

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

IZTACALA

U.N.A.M.

COMPORTAMIENTO DEL RECLUTAMIENTO DEL CAMARON ROSADO
Penaeus duorarum duorarum EN LA SONDA DE CAMPECHE
DURANTE 1975-1977.

BO 659/89 8.2

BO 659/89

TESIS PROFESIONAL

para obtener el título de:

B I O L O G O

p r e s e n t a:

ELIZABETH VALERO PACHECO

MERIDA, YUCATAN.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

A mis Padres

Victor y Elizabeth

por su amor e impulso siempre constante hacia mí.

A mis Hermanos

por su cariño y confianza .

A Luigi

por su motivación e interés ante mis anhelos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) Unidad Mérida por la facilidad en el uso de su equipo de cómputo en la Sección de Biología Pesquera y de Ecología Marina.

Al M. en C. Francisco Arreguín-Sánchez por su valiosa asesoría y por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Al Dr. Luis Capurro F. por sus valiosas observaciones y consejos.

Al Biol. Luis Gerardo Abarca por su asesoría en el manejo del equipo de cómputo.

Al M. en C. Jonathan Franco L. por su ayuda y sus valiosas observaciones sobre el presente trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

INDICE

I INTRODUCCION

I.1 Recurso Natural Renovable	1
I.2 Biología y Ciclo de Vida	2
I.3 El Habitat	4
I.4 Los Sistemas de Explotación	7
I.5 El Problema	8

II ANTECEDENTES	11
-----------------------	----

III OBJETIVOS	12
---------------------	----

IV MATERIAL Y METODOS

IV.1 Hipótesis	13
IV.2 Material	16
IV.3 Metodología	16

V RESULTADOS	19
--------------------	----

VI ANALISIS DE RESULTADOS	22
---------------------------------	----

VII CONCLUSIONES	28
------------------------	----

VIII RECOMENDACIONES	30
----------------------------	----

IX BIBLIOGRAFIA

IX.1 Bibliografía citada	31
IX.2 Bibliografía consultada	33

ANEXOS

ANEXO 1 DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO

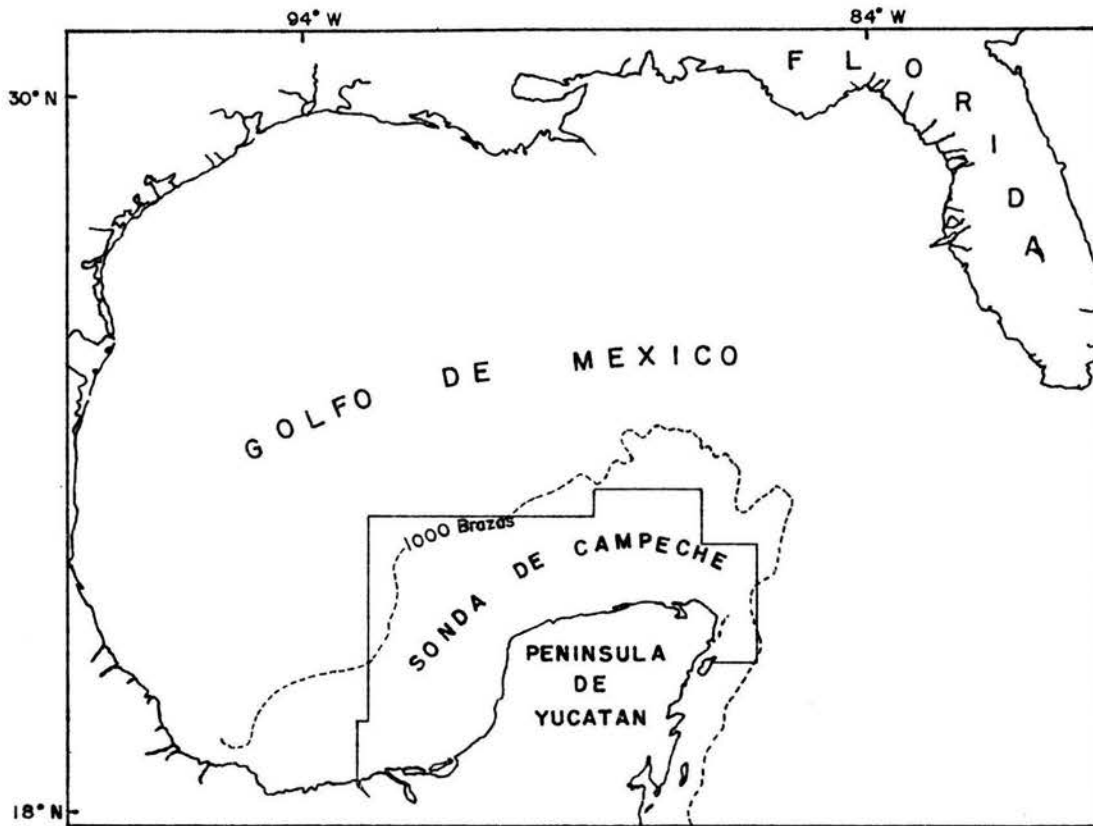
ANEXO 2 ANALISIS DE POBLACION VIRTUAL

ANEXO 3 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

ANEXO 4 RELACION ADULTOS-RECLUTAS

ANEXO 5 CORRELACION CRUZADA

ANEXO 6 GLOSARIO



Golfo de México mostrando la Sonda de Campeche.

I INTRODUCCION

I.1 Recurso Natural Renovable.

Uno de los mayores desafíos que afronta la ciencia pesquera es el conocimiento del comportamiento de los recursos naturales **renovables**, el cual está íntimamente ligado a lo que se conoce como la biología del recurso. Esto involucra no solamente la biología del organismo sino la biología de su población.

El conocer el comportamiento del recurso, lo cual es una tarea formidable, permite determinar en todo momento, cuanto puede ser extraído sin afectar su propia existencia. Esta información es básica para las autoridades que deben legislar sobre su uso; sin ella se corre el peligro de sobreexplotar y la posible desaparición de la población como recurso, o en caso contrario, la subutilización del mismo.

La estrategia básica que la biología pesquera aplica para este tipo de estudios es la metodología de la "Dinámica de Poblaciones". Su objetivo final es el diseño de un modelo matemático que permita simular el comportamiento del recurso y su explotación. La formulación de este modelo matemático es una actividad muy compleja, particularmente en un recurso natural renovable. El número de variables involucradas y la interacción entre las mismas es de tal naturaleza y complejidad, que requiere de una actividad científica sofisticada y multidisciplinaria para conseguir al menos una aproximación aceptable del modelo.

En el caso de un recurso natural renovable terrestre es posible diseñar y monitorear todo los procesos relacionados con la explotación en forma adecuada, observando directamente todos los aspectos del mismo. De este modo el número de suposiciones se reduce notablemente y los resultados son mucho más precisos. En el caso del recurso pesquero, la situación es totalmente distinta; lo fundamental es que no podemos ver al recurso sino cuando llega a la cubierta del buque pesquero. ¿Dónde está el recurso?, ¿Cuál es su población?. La muestra inicial de dicha población la constituyen las capturas que realizan los pescadores. La composición de las capturas ¿es representativa de dicha población?. Estas son algunas de las dudas que no se pueden resolver y que obligan a adoptar una serie de suposiciones que limita la exactitud del modelo. Esta característica o dificultad en la investigación se aplica al resto de las disciplinas acuáticas y en particular a las ciencias marinas. //

(En tal sentido conviene destacar que los camarones peneidos representan los recursos halieúticos más rentables del mundo. Su precio es muy elevado y la fuerte demanda que existe sobre los mercados de los países ricos (EE.UU., Japón, Europa) representa un formidable incentivo para el desarrollo de las pesquerías y del propio cultivo de estas especies. Muchos países en desarrollo desean obtener de este recurso los medios (en divisas) que necesitan, y así se reúnen todas las condiciones para que, en ausencia de medidas de control, el esfuerzo de pesca alcance niveles demasiado elevados que conducen a una sobreinversión, unos costos de producción excesivos, una rentabilidad nula y quizás una reducción global del valor de las capturas.)

La explotación de los camarones peneidos costeros de la zona intertropical es una actividad muy antigua. Tradicionalmente explotados por la pesca artesanal de numerosos países (México, Senegal, India, etc.) los camarones han tenido que soportar, desde principios de los cincuenta, un enorme incremento de la explotación debido al desarrollo de una pesca industrial más y más perfeccionada y especializada. (García, et al, 1987)

La ordenación o manejo racional de este tipo de pesquerías desde sus primeras fases es por lo tanto un factor importante para un desarrollo armónico y una rentabilidad óptima.

I.2 Biología y Ciclo de Vida.

García, (1987) realizó una amplia revisión sobre éste aspecto.

Los camarones peneidos costeros se encuentran en zonas intertropicales y subtropicales. Viven la mayor parte del tiempo en áreas influenciadas por deltas, estuarios o lagunas sobre fondos que son generalmente fangosos o fango arenosos, ricos en materia orgánica. Una parte del ciclo vital tiene lugar en aguas más o menos salobres.

Las hembras ponen huevos demersales. Estos huevos dan lugar a larvas denominadas nauplio de vida planctónica. El desarrollo larvario ha sido descrito para muchas especies, pertenecientes en su mayor parte al género Penaeus. Parece ser que, en general este progresa a lo largo de 11 estadios sucesivos: 5 fases **nauplio**, 3 fases **protozoa**, 3 fases **mysis**. La última **mysis** sufre una muda y da lugar a una **postlarva**. Aunque mide unos pocos milímetros, la postlarva tiene ya la apariencia general del adulto. La postlarva pasará por diversos estadios planctónicos y semibentónicos y una vez completada su formación, se dice que el camarón es un **juvenil** el cual es totalmente bentónico. El estado de **adulto** se alcanza cuando el camarón es capaz de reproducirse. El crecimiento se efectúa a través de mudas (esto no es un proceso continuo en el individuo), desde las primeras etapas larvarias; varía de 30 a 60 mm/mes durante la fase juvenil (longitud total) y disminuye posteriormente con la edad. Los procesos involucrados en el crecimiento son afectados por la densidad de la población y la temperatura ambiente.

La fisiología de los camarones se modifica a lo largo de su desarrollo, evolucionando en particular, sus facultades de osmoregulación; estos conceptos estan ligados al hecho de que los camarones emigran a lo largo de su vida a través de diversos biotopos, que esencialmente se les puede caracterizar por su gradiente de salinidad.

Esquemáticamente, el ciclo de vida es como sigue: la reproducción y el desove tienen lugar en el mar, las larvas y primeras postlarvas son planctónicas y penetran en estuarios y lagunas, o se aproximan a la costa por acción del viento y/o las corrientes. Las postlarvas se vuelven bentónicas y se desarrollan los juveniles y en algunos casos

hasta preadultos. Los camarones regresan al mar cuando alcanzan una talla de unos diez centímetros y maduran sexualmente.

Los camarones no emigran solo a lo largo de un eje litoral-oceánico; las exigencias ligadas a la naturaleza del fondo, a la riqueza trófica del medio y a la hidrología, pueden obligar a los camarones a moverse a lo largo de la costa.

Con respecto a cada etapa del ciclo, las migraciones generalmente representan a: a) el ritmo nictimeral (día y noche) que relacionan de manera inversa la ubicación y abundancia de las larvas en la columna de agua con la iluminación (más abundante de noche), b) el ritmo lunar en el cual se aprecia un aumento en la abundancia de larvas durante la luna nueva, c) el ritmo mareal que muestra que las capturas en lagunas costeras son más abundantes durante la pleamar y d) el ritmo estacional que refleja la acción de los factores ambientales sobre el ciclo de vida, especialmente los eventos relacionados con la reproducción.

La abundancia de las postlarvas en los estuarios es el resultado de los mecanismos de reproducción y de transporte por las corrientes durante un período en el que la sobrevivencia depende probablemente de las condiciones ambientales, aunque en general hay una tendencia a considerar, que la variación de la reproducción es la única fuente de oscilaciones estacionales.

La acción de los factores ambientales sobre la migración larvaria se refleja en la variación del tamaño de las postlarvas en el momento de la migración hacia la costa y esta positivamente relacionada con la abundancia del fitoplancton en el mar y negativamente con respecto a la temperatura.

Después de su entrada a los estuarios o lagunas, las postlarvas se concentran en las zonas de poca profundidad, su distribución es muy heterogénea; y desde hace tiempo se ha considerado a la salinidad como un factor importante de esta distribución. Es probable que las corrientes de mareas jueguen un papel en la definición de los límites de la distribución. Dentro de estos límites la abundancia está ligada a otros factores, especialmente los tróficos.

Aunque la reproducción es continua en los peneidos, se puede apreciar en general una clara fluctuación estacional que puede ser asociada a la abundancia de hembras o con postlarvas, con una anterioridad de 2 a 3 meses. La talla media de los camarones migratorios sigue igualmente una variación estacional. Es muy probable que la talla de migración sea resultado de las complejas condiciones tróficas y térmicas durante el crecimiento, así como la duración de la permanencia, que al final del crecimiento, puede ser abreviado por condiciones desfavorables (descenso de salinidad, bajas temperaturas).

En cuanto a los subadultos y adultos en el mar su distribución está asociada a las condiciones ambientales. Las fuertes concentraciones se encuentran sobre sedimentos blandos con un contenido de partículas y materia orgánica variable. La distribución de los individuos en un área determinada puede considerarse algunas veces homogénea y muchos autores admiten de hecho la ausencia de comportamiento de

banco, aunque en ciertos casos ha sido demostrado que su aptitud para agruparse en banco podría variar estacionalmente.

I.3 El Habitat. La Sonda de Campeche.

La zona de esta investigación es el sudoeste del Golfo de México más concretamente la plataforma continental de la Península de Yucatán, que en este caso particular tiene una denominación concreta conocida como el Banco de Campeche.

Este Banco esta constituido por roca de caliza similar a la de la Península, tiene una muy suave pendiente y se extiende sin ningún accidente topográfico hasta su unión con el talud continental donde su pendiente aumenta notablemente hacia las profundidades oceánicas. La única variante a esa planicie submarina la constituye el afloramiento de cayos coralinos como son Cayo Arcas, Triángulo y otros. El tipo de fondo es rocoso con un manto de material fino de origen orgánico, producto de la erosión de la caliza. (Cartas Náuticas S.M. 701 y S.M. 800 de la Secretaria de Marina; Uchupi, 1973)

El litoral es una línea de costa suave donde se encuentran numerosas lagunas costeras salobres que son las regiones de cría del camarón. A lo largo del tiempo geológico los típicos procesos costeros han formado por deposición una "isla de barrera continua" que forma el litoral exterior de las lagunas y cuyo material principal es arena y limo orgánico (caliza no consolidada). Estas lagunas están conectadas con el mar a través de aberturas en la isla de barrera.

Con la excepción de la Laguna de Términos no existen ríos que descarguen en esas lagunas y el aporte de agua dulce es de origen subterráneo, a través del manto freático y por ojos de agua. (Lankford, 1977)

El paisaje terrestre de estas lagunas se caracteriza por la presencia de una frondosa vegetación de distintos tipos de mangle. Las lagunas son muy someras (rara vez la profundidad supera los 5 metros) y la circulación del agua es muy débil, lo que hace que la mayoría de estos cuerpos de agua sean cuencas de evaporación (la salinidad es mayor que la del agua de mar adyacente). Esta débil circulación previene una activa turbulencia en la columna de agua y es así que se encuentran zonas casi anaeróbicas en muchas partes de las lagunas. La poca amplitud de las mareas (menor de 50 cm) y la baja energía del régimen de olas hace que se considere a todo este litoral como una región donde los típicos procesos costeros (corrientes costeras, deposición y erosión) sean de muy poca magnitud. Ello explica la tranquilidad oceanográfica de las lagunas. (Capurro, comunicación personal)

El clima de la región es el típico tropical. Se caracteriza por una uniformidad en sus elementos atmosféricos y oceanográficos con variaciones en los mismos producidos por una época de lluvias (junio-noviembre) y una época de sequía (diciembre-mayo). Durante los meses de diciembre a marzo ocurren los "nortes" que son fuertes vientos provenientes del norte del continente americano y que alteran las

condiciones oceanográficas de las lagunas y en menor grado la del litoral marítimo adyacente. Desde junio a diciembre es la época de huracanes con mayor frecuencia en septiembre. La onda de tormenta (creciente del mar generada por el huracán) producida por los huracanes que penetran en el Golfo de México, no llega a un metro, salvo en el caso que el meteoro atravesase la península en cuyo caso el nivel del mar puede subir a más de 4 metros. (Capurro, comunicación personal)

La monotonía del clima atmosférico y oceanográfico tropical es afectado por las lluvias y las sequías. En el mar abierto las variaciones son insignificantes, mientras que en las lagunas la salinidad del agua varía por el incremento del aporte de agua dulce a través de las aguas subterráneas. Como no existen ríos que permitan cuantificar el volumen de agua dulce, la estimación de la misma se hace en forma indirecta midiendo la variación de la salinidad en la laguna (en realidad los estuarios y lagunas costeras son caracterizados por el gradiente de salinidad). Durante la sequía el problema se revierte y la salinidad aumenta por procesos de evaporación.

La productividad de estas lagunas costeras es alta ya que a diferencia del mar abierto donde el fitoplancton constituye la fuente principal de materia orgánica, la contribución de la vegetación costera y bacteriana aumenta notablemente el rendimiento de la cadena trófica.

La laguna mejor estudiada en la región es la Laguna de Términos donde la UNAM ha realizado estudios por mucho tiempo. Las lagunas de la Península de Yucatán están siendo objeto de estudios similares por las instituciones académicas de la región como es el caso en las lagunas de Celestun, Chelem (Progreso) y Rio Lagartos.

Las actividades humanas en el litoral de la Península son la pesca artesanal dentro y fuera de las lagunas, la producción de sal por evaporación, y producción de harina de pescado.

A fin de facilitar las actividades de la flota pesquera artesanal, la Secretaría de Pesca ha estado construyendo puertos de abrigo en varios lugares. Ello implica el abrir accesos al mar y la remoción de sedimentos marinos por dragado; no se conoce sus implicaciones ecológicas. (Capurro, comunicación personal)

El interés en describir el habitat reside en mostrar las variaciones ambientales que pueden afectar a la pesquería del camarón tanto en las lagunas (región de cría) como en el mar abierto (región de adultos y reproducción).

I.4 Los Sistemas de Explotación.

La razón de incluir este tópico es debido al hecho de que usamos para este trabajo datos provenientes de los mismos pescadores que explotan al recurso en forma artesanal y/o industrial. En realidad la muestra directa de la población la constituyen las mismas capturas, y el biólogo pesquero deberá conocer en consecuencia tanto las operaciones de captura como su manejo a bordo y en planta para obtener diseños

muestrales adecuados y representativos de la población en el mar. Es entonces muy conveniente conocer la naturaleza de la pesquería y los sistemas de explotación para tener una idea de la bondad de los datos.

Los camarones peneidos costeros son generalmente explotados en dos fases de su ciclo vital: durante la fase juvenil se pesca en estuarios de una forma más o menos artesanal, normalmente sin ajustarse a un control real. En su estado adulto se explotan a escala industrial por la pesquería de arrastre que captura tantos inmaduros como adultos. Estos dos tipos de explotación se efectúan secuencialmente y teóricamente existen interacciones entre los dos, la pesca artesanal influye sobre el stock de adultos al reducir la contribución de juveniles. La captura de los adultos puede teóricamente influir sobre la producción de juveniles si la explotación llega a un nivel tal que el potencial de renovación del stock disminuye. Hay antecedentes que la disminución en los Stocks de camarones entre Irán y Arabia Saudita fué atribuida a sobrepesca de reclutas.

Existen varias artes de pesca para la pesca artesanal, pero cualquiera que sea el arte utilizado, las capturas están generalmente compuestas de juveniles de pequeña talla que pueden o no haber terminado su fase estuarina. No obstante, bajo ciertas condiciones pueden persistir en las zonas de estuarios hasta una edad avanzada.

La pesca industrial se ha expandido rápidamente a partir de los años 1950 en el Golfo de México y de los años 1960 en el resto del mundo tropical. (García, 1987)

Los datos de la pesca profesional provee dos tipos de información, por un lado, las estadísticas de pesca (captura y esfuerzo) y por la otra, los datos biológicos (sexos, dimensiones, edad, estado sexual, etc.). La toma de datos estadísticos, que permite controlar simultáneamente la evolución de la población y la del sistema de explotación, es uno de los aspectos esenciales del estudio de las poblaciones explotadas. Por razones prácticas se distinguen dos tipos principales de explotación de camarones: la pesca de arrastre industrial sobre los adultos y la pesca artesanal sobre los juveniles.

Las fuentes de información son varias tales como: a) Los ficheros, b) los registros de movimientos, c) las hojas de encuestas, d) los registros de captura e) los cuadernos de pesca. Estas diversas fuentes proporcionan los datos de base para evaluar el esfuerzo total aplicado y la captura realizada.

Las fuentes de datos en la pesquería artesanal dependen del nivel de organización del sistema, que en general es complicado por el hecho de que los puntos de descarga son numerosos y están dispersos.

El muestreo de los desembarcos representa un problema estadístico que se puede resolver por las técnicas habituales. El objetivo esencial de este muestreo es estimar la composición en tallas. Cuando se utilizan las estadísticas de producción de las fábricas, no se dispone evidentemente del sexo y siendo los machos más pequeños que las hembras, estas son más numerosas en las categorías pequeñas que en las grandes.

Las conclusiones que podemos sacar son las siguientes:
la disponibilidad de estadísticas confiables es una de las condiciones esenciales para la puesta en aplicación de modalidades de ordenación racional de los recursos. Estas estadísticas podrán ser obtenidas:

- i) si se dispone de un sistema permanente de acopio de datos en los puntos de desembarco, en cuya concepción deberán estar asociados estrechamente los investigadores como usuarios del recurso.
- ii) si se respeta escrupulosamente la regla del secreto profesional y si se ha acordado que las estadísticas permanecen anónimas y no serán utilizadas con fines fiscales.
- iii) si se intercambia un mínimo de información.

I.5 El Problema

Se ha dicho anteriormente que el objetivo final del estudio del comportamiento de un recurso era el diseño de un modelo matemático de simulación que permitirá conocer en todo instante el estado del recurso, en este caso el del camarón. Ahora bien, en cuanto al uso efectivo de este tipo de modelos para el aprovechamiento del recurso, dependerá esencialmente de los objetivos y metas de la ordenación pesquera.

Existen muchos métodos disponibles para la ordenación de recursos de peneidos; sin embargo, considerar que uno sea aplicable dependerá de los conocimientos disponibles, de las limitaciones socio-económicas y de los objetivos particulares que se persiguen.

En general, los modelos matemáticos utilizados se basan en distintas suposiciones, pero tienen en común la necesidad de cierta información básica. Si están disponibles los datos necesarios (mortalidad natural y por pesca, constantes o en función de la edad, crecimiento, talla de reclutamiento y selectividad) se puede calcular la evolución del rendimiento en la población como consecuencia de la mortalidad por pesca. Así se puede obtener los medios para predecir las consecuencias de una regulación de la pesquería, por medio de la variación del esfuerzo, reglamentación de mallas, establecimiento de temporadas y zonas de veda, etc.

El objetivo de este estudio apunta hacia el conocimiento del **reclutamiento**. Desde el punto de vista pesquero el proceso por el cual un grupo de organismos de cierta edad se integra por primera vez a la porción de la población explotable se conoce como reclutamiento. Este es un suceso más o menos progresivo que está en función de la edad (o tamaño). Aunque existe mucha información sobre la biología de los peneidos, hay un dominio en el que nuestra ignorancia es destacable: el reclutamiento. Si bien actualmente esta bien descrita la emigración desde los estuarios hacia las zonas de reproducción donde se efectúa la explotación industrial, el

mecanismo de entrada de individuos hacia la fase de explotación es poca conocida. Esto es difícil de analizar en muchos tipos de pesquerías, donde el reclutamiento varía mucho según el arte empleado, y curiosamente está poco documentado en pesquerías industriales de arrastre, donde los estudios de selectividad son poco numerosos y las curvas de selectividad son aún más escasas. Esta área de investigación ha sido aún menos abordada en lo que se refiere a la relación población-reclutamiento. Este aspecto es el menos conocido de la dinámica de los peneidos.

La producción anual de una pesquería de camarones y muchas otras, depende casi enteramente de la magnitud del reclutamiento; ésto muestra la importancia de éste tema.

En su concepción biológica más amplia, el reclutamiento se refiere a la reposición de los individuos a la población como consecuencia de la reproducción. Los modelos generales que se han diseñado para describir la relación entre los adultos (potencial reproductivo) y los nuevos individuos que se incorporan a la población como consecuencia de la reproducción (reclutas) contemplan en esencia el fenómeno global del reclutamiento así como las posibles interacciones que se generan entre los diferentes componentes de la población y con el medio ambiente, generalmente reflejado a través de sus consecuencias en la sobrevivencia.

Por los requerimientos de las grandes industrias pesqueras las investigaciones sobre tópicos asociados al reclutamiento estuvieron enfocados principalmente a las consecuencias de la reproducción sobre los efectos originados por la pesca, de tal forma que de su conocimiento detallado pudieran tomarse decisiones sobre la forma de orientar la magnitud de la explotación. De esta forma los modelos generalizados de la relación parentela-progenie (Richer; Beverton y Holt y Cushing) existentes, parten de la hipótesis que la reposición de individuos a la población es consecuencia del éxito del ciclo de reproducción anterior, de tal suerte que en su concepción y aplicación deben hacer uso de datos e información con estas características, lo cual implica considerar una temporalidad anual entre, los datos anuales.

Los requerimientos de información de éstos tópicos por parte de los administradores pesqueros, han enfatizado la importancia del conocimiento de los eventos poblacionales que se desarrollan a corto plazo (períodos interanuales) y de manera muy particular para aquellas poblaciones de corta longevidad donde su abundancia puede verse fuertemente modulada tanto por la explotación como por el efecto del medio ambiente (estacionalidad).

Sintetizando, el problema a resolver es el de determinar la modalidad del reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche contando solamente con tres años de datos.

II ANTECEDENTES

Los trabajos de investigación realizados en torno al camarón rosado Penaeus duorarum duorarum, de la Sonda de Campeche son escasos y aún aislados. La mayoría de ellos se reducen a informes técnicos, trabajos de divulgación y tesis profesionales. En forma general se encontraron los siguientes trabajos:

En 1975, bajo un convenio de cooperación científico- técnico entre México y Cuba, se publica el primer informe de tipo pesquero sobre camarón del Banco o Sonda de Campeche, donde se establecen patrones de migración en juveniles y reproductores, estadíos de maduración, distribución, abundancia y áreas de alto rendimiento pesquero. En forma similar, Coyula, (1978) realiza una evaluación de la pesquería del camarón rosado del Banco de Campeche. Navarrete del Proo, (1979) presenta una evaluación de la población con tres modelos matemáticos del camarón desembarcado en el puerto de Campeche. Arreguín-Sánchez y Chávez (1985) realizaron una evaluación y diagnóstico sobre las pesquerías de camarón en el Golfo de México. Sánchez, (1986) realizó la diagnóstico de la pesquería del camarón de Ciudad del Carmen, Campeche empleando un enfoque multiespecífico con modelos de producción excedente. Gracia, et al (1986) estimó el tamaño de la población, crecimiento y mortalidad de los juveniles de Penaeus setiferus en la Laguna Chacahito, Campeche. García y Le Reste (1987) efectuaron una recopilación sobre los principales aspectos de la biología, dinámica y explotación de los camarones peneidos. Guzmán (1987) hace un análisis biológico-pesquero sobre la dinámica poblacional de camarón rosado del Banco de Campeche.

Con lo que respecta al reclutamiento los trabajos han sido pocos y los autores que han realizado trabajos sobre este aspecto son: García,(1977), informa de manera aproximada la edad de reclutamiento de Penaeus duorarum en Costa de Marfil. Bakun y Parrish (1981) tratan de ajustar la relación población-reclutamiento con los modelos existentes de parentela-progenie en los peneidos. Arreguín-Sánchez, et al. (1988) estudiaron un Modelo de Reclutamiento para la pesquería del camarón café P. aztecus del Noreste del Golfo de México.

III OBJETIVO

Dentro de las consideraciones generales efectuadas anteriormente, se decidió encarar el estudio tendiente a conocer la dinámica de los procesos interanuales del reclutamiento del camarón rosado Penaeus duorarum duorarum, lo cual eventualmente llevará a formular un modelo de reclutamiento que describa estos procesos y que tome en consideración tanto la explotación como el efecto de algunas de las variaciones medioambientales que pueden influir de alguna manera importante en el ciclo de vida de esta especie, y esencialmente durante los primeros estadios de su desarrollo. El área geográfica que se considera es el Sudoeste del Golfo de México, específicamente la Sonda de Campeche.

El objetivo a largo plazo requiere de un intervalo de tiempo considerable para que el modelo de simulación sea confiable. El simple hecho de que en el reclutamiento estemos buscando períodos anuales, nos condiciona desde sus comienzos la duración de la serie temporal más o menos larga para que los resultados reflejen el comportamiento del reclutamiento anualmente.

En el presente estudio se pretende contribuir al conocimiento de los cambios poblacionales asociados al reclutamiento en períodos interanuales de la población del camarón rosado Penaeus duorarum duorarum para lo cual se utilizará información de captura mensual del período 1975 a 1977.

Las metas esperadas a partir de este objetivo son:

- 1) Discutir los cambios del reclutamiento en períodos interanuales y las variables ambientales asociadas a este proceso biológico.
- 2) Reconstruir esquemáticamente el ciclo vital de la especie con base en los cambios estacionales de reclutamiento y la asociación de variables ambientales incorporando los posibles tiempos de residencia en las principales etapas de vida.

IV MATERIAL Y METODOS

IV.1 Hipótesis.

Investigar la modalidad del reclutamiento del camarón implica que debemos analizar cuidadosamente la biología, en particular su ciclo de vida y comportamiento, para formular la o las hipótesis que nos ayude a comprender el problema.

Si la reposición de individuos a la población depende del éxito del ciclo de reproducción, se puede suponer que la magnitud del reclutamiento sea una función directa de la abundancia de adultos. Sin embargo la incorporación de reclutas a la población aumenta notablemente la demanda de recursos alimentarios. En consecuencia es de esperar una saturación en la población y una disminución de la cantidad de reclutas como consecuencia de la densidad de la población; o bien en condiciones opuestas, el fenómeno tiende a invertirse, originando una alta densidad de reclutas debido a una baja densidad de la población adulta.

Si bien las condiciones ambientales oceánicas en regiones tropicales y subtropicales son muy monótonas, la conclusión lógica sería suponer que el medio ambiente no ejerce acción en la población. Esto puede ser tal vez más aplicable a la población adulta, que comienza y termina su vida en el mar. La complicada biología de los peneidos incluye que pasen gran parte de su vida previa al reclutamiento en ambientes costeros y lagunares. En estos ambientes la salinidad varía por los aportes de agua dulce (precipitación, descarga de ríos o aguas subterráneas), la temperatura del agua cambia asociada a la baja profundidad en cuerpos de agua con poca circulación, la turbidez se ve influenciada por la remoción de sedimentos ya sea debido a las actividades humanas o a fuertes perturbaciones atmosféricas (huracanes y tormentas) y un aporte de nutrientes provenientes de los ecosistemas adyacentes. Es por lo tanto posible considerar que la combinación de todas o parte de esas variables ambientales, generen un fuerte impacto en el reclutamiento.

Conviene destacar nuevamente aquí que el clima en la Sonda de Campeche se caracteriza por una época de lluvias (junio a diciembre), una época de sequías (enero a mayo) y una época de fuertes vientos del Norte (diciembre a marzo) y huracanes eventuales (junio a noviembre). Estos cambios climáticos afectan al ambiente donde se cría el camarón.

Como un intento para estimar la magnitud del reclutamiento en períodos cortos de tiempo (interanuales) pueden plantearse diversas hipótesis. Quizá la más sencilla de poner a prueba es suponer que el reclutamiento interanual presenta una Distribución Normal a lo largo de un período. (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1988)

La suposición inicial es:

$$R_{(t+tr)} = f(A_t) \quad (1)$$

A_t es la población adulta en el tiempo t y $R_{(t+t_r)}$ corresponde a los reclutas generados por A_t después del tiempo $(t + t_r)$ siendo t_r la edad de reclutamiento. De acuerdo a la ecuación (1), se supone que los reclutas al tiempo $(t + t_r)$ son función directa de la población actual.

Esta ecuación (1) puede tomar distintas formas:

Caso 1. Distribución Normal del reclutamiento con una moda y ausencia de efectos dependientes de la densidad de población o sea:

a) Un Máximo de Adultos incorporarán un número de Reclutas Máximo.

La ecuación (1) sería en este caso:

$$R_{(t+t_r)} = \alpha + \beta A_t \quad (2)$$

donde β será un estimador de la tasa de reclutamiento (r)

$$\beta = r \approx \frac{R_{(t+t_r)}}{A_t} \quad (3)$$

Walter (1978) menciona una forma similar con un estimador general de la tasa de reclutamiento.

$$r = \ln((R / A) + 1) \quad (4)$$

La ecuación (2) expresada gráficamente corresponderá a una línea recta con pendiente positiva donde la distancia del punto modal al origen (en el diagrama de $R_{(t+t_r)}$ vs A_t) será una estimación de 1.5σ (donde σ = desviación estandar). En consecuencia el comportamiento de la distribución responderá a una curva normal $N(\mu, \sigma^2)$, siendo $\mu = R_{\max}$; y el área bajo la curva será una estimación de la magnitud del reclutamiento (que puede obtenerse global, para todo el año, o por períodos de tiempo menores al año, mediante integración parcial).

b) Un Máximo de Adultos incorporarán un mínimo de Reclutas.

En este caso se hacen sentir los efectos de la densidad de población. De hecho esta situación es la composición opuesta a la indicada en el inciso (a). La ecuación sería descrita por una relación lineal inversa entre reclutas y adultos de tal forma que la ecuación sería análoga a la ecuación (2) con pendiente negativa

Caso 2. Distribución normal del reclutamiento con dos modas en el año.

En este caso se trata de un patrón bimodal que puede presentar, como en el caso anterior efectos dependientes o independientes de la densidad de población. (Arreguin-Sanchez et al., 1988)

$$R_{(t+tr)1} = \alpha_1 + \beta_1 A_t \quad (5a)$$

$$R_{(t+tr)2} = \alpha_2 + \beta_2 A_t \quad (5b)$$

donde β_1 y β_2 son las tasas de reclutamiento correspondientes a cada período. De la misma manera que para el Caso 1, los parámetros que describen la normal $N(\mu, \sigma^2)$ podrían ser estimados para cada moda, y de su integración restando el nivel de superposición entre ellos podrá obtenerse una estimación de la magnitud del reclutamiento (consideración similar es hecha para ambos casos dependientes de la densidad de población).

Es obvio que se podrán presentar situaciones intermedias dentro de cada caso descrito por los incisos a y b, esto es, donde no hay ausencia o presencia total de fenómenos dependientes o independientes de la densidad de población. En estos casos el procedimiento será similar a los descritos anteriormente (según corresponda) donde el signo de la pendiente indicará cual es el efecto predominante.

Caso 3. Distribución probabilística de los valores observados de la relación $R_{(t+tr)}$ vs A_t .

En un caso de esta naturaleza se plantea la hipótesis de que hay otro tipo de variables que están influenciando de manera importante a la estacionalidad del reclutamiento. En este caso, la contribución de un modelo que involucre variables ambientales podría ayudar a explicar la variabilidad observada. En este tipo de problemas se podrían utilizar técnicas estadísticas como la regresión múltiple o correlación cruzada de series temporales para describir el fenómeno. En una forma generalizada esto podría ser representado de la siguiente forma:

$$R_{(t+tr)} = \beta_0 + \beta_1 A_t + \beta_2 X_1 + \dots + \beta_n X_n \quad (6)$$

Donde $X_1 \dots X_n$ corresponden a las variables de las cuales podría depender de alguna manera el reclutamiento asociado a este por sus respectivos coeficientes de proporcionalidad ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$). La naturaleza de estas variables podría ser de diversa índole, ya sea de variables abióticas (físicas y/o químicas) o bióticas (principalmente algún tipo de relación con otras poblaciones, predador-presa competencia, etc), e interactuar de manera lineal o no con el reclutamiento. (Arreguin-Sanchez, *et al.* 1988)

IV.2 Material.

El material disponible para someter a prueba la hipótesis planteada consistió en la siguiente información:

i) Datos de composición de la captura, esfuerzo de pesca, rendimientos, mortalidad (natural y por pesca), tasa de explotación y estructura por edades de la población para la pesquería del camarón rosado, Penaues duorarum duorarum en la Sonda de Campeche proveniente del Instituto Nacional de la Pesca tomando como base la actividad de la flota que operó en la zona durante el período 1975 a 1977 (Guzmán, 1987).

ii) Variables ambientales. Se colectó información mensual de la SARH para el medio ambiente costero de temperatura ambiental en grados centígrados, precipitación y vientos para el período de estudio del Edo. de Campeche.

iii) Carta Náutica de Secretaria de Marina SM 701 y SM 800.

IV.3 Metodología

La metodología que se aplicó para poder verificar la bondad de las hipótesis formuladas es la siguiente:

1. Los datos de captura en meses por edades (Anexo 1 tabla 1 y 2) son producto de la explotación comercial, es decir de la captura de los barcos camaroneros exclusivamente, sin ningún antecedente de prospección del recurso. Para disminuir el error en las estimaciones de las estructuras de la población y encontrar el tamaño poblacional se procedió con los siguientes pasos:

- a) Se eliminaron las edades de 9 a 15 meses, debido a la ausencia de datos en éstas. Esto redujo las clases de edad a 6 en lugar de las 13 reportadas en el trabajo de Guzmán. Se estima que no se introduce error en la estructura de la población por esta omisión.
- b) Se aplicó la técnica de Análisis de Población Virtual (APV)(Gulland, 1965; Pope, 1972) el cual efectúa una estimación del tamaño de la población y de la mortalidad por pesca (F) en cada edad independiente de las mediciones del esfuerzo de pesca (f). Los supuestos de este método y su técnica operativa figuran en el Anexo 2.

2. Para poder determinar la edad de reclutamiento, en función de su ingreso a la población adulta (aumento de la población) se efectuaron las siguientes operaciones:

- a) Análisis visual cualitativo de los datos sobre la cantidad mensual de camarones

por edad (estructura de la población). (Anexo 2, tabla 3 y 4)

- b) Cuantificación del análisis visual mencionado en (a) por medio del método de análisis multivariado conocido como Análisis de Componentes Principales (ACP) (Hotteling, 1933). Los supuestos del método y su técnica operativa aparecen en el Anexo 3.

3. Una vez determinada la edad de reclutamiento se procedió al estudio de la relación parentela-progenie de acuerdo a la estrategia clásica que se aplica en los modelos existentes en esta materia i.e., se construye la gráfica adultos versus reclutas y se determina por regresión el tipo de función que encaja en esa curva.

En la construcción de esta gráfica se consideró al vector reclutas como la suma de las edades 3 y 4 (meses) y al vector adultos como la suma de las edades 5, 6, 7, 8 (meses). De acuerdo a las edades de reclutamiento (3 y 4 meses) se asumió que la integración de reclutas a la pesquería ocurre cada tres meses, debido a que entre las dos edades de reclutamiento la edad de mayor incidencia fué la edad 3 (meses). Esto muestra el desfase que existe entre los adultos y reclutas dentro de su ciclo de vida. Por tal motivo, la información de esta relación se manejó con un desfase en meses de reclutas con respecto a los adultos para los tres años de estudio. De manera más explícita, los adultos presentes en el mes de enero tendrá una relación directa en la aparición de los reclutas presentes en el mes de abril. En base a ésta suposición se graficó el vector adultos vs. el vector reclutas de los tres años de estudio. (Figura 1)

4. De la gráfica de adultos-reclutas se determinaron los valores de las medias (μ_1, μ_2) y las respectivas desviaciones estandar (σ_1, σ_2). Con estos datos y asumiendo una distribución normal de la muestra $N(\mu, \sigma^2)$. Se graficó las curvas de dicha distribución normal alrededor de cada moda, lo que debe representar la estacionalidad del reclutamiento. (Figura 2)

5. La bimodalidad de la gráfica adultos-reclutas y la dispersión de sus puntos con respecto a los modelos clásicos de reclutamiento hacen pensar que además de la densidad-dependencia debe existir otro tipo de influencia, que afecta al reclutamiento como sería el caso de las variables ambientales y la modalidad de la explotación del recurso. Por tal motivo se trató de relacionar el reclutamiento a las siguientes variables por medio de series temporales: a) abundancia mensual de adultos; b) abundancia mensual de reclutas; c) variación mensual del esfuerzo de pesca; d) precipitación (que afecta la salinidad); e) temperatura del aire; f) viento (dirección e intensidad); g) mortalidad total de la población. (Figura 3)

6. Se aplicó el método estadístico multivariado de correlación cruzada entre las variables temporales mencionadas en el párrafo 3 y los reclutas (desfase y coeficiente de correlación) a fin de interpretar en términos de la temporalidad de los eventos biológicos de la población.

La metodología de correlación cruzada consistió en buscar el desfase entre las respectivas variables que correspondieron a la máxima correlación. Los supuestos del método y su técnica operativa aparece en el Anexo 5.

V RESULTADOS

De la aplicación del método de Análisis de la Población Virtual (APV) (Gulland, 1965), fué posible obtener una estimación del tamaño de la población por mes para cada año de estudio (a partir de mortalidad natural (M) = 4.5420 anual y una mortalidad por pesca terminal (F_T) = 0.24 mensual para 1975; M =4.8570 anual y una F_T = 0.55 mensual para 1976; M = 4.7859 anual y una F_T = 0.53 mensual para 1977) y de la mortalidad por pesca (F) en cada edad independientemente de las mediciones del esfuerzo de pesca (f) (Anexo 2 tabla 3 y 4).

El análisis visual de los datos de esta tabla 3 indicó que el aporte de reclutas a la población no se produce a una edad definida sino que cubre un intervalo que oscila entre las edades 3 y 4 (meses). Sin embargo en un trabajo biológico-pesquero como el presente es conveniente cuantificar este análisis cualitativo, por lo que se decidió aplicar el método de Análisis de Componentes Principales (ACP) (Hotteling, 1933), el que permite, a través de una técnica de regresión ponderar la contribución de cada edad en la población total. (Anexo 3)

La matriz utilizada en el análisis se estructuró a partir de las edades 3-8, que formaron las columnas y el tiempo en meses que formó los renglones. Los resultados obtenidos al aplicar el método de ACP son los siguientes.

	% de Varianza	% de Varianza Acum.
Comp1	66.47	66.47
(6) Comp2	19.97	86.44
Comp3	10.28	96.70

Las siguientes ecuaciones definen a cada uno de los componentes.

(7)

$$\text{Comp1} = 0.37t_3 + 0.40t_4 + 0.43t_5 + 0.43t_6 + 0.42t_7 + 0.36t_8$$

$$\text{Comp2} = -0.41t_3 - 0.49t_4 - 0.27t_5 + 0.21t_6 + 0.47t_7 + 0.49t_8$$

$$\text{Comp3} = 0.57t_3 + 0.03t_4 - 0.42t_5 - 0.51t_6 + 0.01t_7 + 0.48t_8$$

Rigurosamente hablando, el método ACP aplicado a 6 variables debe producir 6 componentes según los ejes de dichas variables: sin embargo es evidente que los tres primeros componentes absorben la casi totalidad de la varianza, razón por la cual no

se incluyen los otros tres.

La Figura 1 de adulto-recluta mostró la presencia de dos modas por año de estudio; para 1975, la primer moda fué en julio y la segunda en diciembre; para 1976, la primer moda fué en agosto y la segunda en diciembre; para 1977, solo se presentò una moda en julio y la segunda quizàs en diciembre, esta última no se pude asegurar por la falta de datos a causa del desfaseamiento en meses, que se realizó entre adultos y reclutas. (Anexo 4)

Se efectuó una regresión lineal para cada uno de las medias de cada año y se obtuvo los siguientes constantes de la ecuación:

$$(8) \quad R_1 = \alpha_1 + \beta_1 A_1 \quad y \quad R_2 = \alpha_2 + \beta_2 A_2$$

donde

β_1 y β_2 corresponde a la tasa de reclutamiento para cada media.

(9)

Constantes	1975	1976	1977
α_1	189.98	89.29	-98.23
β_1	-16.26	-3.65	8.10
r_1	0.92	0.88	0.84
α_2	-223.32	94.39	74.32
β_2	14.54	-0.20	0.86
r_2	0.99	0.44	0.94

La Figura 2 muestra la distribución normal probabilística del reclutamiento. Estas curvas fueron construidas alrededor de cada media con el valor de $\mu = R_{\max}$ y una desviación estandar 1.5σ igual a la distribución de la media al origen o al R_{\min} . El área bajo la curva representa una estimación de la magnitud del reclutamiento.

La Figura 3 muestra las series temporales de las variables mencionadas en la metodología. A partir de las series anteriores se observó que el efecto de cambios en el medio ambiente sobre la población no se refleja de manera evidente en el tiempo por lo que se recurrió a un método más fino como lo es la correlación cruzada. Este método se realizó con cada una de las variables ambientales, el esfuerzo de pesca y la mortalidad total sobre el reclutamiento (debido a que es la variable poblacional de mayor interés en este trabajo) considerando ciclos de doce meses. Los resultados obtenidos de la correlación cruzada permitieron encontrar el tiempo en el cual se produce la máxima correlación positiva o negativa entre las variables y el reclutamiento como se muestra abajo.

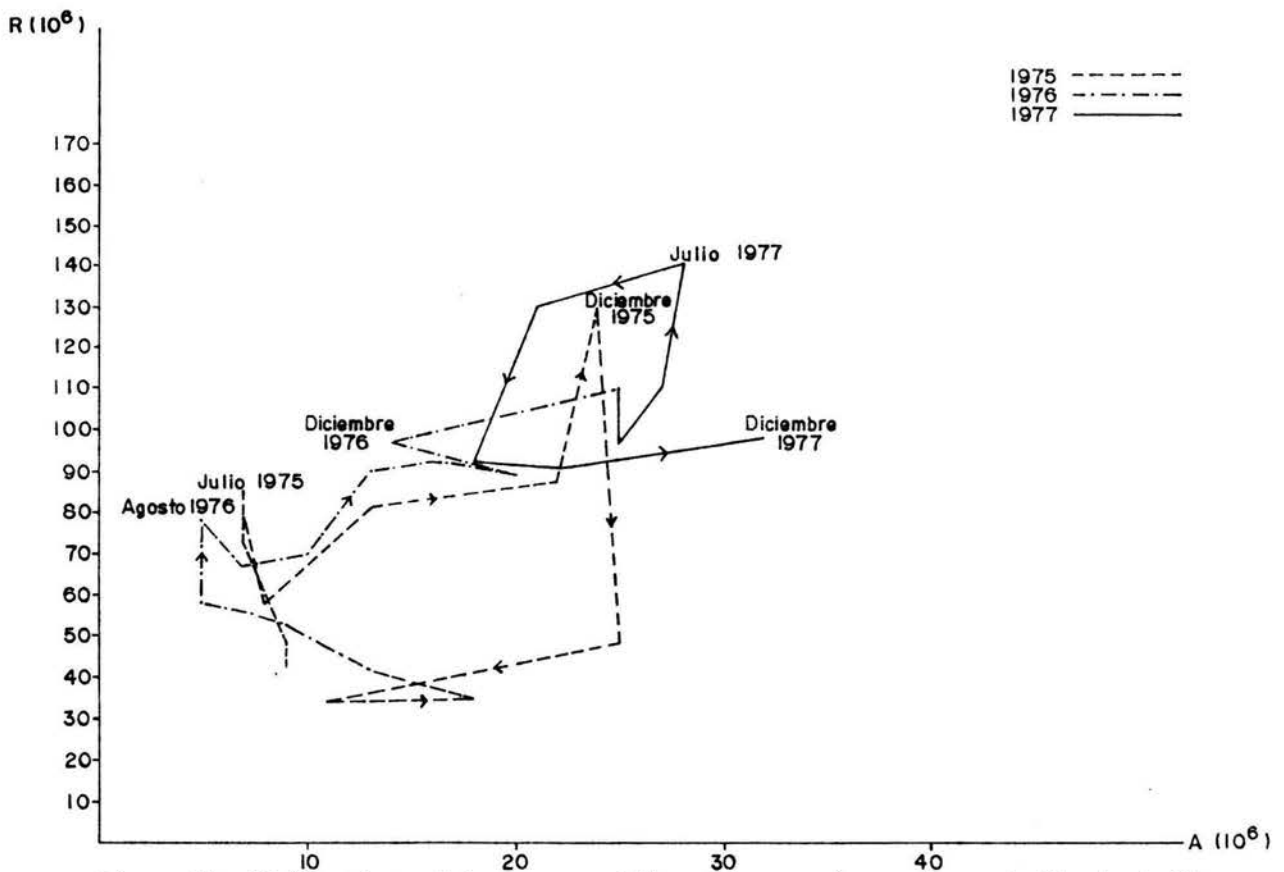


Figura 1A._Gráfica de reclutas versus adultos del camarón rosado en la Sonda de Campeche. Los datos figuran en la tabla 3 del anexo 2. Edad de los reclutas: 3 y 4 meses; Edad de los adultos: 5,6,7 y 8 meses. Años 1975, 1976 y 1977.

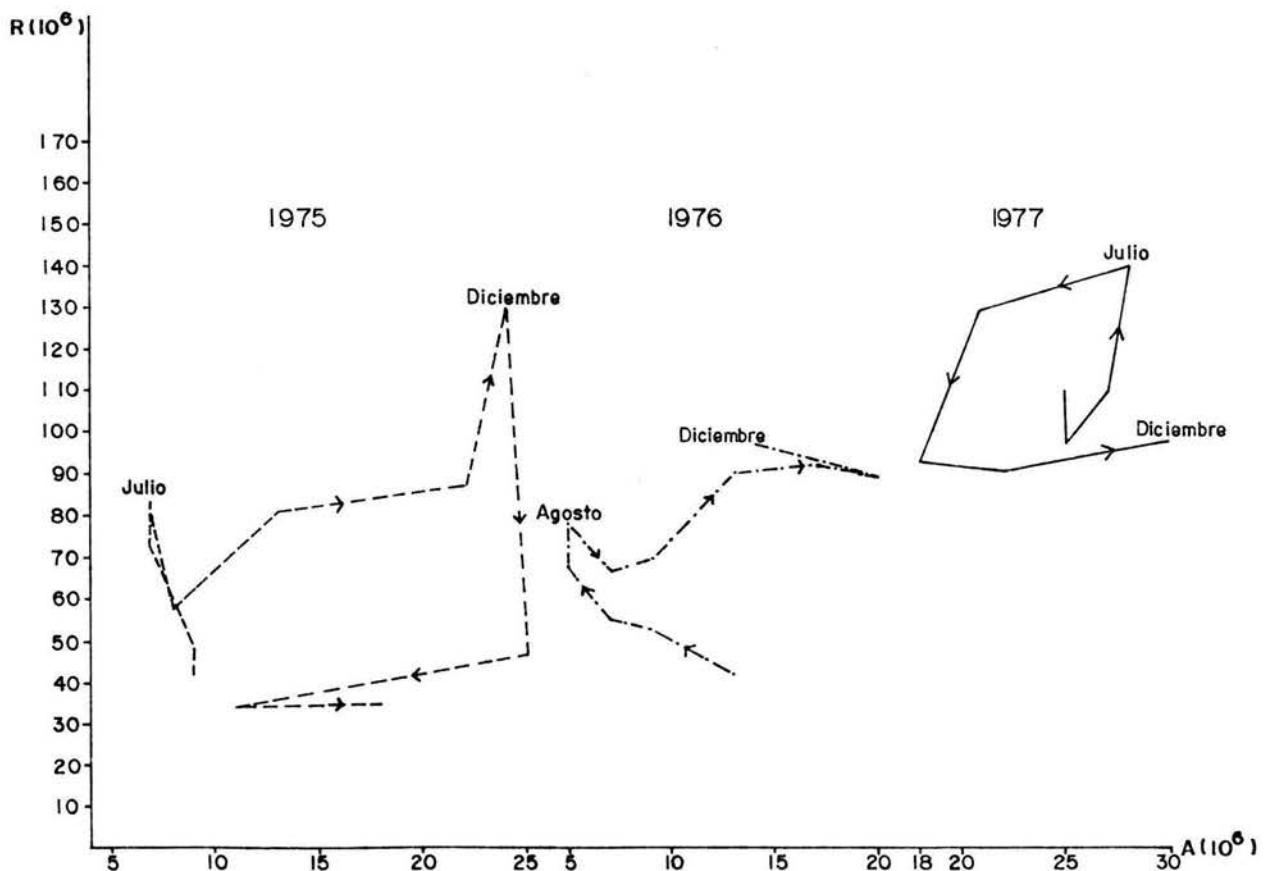


Figura 1B._Lo mismo que 1A pero separados por año.

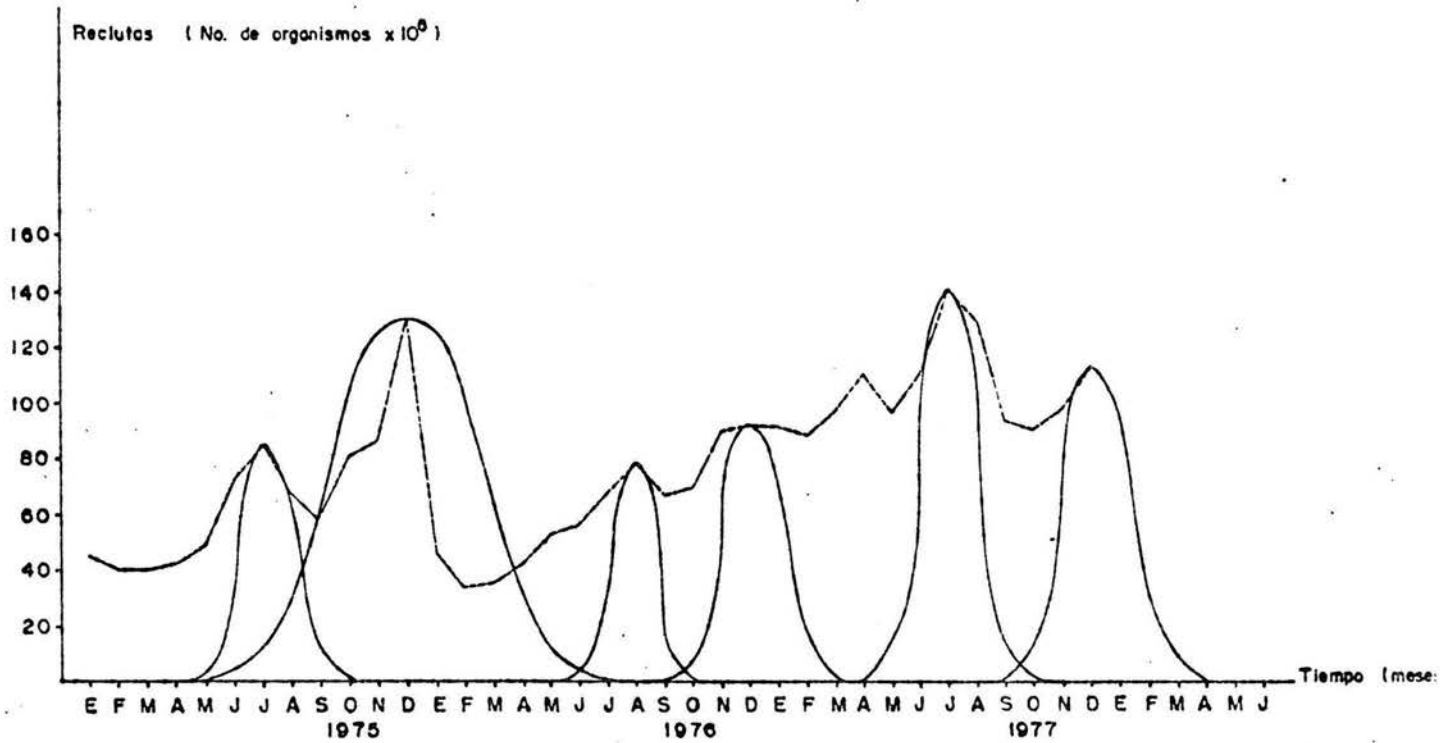


Figura 2.— Grafica de la Estacionalidad Probabilística del Reclutamiento, Reclutas versus Tiempo en meses —Años 1975, 1976 y 1977—. Esta gráfica se ha construido alrededor de las dos modas de la figura 1 asumiendo distribución normal de los reclutas $[N(\mu, \sigma^2)]$. ---- Valores reales observados.

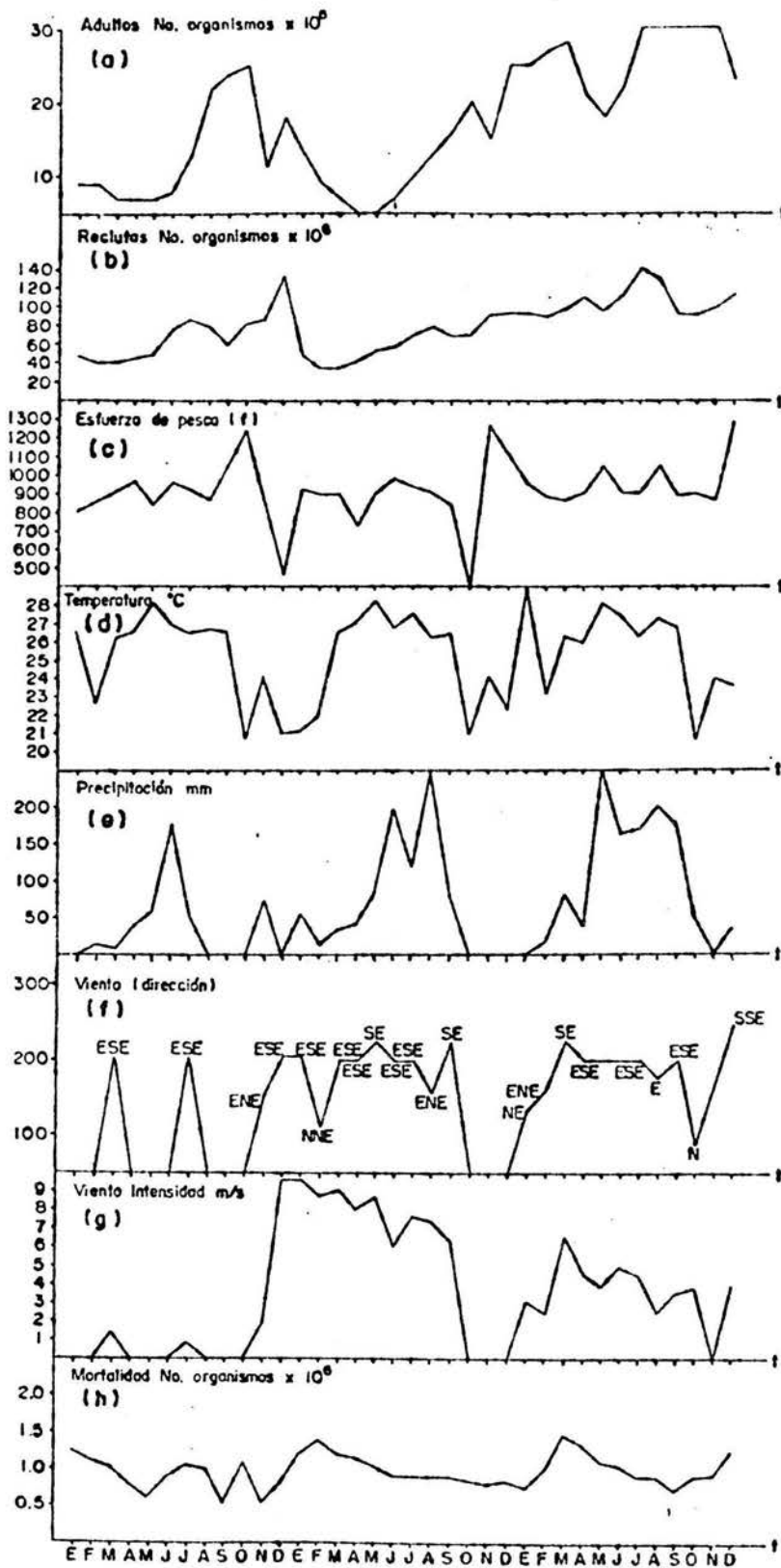


Figura 3.— Distribución temporal de: a) adultos, b) reclutas, c) esfuerzo de pesca, d) temperatura del aire, e) precipitación, f) dirección del viento, g) intensidad del viento, h) mortalidad total del camarón rosado durante 1975-1977 en la Sonda de Campeche.

(10)

VARIABLES	Coef. de Correlación	Tiempo de desfase (meses)
R-A	-0.5197	3
R-f	0.4377	3
R-T	0.4709	-2
R-P	0.4427	-2
R-D	-0.3883	0
R-I	-0.6667	-1
R-Z	-0.3698	0

R = reclutas

A = adulto

f = esfuerzo de pesca

T = temperatura del aire

P = precipitación

D = dirección del viento

Z = mortalidad total

I = intensidad del viento

En el Anexo 5 se detalla todo el procedimiento.

VI ANALISIS DE RESULTADOS.

El ciclo de vida del camarón rosado Penaeus duorarum presenta fases migratorias lo cual hace difícil la evaluación del recurso en general y en particular el comportamiento del reclutamiento. Esta población tan compleja en su comportamiento migratorio (población inestable) origina que las capturas estén representadas solo por una porción de ésta. Esto se hizo manifiesto en la utilización de la estructura por edades de la captura en meses ya que las edades más pequeñas estuvieron poco representadas debido a su menor probabilidad de ser retenidas por la red de arrastre. Esta población con fases migratorias origina datos susceptibles de introducir sesgos en el análisis de captura, por tal motivo se decidió someter los datos de captura por edades al método de Análisis de la Población Virtual (APV) (Gulland, 1965; Pope, 1972). Este método permitió la estimación del tamaño de la población esto es, la contribución completa de una población a la pesquería y la mortalidad por pesca (F) en cada edad independientemente de las mediciones del esfuerzo de pesca. (Anexo 2, tabla 3 y 4)

A pesar de que el método es eficiente para conocer la estructura completa de la población, ha sido poco utilizado en las pesquerías en general y aún menos en las pesquerías del camarón; es por esto que no existe la suficiente información para hacer un análisis comparativo de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Con los resultados del APV se obtuvo un ajuste de la estructura de la población y a partir de ésta se realizó un análisis visual para encontrar la edad de reclutamiento representada por la edad más abundante (mayor número de individuos) en la captura. Sin embargo los resultados arrojados por este análisis muestran la presencia de dos clases de edad involucradas en el reclutamiento, siendo estas las edades de tres y cuatro meses. Las causas a que puede deberse esto son: a) arte de pesca; b) condiciones medio-ambientales antes del reclutamiento y c) magnitud y temporalidad de la emigración de juveniles al mar.

La falta de datos para algunas de las edades es una consecuencia de la captura comercial ya que ésta va dirigida a organismos de una cierta talla que depende de la selectividad de las artes de pesca. Esto ocasiona que tallas pequeñas y tallas muy grandes presenten una menor probabilidad de ser capturadas, y por tal motivo se tendrá incompleta la estructura por edades de la población.

Otra de las posibles causas son las condiciones fisicoquímicas, alimenticias y espaciales que se presentaron durante la estancia de los juveniles en el estuario, ya que si las condiciones en el lugar son favorables los juveniles permanecerán más tiempo en él y por consiguiente se reclutarán presentando una mayor talla. En cambio si las condiciones son adversas estos juveniles se verán en la necesidad de emigrar prematuramente reclutándose con una menor talla. Por tales causas se pueden presentar las diferencias en las clases de edad que entran a la pesquería en un momento determinado.

Con los resultados del APV se obtuvo un ajuste de la estructura de la población durante el intervalo de tiempo considerado, siendo este satisfactorio para este estudio. (Anexo 2, tabla 3 y 4)

La inspección visual de los datos de la tabla 3 y las ecuaciones de las tres primeros componentes del ACP (Ec. 6) y (Ec. 7) muestran que el primer componente de la matriz de correlación está cargada en la dirección positiva de todos los ejes de las edades. Esta dirección que explica el 66.47% de la varianza del agrupamiento de datos de la muestra se consideraría como un índice que mide la abundancia de todas las edades, por consiguiente no se identificó ninguna edad preponderante, lo que indicó una homogeneidad en la distribución de la población.

El componente dos que representa el 19.97% de la varianza total está principalmente cargado en la dirección positiva de los ejes de las edades 7 y 8 y también en la dirección negativa de los ejes de las edades 3 y 4. Este componente se interpretó como una medida de la diferencia entre dos grupos de edades; primer grupo 6, 7, 8, y el segundo grupo 3, 4, 5.

El tercer componente que representa el 10.28% de la varianza total está principalmente cargado en la dirección negativa de los ejes de las edades 5 y 6. La interpretación de éste componente no fué lo suficientemente clara, sin embargo mostró en cierto sentido la comparación entre la edad de reclutamiento 3 y los adultos 5, 6 y 8.

La interpretación final al Análisis de Componentes Principales (ACP) fué: el primer componente mostró la abundancia de todas las edades debido a un coeficiente de varianza semejante, lo que da una idea en el sentido de que la población está uniformemente distribuida en reclutas y adultos, lo que se interpreta como un proceso continuo de integración de individuos a la población adulta. El segundo componente que es perpendicular al primero, mostró las perturbaciones a esa uniformidad presente en el primer componente. Esa perturbación representada por un aumento de población sería generada por la incorporación de nuevos individuos (reclutas). Si bien el ACP permitió identificar las edades de reclutamiento (3 y 4 meses), mostró además la presencia abundante de organismos adultos (5 a 8 meses) lo que hace pensar que el proceso de reclutamiento es en general de carácter continuo con mayor abundancia en ciertas épocas de su período anual.

Esta particularidad en el ciclo de vida hace que el camarón sea considerado, en lo que en biología pesquera se conoce como una **población inestable**, lo que de por sí implica que su modelo de crecimiento no se ajuste a ninguno de los modelos clásicos que se aplica a los peces teleosteos (Ricker, Beverton y Holt y Cushing). Esto se hizo evidente en el análisis de la relación adulto-recluta que sigue a continuación.

La distribución del reclutamiento a lo largo de cada año (Figura 1) presentó dos medias las cuales se ajustaron al caso 2 planteado por la hipótesis. Los resultados obtenidos por medio de estas ecuaciones, R_1 y R_2 (Ec. 8) y (Ec. 9) no fueron los esperados debido a que no reflejan el número de reclutas observado ya que subestima

el número de reclutas. Esto indica que el comportamiento de los datos no se ajustó al tipo de regresión planteado, debido probablemente al hecho de que la población del camarón se considera como una población inestable con una edad de reclutamiento variable.

Por medio del análisis de los resultados obtenidos de las series de tiempo y correlación cruzada, se pudo establecer el tiempo en que cada variable ambiental se manifiesta antes o después del reclutamiento, (Ec. 10) tal información resulta de la mayor correlación positiva o negativa entre cada variable y el reclutamiento. A partir de este análisis de correlación cruzada, se pudo predecir el efecto biológico de cada variable sobre su ciclo de vida.

La correlación cruzada muestra la máxima relación de las variables involucradas en un tiempo determinado.

- a) el máximo de reclutas tiene lugar tres meses después del máximo de adultos, esta relación inversa es debida al signo negativo que presentó el coeficiente de correlación.
- b) el esfuerzo pesquero tuvo una relación directa (signo positivo del coeficiente de correlación) con la mayor abundancia de reclutas; tres meses después de la mayor abundancia de adultos.
- c) la temperatura y la precipitación presentaron la mayor correlación dos meses antes de que los juveniles se reclutaran, esto es que su mayor efecto tiene lugar cuando los juveniles se encuentran aún en el estuario.
- d) la acción del viento mostró un efecto simultáneo sobre el proceso de reclutamiento. La dirección del viento predominante (de tierra al mar) favoreciendo la integración de juveniles.
- e) la mortalidad total se presentó simultáneamente, teniendo un efecto inverso con el máximo reclutamiento, siendo esto lógico debido a que a mayor número de juveniles reclutados menor será el índice de mortalidad.

Es probable que exista una mejor relación entre el reclutamiento y las variables ambientales, siendo la mejor solución, la utilización de información climática más específica de los diferentes lugares habitados por los diversos estadios del camarón dentro de la Sonda de Campeche, en particular en las zonas de cría. En este estudio se contó con información de una sola estación meteorológica, lo cual no refleja evidentemente las condiciones climáticas en toda la región y en especial en la zona de desarrollo de los juveniles, que son las lagunas costeras y tal vez más específicamente hablando, la Laguna de Términos.

A fin de explicar claramente el tiempo en que cada variable ambiental tiene repercusión negativa o positiva sobre el ciclo de vida del camarón rosado se ha esquematizado la dinámica de las fases; larval, juvenil y adulta, así como la cronología de los eventos claves de este ciclo tales como, migración de larvas, migración de juveniles, edad de reclutamiento, edad de maduración, longevidad. (Figura 4)

El camarón rosado vive en zonas intertropicales o subtropicales influenciadas por deltas, estuarios o lagunas, como es el Banco de Campeche. El ciclo de vida comienza en el mar donde se lleva a cabo la reproducción, puesta de huevos, desarrollo y crecimiento de las primeras fases larvianas (cinco fases nauplio, tres fases protozoa, tres fases mysis). La última mysis sufre una muda que la transforma en postlarva, esta tiene ya la apariencia general del adulto pero su fórmula rostral es incompleta. La postlarva pasará por diversos estadios caracterizados cada uno por una fórmula rostral particular. Los primeros estadios postlarvales (2 ó 3 dientes subrostrales), son todavía planctónicas, por lo cual ya están listas para emigrar a los estuarios después de tres semanas de vida marina. Es importante mencionar que la talla de emigración es una resultante compleja de las condiciones tróficas y térmicas durante el crecimiento y sigue igualmente una variación estacional. (García, *et al.*, 1987)

Las postlarvas en sus siguientes fases se comportan cada vez más bentónicas y la oportunidad que tienen de penetrar en los estuarios está íntimamente ligada a las condiciones hidrológicas (corrientes costeras, corrientes marinas, balance total de agua del estuario, etc.). (García, *et al.*, 1987) Las fuertes lluvias y las riadas resultantes parecen ser un factor favorable ya que estos aumentan la extensión de la zona con un fuerte gradiente de salinidad a la cual las postlarvas pueden dirigirse por sí mismas, o desfavorables por la simple obstrucción de la entrada de las postlarvas al estuario. Las postlarvas se concentran en zonas de poca profundidad y su distribución relativa parece estar ligada a las condiciones hidrológicas y en particular, a su tolerancia frente a gradientes espacio-temporal de salinidad (o a otros factores asociados). (Burkenroad, 1939)

Por otra parte las lluvias fuertes y las riadas tienden a favorecer la sobrevivencia y el crecimiento, aumentando por una parte la superficie de las zonas de alevinaje disponible y de aquí reducir la competencia interespecífica. Cuando el camarón alcanza la fase juvenil en el estuario es explotado de manera artesanal y en ocasiones muy intensamente. La actividad pesquera en esta fase juvenil está dividida en: Pesca comercial (de consumo humano) y pesca recreativa (camarón de carnada). El arte de pesca más utilizado es la red de arrastre. Los juveniles que son capaces de escapar a estas actividades, alcanzan una talla media que varía de acuerdo a las variaciones estacionales, y el monto de sobrevivientes se verá reflejado justo o durante la migración al mar, debido a la biomasa capturable. Los factores que inducen a los juveniles a salir del estuario son varios tales como, la temperatura, salinidad, corrientes, etc. (cuando se presentan en mayor grado), ya que en cierta forma estimulan la relación del crecimiento esencial y los mecanismos reproductivos (Williams, 1969; Baxter, 1969), provocando que los juveniles emigren entre la sexta u octava semanas después de su llegada al estuario. Durante la migración los juveniles son capturados por redes fijas, utilizando luz para atraerlos. Los juveniles que lograron llegar al mar no se vieron

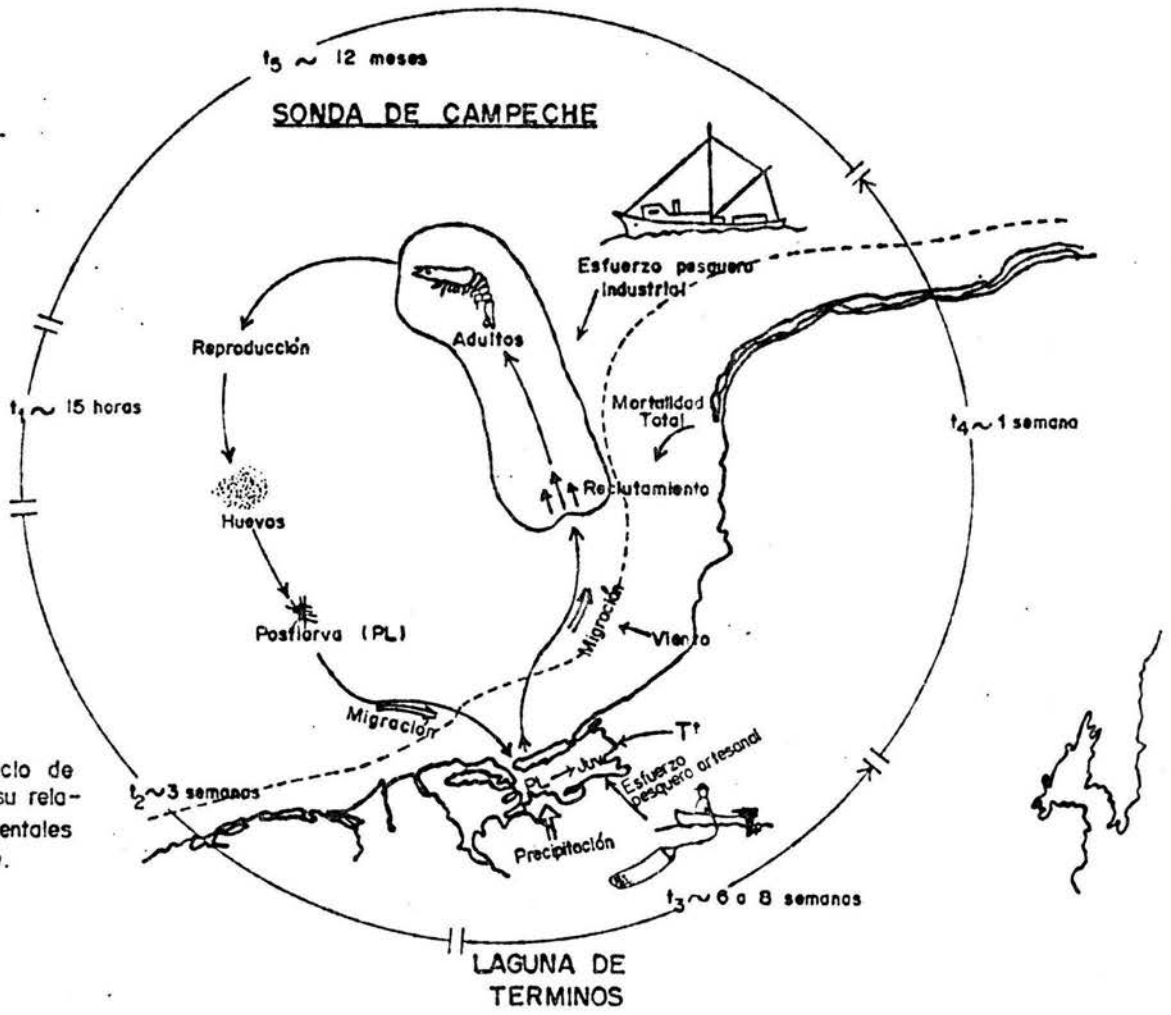
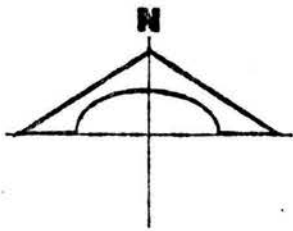


Figura 4. _ Esquema del ciclo de vida del camarón rosado y su relación con las variables ambientales en la Sonda de Campeche.

afectados durante su migración por la acción del viento, lo cual fué favorable para su integración a la población adulta, debido a que la dirección del viento en la época en que se presentó el máximo reclutamiento se dirigía hacia el mismo punto, además la intensidad del viento fué mínima, lo cual disminuyó la dispersión de los juveniles hacia otras zonas. De esta forma, si se conjuntan ambas características del viento, se produce una mayor integración de juveniles (reclutas) a la población adulta. Esta integración se produce, aproximadamente a las 12 semanas (tres meses) después de haber eclosionado en el mar.

En su estado adulto se explotan a escala industrial por la pesca de arrastre, que captura individuos inmaduros como adultos. La captura de estos últimos puede influir sobre la producción de los juveniles si la explotación llega a un nivel tal que el potencial de renovación del stock disminuye, es decir, hay una disminución importante en la tasa de sobrevivencia de los adultos, los cuales pueden alcanzar a vivir hasta 15 meses aproximadamente. Esta disminución es poco conocida para el caso del camarón rosado (García, *et al.* 1987) debido fundamentalmente a su alta fecundidad y ciclo de vida corto, lo cual es característico de una población estrategia r. Aunado a lo anterior, existe una fuerte carencia de datos lo que redundo en evaluaciones pobres del recurso así como en la subutilización de los modelos pesqueros tradicionales.

VII CONCLUSIONES

1. El camarón rosado constituye un recurso natural renovable importante que es motivo de explotación por los estados del sudeste mexicano y por Cuba. El habitat principal de la población adulta capturable la constituye la Sonda de Campeche.

2. El ciclo de vida del camarón es bastante complejo, con una población adulta que desova en alta mar; sus larvas son arrastradas al ambiente costero en particular a los estuarios y lagunas costeras donde se desarrollan y llegan al estado juvenil para entonces incorporarse a la población adulta en alta mar. Este proceso de incorporación se conoce como **reclutamiento**. Todo este período dura alrededor de 15 meses con un valor medio de vida de 10 meses y un proceso de desarrollo y crecimiento hasta el estado juvenil (reclutas) en un tiempo de 3 y 4 meses. (Fig. 4)

3. La explotación del camarón tiene lugar en dos modalidades distintas a) artesanal en la laguna costera donde se obtienen principalmente juveniles, afectando ésto al reclutamiento y b) comercial en alta mar donde se obtiene principalmente adultos en función del tamaño de malla de la red de pesca.

4. La selectividad de las técnicas de pesca hacen que la muestra que se obtiene de las capturas comerciales no sea exactamente representativa de toda la población. La aplicación del método de Análisis de Población Virtual permitió superar o aliviar esta deficiencia.

5. La edad de reclutamiento es un valor medio de 3 y 4 meses. El proceso de reclutamiento es aparentemente una actividad continua con un aumento notorio en dos épocas del año, la primera en julio-agosto con una abundancia de reclutas menor, lo cual se atribuyó a que se presentó después de la época de secas; la segunda en diciembre-enero con mayor abundancia de reclutas, esto se produjo como consecuencia de la época de lluvias.

6. La variabilidad de la edad de reclutamiento y la bimodalidad del proceso de incorporación de los juveniles a la población adulta, introduce serias complicaciones para interpretar adecuadamente el proceso de reclutamiento. La población del camarón constituye lo que en biología pesquera se conoce como **población inestable**.

7. Si bien el ciclo de vida del camarón es corto (≈ 15 meses), la muestra analizada de 3 años es muy pequeña como para determinar un patrón de reclutamiento completo y/o confiable.

8. Debido a lo pequeño de la muestra y a la complejidad del ciclo de vida del camarón, no ha sido posible explicar la bimodalidad del reclutamiento ni relacionarlo categóricamente a variables ambientales o al esfuerzo de pesca, si bien se insinúa cierta relación con el viento, precipitación y temperatura.

9. Es muy probable que el reclutamiento del camarón rosado en la Sonda de Campeche esté condicionado por la Laguna de Términos que recoge el tremendo volumen de agua proveniente rios que desembocan en ella. En otras palabras, el régimen hidrológico de la Laguna de Términos debe afectar en mucho mayor grado al desarrollo del camarón en la Sonda de Campeche que el resto del ambiente costero cercano a esta Sonda.

10. Sintetizando: si bien el comportamiento de los datos respondió a la bimodalidad planteada en el caso 2 de la hipótesis, no lo hace a la regresión líneal, ni a la distribución normal alrededor de las modas, lo que hace pensar que el comportamiento del camarón es un proceso complejo de una población estratega r , que amerita de estudios más detallados.

VIII RECOMENDACIONES

1. Continuar con este tipo de estudio tratando de obtener una muestra más representativa de la población a lo largo del tiempo.

2. Tratar de obtener parámetros fisicoquímicos de los lugares específicos de las capturas para una mejor evaluación sobre efectos de éstos en la población.

3. Continuar con la exploración de métodos multivariados ya sea en éste aspecto o en lo general, en cuanto a biología pesquera se refiere.

4. Tratar de relacionar el proceso de reclutamiento a las condiciones ambientales y bióticas de la Laguna de Términos que probablemente sea la fuente reguladora del reclutamiento.

IX BIBLIOGRAFIA

IX.1 Bibliografía citada

- Alonzo, R.M. y W.R. López. 1975. Incidencia de postlarvas de camarón perteneciente al género Penaeus en la Bahía de Campeche, México, Tesis Profesional. Fac. Ciencias U.N.A.M. México.
- Arreguín-Sánchez, F. y E.A. Chávez. 1985. Estado del conocimiento de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. Inv. Mar. CICIMAR. Vol. 2 (2): 23-44.
- Arreguín-Sánchez, F., R.S. Solana, R.M. Castro, M. Medellín. 1988. Modelo de Reclutamiento para la pesquería de camarón café Penaeus aztecus del Noroeste del Golfo de México. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida CRIP Tampico, INP. México (informe técnico) 22 pp.
- Bakun, A. y R.A. Parrish, 1981. Environmental input to fishery population models for eastern boundary current regions. A Report and supporting documentation on the Workshop on the effects of environmental variations on the survival of larval pelagic fishes. IOC Workshop Rep. Ser., (28): 67-104.
- Baxter, K.N. 1969 Abundance of postlarval shrimp one index of future shrimping success. Proc. Golf Caribb Fish Inst. 15: 79-87.
- Burkenroad, M.D. 1939 Further observation on Penaeidae on the northern Gulf of México. Bull. Bingham. Oceanogr. Collect 6(6): 1-62.
- Castro, M.R. 1985. Informe sobre la pesquería del camarón en el Golfo de México. In Fao (eds.) Informes Nacionales y documentos seleccionados presentados en la Cuarta Reunión del Grupo de Trabajo sobre Evaluación de Recursos Pesqueros Marinos. FAO Info. Pesca/FAO (327) Supl.: 25-26.
- García, S. 1977 Evaluation des mortalités chez la crevette rose Penaeus duorarum notialis (Perez Farfante, 1967), en Côte d'Ivoire. Trav. Doc. Orstom, Paris, (79): 271 pp.

- García, S. y L. Le Reste, 1987. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Documento Técnico de Pesca (203): 112-130.
- Gracia, G. A. y L.A. Soto. 1986 Estimación del tamaño de la Población, Crecimiento y Mortalidad de los juveniles de Penaeus setiferus (Linnaeus, 1767) mediante marcado y remarcado en la Laguna Chacahito, Campeche, México. An. Inst. del Mar y Limnol. univ. Nal. México. 13(3): 217-230.
- Gulland, J.A. 1965 Estimation of mortality rates. Anexo al informe del grupo de trabajo en Pesquerías. ICES CM No. 3:1.
- Gulland, J.A. 1977 Analysis of data and development of models. En J.A. Gulland (ed) Fish Population Dynamics, Wiley, London. 67-95.
- Guzmán, H.V. 1987. Dinámica poblacional del camarón rosado (Penaeus duorarum Burkenroad, 1939) del Banco de Campeche, durante 3 temporadas de pesca, 1975-1977. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, México.
- Hotelling, H. 1933 Analysis of a complex of statistical variables into principal components. Jour Educatinal. Psychology; V(24): 417-441, 498-520.
- Lankford, R.R. 1977 Coastal lagoons of México. Their origin and classification. En: Wiley, M. (ed). Estuarine Processes, Academic Press Luc. 182-215.
- Munro, J.L. and A.C. Jones, 1968. Abundance and Distribution of the larvae of the pink shrimp (Penaeus duorarum) on the Tortugas shelf of Florida, August 1962-October 1964. Fishery Bulletin: 67(1): 165-181.
- Navarrete del Proo, A.F. 1979. Parámetros biológicos y ecológicos del camarón rosado (P. duorarum Burkenroad) y evaluación de la población en el Puerto de Campeche de 1969 a 1978. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. México.
- Pielou, E.C. 1984. The interpretation of ecological data. John Wiley & Sons, U.S.A. 133-200.

- Pope, J.G. 1972 An investigation of the accuracy of virtual population analysis ICNAF Research Bulletin. 9: 65-74
- Portugal, C.R. 1976 Captura por Esfuerzo de la flota camaronera del Puerto de Campeche, Camp. en 1974. Mem. Sim. sobre Biología y Dinámica poblacional de Camarones Instituto Nacional de Pesca. S.I.C. Tomo(2): 372-374.
- Rao, R.C. 1964 The use and interpretation of principal component analysis in applied research. Sanhkyā. Series A. V(26): 329-358.
- Sánchez, C.J.A. 1986. Diagnósis de la pesquería del camarón de la Sonda de Campeche por la flota de Ciudad del Carmen, Tesis de Maestría en Biología Marina. C.I.N.V.E.S.T.A.V. Mérida. I.P.N. México.
- Secretaría de Marina. 1979 Cartas Náuticas SM 701, SM 800
- Uchupi, E. 1973 Eastern Yucatan Continental Margin and Western Caribbean Tectonics. The American Association of Petroleum Geologist. Bulletin. Vol. 57(6): 1075-85.
- Walter, G.G 1978. A surplus yield model incorporating recruitment and applied to a stock of Atlantic mackerel (Scomber scombrus). J. Fish Res Board. Canada 35(2): 229-234.
- Williams, A.B. 1969 Penaeid shrimp catch and heat summation, an apparent relationship FAO Fish. Rep. (57) Vol. 3: 643-656.

IX.2 Bibliografía consultada.

- Arosamena, M. 1976. Influencia de la salinidad y temperatura en el comportamiento de camarones juveniles. Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. Instituto Nacional de Pesca, S.I.C. México. Tomo (1):375-378.

- Hildeband, H.H 1955. A study of the fauna of pink shrimp (Penaeus duorarum Burkenroad). Grounds in the Gulf of Campeche. Inst. Mar. Sci. 4(1): 169-232.
- Kitani, M.H. 1984. Guía Ilustrada del Cultivo de Camarón. 2o edición. Departamento de Difusión y Publicaciones de la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. México. 35 pp.
- Kleinbaum, G.D. y L.L. Kupper, 1978. Applied regression analysis and other multivariable methods. Duxbury Press, U.S.A. 389-413.
- Lluch, B.D. y A. Mendoza, 1972. Estudio de los recursos pesqueros demersales del Golfo de California, 1968- 1969. IV. Mem. IV Congr. Nac. Ocean. (México): 379- 387.
- Mendoza, V.X. 1972. Efectos de la marea sobre la producción camaronera en lagunas litorales. Mem. IV Congr. Nac. Ocean. (México): 407-418.
- Mistakidis, M.N. 1970 Proceedings of the World Scientific Conference on the biology and culture of shrimps and prawns. México City. México 12-21 June FAO Fish Rep. 57 Vol(3):588-1165.
- Pitcher, T.J. and Paul H. 1982. Fisheries Ecology, AVI Publishing Company, Luc. American Edition, U.S.A. 173- 200.
- Salgado, B.R. 1976 Efecto de la temperatura sobre la migración de Penaeus stylirostris en el Edo. de Santa Cruz, Sonora durante 1975. Mem. Simp. sobre Biología y Dinámica Poblacional del Camarón. Inst. Nac. de la Pesca. S.I.C. México. Tomo (1): 372-374.
- Saloman, Ch. 1965 Bait shrimp (Penaeus duorarum) in Tampa Bay, Florida Biology, Fishery Economics and Changing Habitat. Spec. Sci. Rep - Fish 520: 1-16.

ANEXO 1

DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO

Tabla 1.-Distribución de la captura comercial por edades del camarón rosado (*Penaeus duorarum*) en la Sonda de Campeche para los años 1975-1977. (Guzmán, 1987)

1975

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	10991300	8973148	7276299	8391672
4	5288311	4584884	3579953	4489380
5	2434380	3060070	2158553	2319518
6	1405013	929489	902924	774667
7	317104	317278	264529	256536
8	107327	179279	105811	60571
9	82935	84905	38798	7126
10	87313	44687	31743	21378
11	78056	22343	7054	3563
12	24393	8937	7054	3563
13	4879	4469	3527	0
14	9757	4469	0	0
15	9757	0	0	0

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	6350127	7872329	11286260	13462780
4	3364269	3976669	4995849	4933934
5	2640635	2256400	3287562	5098838
6	1160816	929560	1294561	1886504
7	168363	80999	164201	118731
8	29573	15428	40038	19789
9	5907	0	4449	0
10	0	0	8897	0
11	0	0	0	0
12	2954	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	2954	0	0	0

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	8978241	20665520	8509760	7738720
4	4653294	9446842	4478241	3387235
5	3016689	6420695	2513429	2373537
6	1431388	3859434	1294990	103422
7	446347	1420973	503962	234881
8	102600	199972	306205	223589
9	15391	87714	184999	37087
10	0	43857	32930	0
11	0	8771	31896	0
12	0	0	31896	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0

ANEXO 1

DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO

Tabla 1 (cont.)

1976

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	14384520	7829624	9322440	9651960
4	6852729	3396898	3475925	3280508
5	3336916	1583758	2244350	1696140
6	1712682	726065	1331430	349920
7	836239	424600	480255	66840
8	281427	288554	242503	34820
9	56285	72162	71325	9720
10	32163	21230	23775	29160
11	0	8492	19020	0
12	0	0	4755	0
13	0	0	0	0
14	16082	0	0	0
15	0	0	0	0

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	11415120	8352078	8909985	16356940
4	4199760	5015595	3703570	7982541
5	1644986	2304410	2357235	3460826
6	822453	502860	1199295	854520
7	186656	47685	226510	113936
8	69996	17340	45950	14242
9	29165	0	9190	7121
10	34998	0	9190	0
11	5833	4335	0	0
12	0	0	0	0
13	5833	0	4395	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	12144380	6997425	2355918	18130260
4	5706669	2657250	1050267	7536462
5	3037512	1553015	6107934	4171674
6	855717	927085	2521917	1372356
7	141675	307060	915126	536861
8	28335	112195	414999	272831
9	5667	23620	117051	105612
10	0	11818	63846	8801
11	0	5905	0	0
12	0	0	10641	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	8801
15	0	5905	0	0

Tabla 1 (cont.)

1977				
EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	12548930	9184889	10093940	22163330
4	7318637	5931814	5875155	14724670
5	3253425	3271023	4006431	6461760
6	2156556	1381996	2048046	3765120
7	1493477	1027523	868296	2187840
8	563927	637154	339768	875136
9	241683	345499	89661	315456
10	92355	174993	42471	101760
11	36754	179480	84942	91584
12	92955	161532	37752	61056
13	6197	22435	4719	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	13712640	11864390	13925140	16469800
4	9588262	7981170	6946438	13138440
5	5670466	4342520	4602284	4313241
6	2686814	2278630	1528010	818230
7	1159194	1073700	247319	303914
8	224650	280355	86024	23378
9	62982	83510	21506	17533
10	26958	35798	0	11689
11	26958	23268	0	11689
12	44930	11930	0	0
13	0	5965	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	12897490	13461020	18472020	19953850
4	8811402	3406801	12715210	9684782
5	4286628	4569071	6545910	5847930
6	988715	2404012	2672166	2370802
7	181743	1578538	2367288	2492754
8	31335	470665	1192611	1500678
9	6267	86892	529053	720654
10	0	72410	161406	295350
11	0	14482	134505	200838
12	0	7241	26901	141762
13	0	0	0	23628
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0

Tabla 2.-Esfuerzo de pesca (viajes) por mes aplicado a la captura comercial del camarón rosado de la Sonda de Campeche para los años 1975-1977. (Guzmán, 1987)

MESES	1975	1976	1977
ENERO	807	930	960
FEBRERO	856	905	885
MARZO	909	904	867
ABRIL	964	730	899
MAYO	835	903	1039
JUNIO	960	985	899
JULIO	933	939	910
AGOSTO	859	905	1054
SEPTIEMBRE	1030	845	888
OCTUBRE	1241	298	900
NOVIEMBRE	893	272	873
DICIEMBRE	461	1272	1280

ANEXO 2

ANALISIS DE POBLACION VIRTUAL

Análisis de la Población Virtual (APV)

El Análisis de Población Virtual es un método dentro de los estudios de cohortes, más utilizados actualmente para la estimación de la mortalidad por pesca en la evaluación de un Stock. Con este método se estimará la magnitud de la mortalidad de pesca y el número en edades en un stock basados solamente en datos de captura, a condición de que la mortalidad natural (M) sea conocida.

Los datos requeridos para la aplicación de este método son:

- a) el número de individuos desembarcados por años, de una o varias clases anuales.
- b) supone en un principio que cada intervalo tiene una duración de un año. Este dato de captura en número por intervalo, se deriva directamente de la distribución de edades en la captura que provienen de estudios previos de crecimiento.
- c) la tasa instantánea de mortalidad natural a que está sometida la cohorte en cada intervalo.

Con estos datos el resultado de los cálculos se concentrará en:

- i) la tasa instantánea de mortalidad por pesca en cada intervalo.
- ii) la abundancia en número de individuos de la cohorte al comienzo de cada intervalo.

El método se basa en dos ecuaciones de población. Primero, el número de individuos de la próxima edad puede ser predicho en base al número de individuos de la edad actual que disminuyen por la mortalidad total Z_i .

$$N_{i+1} = N_i e^{-Z_i}$$

donde

$$Z_i = F_i + M_i$$

siendo F_i = mortalidad por pesca y asumiendo que M_i es la misma para todos los grupos de edad capturados, entonces:

$$N_{i+1} = N_i e^{-(F_i+M)} \quad (A.1)$$

La segunda ecuación dice que la captura en un grupo de edad está dada por la proporción del número total de muertos resultantes de la pesca.

número de individuos que mueren = $N_i (1 - e^{-Z_i})$

$$N_i (1 - e^{-Z_i}) = N_i (1 - e^{-(F_i+M)}) \quad (A.2)$$

por lo tanto $C_i = N_i \left[\frac{F_i}{F_i+M} \right] (1 - e^{-(F_i+M)})$

Varios investigadores, incluyendo Gulland (1965), notaron que estas dos ecuaciones podían combinarse elegantemente para estimar la mortalidad por pesca.

$$\frac{N_i}{C_i} = \frac{(F_i+M)e^{-(F_i+M)}}{F_i(1 - e^{-(F_i+M)})} \quad (A.3)$$

Por lo tanto si N_{i+1} , C_i y M son conocidas, se puede obtener una estimación de F_i .

En la práctica esto no es fácil ya que F aparece cuatro veces en el miembro de la derecha y dos veces en expresiones más bien poco elegantes. Usando un ordenador puede resolverse por iteraciones (aproximaciones sucesivas). Existen también tablas. Durante algunos años este método iterativo fué denominado Análisis de la Población Virtual (APV), debido a que tiene cierta similitud con una técnica usada en ecología. El término más descriptivo de Análisis de Cohorte es el preferido para el procedimiento general (Gulland, 1977).

Una vez que se conoce F_i , el número N_i en ese grupo de edad puede ser calculado reordenando la ecuación A.1. Entonces hacemos i como $i-1$ y vamos al grupo de edad próximo más joven en la cohorte, donde resolvemos la ecuación A.3 nuevamente usando como N el último valor calculado de N_{i+1} y conectando con el dato de captura apropiado. Entonces obtenemos N_i nuevamente de la ecuación A.1. Procedemos de esta forma hasta que tenemos estimados N y F para todos los grupos de edad de la cohorte presente en la pesquería.

Pope (1972) introdujo un método que es muy útil si los cálculos deben llevarse a cabo a mano. Las dos ecuaciones son:

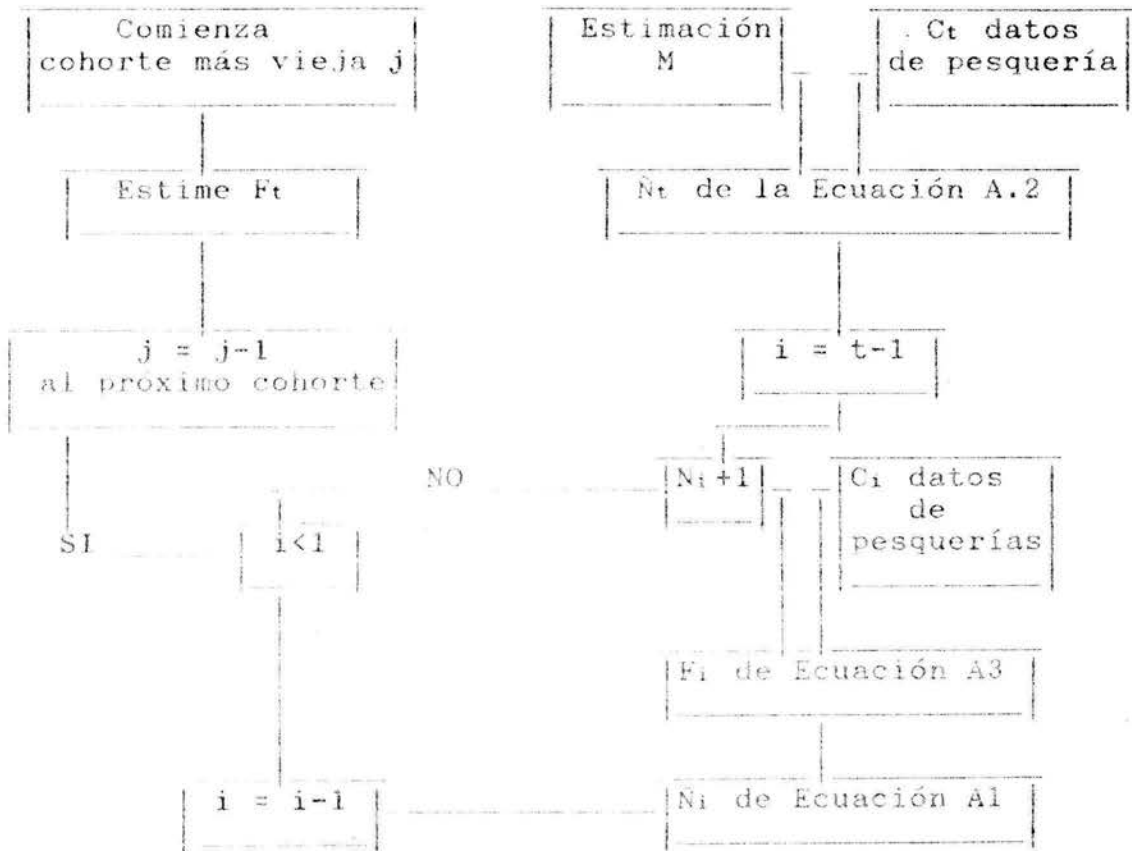
$$N_i = N_{i+1}e^M + C_i e^{M/2} \quad (\text{A.4})$$

$$F_i = \ln \left[\frac{N_i}{N_{i+1}} \right] - M \quad (\text{A.5})$$

Por lo tanto en el método de Pope las dos estimaciones de N_i y F_i se obtienen en orden inverso al método de Gulland.

El método estándar de análisis de cohortes también asume que la mortalidad natural, M es conocida y constante. En la mayoría de los trabajos de pesquerías M es muy difícil de medir, excepto en pesquerías donde F es conocido con precisión; de manera que $M = Z - F$ donde M que depende de la edad puede ser incorporado al modelo muy fácilmente, pero las variaciones de M en años serán diferentes, o M dependiente de la densidad será más difícil de considerar.

CARTA DE FLUJO PARA ANALISIS DE COHORTE



Método de Iteración de Gulland

Tabla 3.- Resultados del Análisis de Población Virtual en base a la captura comercial (Guzmán, 1987) para los años 1975-1977.

1975				
EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	30424990	28138500	28016330	28823360
4	14892750	11846670	11839560	13267050
5	5362465	5867332	4383996	5124755
6	2542092	1712409	1571762	1271695
7	891324	620992	431133	358196
8	297794	350709	171367	84442

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	35839290	54089590	54722720	50744930
4	12926070	19338660	30553330	28255370
5	5391496	6115379	9994732	16820280
6	1641791	1574598	2345904	4131536
7	252701	214383	331711	574591
8	44380	40460	80816	95555

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	34385490	6428880	59749360	95605450
4	23803550	16244970	26929380	33898850
5	15304360	12495630	3511376	14765330
6	7271291	8014083	3420572	436061
7	1311015	3809093	2390572	1287495
8	296502	530760	1449566	1225598

Tabla 3 (cont.)

1976

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	32154490	24401390	25366850	3306010
4	15336880	10048440	9915864	9438514
5	6965207	4799087	3957003	3813736
6	3650411	2011014	1918121	883031
7	2095192	1081063	757870	253172
8	701402	730349	381965	131833

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	39334960	39176870	48854850	52118490
4	14127660	16858680	19418480	25404310
5	3650825	5982976	7136670	9969505
6	1199276	1132081	2147767	2850920
7	309687	165390	356467	493213
8	115343	60128	72190	61593

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	45974750	48797370	63615450	68760680
4	21445840	20940600	26875520	23536620
5	10446430	9735363	11805360	9535224
6	3859331	4472997	5238004	3070354
7	1202272	1886912	2238025	1502985
8	237531	686348	1010455	763812

Tabla 3 (cont.)

1977

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	61232150	58493750	65306200	69998600
4	30773360	30956430	31792470	35622270
5	12705500	14756860	15977400	16501470
6	6813345	5909462	7265212	7498289
7	3496700	2810062	2852317	3230988
8	1613417	1155193	1057346	1201512

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	67872980	76235000	95380090	77987180
4	28864460	34470900	41519290	52672700
5	12136020	11574090	16701570	22228630
6	5890579	3643312	4273030	7510996
7	2054238	1818329	660783	1559102
8	471318	467476	370623	244402

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	55514570	64562870	65263720	83695310
4	39042240	26862650	32459340	28965520
5	24774620	19097070	15241350	11583700
6	11430110	13151670	9136070	5008064
7	4367414	6914024	6879872	3986789
8	800602	2768964	3367572	2698422

Tabla 4.- Mortalidad por pesca resultado del Análisis de la Población Virtual para los años 1975-1977.

1975

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	.56471	.48719	.36900	.42344
4	.55297	.61558	.45886	.52196
5	.76302	.93870	.85910	.75979
6	1.0309	1.0007	1.1003	1.2373
7	.55425	.90900	1.2518	1.7097
8	.55425	.90900	1.2518	1.7097

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	.23843	.19266	.28249	.37847
4	.36993	.28154	.21838	.23464
5	.85232	.57963	.50490	.46015
6	1.6572	1.1789	1.0282	.76934
7	1.4533	.59708	.86606	.28310
8	1.4533	.59708	.86606	.28310

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	.37135	.49166	.18827	.10193
4	.26595	1.1532	.22243	.12731
5	.26843	.91707	1.7074	.21294
6	.26804	.83116	.59860	.33120
7	.52574	.58762	.28960	.2452
8	.52574	.58762	.28960	.2452

Tabla 4 (cont.)

1976

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	.75838	.49575	.58389	.44544
4	.75708	.52718	.55077	.54509
5	.83753	.51232	1.0951	.75214
6	.81214	.57113	1.6202	.64304
7	.64912	.63561	1.3442	.38140
8	.64912	.63561	1.3442	.38140

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	.44249	.29711	.24918	.48323
4	.45446	.45486	.26194	.48390
5	.76614	.61973	.51285	.54428
6	1.5764	.75082	1.0664	.45867
7	1.2343	.42124	1.3509	.32589
8	1.2343	.42424	1.3509	.32589

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	.38165	.19171	.58954	.38062
4	.38501	.16838	.63147	.48311
5	.44345	.21507	.94201	.73241
6	.31080	.28771	.84373	.75524
7	.15583	.21979	.67027	.5558
8	.15583	.21979	.67027	.5558

Tabla 4 (cont.)

1977

EDAD (meses)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
3	.28326	.21086	.20729	.48703
4	.33611	.26258	.25695	.67796
5	.36665	.30978	.35767	.63127
6	.48685	.32959	.41148	.89594
7	.70872	.57861	.46572	1.5261
8	.54737	1.0407	.49542	1.8110

EDAD (meses)	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
3	.27869	.20883	.19494	.29307
4	.51501	.32578	.22595	.35545
5	.80445	.59762	.40030	.26630
6	.77661	1.3083	.60938	.14337
7	1.0814	1.1916	.59578	.26767
8	.82835	1.2206	.32672	.12558

EDAD (meses)	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
3	.32708	.28882	.41350	.33674
4	.31628	.16789	.63156	.50336
5	.23444	.33847	.71413	.90270
6	.10387	.24912	.43041	1.1109
7	.05687	.32053	.53710	1.2999
8	.05386	.22991	.55621	1.0551

ANEXO 3

ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Análisis de Componentes Principales. (ACP) .

El Análisis de Componentes Principales es un método estadístico que sintetiza los diagramas de datos y los coeficientes de correlación en una versión concisa y de fácil interpretación. (Hotelling, 1933; Rao, 1964)

El objetivo de ordenar un conjunto de sitios de muestreo es con el fin de generar hipótesis acerca de la relación entre la composición específica y el medio ambiente u otros factores. En principio, como en el caso de la clasificación, los datos pueden ser usados para un mejor manejo de los recursos que se traten, sin embargo para este fin, el uso de la ordenación es la técnica más adecuada.

El auténtico valor de la ordenación es el encontrar entre un número muy grande de factores, aquel o aquellos que son importantes de investigar con el fin de determinar el comportamiento del conjunto de datos.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) opera en su forma original a partir de los datos de centrados, esto es el origen del eje es movido al centroide del conjunto de sitios de muestreo. (fig. 1) Después proyecta los sitios a una línea a través del origen y a lo largo del eje mayor de la hiperesfera de tal forma que la suma de cuadrados de las distancias de los sitios a la línea sea **minimizada**. Esta línea es el primer componente o primer eje y las coordenadas de los sitios en él se localizarán de la siguiente forma:

$$z_1 = a_{11}y_1 + a_{12}y_2 \quad (1)$$

donde y_1 y y_2 son las coordenadas en los ejes originales expresadas como desviaciones de la media de especies y a_{11} y a_{12} son las constantes calculadas para maximizar las distancias a lo largo de la línea. (Pielou, 1984)

En el caso más simple de solo dos ejes originales tendríamos que calcular el segundo eje de acuerdo al nuevo centroide a partir de una perpendicular u ortogonal al primero de tal forma que estaría representado por la siguiente ecuación:

$$z_2 = a_{21}y_1 + a_{22}y_2 \quad (2)$$

de esta forma los sitios han sido referidos a dos nuevos ejes, pero considerando mayor su variabilidad en la posición dada por el primer eje, esto no hubiera sido posible tan claramente con los ejes originales.

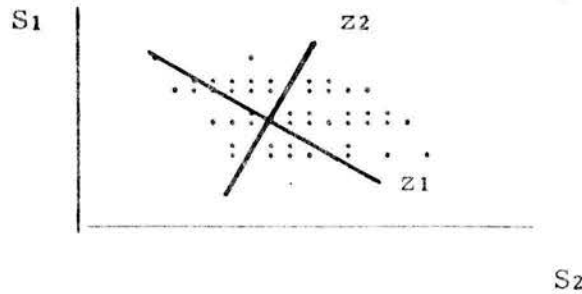


Fig. 1 Cambio del centroide y rotación de los ejes.

Si hubiese tres especies en los datos, entonces tendríamos tres ejes los cuales serían perpendiculares el uno con el otro. El primer eje siempre representará la mayor variabilidad de los datos, y por lo mismo el segundo, ortogonal al primero considerando la mayor cantidad de variabilidad no tomada en cuenta por el primero. El tercer eje, perpendicular al segundo representará la variabilidad restante, no comprendida por el primero y el segundo de los ejes.

De una forma general considerando n sitios conteniendo m especies las nuevas coordenadas serán de la forma:

$$Z_1 = a_{11}Y_1 + a_{12}Y_2 + a_{13}Y_3 + \dots + a_{1m}Y_m$$

$$Z_2 = a_{21}Y_1 + a_{22}Y_2 + a_{23}Y_3 + \dots + a_{2m}Y_m$$

El ACP por si mismo no produce una reducción en la dimensionalidad de los datos. Su valor estriba en que al referir los datos a un nuevo sistema de coordenadas ortogonales, concentra la variabilidad en los sucesivos ejes derivados, de tal forma que la información de los valores para la interpretación de los datos está dada por los primeros ejes y el resto puede ser despreciado o ignorado.

Es de hacer notar que el primer eje principal es la variable derivada que tiene la mayor correlación con los datos y de manera similar el segundo eje tiene la mayor correlación con los datos que no están correlacionados con el primero.

Si los primeros ejes extraídos son aceptados como adecuados para explicar el comportamiento de los datos, entonces se hizo una disminución en la dimensionalidad de los datos totales y las z 's son las coordenadas de los sitios en la ordenación. Los valores de las a 's son característicos para cada especie en relación con eje en particular. Así si

dos especies tienen distribuciones similares entre los sitios tendrán valores de λ similares y estos servirán para la ordenación de las especies con respecto a los sitios muestreados. Si existe información de tolerancias ecológicas de algunas de las especies, esta información ayudará a la interpretación de los resultados de la ordenación de las especies con respecto a los sitios. (Pielou, 1984)

Definición analítica

El punto de inicio para un análisis de componentes principales es una matriz cuadrada de similitudes entre especies, esta puede ser una matriz de correlación o de varianza-covarianza. Una matriz de este tipo tiene un número igual al orden de la misma, de valores característicos o eigenvalores, que son las soluciones del siguiente determinante:

$$|R - \lambda I| = 0$$

donde

R es la matriz de correlación o varianza / covarianza.
I es la matriz identidad.
 λ es el valor característico.

Asociado a cada valor característico existe un vector característico o eigenvector V obtenido a partir de:

$$(R - \lambda I) V_p = 0$$

El vector característico corresponde a los valores de λ en el p-ésimo componente. El valor de λ para un componente es proporcional a la variabilidad que tiene ese componente. Cuando se utiliza la matriz de covarianzas la sumatoria de λ s es igual a la varianza total y si se usa la matriz de correlación la sumatoria de λ s es igual al número de especies. Conocido esto, es claro que la eficiencia de cada eje es una proporción de la varianza total representada como porcentaje de la variabilidad total. Esta eficiencia puede ser calculada como el cociente entre el valor característico de cada eje entre la suma de todas las λ s.

Otra característica de importancia acerca de los vectores característicos, es que estos representan los pesos que tiene cada una de las variables en el comportamiento de la ordenación. Es decir; como cada vector está asociado a un eje de ordenación, los valores de λ representan que tanto contribuye el renglón correspondiente en la ordenación. Estos

valores pueden ser tanto positivos como negativos y para su análisis se escogerán aquellos valores absolutos más altos interpretándose el signo como una relación de tipo positiva o negativa. Es un caso similar al de la pendiente en un análisis de cuadrados mínimos. Estos valores a su vez pueden ser gràficados en parejas, esto es, el vector del componente uno vs. el vector del componente dos. La gráfica resultante puede servir para dilucidar aglomeraciones de datos, los cuales, estarán unidos ya sea hacia la zona negativa o positiva de los cuadrantes dependiendo del peso de la variable sobre éstas (los valores de a). (Pielou, 1984)

La forma operativa del ACP fué desarrolla por medio del paquete estadístico STATGRAF.

Matriz de Componentes Principales para las edades 3-8
(meses).

RENGLONES	COMPONENTE1	COMPONENTE2	COMPONENTE3
1	-1.90855E0	5.77858E-1	-2.59524E-1
2	-2.19462E0	6.50252E-1	-2.06223E-1
3	-2.46180E0	5.56072E-1	-1.82351E-1
4	-2.43077E0	3.39818E-1	-2.12850E-1
5	-2.27986E0	1.65320E-1	-1.13864E-1
6	-1.63760E0	-5.88553E-1	3.96388E-1
7	-7.15461E-1	-1.22565E0	5.12046E-2
8	-2.40018E-2	-1.16822E0	-8.77248E-1
9	8.33522E-2	1.17218E-2	-1.65545E0
10	9.58706E-1	7.48878E-1	-5.52687E-1
11	7.89105E-5	6.28785E-1	1.33166E0
12	1.05770E0	-1.67453E0	1.91126E0
13	-1.09596E0	1.08986E0	-2.64429E-1
14	-2.09579E0	1.24658E0	-6.06404E-2
15	-2.39859E0	9.67732E-1	-1.63539E-1
16	-2.66527E0	4.72102E-1	9.20393E-2
17	-2.31934E0	1.46473E-1	2.41061E-1
18	-2.09931E0	-1.74751E-1	4.51515E-2
19	-1.52839E0	-4.38599E-1	8.94073E-2
20	-8.69748E-1	-8.52751E-1	-1.33622E-1
21	-7.10868E-1	-1.83848E-1	-4.20802E-1
22	-2.75241E-1	3.16833E-1	-1.15009E-1
23	7.50318E-1	-4.40359E-2	2.50607E-1
24	-6.34564E-2	-3.80650E-1	7.73007E-1
25	1.73598E0	5.92330E-1	2.29959E-1
26	1.34886E0	1.28795E-2	-1.33198E-1
27	1.76865E0	-1.88023E-1	-3.06690E-1
28	2.24380E0	-2.92568E-1	-1.46981E-1
29	7.42219E-1	-5.80289E-1	-7.50986E-2
30	7.02094E-1	-1.22427E0	6.01053E-1
31	1.51724E0	-2.55864E0	6.26874E-1
32	2.68886E0	-2.60623E0	-8.79261E-1
33	3.37486E0	-1.75971E-1	-2.13594E0
34	4.41074E0	2.46486E0	-5.11531E-1
35	4.03239E0	2.44712E0	8.44508E-1
36	2.35878E0	9.22098E-1	1.92276E0

(cont.)

RENGLON	COMPONENTE4	COMPONENTE5	COMPONENTE6
1	-1.44339E-1	-1.33013E-1	1.68475E-2
2	-1.88294E-1	2.15739E-1	5.47060E-3
3	-1.06573E-1	-8.29782E-4	5.60074E-3
4	-1.66236E-1	4.46302E-2	9.36689E-2
5	1.09986E-1	6.36630E-2	-3.07125E-2
6	2.85879E-1	-1.08402E-1	-3.56541E-2
7	-3.26362E-1	-2.31615E-1	6.42018E-2
8	-2.37501E-1	5.47331E-1	-2.80505E-2
9	-1.81513E-1	1.57490E-1	-3.50312E-1
10	1.42209E0	-2.29954E-2	1.81293E-1
11	-2.58321E-1	-7.98031E-1	-7.39900E-2
12	-3.12430E-2	8.00626E-1	1.89908E-1
13	-1.19526E-1	-5.47994E-2	1.75081E-1
14	-3.05491E-1	1.93585E-1	-5.01318E-2
15	-1.14270E-1	2.52731E-2	-3.10844E-2
16	1.27622E-1	1.35993E-1	3.01526E-3
17	1.02989E-1	-1.49727E-1	1.12361E-3
18	-8.76063E-2	2.87972E-2	5.38210E-2
19	1.56588E-1	-5.63648E-2	-5.13532E-2
20	-3.76097E-2	-6.80530E-2	6.07065E-3
21	7.14921E-2	4.79731E-2	4.38388E-2
22	9.44818E-2	-1.35452E-2	-1.39931E-2
23	1.20132E-1	-2.49209E-2	-1.13551E-1
24	3.43513E-1	9.45973E-2	-4.40229E-2
25	-2.18239E-1	-2.16362E-1	-5.71719E-2
26	-2.66299E-1	6.98446E-2	7.50860E-2
27	6.42281E-2	1.02736E-2	-9.71417E-2
28	-3.03904E-2	-1.15899E-1	-1.21358E-2
29	4.61269E-1	-2.93110E-1	-4.46737E-2
30	1.65864E-1	-3.40032E-1	2.59214E-1
31	2.59877E-1	2.85845E-2	-2.13166E-1
32	-5.15951E-1	-3.18842E-1	-9.59152E-3
33	-1.48106E-1	9.38135E-2	2.55704E-1
34	3.74530E-1	1.24565E-1	-1.83233E-1
35	-5.70508E-1	1.38900E-4	2.08001E-1
36	-1.06167E-1	2.63624E-1	-1.97976E-1

Análisis de Componentes Principales

Número de Componentes	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulado
1	66.46769	66.46769
2	19.96571	86.43339
3	10.28655	96.71995
4	1.90440	98.62435
5	1.09724	99.72159
6	.27841	100.00000

Matriz de pesos de los componentes

REN.	COMPONENTE1	COMPONENTE2	COMPONENTE3
1	.372052	-.415199	5.70518E-1
2	.405488	-.491433	3.06909E-2
3	.437817	-.274008	-4.20391E-1
4	.436913	0.211931	-5.10991E-1
5	.424729	0.471343	1.13109E-2
6	.366310	0.493905	4.85385E-1

REN.	COMPONENTE4	COMPONENTE5	COMPONENTE6
1	5.93979E-1	3.76283E-2	-9.73093E-2
2	-5.75731E-1	-4.97104E-1	1.20631E-1
3	-9.14886E-2	7.33107E-1	1.03396E-1
4	3.01405E-1	-3.62370E-1	-5.30022E-1
5	1.82679E-1	-1.51922E-1	7.35432E-1
6	-4.27945E-1	2.44201E-1	-3.78820E-1

ANEXO 4

RELACION ADULTOS-RECLUTAS

Relación Adulto-Recluta.

La siguiente tabla muestra la relación adultos-reclutas con un desfase (3 meses) en meses para los años 1975-1977.

MESES	ADULTOS (No. de org.)	MESES	RECLUTAS (No. de org.)
ENERO	9093600	ABRIL	42090400
FEBRERO	8551400	MAYO	48720000
MARZO	6558200	JUNIO	73420000
ABRIL	6839000	JULIO	85270000
MAYO	7330300	AGOSTO	79000000
JUNIO	7944800	SEPTIEMBRE	58180000
JULIO	12753100	OCTUBRE	80530000
AGOSTO	21622400	NOVIEMBRE	86670000
SEPTIEMBRE	24183100	DICIEMBRE	130000000
OCTUBRE	24849500	ENERO	47490000
NOVIEMBRE	10772000	FEBRERO	34440000
DICIEMBRE	17714400	MARZO	35280000
ENERO	13412200	ABRIL	42490000
FEBRERO	8621500	MAYO	53460000
MARZO	7014900	JUNIO	56030000
ABRIL	5081700	JULIO	68270000
MAYO	5275100	AGOSTO	77520000
JUNIO	7340500	SEPTIEMBRE	67420000
JULIO	9693000	OCTUBRE	69730000
AGOSTO	13375200	NOVIEMBRE	90490000
SEPTIEMBRE	15745500	DICIEMBRE	92290000
OCTUBRE	16781600	ENERO	92000000
NOVIEMBRE	20291800	FEBRERO	89450000
DICIEMBRE	14872300	MARZO	97090000
ENERO	24628900	ABRIL	110000000
FEBRERO	24631500	MAYO	96730000
MARZO	27152200	JUNIO	110000000
ABRIL	28432200	JULIO	140000000
MAYO	20552100	AGOSTO	130000000
JUNIO	17503200	SEPTIEMBRE	92550000
JULIO	22006000	OCTUBRE	91420000
AGOSTO	31543100	NOVIEMBRE	97720000
SEPTIEMBRE	41372700	DICIEMBRE	112000000

La distribución del reclutamiento a lo largo de cada año presentó dos modas, estas pueden verse a continuación:

	MESES	RECLUTAS (No. de org.)	
1975	JULIO	85270000	μ_1
	DICIEMBRE	130000000	μ_2
1976	AGOSTO	77520000	μ_3
	DICIEMBRE	922900000	μ_4
1977	JULIO	140000000	μ_5
	DICIEMBRE	112000000	μ_6

Las modas ($\mu_1, \mu_2 \dots \mu_6$) junto con sus respectivas varianzas y desviaciones estandar se introducen en la ecuación de la normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma)} e^{-\left[\frac{1}{2} (x-\mu)^2 / \sigma^2 \right]}$$

Las desviaciones estandar y varianzas se obtuvieron de los puntos relacionados a cada moda.

	σ^2 (10^6)	σ (10^6)
μ_1	302.06	17.38
μ_2	1700.74	41.24
μ_3	158.26	12.58
μ_4	91.58	9.57
μ_5	343.73	18.54
μ_6	118.8	10.90

De los datos anteriores de μ , σ^2 y σ se calculó el valor $f(x)$ a partir de valores teóricos de x .

 μ_1

	$f(x)$ (10^{-5})	RECLUTAS (10^6)
f(20)	= 2.15	0.081
f(40)	= 80	3.0
f(60)	= 830	31.45
f(80)	= 2250	85.27
f(100)	= 1620	61.39
f(120)	= 310	11.74
f(140)	= 20	0.7
f(160)	= 0.2	0.007

 μ_2

	$f(x)$ (10^{-5})	RECLUTAS (10^6)
f(10)	= 10	1.34
f(20)	= 30	4.02
f(40)	= 90	12.06
f(60)	= 230	30.82
f(80)	= 470	62.98
f(100)	= 750	100.51
f(120)	= 940	125.97
f(130)	= 970	130.0
f(140)	= 940	125.97
f(160)	= 750	100.51
f(180)	= 450	62.98
f(200)	= 230	30.82
f(220)	= 90	12.06
f(240)	= 30	4.02
f(260)	= 10	1.34

 μ_3

	$f(x)$ (10^{-5})	RECLUTAS (10^6)
f(30)	= 3.0	.072
f(40)	= 40	.96
f(60)	= 1330	31.92
f(80)	= 3230	77.52
f(100)	= 620	14.88
f(120)	= 10	0.24
f(130)	= .4	.009

μ_4

	$f(x)$ (10^{-5})	RECLUTAS (10^6)
$f(60)$	= 2	.04
$f(70)$	= 310	6.57
$f(80)$	= 2010	42.60
$f(90)$	= 4340	92
$f(100)$	= 3120	66.13
$f(110)$	= 750	15.89
$f(120)$	= 60	1.27
$f(130)$	= 1.5	.03

 μ_5

	$f(x)$ (10^{-5})	RECLUTAS (10^6)
$f(60)$	= .1	.006
$f(80)$	= 10	.63
$f(100)$	= 220	13.87
$f(120)$	= 1240	78.19
$f(140)$	= 2220	140
$f(160)$	= 1240	78.19
$f(180)$	= 220	13.87
$f(200)$	= 10	.63
$f(220)$	= .1	.006

 μ_6

	$f(x)$ (10^{-5})	RECLUTAS (10^6)
$f(70)$	= 1.7	.05
$f(80)$	= 40	1.26
$f(90)$	= 420	13.25
$f(100)$	= 1860	58.68
$f(110)$	= 3550	112.66
$f(120)$	= 2920	92.12
$f(130)$	= 1030	32.49
$f(140)$	= 160	5.04
$f(150)$	= 10	.3
$f(160)$	= .2	.006

ANEXO 5

CORRELACION CRUZADA

Análisis de Correlación Cruzada

Una serie ecológica es una secuencia (continua o discreta) de observaciones ordenadas en el tiempo (temporal) o en el espacio (espacial) que constituyen un proceso en una componente aleatoria denominada proceso estocástico. El concepto de un proceso se refiere a la evolución de una variable dependiente (en nuestro caso reclutas) como una función de variables independientes (en este caso variables ambientales y esfuerzo de pesca, ambas funciones del tiempo). La variable independiente es a menudo el tiempo pero puede también ser el espacio o aún una trayectoria a través del espacio y tiempo (muestreo durante un crucero). Los procesos estocásticos tienen componentes determinísticos y sistemáticos así como componentes aleatorios. Los métodos de análisis numéricos de las series están diseñados para caracterizar las componentes determinísticas y sistemáticas tomando en consideración el medio ambiente probabilístico causado por la presencia de componentes aleatorios.

El mejor de todos los ejes para la observación de los datos de procesos es el tiempo ya que el desarrollo de los fenómenos ecológicos siguen una dirección en el tiempo que es irreversible e independiente de cualquier decisión del observador.

El análisis de las series provee al investigador de un conocimiento profundo del fenómeno que está estudiando. La calidad de tal análisis depende sin embargo del muestreo que debe de ser llevado en un orden muy riguroso. Conviene destacar que todos los métodos de análisis de series requieren que la serie esté constituida de un gran número de observaciones ($p > 100$) a fin de obtener resultados estadísticos válidos, especialmente cuando se considere la presencia de fluctuaciones aleatorias.

La componente sistemática de las series estacionarias se denomina oscilación o variabilidad y existen varios métodos analíticos para su estudio. Los métodos mas simples son extensiones de los métodos estadísticos básicos: autocovarianza y correlación cruzada. La autocovarianza y la autocorrelación proceden de los conceptos de varianza y correlación y se aplican al conocimiento de la estructura interna de la serie cuyo objetivo es el de medir la relación entre los términos sucesivos de la serie a fin de determinar su cuadro oscilatorio.

Una autocovarianza es una medida de la covarianza de la serie consigo misma. Ya sabemos que la covarianza de una variable consigo misma es su varianza.

$$s_{yy} = \sigma^2_y$$

Para la autocovarianza, sin embargo la serie es progresivamente desplazada en relación con si misma. Las medias y' e y'' de los términos $p-k$ de las series truncadas.

$$y' = \frac{1}{(p-k)} \sum_{j=1}^{p-k} y_{j+k} \quad y'' = \frac{1}{(p-k)} \sum_{j=1}^{p-k} y_j$$

corresponde a un desfase de k unidades. Como en el caso de la autocovarianza, estas dos medias se usan para calcular la autocovarianza $s_{yy}(k)$ de la serie para un desfase k .

$$s_{yy}(k) = \frac{1}{(p-k-1)} \sum_{j=1}^{p-k} (y_{j+k} - y')(y_j - y'')$$

En forma similar, la autocorrelación de una serie puede ser definida para desfase igual a k como la relación de su autocovarianza $s_{yy}(k)$ a su varianza $s_{yy}(0)$.

$$r_{(yy)k} = \frac{s_{yy}(k)}{s_y s_y} = \frac{s_{yy}(k)}{s_y^2} = \frac{s_{yy}(k)}{s_{yy}(0)}$$

Un método del mismo tipo que la autocovarianza y la autocorrelación hace posible analizar simultáneamente la oscilación de dos series. Se denomina covarianza cruzada o correlación cruzada o correlación de desfase.

Para dos series Y_h e Y_i , la covarianza cruzada de orden k se calcula en forma análoga a la autocovarianza, usando la media de dos series truncadas.

$$Y_h = \frac{1}{(p-k)} \sum_{j=1}^{p-k} Y_h(j+k) \quad Y_i = \frac{1}{(p-k)} \sum_{j=1}^{p-k} Y_i j$$

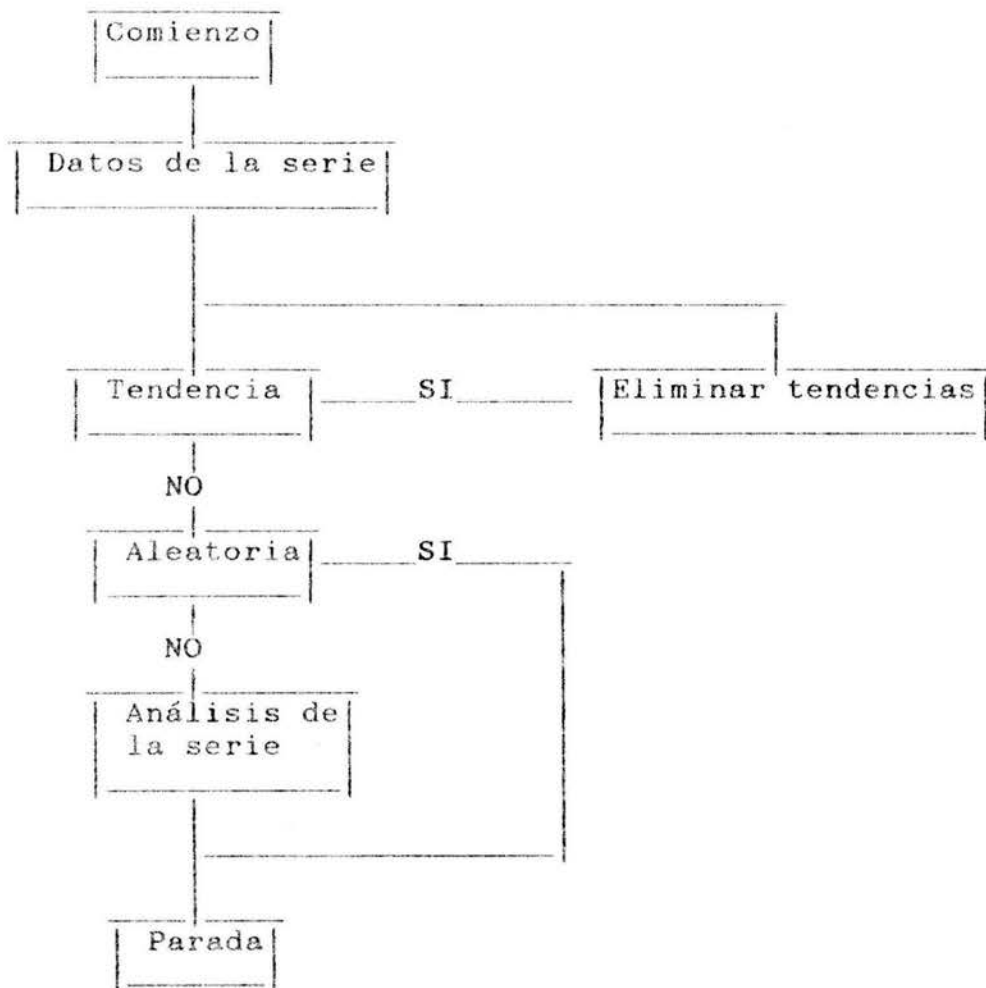
$$S_{hi}(k) = \frac{1}{(p-k-1)} \sum_{j=1}^{p-k} \left[Y_{h(j+k)} - \bar{Y}_h \right] \left[Y_{ij} - \bar{Y}_i \right]$$

La covarianza cruzada puede obviamente ser transformada en correlación cruzada simplemente dividiendo la covarianza de desfase de orden uno por el producto de las correspondientes desviaciones estandar.

$$O_{hi}(k) = \frac{\sum_{j=1}^{p-k} \left[Y_{h(j+k)} - \bar{Y}_h \right] \left[Y_{ij} - \bar{Y}_i \right]}{\sqrt{\left[\sum_{j=1}^{p-k} \left[Y_{h(j+k)} - \bar{Y}_h \right]^2 \right] \left[\sum_{j=1}^{p-k} \left[Y_{ij} - \bar{Y}_i \right]^2 \right]}}$$

La covarianza cruzada y la correlación cruzada hacen posible explorar series múltiples en las cuales se muestran simultáneamente varias variables. Tales métodos son de interés obvio a los biólogos pesqueros que a menudo analizan fluctuaciones de la estructura de la población en términos de las variaciones de las series asociadas.

El procedimiento del análisis de series se ilustra en el diagrama de flujo que sigue:



Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y los adultos (No. de org.)

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
-12	.04835	-11	.06201	-10	.04308	-9	.03272
-8	.03633	-7	.07203	-6	.06971	-5	.04677
-4	.06352	-3	.16244	-2	.20370	-1	.17366
0	-.00001	1	-.17770	2	-.39808	3	-.51974
4	-.46846	5	-.29437	6	-.10911	7	-.00589
8	.04632	9	.10614	10	.10903	11	.05626
12	.03847						

Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y el esfuerzo pesquero (viajes).

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
-12	-.15951	-11	-.07223	-10	-.00467	-9	.05177
-8	-.03867	-7	.04953	-6	.14938	-5	.14048
-4	.16641	-3	.32135	-2	.33916	-1	.21888
0	.03637	1	.16710	2	.13611	3	.43776
4	.11832	5	.07853	6	.11121	7	.21359
8	.03160	9	-.06025	10	.01058	11	-.14304
12	-.10369						

Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y la temperatura (C°).

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
-12	.00755	-11	.03137	-10	.17637	-9	.10598
-8	.16582	-7	.31507	-6	.32001	-5	.27390
-4	.29451	-3	.46638	-2	.47093	-1	.22215
0	.00871	1	-.20100	2	-.27910	3	-.24319
4	-.16462	5	-.05951	6	-.23516	7	-.20319
8	-.25604	9	-.18587	10	.07486	11	-.18105
12	-.11304						

Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y la precipitación pluvial.

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
-12	-.03192	-11	.01166	-10	.03394	-9	.15100
-8	.16243	-7	.10032	-6	.19599	-5	.20208
-4	.23657	-3	.29641	-2	.44274	-1	.30041
0	.25302	1	.31457	2	.08696	3	-.02962
4	-.08143	5	-.08481	6	.07823	7	.04924
8	.15302	9	-.09175	10	-.21673	11	-.42119
12	-.35743						

Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y la dirección del viento.

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
-12	-.09140	-11	-.21105	-10	-.07115	-9	-.16141
-8	-.14632	-7	.19936	-6	.31863	-5	.15761
-4	.01198	-3	-.12005	-2	-.19076	-1	-.15285
0	-.38831	1	.08168	2	.44592	3	.13100
4	.12007	5	-.11640	6	-.05545	7	-.12716
8	-.00649	9	-.21624	10	.22745	11	.09411
12	.04656						

Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y la intensidad del viento.

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
-12	.35906	-11	.32882	-10	.29416	-9	.25192
-8	.30650	-7	.18625	-6	.04887	-5	.07232
-4	-.01553	-3	-.37049	-2	-.61163	-1	-.66678
0	-.39248	1	-.31025	2	-.25437	3	-.36084
4	-.27087	5	-.12282	6	-.13844	7	.01636
8	.09940	9	.15869	10	.02392	11	.00523
12	.16402						

Estimación de la Correlación Cruzada entre los reclutas (No. de org.)
y la mortalidad total (Z).

tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.	tiempo	Coef. Correl.
12	.08048	-11	-.00598	-10	.02678	-9	.07529
-8	.02308	-7	.01278	-6	.16887	-5	.25184
-4	.20111	-3	.09680	-2	.01090	-1	-.37584
0	-.36986	1	-.22633	2	.07767	3	.09062
4	.03498	5	-.09919	6	-.12992	7	-.18492
8	-.19946	9	-.25134	10	-.12403	11	.16121
12	.28462						

ANEXO 6

GLOSARIO

Glosario de Términos Técnicos.

Anaerobia: condiciones que existen solamente en ausencia de oxígeno libre. También se aplica a un organismo (bacterias) que puede vivir libre de oxígeno.

Bentos: aquellas formas de vida marina que habitan en el fondo; también se aplica al mismo fondo del mar. Se aplica también a peces muy asociados con el bentos.

Captura: número de organismos atrapados por el arte de pesca.

Cohorte: la secuencia de de una clase de edad a través del tiempo (una generación).

Componentes Principales: método estadístico que tiende a reemplazar un gran número de mediciones por un número menor de mediciones o de sus funciones "sin perder mucha información". Involucra la aplicación de valores eigen y vectores de una matriz y sintetiza diagramas y coeficientes de correlación en una versión concisa y fácilmente interpretable.

Crecimiento: aumento de peso y longitud individual que posteriormente se verá reflejado en la captura.

Demersales: organismos que habitan o residen en el fondo. béntónico.

Desfasaje: término usado en conexión con fórmulas armónicas. El desfasaje que se da normalmente en grados o en radianes pero también en unidades de tiempo, determina el máximo y mínimo en una fórmula armónica que depende del tiempo.

Dinámica de Poblaciones: estudio de los cambios cuantitativos que ocurren en la estructura de una población a lo largo del tiempo. El término se aplica a menudo para significar enfoques matemáticos para simular la dinámica de población de una especie.

Edad: tiempo que ha vivido un determinado organismo.

Esfuerzo Pesquero (f): actividad humana relacionada con la obtención de una captura de peces. Depende de las siguientes variables: a) número de embarcaciones; b) poder de pesca (artes); c) distribución espacial del esfuerzo; d) el tiempo efectivo de pesca.

Juvenil: es un estadio en el ciclo de vida del camarón que presentan todas las características morfológicas del adulto sólo que son inmaduros sexualmente.

Manglar: costa trópicale o subtrópicale de baja energía cuya línea de costa está cubierta por vegetación de mangle.

Mortalidad Natural: número de organismos que mueren por unidad de tiempo por causas naturales como; el parasitismo, depredación, falta de alimento, competencia, etc.

Mortalidad por Pesca: número de organismos que mueren por unidad de tiempo, debido a las actividades pesqueras.

Mortalidad Total: número de organismos que mueren en total, debido a las actividades pesqueras y causas naturales.

Nictimerale: ritmo del comportamiento de un organismo relacionado con la luz y la oscuridad.

Onda de Tormenta: elevación del nivel del mar como consecuencia de tormentas meteorológicas como huracanes. Son ondas de largo período a la cual se le sobrepone las olas comunes de gravedad.

Plataforma Continental: parte del margen continental que se encuentra entre la línea de costa y el talud continental. Suave pendiente de 0.1 grado.

Pleamemar: marea alta.

Población Virtual: contribución completa de una población a la pesquería. En un momento dado se materializa en

la captura acumulada, realizada en los intervalos de tiempo posteriores hasta la extinción de la población (Fry).

Reclutamiento: cantidad de organismos que se adicionan a la población pescable, o bien al siguiente nivel de desarrollo.

Selección: proceso por el cual los camarones reclutados entran progresivamente dentro de la fase explotada.

Stock Pesquero: parte de una población acuática que está bajo consideración desde el punto de vista de la utilización potencial real.

Talud Continental: parte del margen continental que se encuentra entre la plataforma continental y la emersión continental (o fosa oceánica). Está caracterizada por una pronunciada pendiente de 3-6 grados.

Trófico: nivel o eslabón en una cadena alimenticia. e.g., hervívoros, carnívoros de primer estado, etc. Debido a las grandes variaciones en la composición de los alimentos, estos niveles no pueden ser definidos con precisión en un ecosistema.

Vector (matricial): representación de un vector a través de sus coordenadas por medio de una matriz. Hay vectores de columna y vectores de filas o renglones.