CAPTURA (TON PULPA)	CPUE (TON)
1972	330	87	0.263
1973	330	147	0.445
1974	330	175	0.530
1975	330	346	1.04
1976	330	270	0.818
1977	330	166	0.503
1978	330	53	0.160
1979	330	147	0.445
1980	330	54	0.163
1981	440	88	0.20
1982	684	80	0.117
1983	684	126	0.184
1984	818	99	0.121
1985	818	152	0.185

tabla 2 : Valores de capturas anuales y esfuerzos de pesca correspondientes de la pesquería del caracol en G. Mos de las temporadas 72/73 en adelante.

Aplicando estos valores se calculó el esfuerzo óptimo, graficando los valores respectivos del esfuerzo contra los correspondientes valores de la captura por unidad de esfuerzo ( Fig 10 ), se estimó el intercepto y la pendiente por medio de la técnica de regresión lineal, dando como resultado:

$$a = 0.72$$

$$b = -0.000756$$

$$r = -0.53$$

A partir de estos valores se calculó el valor del rendimiento máximo sostenible (RMS) para todo el estado de acuerdo con Pauly (1983), donde

$$RMS = a^2 / 4b$$

$$E.O. = a / 2b$$

Los resultados de estas ecuaciones se encuentran en la tabla 3.

CAPTURA  
(TON. PULPA)

CPUE  
(TON/BUZO/AÑO)

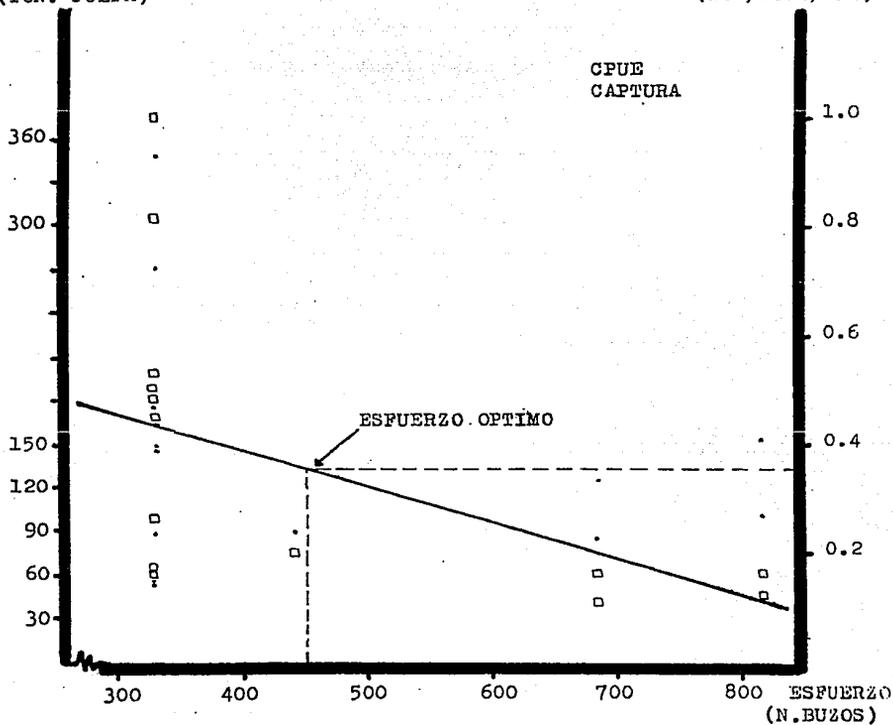


FIG 10 : Valor del esfuerzo óptimo para la pesquería del caracol en Q.Roo

ZONA	R M S		Esfuerzo opt.	
	(total Q.Roo)	( zona )	estatal	zona
NORTE		10.092		56
CENTRO	151.45	14.4	476	75
SUR		126.96		345

tabla 3 : Valores del máximo rendimiento sostenible y esfuerzo óptimo estimados para la pesquería del caracol temporada 84-87 en Q.Roo

e) Determinación del potencial pesquero

Para aplicar esta diagnosis se utilizaron los datos del peso muscular ( en gramos ) de 160 individuos obtenidos en los muestreos de campo.

La tasa intrínseca de incremento de la población (  $r_m$  ) para una base anual se estimó a partir del peso promedio ( Blueweiss 1978 ) dando como resultado:

$$r_m = 2.3 \quad W^{-0.24}$$

Con este valor y los valores de la biomasa calculados anteriormente se obtuvieron los valores del rendimiento potencial para las diferentes zonas, los cuales se describen en la tabla 4.

ZONA	RENDIMIENTO POTENCIAL (ton)	
	por zona	estatal
NORTE	17.305	425.115
CENTRO	26.67	
SUR	381.14	

tabla 4 : Valores del potencial pesquero estimado para la pesquería del caracol temporada 84-87 en Q. Roo.

f) Biotecnología de cultivo

Para la obtención de la biotecnología de cultivo de Strombus gigas, se probó la metodología con 15 masas de nueva colectadas en diferentes zonas del estado las cuales fueron cultivadas desde la incubación hasta las primeras fases de juveniles,

#### f.1) Colecta e incubación

En el transcurso del presente trabajo se colectaron las masas de hueva en 4 zonas principalmente, en el banco chinchorro y Xcalak localizados al sur del estado, y en Cozumel y Puerto Morelos al centro del mismo.

Durante el ciclo de colecta se observó que la época de reproducción se lleva a cabo durante los meses mas cálidos del año ( marzo a octubre) con temperaturas que oscilaron entre los 24 y 28° C. aunque en algunos lugares la producción de masas de hueva fue constante aunque con un marcado decremento en su disponibilidad como lo fue en el banco Chinchorro.

La profundidad del desove del caracol varió dependiendo de la zona registrándose desde los 4 hasta los 50 metros de profundidad. El 100 % de las masas de hueva colectadas fueron encontradas sobre sustrato arenoso con muy poca presencia de pastos marinos.

Las masas de hueva presentaron la apariencia de una madeja de estambre enredado. Se calculó el número de huevecillos en cada masa, cuyo promedio fue de 250,000 huevecillos con un rango desde 75,000 en masas pequeñas

hasta 425,000 aproximadamente en masas grandes. Dentro de la estructura del filamento de la masa los huevecillos se encuentran colocados en forma de espiral, habiendo en promedio 122 huevecillos por centímetro lineal colocados 6 huevecillos por vuelta ( Foto 1 ).

El comienzo del desarrollo de la incubación es similar al de los moluscos con poco vitelo, y se caracteriza por el desarrollo de una larva trocófora dentro del huevo para transformarse en larva véliger y eclosionar así como larva nadadora típica. ( Foto 2 ).

La transformación de una trocófora en una véliger implica una diferenciación considerable de las diversas partes y algunos cambios en la organización fundamental.

El blastoporo se cierra, se forma un estomodeo que va a comunicarse con el tubo digestivo y comienza a diferenciarse en las estructuras bucales. El prototroco crece y se orienta gradualmente en una posición mas dorsal para formar finalmente un amplio velo con los bordes ciliados. Al mismo tiempo aparece la glándula de la concha que comienza a segregar la concha larvaria, Al principio esta glándula es una cápsula posterodorsal, pero crece por los bordes y finalmente acaba por encerrar todo el conjunto de la masa visceral y forma así el manto. Poco despues en la masa ventral del estomodeo se proyecta el pie. Por encima



FOTO 1. Acercamiento de los huevecillos ( 400 x ) de Strombus gigas

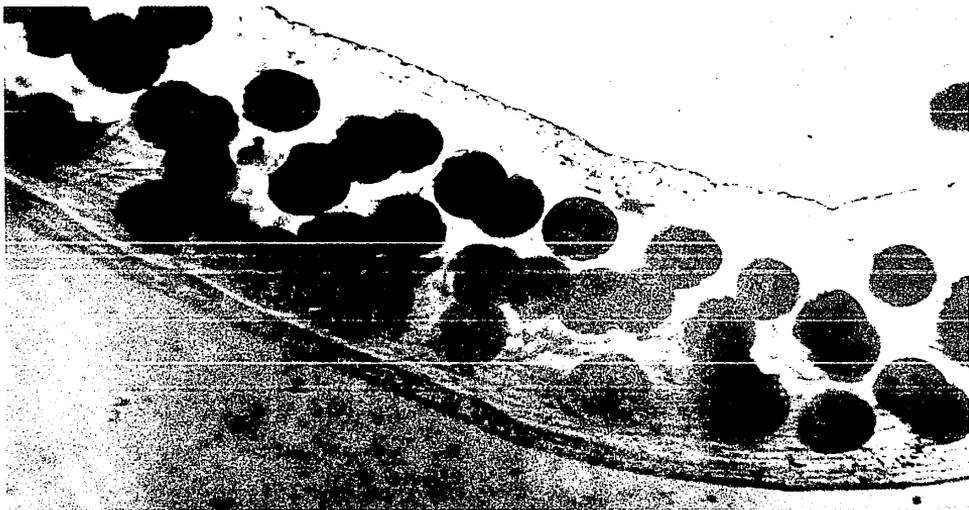


FOTO 1. Acercamiento de los huevecillos ( 400 x ) de Strombus gigas



-FOTO 2. Larva véliger de Strombus gigas al momento de la eclosión (400x)

de la boca, en el centro del velo se desarrollan un par de ojos que finalmente se llegan a situar en la base de los tentáculos cefálicos. A estas alturas, el material nutritivo del huevo se concentra en un saco nutritivo en el ápice de la masa visceral, en donde posteriormente se va a desarrollar la glándula digestiva.

Finalmente el manto sigue creciendo y alcanza a envolver al cuerpo, los organos internos se desarrollan rapidamente en la parte dorsal, lo que tiene por efecto trasladar el ano hacia adelante, lo que da al tubo digestivo su forma característica de "U", Poco despues tiene lugar la torsión del cuerpo.

Es en este momento en el que la larva esta lista para eclosionar del huevecillo. Unas horas antes de la eclosión, la larva véliger comienza a tener una gran actividad circulatoria dentro del huevo con un gran movimiento de los cilios lobulares. El tiempo total de incubación es de 122 horas y la eclosión se lleva a cabo en 24 horas mas.

#### f.2) Cultivo de larvas

Esta etapa es crítica y muy importante en el desarrollo del caracol. El desarrollo osciló entre 18 y 25 días durante los cuales se pudieron observar grandes cambios tanto fisiológicos como morfológicos ( Fotos 3 y 4 ), entre los cuales podemos destacar 1) Crecimiento y cambio de la forma bilobulada a sextalobulada. 2) La formación de bandas ciliares en los lobulos como ayuda a la alimentación y flotación. 3) Crecimiento y desarrollo del pie que conjuntamente se da con 4) reabsorción de los velos. Además de cambio fisiológicos importantes como son 5) La formación de los nefridios larvarios ( Que posteriormente en estado juvenil van a formar el riñón) y 6) Se reemplazó el sistema de senos larvales y se formó el corazón definitivo.

Durante esta etapa se registró el crecimiento de las larvas, cuya curva se observa en la fig 11. Como se puede apreciar, la talla de las larvas al momento de la eclosión es de 200 u en promedio hasta llegar a 1800 u promedio al momento de la metamorfosis.

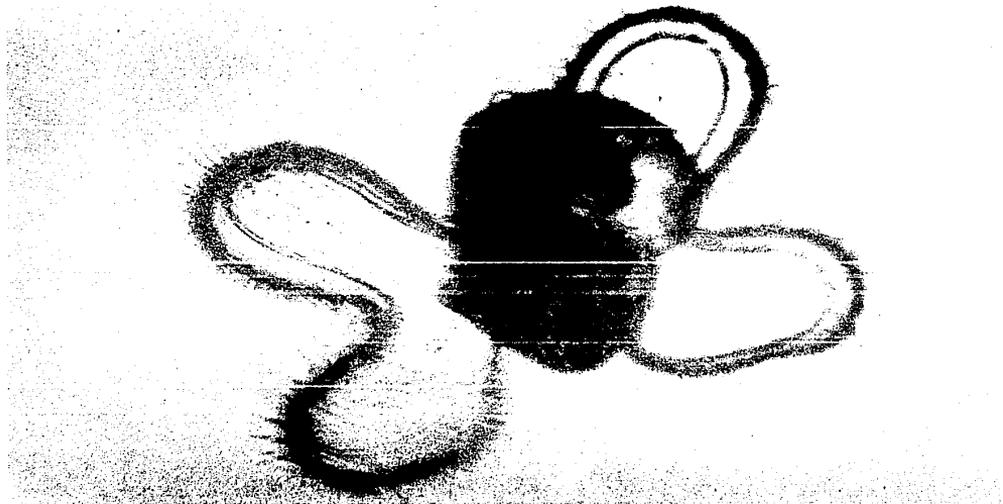


FOTO 3. Larva véliger de S. rigas de 8 días de edad.  
( se puede observar la formación de los 4  
velos o lóbulos ) ( 400x )

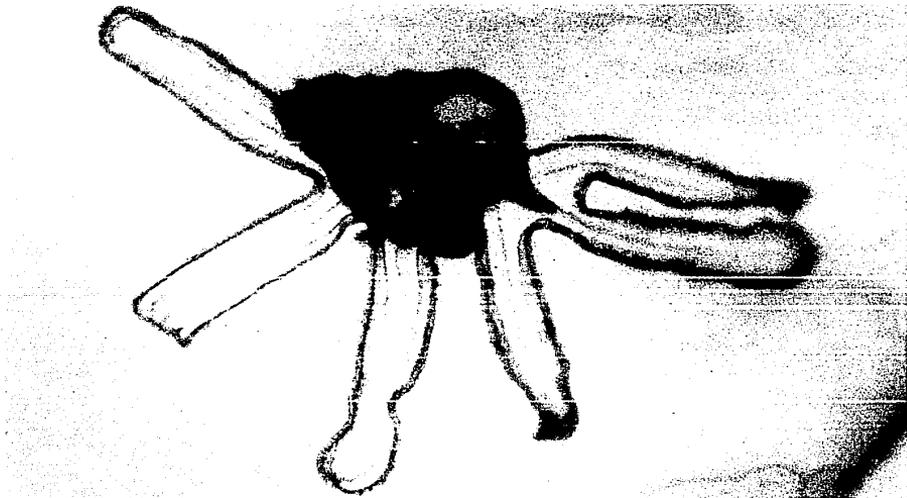


FOTO 4. Larva véliger de S. rigas a los 26 días de edad.  
( se puede observar la formación de los 6 lóbulos  
así como el pie y la uña ) ( 400x )

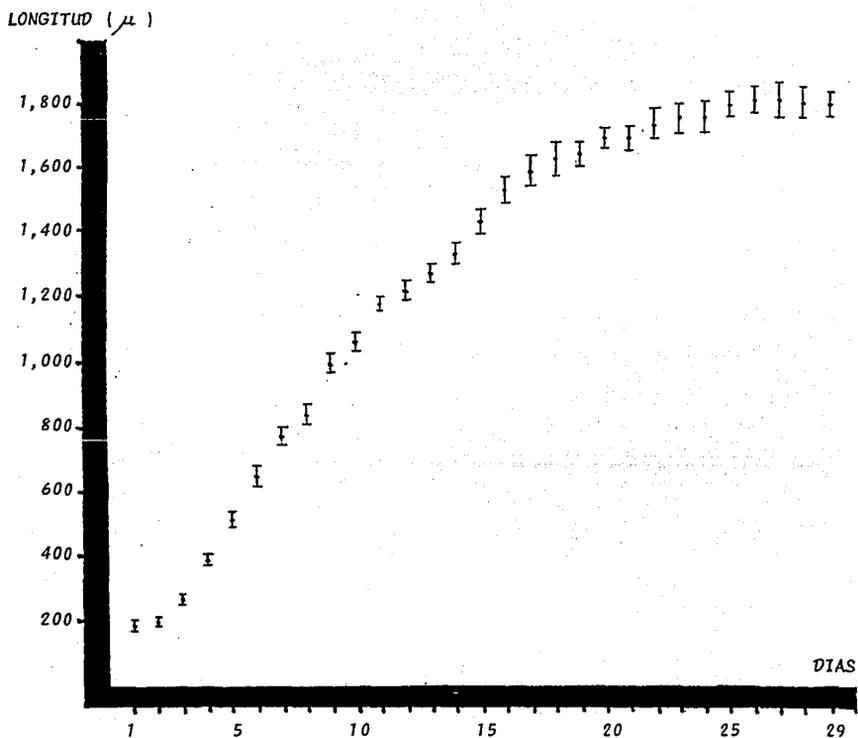


FIG 11: Curva de crecimiento de larva veliger de S. gigas en condiciones controladas de laboratorio.

La temperatura de los cultivos se registró diariamente y sus resultados promedio se pueden observar en la fig 12.

Así mismo se registró también la mortalidad natural de las larvas ( Fig 14 ) observándose un pico de mortalidad drástica en los días 9,10 y 11 del cultivo.

La alimentación en esta etapa estuvo basada en la aceptación de la larva a las diferentes especies de microalgas en base a la observación al microscopio de 30 ejemplares por día. Los resultados de la concentración de alimentación proporcionada se resumen en 2 dietas compuestas por las especies Thalassiosira fluviatilis Tetraselmis chuii e Isochrysis tahitian, especies que fueron las mejor aceptadas de las seis especies que se probaron, los resultados de las concentraciones en la dieta diaria se pueden observar en la gráfica 13.

Por último se registró la densidad óptima en los diferentes sistemas de cultivo ( Fig 14 ). Como se puede observar el sistema de tubos plásticos presentó una mortalidad mas alta que el sistema de recambios de agua en estanques de concreto, sobre todo al inicio del cultivo. La

TEMP. (°C.)

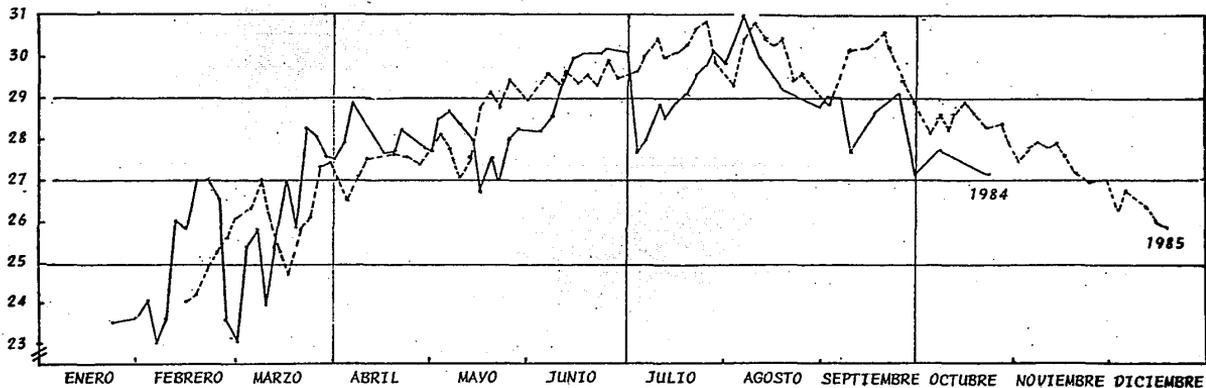


FIG. 12 : Temperatura de los cultivos larvales de S. gigas

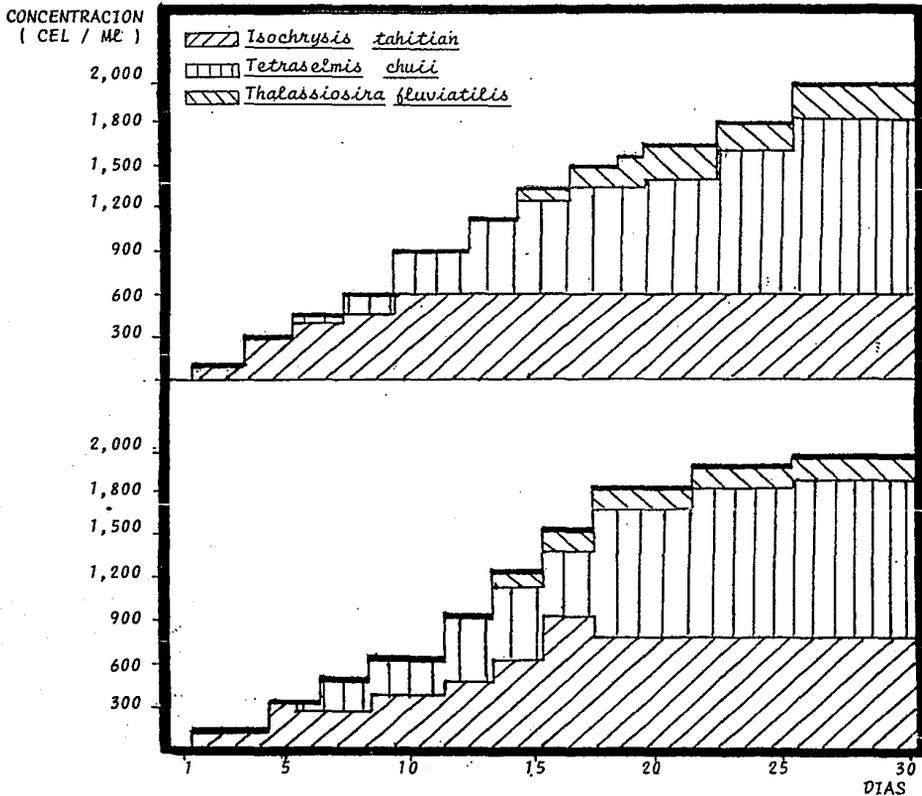


FIG 13 : Concentración de microalgas utilizadas en dos dietas para la alimentación de larvas véliger del caracol *S.gigas* en laboratorio.

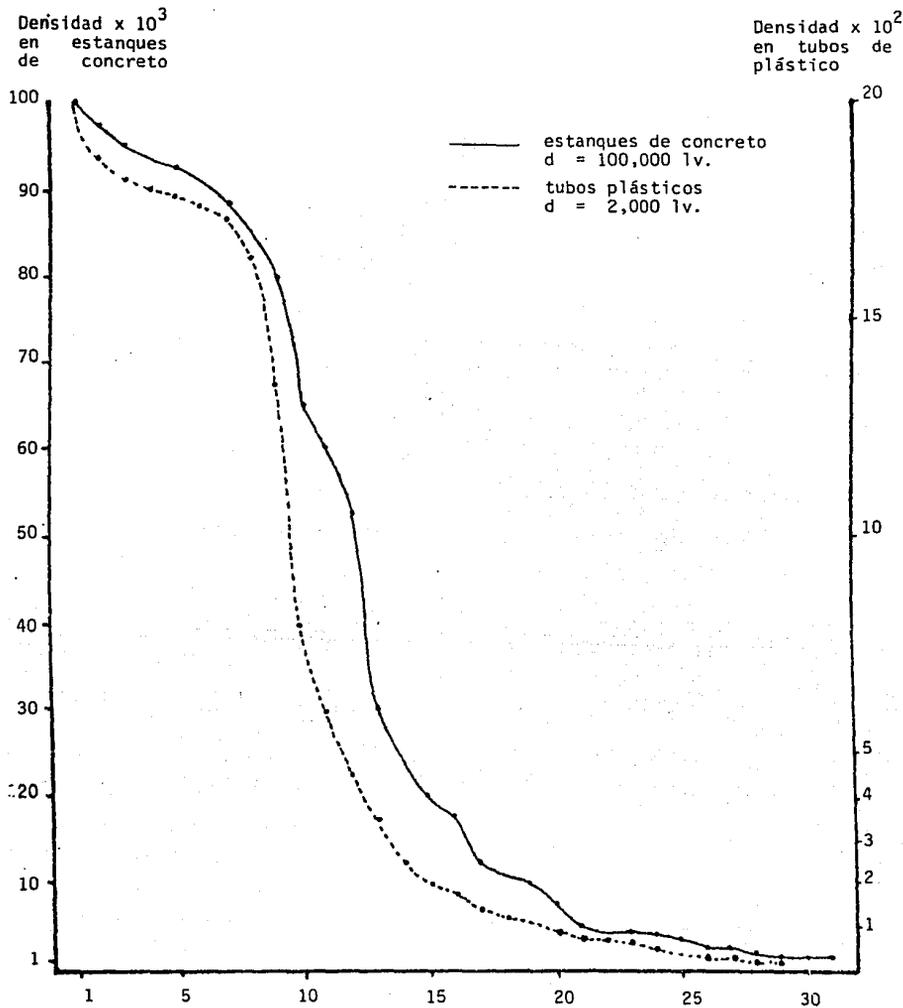


FIG 14: Curva de supervivencia de *S. gigas* en condiciones controladas de Laboratorio a una densidad óptima

densidad óptima se observó en 100 larvas por litro en las primeras etapas hasta llegar a 1 larva por litro a la etapa premetamórfica.

Cambios importantes en la larva comienzan a aparecer algunos días de que las larvas realicen la metamorfosis, y aunque la diferenciación no es muy notable, la larva sufre cambios importantes para los cuales hay que disponer de un medio adecuado.

Primeramente la larva empieza a permanecer mas tiempo en el fondo, debido a que los velos ya no son suficientemente fuertes para mantenerse nadando. Los cambios morfológicos principales se pueden resumir en 1) Comienzan a degenerar los lobulillos y estos pueden ser reabsorbidos o desprendidos ( dependiendo del medio ) por la larva. 2) Comienza a incrementar una coloración anaranjada en todo el cuerpo de la larva. 3) El pie está completamente formado, al igual que 4) la rádula para sus nuevos hábitos de alimentación y 5) el opérculo. 6) Los ojos comienzan a desplazarse hasta el extremo anterior de las antenas, además de que 7) se forman las branquias definitivas.

A efecto de llevar a cabo el cambio de medio de cultivo se observó que el momento adecuado para realizarlo es cuando el 70 % de las larvas premetamórficas hayan realizado 6 de los 7 principales cambios morfológicos

anteriormente mencionados ya que se puede excluir el cambio en la coloración del cuerpo.

Se probaron dos medios para la realización de la metamorfosis. El primero con agua circulante y un fondo rico en macroalgas epifitas de los generos Enteromorpha sp., Rizomorpha sp. y Chaetomorpha sp., el cual presentó un 15 % de supervivencia. A este primer método de le hizo una adaptación introduciendo también un alga roja de la especie Laurencia obtusa , aumentando así la tasa de supervivencia hasta en un 60 % hasta tallas de 3.5 mm.

El segundo medio consistió en poner un inductor químico para la liberación de los lobulos de la larva en el agua. El inductor usado fue el ácido Gama-amino-butírico (GABA), y aunque se observó un tiempo de metamorfosis del 75 % mas rápido, este medio solo presentó un 10 a 12 % de supervivencia total.

### f.3.) Cultivo de juveniles

Esta etapa tuvo comienzo al terminar la metamorfosis cuando el caracol tiene una talla promedio de 3.5 mm.

El cultivo se realizó en estanques de concreto con un sustrato inducido al crecimiento de macroalgas epifitas.

En esta etapa se observó que la densidad es un factor no determinante siempre y cuando el alimento este a disposición permanente. Se tuvieron lotes desde 10 caracoles hasta 500 caracoles por 0.3 metros cuadrados, con alimentación suficiente y agua circulando y los resultados de supervivencia fueron similares en todos los lotes ( Fig 15 ) con un promedio del 95 %.

Durante el transcurso del proyecto se registró el crecimiento de los organismos juveniles y sus resultados se pueden observar en la fig. 16.

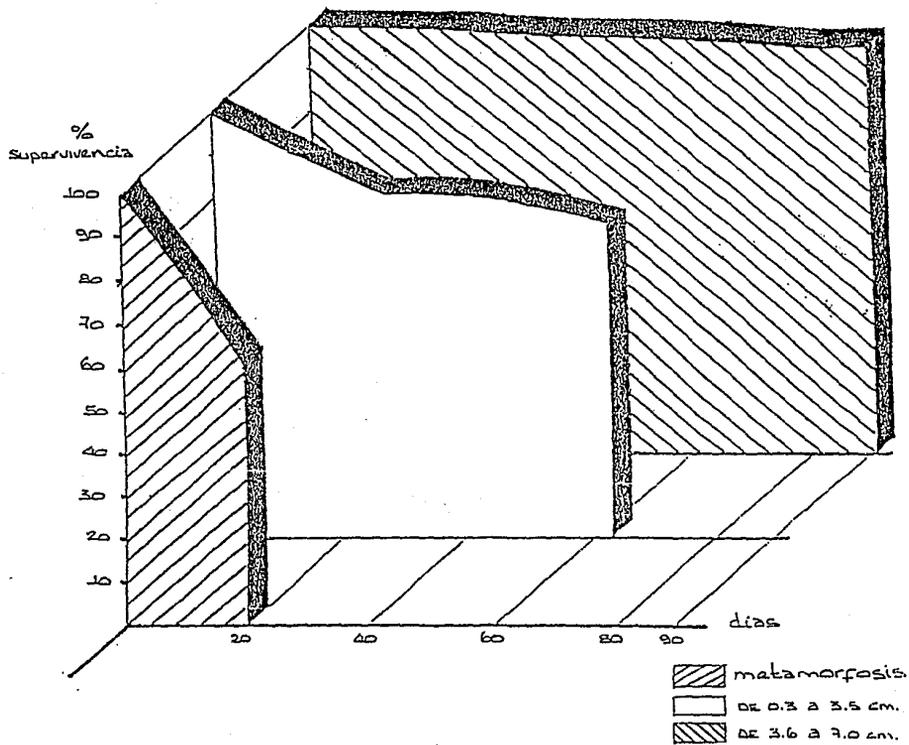


Fig 15: Supervivencia de organismos de *S. gigas* en condiciones controladas de laboratorio

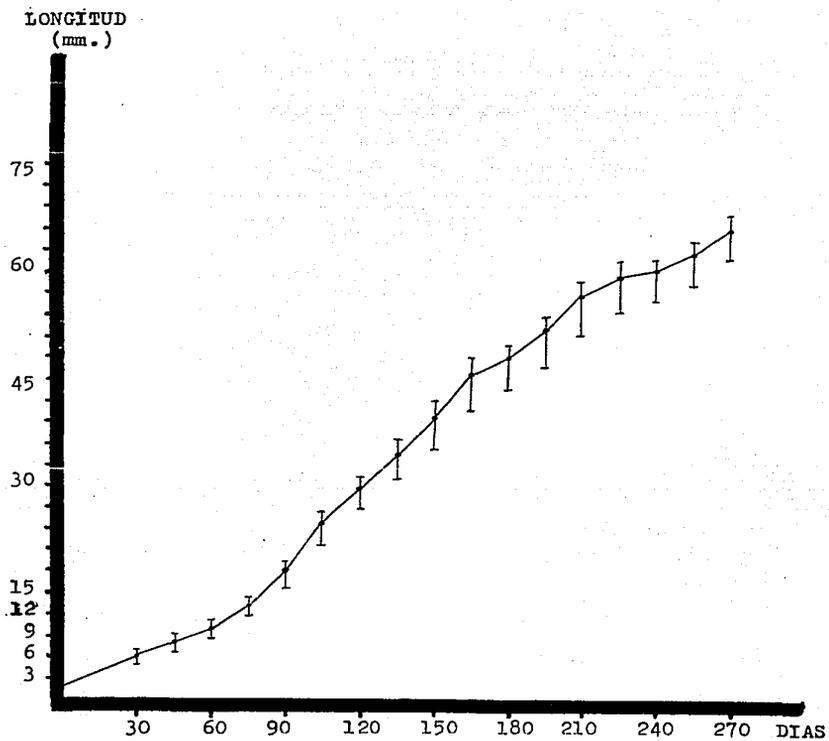


FIG 16 : Crecimiento de organismos juveniles del caracol S. gigas en condiciones de laboratorio.

## CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los resultados anteriores se presentan las siguientes conclusiones:

La distribución en México del caracol Strombus gigas ha cambiado considerablemente, y en la actualidad se encuentra practicamente solo en las costas de Quintana Roo.

Los registros de captura de caracol muestran que la captura se ha comportado de manera descendente a partir del año 1975 para comportarse de manera casi estabilizada desde 1981 en adelante, sin embargo el valor de la captura por unidad de esfuerzo muestra una fuerte tendencia descendente en todas las temporadas de pesca, alcanzando valores mínimos de 0.117 ton/buzo/año, por lo que la estabilidad de la captura total resulta meramente aparente.

Los bancos caracoleros de la zona presentan una marcada diferencia en cuanto a la abundancia de organismos, debido principalmente al esfuerzo de pesca ejercido en cada uno. La zona norte, sobretodo el area de la pesquería de Isla Mujeres, presenta enormes signos de sobrepesca, resultado de este proceso humano.

La composición poblacional de los diferentes bancos muestra un escaso porcentaje de individuos juveniles ( 23 % ), sobre todo en la parte norte del estado, con lo que se puede asumir que la producción de esta especie seguirá decayendo rápidamente. Así mismo se estimó la composición sexual de la población teniendo un porcentaje de 60 % de hembras en promedio. La época del desove ocurre en los meses cálidos del año ( Marzo a octubre ).

Se determinaron las ecuaciones de las relaciones biométricas de la especie para organismos adultos, comportándose la relación peso muscular/longitud total ( $W_m/L$ ) de manera exponencial de la forma

$$W_m = 0.0291 L^{2.739}$$

Y la ecuación de la relación peso visceral/peso muscular ( $W_v/W_m$ ) de la forma lineal con la ecuación:

$$W_v = 266.84 + 1.095 W_m$$

Se obtuvieron los valores de la biomasa en cada zona existiendo para la zona norte un total de casi 83,000 individuos adultos, para la zona centro de 452,000 individuos adultos y para la zona sur de 6,708,000 individuos tambien adultos.

El modelo del rendimiento máximo sostenible aplicado ( Schaffer 1954 ) Mostró un valor máximo para el año de 1986 de 151.45 toneladas de pulpa para el estado de Quintana Roo, y respectivamente 10, 14.4 y 127 toneladas de pulpa para las zonas norte, centro y sur.

Se aplicó un modelo comparativo considerablemente distinto al anterior ( Ricker 1975 Fide Pauly 1983 ) Para calcular el potencial pesquero en base a las biomásas calculadas en los muestreos de campo para cada zona. En base a este modelo se obtuvo una producción esperada de 425 toneladas de pulpa al año en todo el estado y respectivamente de 17.3, 26.6 y 381.14 ton/pulpa para las zonas norte centro y sur.

Es indudable que existe una diferencia bastante significativa en las estimaciones del potencial existente, lo cual nos lleva a deducir ya que es un recurso sobreexplotado que existe una pesca y venta ilegal del recurso, la cual no se esta reportando en las estadísticas de captura, lo cual nos lleva a un sesgo muy importante en la aplicación del modelo parabolico de producción excedente de Schaffer. Esta pesca clandestina se calcula entonces hasta en un 68 % en todo el estado.

La presencia de estos marcados signos de sobrepesca y la necesidad social y biologica de preservar el recurso permiten pensar ademas de en una correcta adminiostración de la pesquería en programas integrados de repoblación, cultivos intensivos y educación de pescadores para que de manera integrada se recuperen las zonas caracoleras en el caribe.

Se contribuyó en el presente trabajo para la biotecnia sobre el cultivo de la especie een condiciones controladas de laboratorio.

El periodo de incubación de las masa de hueva tiene una duración de 122 horas aproximadamente durante las cuales presenta su primer estadio larval como larva trocófora. En esta especie la eclosión se lleva a cabo cuando la larva es una típica véliger. El desarrollo de las véliger de Strombus gigas mostró una duración menor a la reportada por Brownell (1977) con una duración de entre 18 y 29 días dependiendo principalmente de la temperatura y del manejo. El crecimiento en esta etapa es favorable con las especies de microalgas Thalassiosira fluviatilis, Tetraselmis chuii e Isochrysis thaitian. Su rango de crecimiento es de aproximadamente 55 u diarias, valores mas elevados de los reportados por Brownell (1977), y su supervivencia en esta etapa es un poco mayor al 1 %, lo que representa casi el 100 % de aumento que la tasa natural de supervivencia.

Se determinó que es conveniente hacer el proceso de metamorfosis en presencia del alga roja Laurencia obtusa, de esta forma la tasa de supervivencia en esta etapa aumenta considerablemente alcanzando valores de hasta el 60 %.

Para la alimentación en la etapa de juveniles es conveniente un medio abundante y constante de diferentes especies de macroalgas. La supervivencia en esta etapa alcanzó valores del 95 % hasta la talla de siembra de aproximadamente 7 cm. El rango de crecimiento en esta etapa es de 0.7 cm. mensuales, valores similares a los obtenidos por Berg (1976), y se ve fuertemente afectado por la carencia de alimento.

## RECOMENDACIONES

Con el objeto de coadyuvar al ordenamiento y recuperación de esta pesquería, y sabiendo que la tarea de un administrador pesquero en una pesquería multiespecifica como la del caracol se ve complicada aún mas por el hecho de que la composición de las especies, la estructura de edad y la biomasa total de la población no varía solo en respuesta a las tensiones artificiales ( Cambios en la intensidad de pesca ) sino tambien como consecuencia de las naturales, ya que los ecosistemas están supeditados a las fluctuaciones a corto plazo y a los cambios evolutivos en su composición y distribución geográfica, y dada la necesidad de unos planes de ordenación simples, facilmente comprensibles y posibles de ejecutar, se sugiere iniciar de inmediato un sistema pragmático y práctico con respecto a la ordenación en base a los siguientes puntos

a) Observar la composición media de las capturas por especies y edades y vigilar su respuesta a los cambios en la intensidad y características de la pesca ( incremento global del esfuerzo pesquero, cambios en la distribución estacional y espacial del esfuerzo etc. ).

b) Con estos datos elaborar un modelo de producción por temporada de pesca, para otorgar las diferentes cuotas de captura máxima por cooperativa o regular el esfuerzo de pesca en estas.

c) Con base al modelo de producción, obtener la curva de rendimiento económico bruto, y ver si esta podría ser aumentada mediante la manipulación de factores controlables como el cambio en el total del esfuerzo de pesca o el aprovechamiento más integral del recurso como lo es el uso de su concha para artesanías.

Por ningún motivo se debe modificar la curva de rendimiento económico bruto aumentando la producción resultante de los modelos de explotación.

d) Es importante que se respete la talla mínima de captura que es de 22 cm. para el caracol reina *Strombus gigas*, y de 19 cm. para el caracol blanco *Strombus costatus*, longitud medida de punta a punta de la concha. La pesca de individuos por debajo de esta talla debe evitarse ya que afecta al stock reproductor de esta especie y merma como ya se ha visto los rendimientos de captura por unidad de esfuerzo.

e) Es importante tambien, respetar la época de veda que va del 15 de julio al 30 de septiembre, asi como efectuar los estudios necesarios para ampliar este periodo desde el 1 de abril al 30 de septiembre.

f) Por último es muy importante continuar con los estudios de producción masiva de organismos juveniles en laboratorio, con objeto de regenerar los bancos caracoleros mas rapidamente, asi como para obtener los datos sobre su biología básica, para la aplicación de modelos mas finos que incluyan estos datos. Dichos estudios deben de hacer especial énfasis en el aumento de la supervivencia en las diferentes etapas pero sobre todo durante la etapa larval.

## LITERATURA CITADA

- Alcalá M G. (1985). Langosta y caracol recursos de la costa caribeña mexicana  
Inst. Nal. de Pesca 41 pp.
- Berg C. (1976). Growth of the Queen conch Strombus gigas with a discussion of the practicality of its mariculture.  
Marine Biology 34, 191-199 pp.
- Blueweiss (1978). Relationship between body size and some life history parameters.  
Oecología , 37: 257-272
- Brownell W (1977). Reproduction, laboratory culture and growth of Strombus gigas, S. costatus and Strombus pugilis in los Roques Venezuela  
Bull. Mar. Science 27 (4) 668-680
- Brownell W & J.M. Stevely (1981). The biology, fisheries and management of the Queen conch Strombus gigas  
Mar. Fish. Rev. 43(7) julio 81 1-12 pp.
- Coral G. J. (1985) Análisis de la factibilidad del cultivo del caracol rosado en estanques de concreto  
39. meet. Gulf & Car. Fish. (en prensa).
- Cruz S.R. (1983) Avances en la investigación de producción masiva de caracoles marinos en Quintana Roo México.  
37. Gulf & Caribbean Fisheries Rep. (prensa)
- Cruz S.R. ( 1984 ). Informe anual de los programas de investigación del Centro Reg. De Inv. Pesq. Puerto Morelos Q.Roo  
Doc. de circulación interna Inst. Nal Pesca
- Cruz S.R. (1985). Informe anual de los programas de investigación del Centro Reg. de Inv. Pesq. Puerto Morelos Q.Roo.  
Doc. de circulación interna Inst. Nal Pesca
- Cruz S.R. & H.Lesser (1985). El cultivo del caracol marino en México, Avances y resultados.  
X Reunión MexUs Gulf Nov. 85 (en prensa).

- D Assaro Ch. ( 1965 ). Organogenesis, development and metamorphosis in the Queen conch Strombus gigas with notes on breeding habits.  
Bull. marine science 15 (2) 360-416.
- De la Torre A.R. (1984). Pesquería de caracoles en el estado De Quintana Roo.  
Instituto Nacional de la Pesca  
Serie divulgación N.14 : 21 pp.
- Díaz A. C. (1985). Estructura poblacional del caracol rosa Strombus gigas Linneae 1758, en el area de Punta Brava Q. Roo.  
Tesis profesional Fac. Ciencias UNAM.
- García E. (1981) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen ( para la república Mexicana).  
Inst. Geog. Univ. Nal. Aut. Mex. 246 p.
- Goodwin M. ( 1982 ). Overview of conch fisheries and culture  
35th. Gulf and caribbean fish. rev
- Panayotou. T. ( 1983 ). Conceptos de ordenación para las pesquerías en pequeña escala; aspectos económicos y sociales.  
FAO Doc. tec. pesca (224) : 60 p
- Pauly D. (1983). Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales.  
FAO Doc. tec. pesca (234) : 49 p.
- Provasoli L (1968). Media and prospects for the cultivation of marine algae.  
In. Cultures and Collection of algae  
Jap. Soc. Plant. Physiol. pp.63-75.
- Quijano F.A. & R.Cruz. (1986). Análisis de la población del caracol reina Strombus gigas en el area de la pesquería de Isla Mujeres Q.Roo  
Inst. Nal. De pesca (en prensa).
- Quijano F.A. (1986). Diagnósis de la pesquería del caracol en el area central de Q.Roo.  
Inst. Nacional de la pesca (en prensa).

- Quijano F.A. (1986). Algunos conceptos de ordenación para la pesquería de caracol en Q.Roo Mexico. Inst. Nal De Pesca (en prensa).
- Randall (1964). Contributions on the biology of Strombus gigas. Marine Biology
- Schaefer M.B. (1978). Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull I. ATTC 1(2): 25-56
- Sec. Marina (1978). Estudio geográfico de la región de Cancun e Isla Mujeres Q.Roo  
Sec. de marina. Dir. Gral de Ocean. 234p
- (1978). Estudio geográfico de la región de Cozumel Quintana Roo.  
Sec. de marina. Dir. Gral de Ocean. 270 p.
- Sec. Pesca (1973). Anuario estadístico pesquero 1972
- (1974). Anuario estadístico pesquero 1973
- (1975). Anuario estadístico pesquero 1974
- (1976). Anuario estadístico pesquero 1975
- (1977). Anuario estadístico pesquero 1976
- (1978). Anuario estadístico pesquero 1977
- (1979). Anuario estadístico pesquero 1978
- (1980). Anuario estadístico pesquero 1979
- (1981). Anuario estadístico pesquero 1980
- (1982). Anuario estadístico pesquero 1981
- (1983). Anuario estadístico pesquero 1982
- (1984). Anuario estadístico pesquero 1983
- (1985). Anuario estadístico pesquero 1984
-

Troadec J.P. (1983). Introducción a la ordenación pesquera: su importancia, dificultades y métodos principales.  
FAO Doc. tec. pesca (228): 60 p.

Vazquez D. y R. Fanjul (1985). Alimentación de juveniles del caracol rosa Strombus gigas en cautiverio.  
Inst. Nal. de Pesca (en prensa)