

SECRETARIA  
DE  
EDUCACION PUBLICA

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**  
**DEPARTAMENTO DE PESQUERIAS**



**Simulación de las Fluctuaciones de Sardinia Monterrey  
(*Sardinops caeruleus*) con Base en la Relación  
Existente entre el Stock, el Reclutamiento  
y la Variabilidad Ambiental.**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER**

**EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**ENRIQUE MORALES BO JORQUEZ**

La Paz, B.C.S.

Noviembre, 1996.

## TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO .....	ii
LISTA DE TABLAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
INTRODUCCION .....	5
ANTECEDENTES .....	8
JUSTIFICACION .....	13
OBJETIVO GENERAL .....	15
OBJETIVOS PARTICULARES .....	15
<b>MATERIAL Y METODOS</b> .....	16
Base de datos .....	16
<b>Análisis</b> de población virtual .....	16
Fracciones poblacionales del stock y reclutamiento .....	18
<b>Reconstrucción</b> del reclutamiento .....	19
Niveles de agrupación de captura .....	21
Estimación de la captura .....	21
<b>Evaluación</b> de la incertidumbre .....	23
Análisis de correlación canónica .....	24
RESULTADOS .....	26
Estimación de los valores iniciales de F y M .....	26
<b>Análisis</b> de población virtual .....	26
Error entre curvas <b>APV</b> .....	27
Stock y reclutamiento .....	29
Reconstrucción del reclutamiento .....	29
Selección de la ventana ambiental .....	32
Agrupaciones derivadas del Análisis de Componentes Principales .....	34
<b>Estimación</b> de la captura de <i>Sardinops caeruleus</i> .....	36
Estimación de la incertidumbre en el <b>pronóstico</b> de la captura .....	40
Análisis de correlación <b>canónica</b> .....	43
DISCUSION .....	46
Relación stock-reclutamiento .....	50
Estimación de la captura y de la incertidumbre .....	55
CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS .....	59
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	60
ANEXOS	

## GLOSARIO

**Abundancia.** Cantidad en número de organismos o biomasa, presentes en una unidad de área o de volumen determinado.

**Biomasa.** Peso total de materia que constituye a un ser vivo o un conjunto de ellos, que se encuentran en forma de proteínas, carbohidratos, lípidos y otros compuestos orgánicos, los cuales se expresan en términos de unidad de volumen o peso.

**Captura.** La biomasa o el número de organismos extraídos, con la utilización de un arte de pesca determinado.

**Clasificación.** Agrupación de objetos en clases sobre la **base** de atributos o relaciones que poseen en común.

**Dinámica generacional.** Proceso activo dentro de una población, en la cual las clases anuales que la componen avanzan paralelamente en su paso por una pesquería, de tal forma que es posible localizar cada año una clase anual vieja que se extingue y desaparece, pero al mismo tiempo surge una nueva compuesta por individuos jóvenes, producto de la reproducción.

**Disponibilidad.** Recurso potencialmente explotable, en la medida de su **abundancia** y de la presión de pesca, que se aplique sobre el mismo.

**Distribución.** Disposición espacial de los organismos de una población. La acepción estadística de esta palabra, se refiere explícitamente como distribución de frecuencias.

**Fluctuaciones.** Variaciones en biomasa, que es posible que presenten patrones definidos a través del tiempo.

**Incertidumbre.** En términos de manejo de recursos marinos, se utiliza para asignar un grado de indecisión con respecto al resultado de una evaluación, o de una estrategia de manejo determinada.

**Índice de Surgencia.** Estimación que considera mediciones de dirección, densidad y velocidad del viento, en conjunto con transporte de Ekman y el efecto Coriolis, para asignar un valor que indica la magnitud del afloramiento, en metros cúbicos por segundo por cada 100 metros de línea de costa.

**Mortalidad densodependiente.** Cambios en la supervivencia de una población, en función de su abundancia.

**Mortalidad densoindependiente.** Cambios en la supervivencia de una población, debido a efectos, que no dependen de su abundancia.

**Nivel de captura.** Clasificación de captura, asignada a un intervalo de biomasa.

**Población.** Conjunto de organismos de la misma especie, que habitan un área geográfica, incluyendo sus desplazamientos y zonas de reproducción.

**Pronóstico.** Estimación futura del volumen de captura, a partir de indicadores físicos en el medio oceánico de años previos.

**Reclutamiento.** Incorporación de los individuos jóvenes de la misma generación a la porción adulta de una población, que son susceptibles de ser capturados por el arte de pesca.

**Simulación.** Procedimiento matemático que se utiliza para el estudio de problemas específicos, mediante una resolución experimental que representa o imita condiciones no observadas o desconocidas.

**Stock.** Parte de la población susceptible de ser capturada.

**Variable resistente.** Variable ambiental que al ser modificada en una proporción teórica verosímil, no altera el pronóstico.

**Variable sensible.** Variable ambiental que al ser modificada en una proporción teórica verosímil, altera el pronóstico.

**Ventana ambiental.** Conjunto de variables físicas en el medio oceánico, que corresponden a una región definida, que tienen influencia sobre la población o al menos sobre una fracción de la misma.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Reconstrucciones del reclutamiento para diferentes niveles de M y F, obtenidas a través del modelo lineal múltiple. Los componentes principales  $C_{p(i)}$  de las 48 variables ambientales y el stock, se representan por el porcentaje acumulado de la variabilidad total de la información (%Var) (pág. 30).

Tabla 2.- Eigenvalores ( $\lambda_i$ ) y porcentaje de variancia explicada ( $P_i$ ) estimados a través del ACP para cada combinación de M y F (pág. 32).

Tabla 3.- Relación de variables identificadas dentro del ACP, para la curva de M= 0.5, F= 0.7 y para M= 0.6, F=0.3 (pág. 33)

Tabla 4.- Relación de variables identificadas dentro del ACP, para la curva de M= 0.8 y F= 0.7 (pág. 33).

Tabla 5.- Relación de variables identificadas dentro del ACP, para la curva de M= 0.9 y F= 0.3 (pág. 34).

Tabla 6.- Frecuencia y porcentajes de casos clasificados correctamente en el AFD, aplicado a las capturas de *Sardinops caeruleus* del periodo 1981-1 993, de acuerdo con las ventanas ambientales identificadas para las cuatro curvas seleccionadas del APV (pág. 38).

Tabla 7.- Valores estimados de  $D^2$  y de  $F_{(2,1)}$  para cada variable utilizada en el modelo AFD. Los estimados de  $D^2$  cercanos a cero indican variables sensibles, mientras que los próximos a uno muestran las variables resistentes (pág. 39).

Tabla 8.- Coeficientes de las funciones de clasificación del AFD asociados a cada variable de acuerdo con las combinaciones de M y F seleccionadas (pág. 39).

Tabla 9.- Factores estimados para los análisis de correlación canónica realizados para cuatro diferentes niveles de M y F (pág. 45).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Zona de estudio en la costa occidental de Baja California Sur, México (pág. 17).

Figura 2.- Reconstrucciones por APV con niveles de M constante y de F variable. Cada línea del APV tiene el siguiente orden de arriba hacia abajo  $F=0.3$ ,  $F=0.4$ ,  $F=0.5$ ,  $F=0.6$  y  $F=0.7$ , en combinación con: a)  $M=0.5$ , b)  $M=0.6$ , c)  $M=0.7$ , d)  $M=0.8$  y e)  $M=0.9$ , f) muestra las cuatro curvas de APV seleccionadas (pág. 28).

Figura 3.- Diagramas de dispersión de los datos de stock y reclutamiento en toneladas (t), para las curvas seleccionadas en el APV: a)  $M=0.5$  y  $F=0.7$ , b)  $M=0.6$  y  $F=0.3$ , c)  $M=0.8$  y  $F=0.7$ , d)  $M=0.9$  y  $F=0.3$  (pág. 30).

Figura 4.- Reconstrucción del reclutamiento a través del ACP, para las curvas seleccionadas de APV correspondientes a: a)  $M=0.5$  y  $F=0.7$ , b)  $M=0.6$  y  $F=0.3$ , c)  $M=0.8$  y  $F=0.7$  y d)  $M=0.9$  y  $F=0.3$  (pág. 31).

Figura 5.- Agrupaciones obtenidas por el análisis de componentes principales, a)  $M=0.5$ ,  $F=0.7$ , b)  $M=0.6$ ,  $F=0.3$ , c)  $M=0.8$ ,  $F=0.7$  y d)  $M=0.9$  y  $F=0.3$  (pág. 37).

Figura 6.- a) Fluctuaciones de la captura de *Sardinops caeruleus* durante el periodo 1981-1993; b) Distribución de frecuencias de la captura de sardina monterrey durante el periodo 1972-1993 (pág. 38).

Figura 7.- Resultados de la incertidumbre estimada para las variables de las curvas  $M=0.5$ ,  $F=0.7$  y de  $M=0.6$ ,  $F=0.3$  a través del programa GVAT. a) Variación dentro del intervalo  $\pm 5\%$ , b) Variación dentro del intervalo  $\pm 10\%$ , c) Variación dentro del intervalo  $\pm 15\%$  (pág. 41).

## RESUMEN

Se analizó la dinámica generacional de la sardina monterrey *Sardinops caeruleus*, en función de las variaciones de la temperatura superficial promedio mensual del mar y del **índice** de surgencia promedio mensual, que se han registrado en la zona geográfica comprendida entre Isla Cedros y **Bahía** Magdalena, Baja California Sur, con el objetivo de relacionar el stock y el reclutamiento con las variaciones ambientales que podrían explicar los cambios en las magnitudes de las capturas. La estimación de los tamaños del stock y del reclutamiento se obtuvieron a través del análisis de población virtual, para el periodo de 1981 a 1993, durante el cual se tuvo la estructura por edades de la sardina por medio de la lectura de los otolitos sagittae. La abundancia de *S. caeruleus* se relacionó con las variables ambientales a través del análisis de componentes principales, identificando las de mayor influencia, denominándolas en conjunto ventana ambiental. El reclutamiento se reconstruyó a través de un modelo lineal múltiple usando los componentes principales seleccionados, demostrándose que el stock no tuvo influencia estadística en los niveles de abundancia del reclutamiento, mismo que sólo dependió de los **índices** de surgencia promedio mensual de verano en Isla Cedros y de la temperatura superficial promedio mensual del mar durante la primavera y verano en Bahía Magdalena. El efecto que tuvo la ventana ambiental sobre el reclutamiento, se relacionó a su vez con las capturas, utilizando el análisis de funciones discriminantes, definiéndose tres niveles de captura con base en la distribución de las frecuencias de las capturas obtenidas en los últimos 22 años. La reconstrucción de los niveles históricos de captura resultaron exitosos en el **100%** de los casos, lo cual validó el modelo **predictivo** de capturas de *S. caeruleus*. Con base en esto, se pronosticó una captura mayor de 15,000 toneladas para 1994, utilizando la información de la ventana ambiental correspondiente a 1993, mismo que

**fu**e comprobado con el dato observado. Se encontró que el pronóstico **fu**e consistente en más del 50% de los casos simulados, al estimar el efecto de las variaciones de la ventana ambiental sobre la incertidumbre del pronóstico. Finalmente, se demostró que la ventana ambiental tuvo mayor correlación con el stock que con el reclutamiento, a través de un análisis de correlación canónico que permitió evaluar la influencia simultánea del ambiente sobre ambas fracciones poblacionales. Esto se relaciona posiblemente con el patrón de distribución de la especie durante diferentes periodos, lo que haría suponer que las variaciones en la disponibilidad de *S. caeruleus se* encuentran asociadas con la distribución del stock dentro de la Corriente de California.

”

## ABSTRACT

The stock-recruitment relationship of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* was analyzed as a function of the variations of the monthly average of the sea surface temperature and of the upwelling index, which have been recorded in the geographical zone between Isla Cedros and Bahía Magdalena, Baja California Sur, with the objective of relating the stock and recruitment to the environmental variations that could explain the changes in the catch. The estimate of the sizes of the stock and recruitment were obtained through virtual population analysis, from 1981 to 1993, using the sagittae otoliths to determine the age structure of the population. The abundance of *S. caeruleus* was related to the environmental variables through principal components analysis. The application of this method permitted analyzing the variables with the greatest influence, designating them as an environmental window. The recruitment was rebuilt through a multiple linear model, using the selected principal components, showing that the stock did not have statistical influence on the levels of the recruitment, depending only on the upwelling index in summer at Isla Cedros and the sea surface temperature during the spring and summer at Bahía Magdalena. The effect the environmental window had on the recruitment was related to the catch, using discriminant function analysis, with three defined catch levels, based on the distribution of frequencies of the catch obtained in the last 22 years. The estimated values of the historical catch levels determined this way were 100% successful, which validated the predictive model of the catch. The model forecast a catch of more than 15,000 tons in 1994, using the environmental window of 1993, an estimate that was in accord with recorded data in the fishery. The forecast was consistent in more than 50% of the simulated cases, when the effect of the variations of the environmental window on the uncertainty of this forecast was estimated. Finally, I demonstrated

that the environmental window had greater correlation with stock than with recruitment, using a canonical correlation analysis, which estimated the simultaneous effect of environment on the stock and recruitment, and could be related to the distribution of the population during the different periods. It is possible to assume that the variations in the availability of *S.caeruleus* are associated with the distribution of the stock in the California Current.

## INTRODUCCION

El estudio relacionado con el comportamiento de las pesquerías está enfocado a la ordenación y manejo de los recursos pesqueros (Panayotou, 1983). Las alternativas de manejo se pueden agrupar de manera general dentro de cuatro grandes categorías: biológica, económica, recreativa y social (Hilborn y **Walters**, 1992); por lo que la definición clara y precisa de los objetivos a conseguir permitirá en principio identificar las dificultades bajo las cuales se desarrollan las pesquerías (incluyendo factores económicos, biológicos y sociales), así como analizar el efecto de los posibles reglamentos de ordenación y de los programas de **desarrollo**. Como mecanismos apropiados para lograr la administración y la ordenación de las pesquerías, se han empleado modelos globales o de producción excedente, de rendimiento por recluta, modelos de stock-reclutamiento y los estructurales (del tipo análisis de población virtual). En el mejor de los casos, es posible lograr una ordenación con base en la **modelación** bioeconómica, o mejor aún, bajo estimaciones sustentadas en análisis de simulación.

Dentro de este contexto, un aspecto crítico lo constituye la relación stock-reclutamiento, ya que en los últimos 30 años varias pesquerías del mundo, incluyendo las relacionadas con los pelágicos menores han declinado sus poblaciones, a un grado tal que las pesquerías han **caído** en crisis y en muchos de los casos, no dan margen a la predicción de su colapso. En algunos casos la pesca es la causa efectiva de su desaparición, pero en otros las especies virtualmente desaparecen, sin permitir algún intento encaminado a lograr su conservación o recuperación. Por lo menos para el caso de los pelágicos menores, los intentos **por** explicar las relaciones entre el stock y el reclutamiento, así como el colapso y resurgimiento de las pesquerías, deben en principio contestar a cuatro cuestionamientos básicos: a) **¿Qué** fue lo que ocasionó una disminución en el tamaño de la población. Fue un incremento en la pesca, un factor ambiental o la biología intrínseca de las poblaciones las responsables de los colapsos?; b) **¿Qué** tan elástica o resistente es una población para compensar la disminución en su abundancia debido a la intensidad de pesca?; c) **¿Cuál** es la

persistencia de la población?, es decir, la capacidad de mantener continuidad entre las generaciones cuando estas se reducen hacia tallas más pequeñas, bajo las cuales pueden ser altamente adversas las condiciones ambientales; y d) ¿Cómo es el poder de recuperación de estos niveles de stock después de suspendida la pesca, o bien debido a condiciones ambientales favorables? (Beverton, 1990).

Como respuesta a estos cuestionamientos y en términos generales, se podría agrupar la investigación en esta área del conocimiento dentro de tres grandes variedades: 1) Generación de modelos con base en las modificaciones de las relaciones funcionales de stock y reclutamiento, 2) Aplicación de modelos que incluyen variabilidad ambiental y 3) Generación de modelos estocásticos. Cada categoría metodológica proporciona diferentes elementos para estimar la magnitud del reclutamiento a partir de un tamaño dado de stock (Hilborn y **Walters**, 1992).

Dentro de este marco, la aplicación de modelos con variables ambientales son los que de alguna forma proporcionan la explicación a los fenómenos de fluctuaciones en las pesquerías, ya que contemplan la dualidad del problema, es decir, por un lado, las relaciones poblacionales y por otro, la interacción con el ambiente, por lo que es sencillo suponer que el proceso de mortalidad natural (M) se encuentra altamente relacionado con gran cantidad de variables ambientales que afectan el reclutamiento final (Smith *et al.*, 1992); por consiguiente, los pronósticos y estimaciones que se encaminen a explicar el comportamiento de la progenie, sin considerar las fluctuaciones ambientales, están negando la posibilidad de una interpretación adecuada de cualquier modelo en los términos de sus mismas constantes. Sin embargo los intentos de relacionar las variaciones en el reclutamiento con los cambios en el ambiente no han sido demasiado exitosos. Esta situación ha dado origen al planteamiento de generalizaciones que han permitido explicaciones en términos de estrategias reproductivas, que tienen relación con la capacidad de reposición de los individuos a través del éxito reproductivo (Bakun, 1985), en los cuales la dinámica de generaciones aunada a

las caracterizaciones ambientales, puedan indicar algún tipo de mecanismo importante que explique la relación entre el stock y el reclutamiento de una población sujeta a explotación.

Precisamente con la intención de explicar las fluctuaciones de la pesquería de sardina que se desarrolla entre Isla Cedros y Bahía Magdalena, se plantea este estudio con la finalidad de proveer una herramienta útil, que sea factible de utilizar para la adecuada interpretación y comprensión de las fluctuaciones de la población de sardina, que ofrezca la posibilidad de analizar los efectos ambientales a pequeña, mediana y gran escala que pueden influir sobre la toma de decisiones encaminadas a la explotación de la pesquería de sardina en la costa occidental de Baja California Sur, México.

## ANTECEDENTES

Durante el planteamiento y comprensión de las relaciones entre el stock y el reclutamiento (S-R), se advirtió desde el principio el efecto ocasionado por factores densodependientes y densoindependientes, de forma tal que dichos conceptos se incluyen en los modelos funcionales S-R desarrollados por Ricker (1975) y Beverton y Holt (1957); a partir de entonces y debido a lo complejo de las relaciones y pronósticos de los modelos de S-R se inicia una intensa búsqueda encaminada a la correcta interpretación de esta relación, generando a su vez una mayor cantidad de modelos susceptibles de ser aplicados partiendo de las modificaciones y nuevas interpretaciones de las ecuaciones originales de Ricker (1975) y de Beverton y Holt (1957).

Algunos nuevos procedimientos son desarrollados por Harris (1975), que replantea el modelo de Beverton-Holt desglosando en una nueva formulación la mortalidad natural entre los estadios de huevo y larva. Cushing (1971) propone un modelo hipotético de tipo potencial, en el cual analiza la posibilidad de que la densodependencia se encuentre ligada a la distancia que hay entre los huevos y las larvas en el mar. Chapman (1973) menciona que al existir un incremento en el tamaño del stock reproductor, algunos organismos ocupan ambientes poco favorables lo que ocasiona cambios en la tasa de supervivencia. Parrish y MacCall (1978) incorporan un término dependiente dentro de los modelos de Ricker y Cushing. Schnute (1985), Deriso (1980) y Gómez-Muñoz (1986) desarrollaron cada uno generalizaciones de la relación S-R de la cual se pueden derivar directamente los modelos de Beverton-Holt y de Ricker; mientras que Shepherd (1982) también propone una generalización algebraica al modelo de Beverton-Holt, incluyendo además un parámetro exponencial (citado en Gómez-Muñoz, 1989).

Gómez-Larrañeta (1986) analiza las relaciones entre los parámetros de la curva de Beverton y Holt, así como el efecto de la mortalidad por pesca en el valor de dichos parámetros a través de

su respectiva representación gráfica. Peterman (1977 y 1981) y Peterman y Gatto (1978) analizan la acción depensatoria, mencionando que la depredación presenta evidencias de efectos depensatorios comunes en las pesquerías (citado en Hilborn y **Walters**, 1992). La relación S-R se ha intentado explicar con base en evaluaciones probabilísticas como las propuestas por Getz y Swartzman (1981) y por Overholtz *et al.* (1986) (citado en Hilborn y **Walters**, 1992) y por **Rotschild** y Mullen (1985).

Csirke (1980) modificó la ecuación de Ricker incluyendo un **índice** de concentración de la biomasa reproductiva y una constante de proporcionalidad para la población de *Engraulis mordax*. Este planteamiento genera una familia de curvas, para establecer las anomalías del reclutamiento en relación a las condiciones oceanográficas registradas para cada **año**. Tang (1985) propone una modificación a la ecuación de Ricker, empleando una población de *Callinectes sapidus*, logrando la incorporación de una función lineal múltiple dentro del parámetro relacionado con la mortalidad densoindependiente, igualando su valor con diferentes eventos ambientales registrados para cada año. El resultado final le permite también generar una familia de curvas que pueden ser interpretadas en función del ajuste al valor del parámetro. Gardiner y Shackley (1991) analizan los modelos de S-R desarrollados por Ricker y **Beverton-Holt**, relacionando la supervivencia de los alevines de *Salmo salar* con la densidad de los mismos, encontrando que existe una relación inversa entre el nivel del stock, el crecimiento y la supervivencia de los alevines, estando esta última estrechamente relacionada con la temperatura del agua. Por otra parte, Clark (1992) analizó la relación S-R del *Thymallus arcticus* en Alaska y Hannah (1993) el reclutamiento de *Pandalus jordani*. Ambos intentaron evaluar la influencia ambiental a través de regresiones lineales simples y múltiples; estos planteamientos, aunque empíricos, permiten obtener información teórica útil sobre la variabilidad del reclutamiento en función de algunas variables ambientales. **Jacobson** y **MacCall** (1995) analizaron modelos generalizados de stock-reclutamiento en los cuales incluyeron la temperatura superficial del mar, indicando que los estimados finales del reclutamiento estaban fuertemente influenciados por la

variabilidad ambiental. Doi (1973) empleó el análisis de componentes principales para explicar la influencia del stock adulto y de una cierta colección de variables ambientales, logrando a su vez estimaciones del reclutamiento con base en una regresión lineal simple entre el componente principal de mayor variancia explicada y el reclutamiento. Solana-Sansores *et al.* (1989) y Arreguín-Sánchez (1994a, 1994b) también emplearon el análisis de componentes principales para explorar los patrones de comportamiento de la abundancia de individuos por clase de edad, así como la tendencia de la relación entre los reclutas y el stock reproductor en periodos de tiempo intranuales para el camarón café (*Penaeus aztecus*). Respectivamente Kope y Botsford (1990) utilizaron esta técnica estadística para analizar la influencia de algunas variables ambientales sobre el reclutamiento del salmón *Oncorhynchus tshawytscha*.

Se debe puntualizar que el problema de la dinámica de generaciones es doble, ya que por una parte se deben considerar las relaciones internas de la población en estudio y por otra, el efecto ocasionado por la variabilidad ambiental. En este sentido es necesario conocer con precisión las propiedades y efectos de respuesta que se presentan durante la aplicación de un determinado método, para que de esta forma se considere la posibilidad de afrontar la totalidad del problema, ya que las fluctuaciones y fallas en los reclutamientos de especies de pelágicos menores, se han atribuido en algunos casos a los efectos de la sobrepesca, pero en varios casos parecen estar ligados a eventos ambientales a gran escala (Beverton, 1990).

Un claro antecedente sobre esto lo constituye el trabajo desarrollado por Baumgartner *et al.* (1992) que presenta series de tiempo relacionadas con la depositación de escamas de la sardina del Pacífico y de la anchoveta norteña, a través del estudio de sedimentos anaeróbicos laminados de la cuenca de Santa Bárbara, al sur de California; la variabilidad de los stocks de sardina y anchoveta se estimaron para un tiempo de casi 2000 años, mostrando que ambas poblaciones varían por periodos de 60 años. Para el caso particular de la sardina y durante el análisis de resultados de los últimos 1500 años, se menciona que la población ha tenido nueve recuperaciones seguidas de

nueve colapsos, estimando el tiempo promedio de recuperación de la población de sardina de aproximadamente 30 años; en este sentido, recuperación se define como un incremento en biomasa que va de un millón a más de cuatro millones de toneladas.

Dentro de este contexto y tras la evidencia de fluctuaciones en ausencia total de actividad pesquera, se considera que la relación entre el stock y el reclutamiento, se encuentra fuertemente influenciada por efectos de la variabilidad ambiental, fundamentando tal suposición en lo que menciona Koslow (1992), que establece la dificultad de explicar las relaciones S-R propuestas hasta el momento, en donde incluso con datos actuales de cualquier pesquería la relación S-R no es posible definirla de ningún modo, debido principalmente a la alta variabilidad que se presenta en la tasa instantánea de mortalidad natural (M) que está ligada con una gran cantidad de eventos oceanográficos que influyen en la aparente estabilidad del reclutamiento.

Sobre este problema Lluch-Belda *et al.* (1989, 1991, 1992a, 1992b) han analizado las fluctuaciones en las poblaciones de sardina y anchoveta dentro de los sistemas de las corrientes de Humboldt, de California, de las Canarias y de Kuroshio, descubriendo patrones de cambio a escala mundial, el cual quedó definido como el problema del régimen. En el caso particular de la corriente de California, se han observado fluctuaciones que se relacionan directamente con la temperatura superficial del mar y el **índice** de surgencia, los cuales dentro de ciertos intervalos pueden favorecer la expansión o contracción de la población, donde la presencia de la **anomalía** térmica denominada El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) tiene un papel importante. Precisamente bajo este marco, se plantea un modelo hipotético sobre las fluctuaciones de la sardina de California, el cual explica que durante **periodos** fríos la población se desplaza hacia el sur, lo que reduce su área de distribución y de reproducción; sin embargo, durante **periodos** de calentamiento la sardina se distribuye hacia zonas norteñas aumentando con esto su área de reproducción.

Resulta indiscutible la necesidad de relacionar los cambios ambientales con las variaciones en la composición de una población; sin embargo, un aspecto importante dentro de la comprensión de las fluctuaciones, lo constituyen las evidencias que no sólo plantean las simulaciones matemáticas y los aspectos de **modelación** poblacional, sino aquellas relacionadas con la biología intrínseca de las poblaciones (Beverton, 1990), tal como lo demuestran Stephenson y **Kornfield** (1990) que logran obtener organismos de *Clupea harengus harengus* en el Georges Bank después del colapso de la pesquería del arenque que sucedió en 1977. La eventual reaparición de los organismos planteó la posibilidad de elaborar una hipótesis respecto a mecanismos de resurgencia o recolonización poblacional, observándose para el caso de la población de arenque del Georges Bank, que difiere de las poblaciones de **Jeffreys** Ledge y del sureste de Nova Scotia en lo que se refiere principalmente al DNA mitocondrial (**DNAm**) y a la enzima fosfoglucaasa-isomerasa-2, sugiriendo que durante el colapso de la pesquería, la fi-acción inviable de las capturas comerciales tuvo una persistencia que se reflejó en un incremento parcial de la población.

## JUSTIFICACION

Los patrones de cambio observados en la pesquería de la sardina monterrey *Sardinops caeruleus*, capturada en la zona de Isla Cedros y Bahía Magdalena, B.C.S., en donde se han presentado enormes fluctuaciones en cuanto a su abundancia, disponibilidad y distribución, permiten definir las causas aparentes en cuatro planteamientos fundamentales:

- a) La explotación pesquera como causa principal de la variación que presentan las poblaciones, en la cual la explotación es factor importante en el incremento de la mortalidad, determinando el éxito o fracaso de las poblaciones para mantener su capacidad de reposición.
- b) Suponer como válida la hipótesis de Hjort (19 14) sobre el reclutamiento, la cual plantea que la supervivencia diferencial entre huevo y larva es determinante en el éxito del reclutamiento y en consecuencia, de la abundancia de la biomasa poblacional.
- c) El planteamiento de la existencia del régimen, el cual supone que variaciones ambientales a gran escala en el medio, producen cambios en la productividad del stock, ocasionando fluctuaciones de alta y baja abundancia de las especies de pelágicos menores.
- d) Aceptación de la teoría de la persistencia de las poblaciones, en la que adaptaciones y cambios genéticos pueden hacer posible el resurgimiento de poblaciones colapsadas.

Sin embargo, también es importante reconocer que los aspectos anteriores están íntimamente relacionados, por lo mismo, conocer los mecanismos que determinan las variaciones en la abundancia de *S. caeruleus* desde una sola perspectiva, dificulta la comprensión de la naturaleza y el comportamiento de su dinámica poblacional. De esta forma surge la necesidad de integrar la información biológica y ambiental dentro de un planteamiento que permita hacer predicciones que

involucren todos los posibles **factores** que ocasionan cambios repentinos en la abundancia de *S. caeruleus*, tomando como base para este trabajo la asociación entre la variabilidad ambiental y la dinámica de generaciones, como las principales causas que provocan cambios en la estructura poblacional que se traducen directamente en el rendimiento de la pesquería, dentro de la zona de Isla Cedros y Bahía Magdalena, B. C. S., México.

//

## OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia ambiental sobre las fracciones poblacionales stock y reclutamiento de *Sardinops caeruleus*, para explicar las fluctuaciones en la captura.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Estimar las fracciones poblacionales stock y reclutamiento.
- 2.- Identificar las variables que influyen significativamente sobre el **tamaño** del reclutamiento.
- 3.- Reconstruir el tamaño del reclutamiento, con base en el efecto asociado del ambiente y del **tamaño** del stock.
- 4.- Reconstruir la serie histórica de capturas de *Sardinops caeruleus*, creando agrupaciones para diferentes niveles de captura.
- 5.- Desarrollar el modelo de simulación que permita estimar la captura de *Sardinops caeruleus*, considerando diferentes niveles de incertidumbre.

## MATERIAL Y METODOS

### Base de datos

Para analizar los cambios en la abundancia de *Sardinops caeruleus* se utilizó la información que ha sido generada dentro del programa permanente de muestreo de *S. caeruleus* que se lleva a cabo por el Laboratorio de Edad y Crecimiento del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) durante el periodo de 1981 a 1993. Se ha obtenido el continuo registro de las capturas de manera mensual, así como la estructura por edades de *S. caeruleus* (Félix et al., 1996) a través de la lectura de los otolitos sagittae de acuerdo con Félix y Ramírez (1989), lo cual facilitó su respectiva conversión hacia **periodos** anuales, proporcionando información tanto en peso como en número de individuos.

De igual forma se emplearon las bases de datos ambientales del Departamento de Fluctuaciones del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), considerando principalmente la información relativa a la temperatura superficial del mar como promedio mensual (TSPMM) y del **índice** de surgencia promedio mensual (**ISPM**) (Bakun, 1975), cubriendo el periodo de 1980 a 1993, para el **área** comprendida entre Isla Cedros B. C. (que en lo sucesivo se referirá sólo como Isla Cedros) y **Bahía** Magdalena en B. C. S., **Mexico** (Fig. 1).

### Análisis de población virtual

Uno de los aspectos que caracterizan a las poblaciones es que **están** constituídas por individuos de varias edades diferentes, tantas que al agrupar a todos los individuos de acuerdo con su **año** de nacimiento o de acuerdo con el **año** en que se integraron a la población se pueden encontrar tantos grupos de edad como **años** pueda sobrevivir la especie. De esta forma resulta explicable que

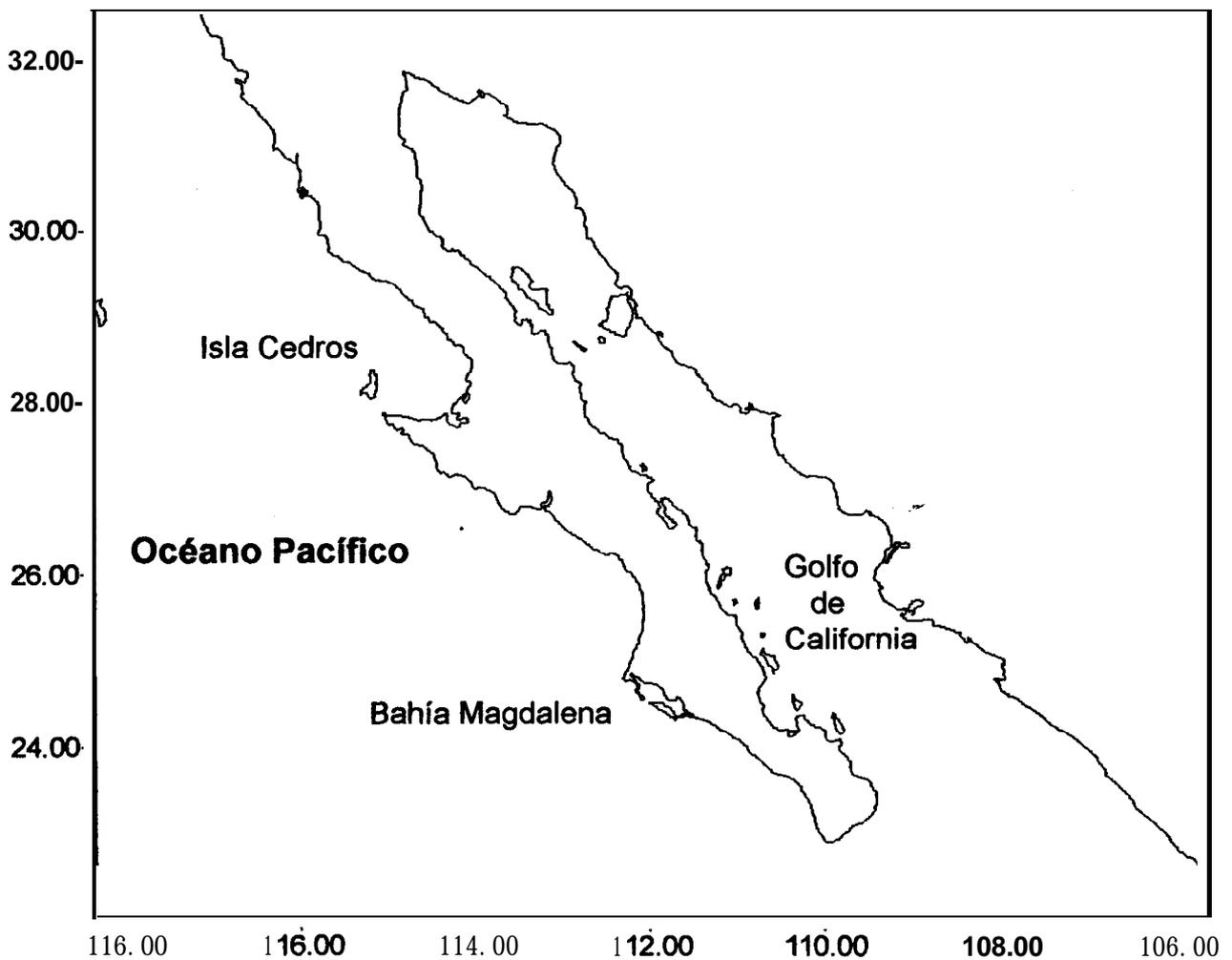


Figura 1 .- Zona de estudio en la costa occidental de Baja California Sur, México.

las clases anuales tengan una existencia relativamente corta, ya que la duración de su vida está limitada, en primera instancia por la mortalidad que la va disminuyendo paulatinamente hasta extinguirla y, en última instancia por la edad máxima que es característica de cada especie y a la cual las clases anuales no pueden teóricamente sobrevivir.

Sin embargo la población se considera una unidad más perdurable compuesta en todo momento por una o mas clases anuales que avanzan paralelamente en su paso por una pesquería, de tal forma que es posible localizar cada año una clase anual ya vieja que se extingue y desaparece, pero al mismo tiempo surge una nueva clase anual compuesta por individuos jóvenes. En la población

puede entonces considerarse un proceso de sucesión en la cual pasan las clases anuales portando cierta cantidad de individuos que tienen características propias a su talla o edad promedio; es así como el tamaño y la estructura de la población en todo momento, es el resultado del tamaño y las características de cada una de las clases anuales existentes en ese instante de tiempo.

Para tener una idea sobre el proceso de mortalidad que afecta a la población de sardina, se logró una reconstrucción de la población de sardina a través del análisis de población virtual (**APV**), empleando el paquete ELEFAN ver 1.11 (Gayaniño *et al.*, 1989). Los valores iniciales de los parámetros M y F que se requieren para el APV se estimaron por medio del método de **Silliman** (Ricker, 1975), obteniendo de igual forma, dos estimaciones adicionales de M a través del modelo empírico de Pauly (1980), con el propósito de analizar con mayor detalle el parámetro M, en la cual se consideraron temperaturas promedio del mar de 20° y 22° C. Se exploró un intervalo de dos décimas más alrededor de los estimados iniciales, con la finalidad de establecer un intervalo sobre el cual la población estuviera fluctuando, midiendo al mismo tiempo los incrementos y decrementos en M y F.

Del total de curvas del APV obtenidas, solamente se consideraron cuatro, que incluyeron: a) la curva de máxima abundancia de la población, b) la curva de mínima abundancia de la población y c) las dos curvas estimadas con los valores iniciales de M y F. A las curvas APV seleccionadas, debido a que son el resultado de un intervalo de valores de F y M, se les estimó su variación porcentual, para cuantificar una razón de cambio entre ellas (Pope, 1972).

### **Fracciones poblacionales del stock y reclutamiento**

Con base en los resultados de los análisis de población virtual, se calcularon las fracciones poblacionales correspondientes al stock y reclutamiento, considerando para el reclutamiento la edad a la cual los organismos se reclutan completamente a la pesquería (Anthony y Fogarty, 1985;

Cohen et **al.**, 1991). Para esto se analizó la frecuencia relativa acumulada (FRA) de la biomasa de la población contra las edades que se encontraron en la composición de la captura de *S. caeruleus*, para encontrar la edad a la cual se alcanza por lo menos el 50% de la FRA. La relación stock reclutamiento se analizó a través de diagramas de dispersión, asociando el stock  $S_t$  de un determinado año  $t$ , con el reclutamiento subsecuente  $R_{t+1}$  para el año siguiente.

### Reconstrucción del reclutamiento

Para realizar la reconstrucción del reclutamiento de *S. caeruleus*, se empleó la técnica estadística de análisis de componentes principales (ACP) de acuerdo con el planteamiento de Doi (1973), el cual permitió caracterizar cada uno de los años del periodo de 1981 a 1993 a través de la variabilidad de la TSPMM, del ISPM y del tamaño del stock de *S. caeruleus*, de tal forma que para establecer el nivel de influencia del stock y de dichas variables ambientales, sobre el reclutamiento, el ACP permitió una ordenación y simplificación de las variables originales en otras nuevas no correlacionadas, llamadas precisamente componentes principales. Cada componente  $Cp_{(i)}$  es una combinación lineal de las variables originales  $X_1, \dots, X_p$ :

$$Cp_{(i)} = W_{(i)1} X_1 + W_{(i)2} X_2 + \dots + W_{(i)p} X_p \dots (1)$$

Una medida de la cantidad de información representada por cada componente es su variancia. En el caso del ACP se establece como principal objetivo determinar la máxima variación de los datos con pocos factores; el primer componente principal  $Cp_{(1)}$  se calcula de modo que su variancia sea máxima, es decir, los coeficientes  $W_{(1)1}, W_{(1)2}, \dots, W_{(1)p}$  se calculan para maximizar la cantidad de variancia representada por este componente principal (Afifi y Clark, 1990; Tabachnick y Fidell, 1989).

De manera análoga es posible encontrar sucesivamente un orden decreciente de los componentes principales, que expliquen a través de su variancia residual la influencia de las variables.

Una vez obtenidos los componentes principales, se procedió a ajustar un modelo lineal múltiple que relaciona el **tamaño** del reclutamiento con dichos componentes (Doi, 1973):

$$\text{Reclutamiento} = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i * Cp_{(i)} \dots (2)$$

Denotando  $a_0$  como la constante de ajuste y  $a_i$  como los coeficientes asociados con cada componente principal, El criterio que se utilizó para determinar la cantidad  $m$  de variables independientes  $Cp_{(i)}$  dentro de la regresión fue la prueba de **significación** estadística de Sokal y Rohlf (1981), la cual evalúa el valor de  $R^2$  en función de la incorporación secuencial de nuevas variables independientes  $Cp_{(i)}$  dentro del modelo, a partir de  $Cp_{(1)}$ :

$$F_s = \frac{(R_{Y,1..K_2}^2 - R_{Y,1..K_1}^2) / (K_2 - K_1)}{(1 - R_{Y,1..K_2}^2) / (n - K_2 - K_1)} \dots (3)$$

Donde:

$n$  = Número total de datos dentro del componente principal.

$K_1$  = Número total de variables antes de la incorporación de un nuevo componente principal.

$K_2$  = Número total de variables al incorporar otro componente principal.

$R_{Y,1..K_1}^2$  = Coeficiente de determinación con  $K_1$  variables.

$R_{Y,1..K_2}^2$  = Coeficiente de determinación con  $K_2$  variables.

$F_s$  = Estadístico de prueba con distribución  $F$  y  $(K_2 - K_1, n - K_2 - K_1)$  grados de libertad.

Una vez ajustado el modelo para cada una de las curvas seleccionadas se identificaron las variables de mayor influencia estadística significativa dentro de dicho modelo, a través del análisis de los eigenvectores de cada componente principal que participó dentro del modelo lineal múltiple como variable independiente, los cuales se seleccionaron considerando que la suma de cuadrados de los

coeficientes de cada eigenvector es igual a uno (Afifi y Clark 1990), usando las variables cuyo coeficiente tuviera una contribución mayor al valor equitativo promedio de 0.1428, el cual se estimó considerando que el ACP se realizó con 49 variables. Al conjunto de eigenvectores seleccionados se les denominó “ventana ambiental” (Cury y Roy, 1989; Roy *et al.*, 1992). De igual forma se presentan las agrupaciones obtenidas con el ACP dentro del periodo de estudio, lo cual permitió una caracterización de cada año, con base en las variables identificadas a través del análisis de los eigenvectores y de los componentes principales estimados. Se usaron dentro del ACP dos variables ambientales (TSPMM e ISPM) para todos los meses del año dentro de dos regiones (Isla Cedros y Bahía Magdalena) conformando un total de 48 variables; otra variable que se incluye es el stock, siendo así 49 variables en total las que participaron dentro del análisis.

### **Niveles de agrupación de captura**

Se obtuvieron tres distintos niveles de captura a través del análisis de la distribución de frecuencias de las capturas de *S. caeruleus*, de tal forma que con el análisis gráfico fue posible localizar los valores modales que marcaron la diferencia entre dichos niveles; cada agrupación fue posible referenciarla con su respectivo intervalo. Para obtener una mayor precisión en cuanto a la distribución de frecuencias, se utilizó la información de capturas de *S. caeruleus* de Hernández-Vázquez (1983), con lo cual se analizó el periodo de 1972 a 1993.

### **Estimación de la captura**

Para estimar la captura se aplicó un análisis de funciones discriminantes (AFD) (Afifi y Clark 1990), en el cual la función de clasificación para cada nivel de captura obtenida para el año pronosticado, incluye como predictores a las ventanas ambientales que se identificaron para el año previo a dicho pronóstico, es decir, el nivel de captura de 1981 se pronostica con la “ventana

ambiental” de 1980, el nivel de captura de 1982 se pronostica con la “ventana ambiental” de 1981 y así sucesivamente hasta 1993, de acuerdo con el patrón de reclutamiento que presentó *S. caeruleus*; esto permitió reconstruir las capturas de *S. caeruleus* y a la vez obtener un modelo de pronóstico mediante el siguiente planteamiento:

$$C_j = c_{j0} + c_{j1}X_1 + c_{j2}X_2 + \dots + c_{jp}X_p \dots (4)$$

Donde  $C_j$  es la función de clasificación del nivel de captura  $j$ , en términos de los predictores  $X_p$ , los cuales son correspondientes a las variables identificadas a través de cada ventana ambiental. Los valores  $c_{jp}$  son los coeficientes asociados a los predictores. De igual forma se interpretaron los coeficientes a través de la función discriminante de Fisher (**F**), la cual ayuda a determinar la dirección y el grado en que cada variable contribuye a la clasificación. La función discriminante toma la siguiente forma (Afifi y Clark, 1990):

$$Z = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p \dots (5)$$

En este caso se considera la posibilidad de que la función  $Z$  tenga un porcentaje de individuos incorrectamente clasificados, de tal forma que  $Z = C$ , donde  $Z$  es una combinación lineal de  $X_1 \dots X_p$ , mientras que  $C$  es una constante descrita como:

$$C = \frac{Z_I + Z_{II}}{n} \dots (6)$$

donde  $Z_I$  es el valor promedio de  $Z$  en la población I, y  $Z_{II}$  es el valor promedio de  $Z$  en la población II. De esta forma se define  $D^2$  de la siguiente manera:

$$D^2 = \frac{(Z_i - Z_{ii})^2}{S_Z^2} \dots (7)$$

Bajo estos términos la prueba de F selecciona los coeficientes  $a_1, a_2, \dots, a_p$  que hacen máximo el valor de  $D^2$  ( $S_Z^2 =$  variancia). El término  $D^2$  se interpreta como la distancia al cuadrado entre la media de los valores estandarizados de Z. Un valor grande  $D^2$  indica que este es fácil de discriminar entre los grupos. La cantidad  $D^2$  es también denominada distancia de Mahalanobis. Los grados de libertad ( $gl$ ) para la prueba de F son  $gl = (p, k-1, N-k)$ , donde  $p =$  número de predictores,  $k =$  número de grupos y  $N =$  número total de casos en todos los grupos.

### Evaluación de la incertidumbre

Para tener una idea del error que se pudiera cometer en el pronóstico del nivel de captura, originado por imprecisiones en la estimación de los parámetros ambientales considerados, o bien, por perturbaciones de la ventana ambiental, se desarrolló un programa en lenguaje Basic, denominado “Generador de Ventanas Ambientales Teóricas” (GVAT). Con este programa se simularon las fluctuaciones de las capturas de sardina, a partir de cambios porcentuales en las variables que conforman la ventana ambiental, en proporciones de  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  y  $\pm 15\%$ . Se utilizaron estos cambios porcentuales en los parámetros para no incluir en la simulación valores extremos que podrían ser irreales; en los análisis de sensibilidad de las estimaciones en la producción biológica, Negrete (1980) utilizó variaciones de  $\pm 10\%$  en los parámetros de sus modelos. Para cada porcentaje se determinó el cambio en el nivel de captura pronosticada, de forma que se consideraron todas las combinaciones posibles en cuanto a la modificación de los

parámetros iniciales. El GVAT permitió estimar 177,147 ventanas ambientales teóricas, las cuales proporcionaron 53 1,441 nuevas estimaciones del posible nivel de captura que se puede pronosticar para la sardina *S.caeruleus*. Toda esta nueva información permitió conocer la máxima cantidad de variables que participaron dentro de cada nivel de captura, estableciendo las variables sensibles y resistentes dentro del modelo.

### **Análisis de correlación canónica**

En los modelos propuestos es común encontrar que la mortalidad densoindependiente se estime e interprete de forma global para el total de la población en estudio; sin embargo, es posible que todos aquellos factores que inciden directamente sobre la mortalidad densoindependiente afecten a las diferentes partes de la población de manera distinta, de tal forma que en esta parte del trabajo se plantea que el stock y el reclutamiento están sujetos, simultáneamente, a los efectos del ambiente en un momento dado, pero considerando dicho efecto como independiente para cada fracción de la población, ya que considera el hecho de que no necesariamente es el mismo para ambas porciones, y que por consiguiente cada fracción poblacional sea diferencialmente sensible a la variabilidad ambiental.

Para abordar este problema se aplicó el análisis de correlación canónica (ACC), el cual es considerado como una extensión de un análisis de correlación lineal múltiple, sólo que en los análisis de correlación canónica existe la posibilidad de relacionar un juego de variables dependientes (stock y reclutamiento), con un juego de variables independientes (variables ambientales). de acuerdo con el siguiente planteamiento (Afifi y Clark, 1990):

$$U = a_1 S + a_2 R \dots (8)$$

$$V = b_1 V_1 + \dots + b_n V_n \dots (9)$$

Donde  $U$  = juego de variables dependientes,  $V$  = juego de variables independientes,  $S$  = tamaño del stock,  $R$  = tamaño del reclutamiento,  $a_i$  = coeficientes asociados a las variables de  $U$ ,  $b_i$  = coeficientes asociados a las variables de  $V$ ,  $V_i$  = variable ambiental de TSPMM o ISPM de la ventana ambiental. La técnica consiste en ajustar estas combinaciones lineales de las variables  $V_i$  en relación a las variables  $S$  y  $R$ , de tal forma que se encuentre la combinación lineal que expresa la mejor correlación lineal entre  $U$  y  $V$ . Estas combinaciones lineales  $U$  y  $V$  son llamadas variables canónicas y la correlación entre estos pares correspondientes de variables canónicas son llamadas correlaciones canónicas. Este análisis es útil cuando las variables dependientes (stock y reclutamiento) están moderadamente intercorrelacionadas, lo que no hace posible tratarlas por separado, de tal forma que no se puede ignorar su interdependencia. Las correlaciones canónicas serán evaluadas por la prueba de significación de Bartlett (Tabachnick y Fidell, 1989), que sigue aproximadamente una distribución de  $\chi^2$ , con base en lo siguiente:

$$\chi^2 = -[N - 1 - (k_x + k_y + 1 / 2)] \ln \Lambda_m \dots (10)$$

Donde la variable  $N$  es el número de casos,  $k_x$  es el número de variables en el juego de las variables independientes,  $k_y$  es el número en el juego de las variables dependientes, donde:

$$\Lambda_m = \prod_{i=1}^m (1 - \lambda_i) \dots (11)$$

Considerando que  $\Lambda_m$  es el producto de la diferencia entre eigenvalores ( $\lambda_i$ ) generados por la correlación cruzada de  $m$  correlaciones canónicas. Los grados de libertad ( $gl$ ) son  $gl = (k_x)(k_y)$ , donde  $k_x$  = número de variables en  $V$ , mientras  $k_y$  = número de variables en  $U$ .

## RESULTADOS

### Estimación de los valores iniciales de F y M

Los resultados del método de Silliman (Ricker, 1975) estimaron valores de  $F_1 = 0.27$ ,  $F_2 = 0.6$  y  $M = 0.59$ , correspondientes a las temporadas 1983-84 y 1990-91, Mientras que con el modelo generalizado de Pauly (1980), se obtuvieron estimaciones de  $M_1 = 0.82$  y  $M_2 = 0.78$ . De tal forma que para dar inicio a los Análisis de Población Virtual (APV) con base en las estimaciones previas de M y F, se decidió explorar un intervalo de M entre 0.5 y 0.9, mientras que F se varió de 0.3 a 0.7, en incrementos de 0.1 en ambos casos, logrando explorar bajo este marco un total de 25 diferentes estimaciones de la abundancia total de la población de *Sardinops caeruleus* de 1981 a 1993.

### Análisis de Población Virtual

Dentro de los APV, se pudo establecer que la sardina del Pacífico *S. caeruleus*, presentó dos picos máximos de abundancia, en 1981 y 1986-1987; sin embargo, a partir de este último año ha presentado un constante decremento en su abundancia, registrando el valor mínimo hacia 1993 (Figs. 2a, 2b, 2c, 2d, 2e); en donde la estimación más elevada se localizó en la combinación de  $F = 0.3$  y  $M = 0.9$  con una biomasa superior a las 200,000 t para 1987 (Fig. 2f), mientras que la estimación mínima correspondió a 50,000 t para el mismo año, con una combinación de  $M = 0.5$  y  $F = 0.7$  (Fig. 2f). La reconstrucción de la población de manera general presentó dos etapas, una de crecimiento durante 1982- 1986 y otra de un constante decremento que se ha prolongado de 1987 a 1993.

## Error entre curvas de APV

Para valorar las variaciones entre las diferentes curvas estimadas por el APV, se realizó un análisis comparativo entre las curvas obtenidas de acuerdo a las tasas M y F estimadas por el método de **Silliman** (Ricker, 1975), que mostró valores entre M= 0.6 y F= 0.3 y de M= 0.8 y F= 0.7 (curvas b y c, Fig. 2f) en relación a las estimaciones extremas obtenidas por el APV que correspondieron a M= 0.5 y F= 0.7 como estimación mínima, y M= 0.9 y F= 0.3 como estimación máxima. Los intervalos porcentuales entre las estimaciones mínima y máxima con respecto a los valores observados presentaron el siguiente comportamiento: de M= 0.6 y F= 0.3 a **M= 0.5 y F= 0.7** cambió del -14% al **-51%**, mientras-que de M= 0.6 y F= 0.3 a M= 0.9 y F= 0.3 (es decir, con el cambio de M solamente) las variaciones oscilaron entre 13% y 144%. En lo que se refiere a las diferencias de M= 0.8 y F= 0.7 con relación a M= 0.5 y F= 0.7 (sin variación en F) se registraron variaciones porcentuales del -11% al **53%**, y de M= 0.8 y F= 0.7 a **M= 0.9 y F= 0.3**, éstas cambiaron de un 29% a un 108%. De igual forma, el porcentaje de error entre las dos **curvas** estimadas con los parámetros del método **Silliman** (Ricker, 1975)  **fueron** del -45% al 30%. De esta manera resultó que la curva de APV correspondiente a M= 0.9 y F= 0.3 presenta serias sobrestimaciones con respecto a las curvas consideradas como estándar, por lo que la elección de esta curva genera errores en las estimaciones de biomasa de *S. caeruleus* por encima del 50% y en algunos **años** mayor que el 100%.

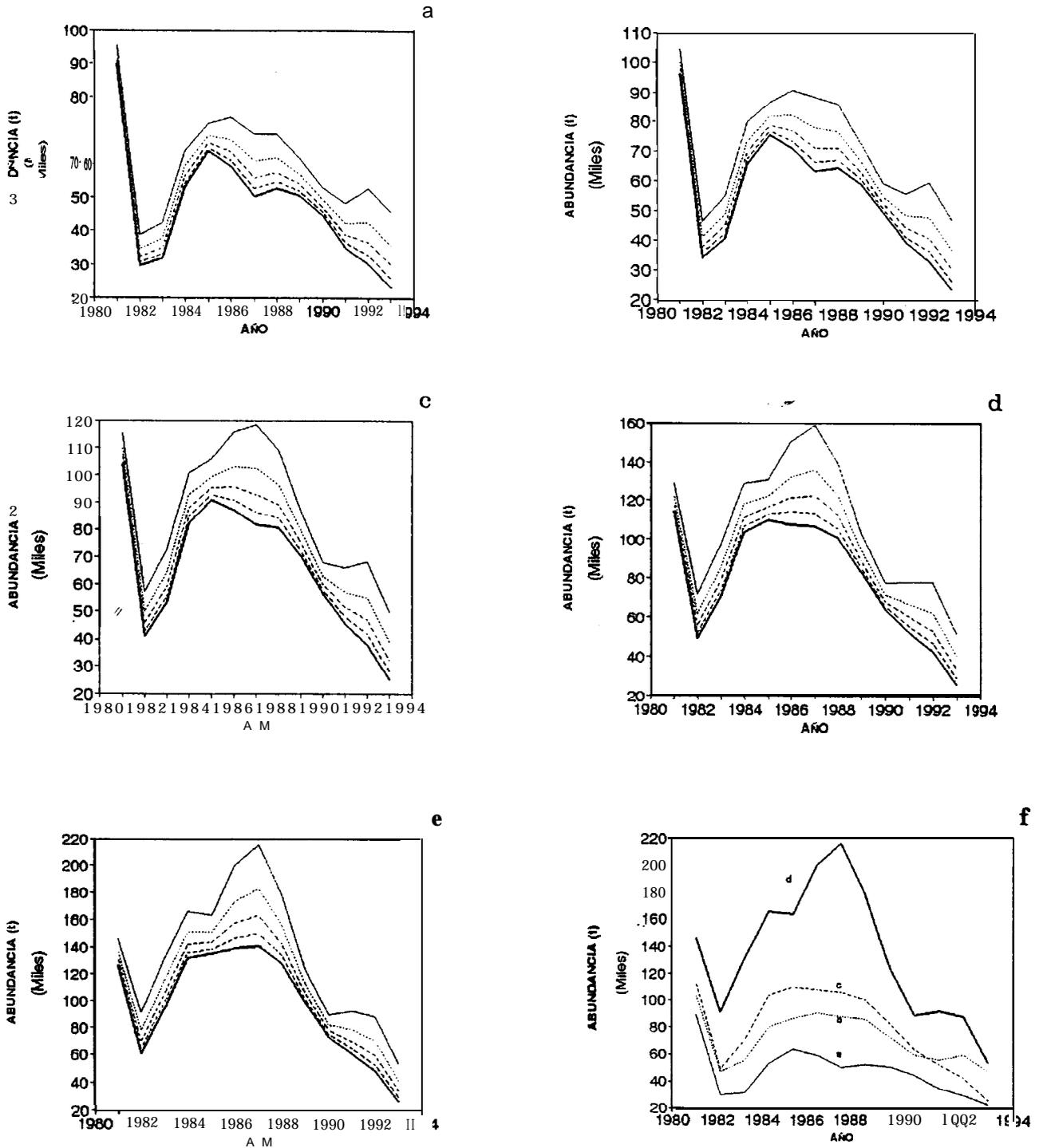


Figura 2.- Reconstrucciones por APV con niveles de M constante y de F variable, Cada línea del APV tiene el siguiente orden de arriba hacia abajo  $F = 0.3$ ,  $F = 0.4$ ,  $F = 0.5$ ,  $F = 0.6$  y  $F = 0.7$ , en combinación con: a)  $M = 0.5$ , b)  $M = 0.6$ , c)  $M = 0.7$ , d)  $M = 0.8$  y e)  $M = 0.9$ , f) muestra las cuatro curvas de APV seleccionadas.

## Stock y reclutamiento

Para el caso de *Sardinops caeruleus* la edad de reclutamiento correspondió a 1 año, ya que durante la edad cero, los organismos se consideran únicamente reclutados al área, razón por la cual su presencia en las capturas comerciales es baja (Félix, 1986). El stock se construyó con los individuos de las edades 2, 3 y 4. De acuerdo con las curvas APV seleccionadas también fue posible establecer cuatro diagramas de dispersión (Figs. 3a, 3b, 3c, 3d) que son totalmente correspondientes con los niveles de M y F obtenidos según las reconstrucciones de la Fig. 2f.

## Reconstrucción del reclutamiento

Los coeficientes asociados a los  $Cp_{(i)}$  que participaron en el modelo se muestran en la tabla 1. En cada relación stock-reclutamiento, fue posible obtener la reconstrucción del reclutamiento (Figs. 4a, 4b, 4c y 4d). La línea continua representa el modelo lineal múltiple en el que participaron los componentes principales seleccionados, mientras que los puntos representan el reclutamiento observado durante cada periodo anual. Esta forma de estimación del reclutamiento permitió obtener un mayor valor de  $R^2$  y a la vez acumular un mayor porcentaje de variancia explicada (Tabla 1).

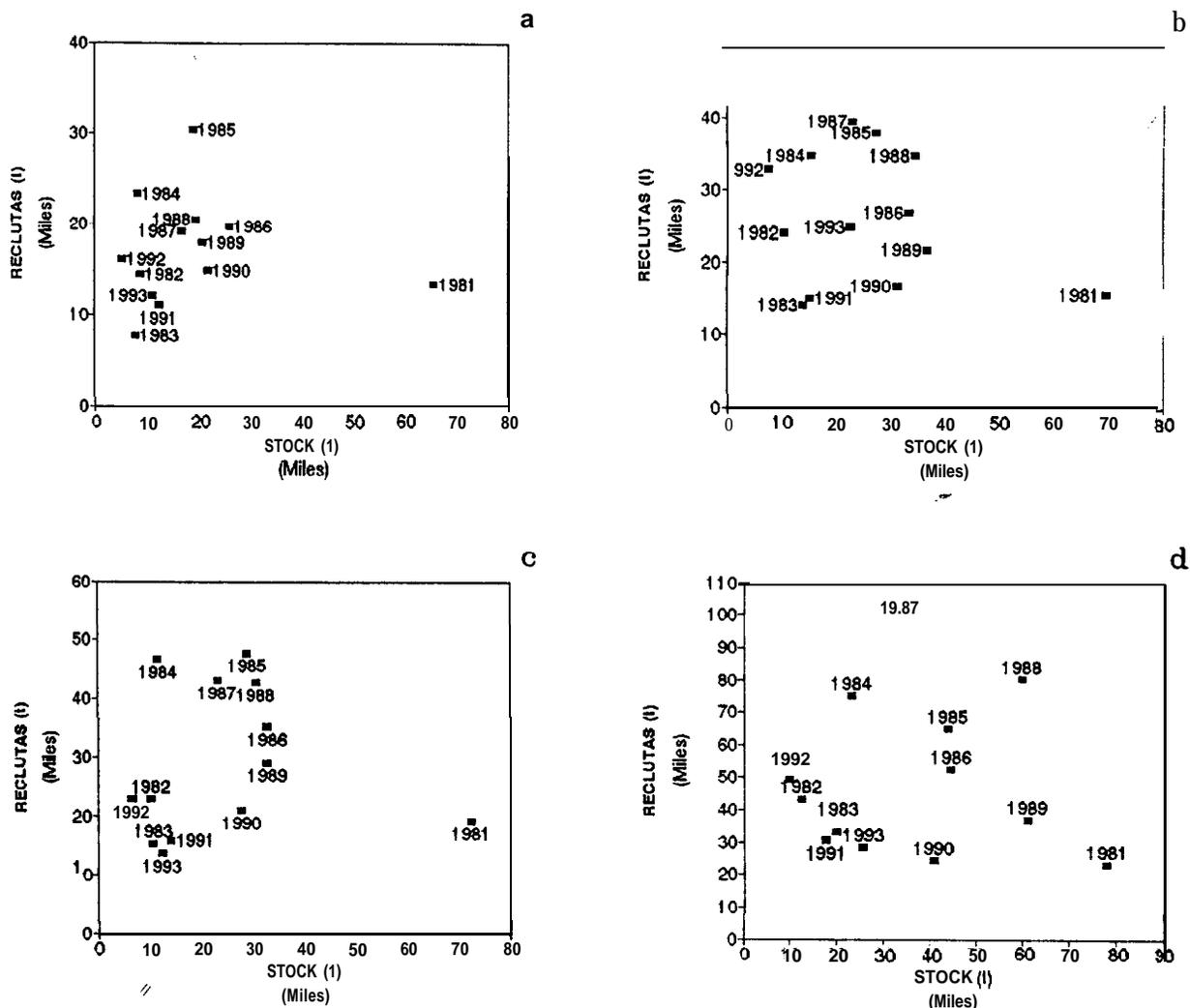


Figura 3.- Diagramas de dispersión de los datos de stock y reclutamiento en toneladas (t), para las curvas seleccionadas en el APV, a)  $M=0.5$  y  $F=0.7$ , b)  $M=0.6$  y  $F=0.3$ , c)  $M=0.8$  y  $F=0.7$ , d)  $M=0.9$  y  $F=0.3$ .

Tabla 1. Reconstrucciones del reclutamiento para diferentes niveles de M y F, obtenidas a través del modelo lineal múltiple. Los componentes principales  $Cp_{(i)}$  de las 48 variables ambientales y el stock, se representan por el porcentaje acumulado de la variabilidad total de la información(%Var).

Nivel	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$R^2$	%Var
$M=0.5, F=0.7$	17000	286	601	-462	-573	382	1912	1348	998	-2134	----	0.91	94.3
$M=0.6, F=0.3$	26134	327	-238	-751	351	-335	2642	2816	1194	-4341	-2563	0.99	96.9
$M=0.8, F=0.7$	28963	484	502	-323	-297	2492	3942	2586	1265	-6009	-2735	0.96	96.9
$M=0.9, F=0.3$	48572,	650	-1043	-403	2405	3500	-6128	2109	-13868	-6678	-1707	0.84	93.7

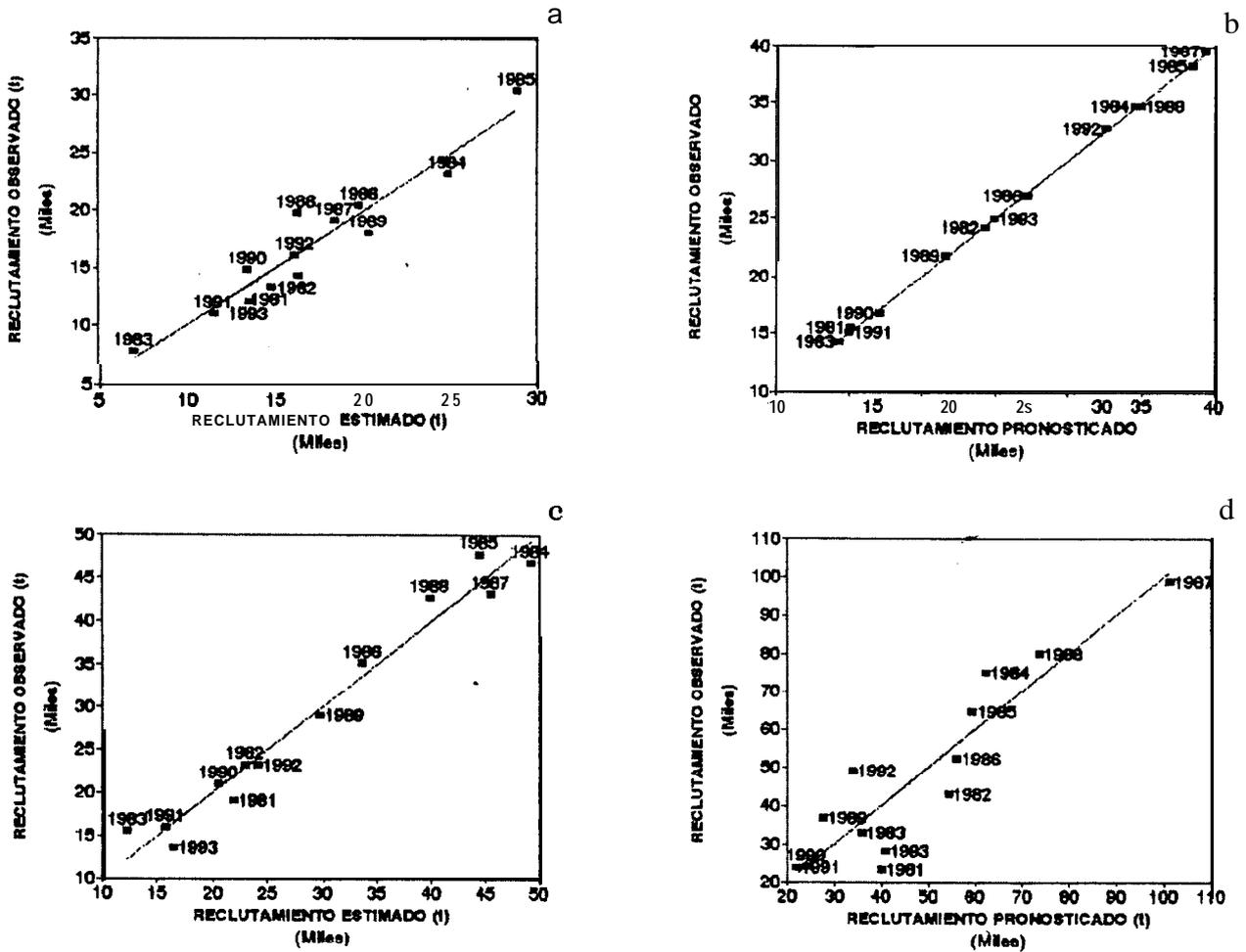


Figura 4.- Reconstrucción del reclutamiento a través del ACP, para las curvas seleccionadas de APV correspondientes a: a)  $M= 0.5$  y  $F= 0.7$ , b)  $M= 0.6$  y  $F= 0.3$ , c)  $M= 0.6$  y  $F= 0.7$  y d)  $M= 0.9$  y  $F= 0.3$ .

Posteriormente se analizaron los coeficientes de los eigenvectores de los primeros 7 componentes principales con la finalidad de obtener las variables de interés dentro del ACP, a estas variables en conjunto se les ha denominado ventana ambiental. Al identificar los eigenvectores por pares de componentes principales, se ha buscado que su combinación explique al mismo tiempo la mayor **varianza** (Anexo B), observándose en la Tabla 2 los eigenvalores estimados así como la variancia explicada por cada componente principal. Para todos los casos de las curvas APV seleccionadas se procedió de igual forma, de tal manera que se buscó para cada curva APV la ventana ambiental que proporcionaba información con base en los valores de los eigenvectores seleccionados. Se

analizó hasta el séptimo componente principal, debido a que los componentes principales 8, 9 y 10 contribuyen de forma individual con menos del 4.5 % de variancia acumulada, no obstante que el modelo lineal múltiple que reconstruye el reclutamiento en función de los  $Cp_{(i)}$ , haya tomado como criterio para regular la cantidad de variables independientes ( $Cp_{(i)}$ ) la prueba de Sokal y Rohlf (1981), la cual determinó la incorporación de los componentes principales 8, 9 y 10. Sin embargo, de acuerdo a lo que menciona Tabachnich y Fidell (1989), la interpretación de componentes principales y de sus respectivos eigenvectores con valores debajo de uno o próximos a cero carecen de importancia dentro del análisis.

Tabla 2.- Eigenvalores ( $\lambda_i$ ) y porcentaje de variancia explicada ( $P_i$ ) estimados a través del ACP para cada combinación de M y F.

Número de componente principal	M= 0.5, F= 0.7		M= 0.8, F= 0.3		M= 0.8, F= 0.7		M= 0.9, F= 0.3	
	$\lambda_i$	$P_i$	$\lambda_i$	$P_i$	$\lambda_i$	$P_i$	$\lambda_i$	$P_i$
1	8.23	28.99	8.24	29.02	8.23	29.01	8.24	29.08
2	5.52	15.34	5.52	13.72	5.54	13.71	5.54	13.83
3	3.48	13.84	3.59	10.08	3.52	10.88	3.89	10.43
4	3.09	10.70	3.13	7.42	3.12	7.20	3.20	7.50
5	2.55	7.08	2.44	7.24	2.55	6.42	2.41	8.19
8	1.48	6.58	1.47	4.52	1.48	4.81	1.47	4.81
7	1.40	4.81	1.34	3.83	1.33	4.44	1.29	4.80
8	1.09	4.35	1.07	2.75	1.08	2.74	1.05	2.74
9	0.88	2.75	0.92	2.52	0.88	2.58	0.94	2.49
10	0.79	2.58	0.77	1.85	0.78	1.87	0.85	1.79

### Selección de la ventana ambiental

Del total de los eigenvectores analizados dentro de los primeros siete componentes principales, se pudieron obtener las ventanas ambientales correspondientes a cada combinación de M y F, las cuales se encuentran compuestas por una serie de variables que incluyen la TSPMM o ISPM y un mes del año asociado a una región geográfica. Las tablas 3, 4 y 5 muestran las **ventanas**

ambientales, y en el anexo A1, A2, A3 y A4 se muestran los valores estimados de todos los eigenvectores que se analizaron. Las ventanas ambientales de las combinaciones de M= 0.5, F= 0.7 y de M= 0.6, F= 0.3 resultaron ser id6nticas, compuestas por diez variables, mientras que para M= 0.8, F= 0.7 y M= 0.9, F= 0.3 tuvieron nueve variables cada una.

**Tabla 3.- Relaci6n de variables identificadas dentro del ACP, para la curva de M= 0.5, F= 0.7 y para M= 0.6, F=0.3.**

<b>MES</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>REGION</b>	<b>CODIGO</b>
Mayo	TSPMM	Isla Cedros	TmyIC
Mayo	TSPMM	Bahia Magdalena	TmyBM
Febrero	TSPMM	Isla Cedros	TfeIC
Abril	ISPM	<b>Bahia</b> Magdalena	<b>SabBM</b>
Julio	TSPMM	Isla Cedros	Tjl IC
<b>Agosto</b>	ISPM	Isla Cedros	<b>SagIC</b>
Agosto	TSPMM	Isla Cedros	TagIC
Julio	ISPM	Isla Cedros	Sjl IC
Diciembre	TSPMM	Bahia Magdalena	<b>TdiBM</b>
Noviembre	TSPMM	Isla Cedros	TnoIC

**Tabla 4.- Relaci6n de variables identificadas dentro del ACP, para lcurva de M= 0.8 y F= 0.7.**

<b>MES</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>REGION</b>	<b>CODIGO</b>
Mayo	TSPMM	Isla Cedros	<b>TmyIC</b>
Mayo	TSPMM	Bahia Magdalena	TmyBM
Febrero	TSPMM	Isla Cedros	TfeIC
Julio	TSPMM	Isla Cedros	Tjl IC
<b>Agosto</b>	ISPM	Isla Cedros	<b>SagIC</b>
<b>Agosto</b>	<b>TSPMM</b>	Isla Cedros	<b>TagIC</b>
<b>Julio</b>	ISPM	Isla Cedros	Sjl IC
Diciembre	TSPMM	Bahia Magdalena	<b>TdiBM</b>
Noviembre	TSPMM	Isla Cedros	TnoIC

Tabla 5.- Relación de variables identificadas dentro del ACP, para la curva de M= 0.9 y F= 0.3.

MES	VARIABLE	REGION	CODIGO
Mayo	TSPMM	Isla Cedros	TmyIC
Mayo	TSPMM	Bahia Magdalena	TmyBM
Febrero	TSPMM	Isla Cedros	TfeIC
Julio	TSPMM	Isla Cedros	Tjl IC
Abril	ISPM	Bahia Magdalena	SabBM
Agosto	TSPMM	Isla Cedros	TagIC
Julio	ISPM	Isla Cedros	Sjl IC
Diciembre	TSPMM	Bahia Magdalena	TdiBM
Noviembre	TSPMM	Isla Cedros	TnoIC

### Agrupaciones derivadas del Análisis de Componentes Principales

El ACP permitió obtener agrupaciones entre los años analizados, los cuales se utilizaron de forma idéntica dentro de cada ACP, excepto por la ventana ambiental que se estaba utilizando de acuerdo con la curva de APV seleccionada, ya que dentro del ACP se utilizó un diferente **tamaño** de stock para cada análisis. El criterio de agrupación **fue** la cercanía entre los puntos, dándole preferencia al componente principal 1, debido a que éste explicó el mayor porcentaje de variabilidad de la información. En los anexos C 1, C2, C3 y C4 se muestran todas las combinaciones gráficas del componente uno contra el resto, que se usaron para corroborar que los grupos identificados no son efecto de proyección, esto es, que cada grupo persiste en cualquier combinación de dos componentes principales. Los resultados produjeron ventanas ambientales similares, con las siguientes diferencias: para M= 0.8, F= 0.7, el ISPM de abril en Bahía Magdalena no participó; para M= 0.9, F= 0.3, el ISPM de agosto en Isla Cedros no participó; mientras que para M= 0.5, F= 0.7 y M= 0.6, F= 0.3, se incluyen ambas variables haciendo finalmente un total de 10. Con base en los diagramas de dispersión de los valores de cada **año** respecto a los componentes principales uno y

dos, se determinaron las agrupaciones que se muestran en las Figs. **5a, 5b, 5c y 5d**; mientras que los grupos identificados se describen a continuación:

Grupo 1) **Año 1983**: Representado por el **año** más cálido durante todo el periodo de estudio, predominando la influencia de altas temperaturas durante la primavera-verano en **Bahía Magdalena**, con surgencias débiles durante el verano en Isla Cedros y coincidiendo a su vez, con el menor nivel de reclutamiento observado.

Grupo II) **Años 1982, 1984, 1990 y 1992**: **Años** cálidos (no más que 1983) durante el periodo primavera-verano de **Bahía Magdalena**, con valores moderados de surgencia durante el verano de Isla Cedros.

Grupo III) **Años 1981, 1985, 1986, 1987, 1989 y 1993**: Años con temperatura moderada para el verano de Isla Cedros y con valores altos de surgencia para el verano de Isla Cedros y **Bahía Magdalena**.

Grupo IV) **Años 1988 y 1991**: **Caracterizados** como **años** con bajas temperaturas durante el **otoño-invierno** en Isla Cedros, y con los valores de surgencia más altos en el verano de Isla Cedros.

dos, se determinaron las agrupaciones que se muestran en las Figs. **5a**, **Sb**, **5c** y **5d**; mientras que los grupos identificados se describen a continuación:

“

Grupo 1) **Año** 1983: Representado por el **año** más cálido durante todo el periodo de estudio, predominando la influencia de altas temperaturas durante la primavera-verano en **Bahía** Magdalena, con surgencias débiles durante el verano en Isla Cedros y coincidiendo a su vez, con el menor nivel de reclutamiento observado.

Grupo II) **Años** 1982, 1984, 1990 y 1992: **Años** cálidos (no más que 1983) durante el periodo primavera-verano de **Bahía** Magdalena, con valores moderados de surgencia durante el verano de Isla Cedros.

Grupo III) **Años** 1981, 1985, 1986, 1987, 1989 y 1993: **Años** con temperatura moderada para el verano de Isla Cedros y con valores altos de surgencia para el verano de Isla Cedros y **Bahía** Magdalena.

Grupo IV) **Años** 1988 y 1991: **Caracterizados** como **años** con bajas temperaturas durante el **otoño**-invierno en Isla Cedros, y con los valores de surgencia más altos en el verano de Isla Cedros.

## Estimación de la captura de *Sardinops caeruleus*

Una vez identificados los eigenvectores correspondientes a cada una de las relaciones **stock-reclutamiento** previamente analizadas por medio del ACP, se tomó el conjunto de **información** obtenida, denominándola ventana ambiental, con la cual se procedió a la reconstrucción de las capturas observadas durante el **periodo 1981-1993 (Fig 6a)**. Los niveles de captura se determinaron a través del análisis de la distribución de **frecuencias** de la captura **de *S. caeruleus*** durante el periodo de 1972 a 1993. Se encontraron 3 modas importantes a las 5,000 t, 13,000 t y 17,000 t **(Fig. 6b)**, por lo cual se pudieron elegir dos puntos teóricos de división, los que a su vez definieron 3 niveles de captura: I) Captura < 8,000 t (baja); II) 8,000 t ≤ captura ≤ 15,000 t (media); III) Captura > 15,000 t (alta).

//

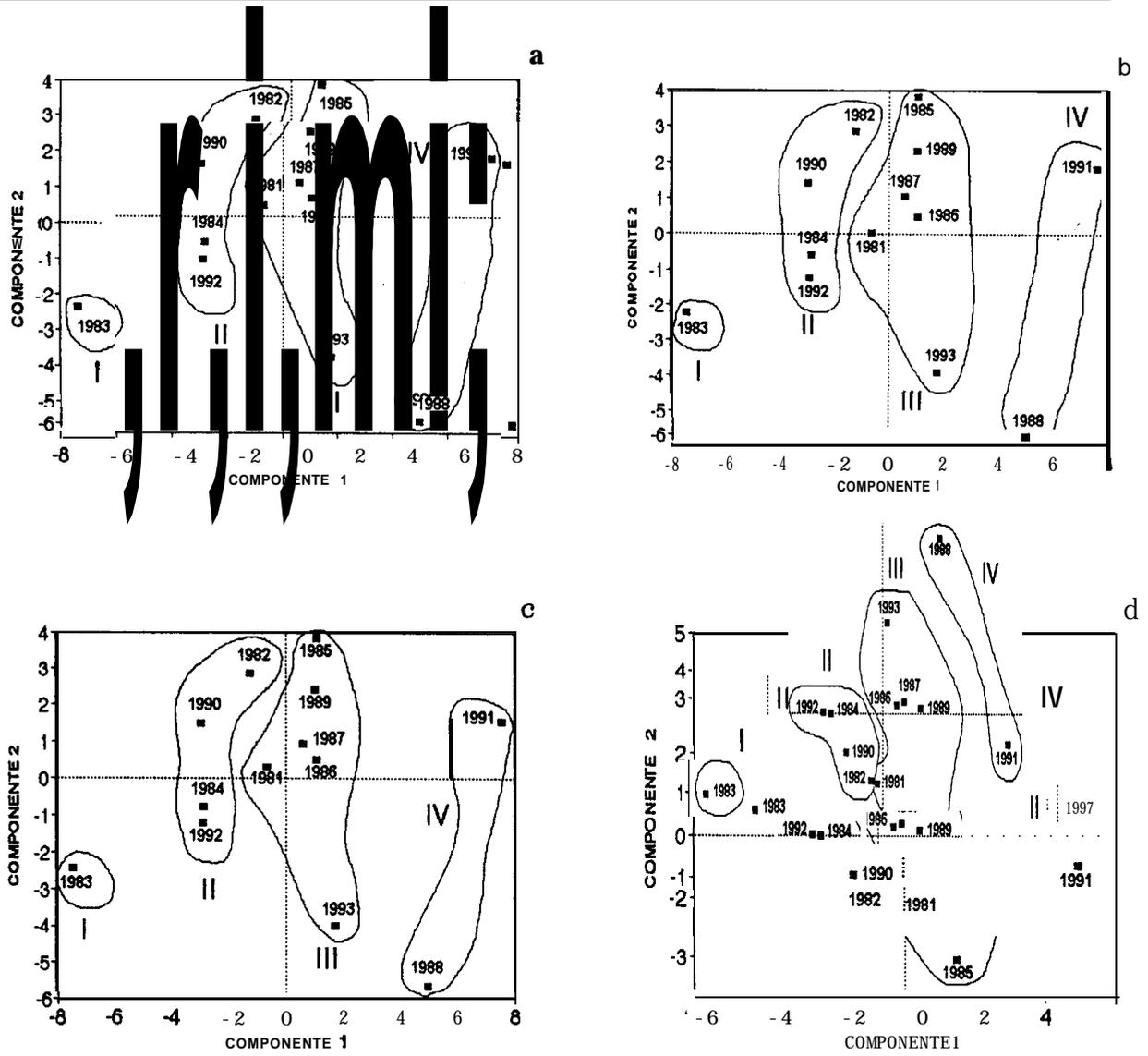


Figura 5.- Agrupaciones obtenidas por el análisis de componentes principales, a)  $M= 0.5$ ,  $F= 0.7$ , b)  $M= 0.6$ ,  $F= 0.3$ , c)  $M= 0.8$ ,  $F= 0.7$  y d)  $M= 0.9$  y  $F= 0.3$ .

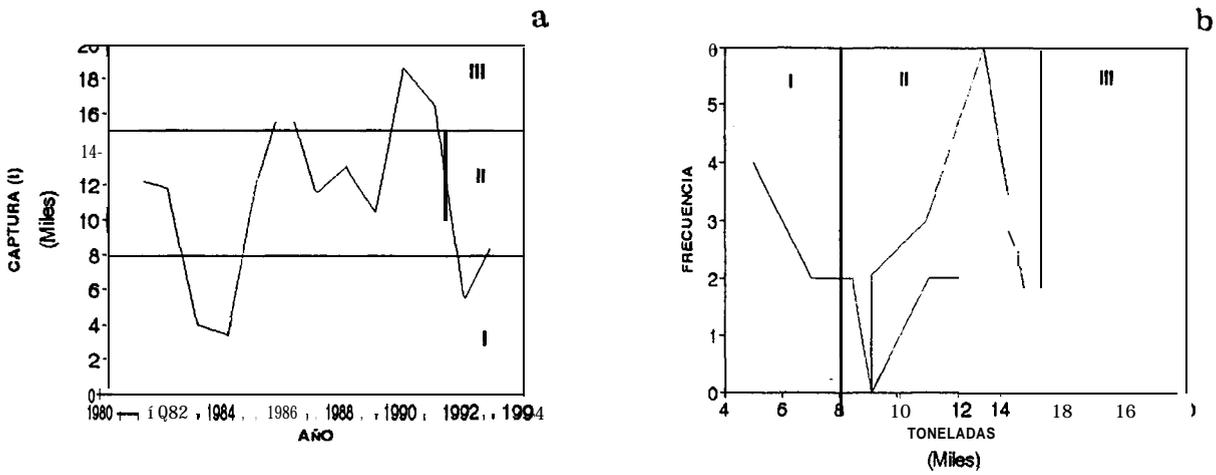


Figura 6.- a) Fluctuaciones de la captura de *Sardinops caeruleus* durante el periodo 1981-1993; b) **Distribución** de frecuencias de la captura de sardina monterrey durante el periodo 1972-1 993.

El análisis de funciones discriminantes (AFD) aplicado a las curvas APV con  $M= 0.5, F= 0.7$  y  $M= 0.6, F= 0.3, M= 0.8, F= 0.7$  y  $M= 0.9, F= 0.3$ , clasificó correctamente en el 100% de los casos los tres niveles de captura propuestos. Capturas altas los años 1986, 1990 y 1991, capturas medias para los años 1981, 1982, 1985, 1987, 1988, 1989 y 1993; finalmente los años con capturas bajas fueron 1983, 1984 y 1992 (Fig. 6a, Tabla 6), la prueba de significación para al AFD mostró un valor de  $F_{(20,2)}= 8.30$  ( $p<0.112$ ). Mostrando como variables sensibles a la  $S_{jl}$  IC, la  $T_{jl}$  IC y la  $T_{fe}IC$ , mientras que las variables resistentes fueron:  $T_{my}BM, T_{no}IC, T_{di}BM$  y  $T_{ag}IC$  (Tabla 7). Las funciones que estiman para cada nivel de captura y para cada combinación de M y F se describen en la tabla 8.

Tabla 6.- Frecuencia y porcentajes de casos clasificados correctamente en el AFD aplicado a las capturas de *Sardinops caeruleus* del periodo 1981-1993, de acuerdo con la ventanas ambientales identificadas para las cuatro curvas seleccionadas del APV.

CAPT. OBS.	CLASIFICACION			
	Capt. Alta	Capt. Media	Capt. Baja	%
Capt. Alta	3	0	0	100
Capt. Media	0	7	0	100
Capt. Baja	0	0	3	100

CAPT. OBS. = Captura observada.

Tabla 7.- Valores estimados de  $D^2$  y de  $F_{(2,1)}$  para cada variable utilizada en el modelo AFD. Los estimados de  $D^2$  cercanos a cero indican variables sensibles, mientras que los pr6ximos a uno muestran las variables resistentes.

Variable	Valor de $D^2$	Valor de $F_{(2,1)}$	Nivel de probabilidad
SabBM	0.159	2.635	0.399
SjulC	0.060	7.733	0.246
SagIC	0.118	3.721	0.344
TmalC	0.196	2.046	0.443
Tjl IC	0.016	30.235	0.127
TagIC	0.310	1.108	0.557
TnoIC	0.715	0.199	0.845
TmyBM	0.943	0.029	0.971
TdiBM	0.385	0.796	0.621
TfelC	0.054	8.648	0.233

Tabla 8.- Coeficientes de las funciones de clasificaci6n del AFD asociados a cada variable de acuerdo con las combinaciones de M y F seleccionadas.

M=0.8,F=0.7	T. I.	SabBM	Sjl IC	TmalC	T j l IC	TagIC	TnoIC	TmyBM	TdiBM	TfelC	SagIC
Alta	-3767.9	-----	15.5	-364.9	-333.2	215.3	-481.4	201.6	769.4	237.3	-14.0
Media	-4077.8	-----	16.3	-363.3	-364.2	224.8	-517.7	219.2	798.6	257.1	-14.8
Baja	-5715.3	-----	20.2	-489.5	-464.3	282.7	645.0	272.9	994.3	317.6	-18.9
<b>M= 0.9,F= 0.3</b>											
Alta	-15526	-61.5	-6.3	-230.1	1557.8	140.5	-776.7	678.5	876.0	-875.9	-----
Media	-13779	-57.3	-5.7	-202.2	1438.8	132.5	-738.7	646.1	823.5	-806.2	-----
Baja	-11862	-52.3	-5.0	-206.6	1312.6	124.9	-687.4	605.3	775.1	-730.9	-----
<b>M= 0.5, F= 0.7</b>											
<b>M= 0.6, F= 0.3</b>											
Alta	-15745	-59.3	-1.4	-323.0	1390.6	199.1	-891.4	705.1	1056.4	772.4	-4.6
Media	-14163	-54.4	0.7	-324.9	1217.6	210.0	-890.3	681.3	1061.9	669.4	-6.1
Baja	-13205	-46.9	7.0	-436.4	898.9	269.9	-966.1	671.1	1221.3	480.0	-11.5

**T.I. = T6rmino independiente.**

Para el caso de las funciones discriminantes que se sustentan en las combinaciones de mortalidad M= 0.6 y F= 0.3 y de M= 0.5 y F= 0.7, las ventanas ambientales que proporcion6 el an6lisis fueron id6nticas, de tal forma que ambas combinaciones pueden explicarse con el mismo modelo, mientras que las siguientes combinaciones de M y F tienen cada una su ventana ambiental la cual explica las variaciones de la captura con los valores observados para cada a6o. Este modelo, reconstruy6 toda la serie de informaci6n de capturas que se han podido registrar desde 1981 hasta 1993. Con esta informaci6n se explic6 una predicci6n de la captura de 1994 con la informaci6n ambiental de 1993, a manera de ejemplo se utiliz6 la estimaci6n con la curva de APV que se estim6 con M= 0.5, F=0.7

y  $M= 0.6$ ,  $F= 0.3$ , para esto se debe de calcular la suma de los productos de acuerdo a la expresión de las funciones de clasificación (eq. 4, pág. 22). Los resultados del pronóstico para cada curva analizada fueron los siguientes: a)  $M= 0.5$ ,  $F= 0.7$  y  $M= 0.6$  y  $F= 0.3$ , captura alta, b)  $M= 0.8$ ,  $F= 0.7$  captura baja y c)  $M= 0.9$ ,  $F= 0.3$  captura media.

Por ejemplo, para el inciso a) se usaron los coeficientes de clasificación del tercer bloque horizontal de la tabla 8, que con los valores de la ventana ambiental proporciona el siguiente cálculo:  $-15745 - (59.3*98) - (1.4*91) - (4.6*58) - (323*19.23) + (1390.6*21.37) + (199.1*22.34) - (891.4*20.93) + (705.1*21.34) + (1056.4*23.64) + (772.4*17.5)$ , el cual correspondió a la función de clasificación de **captura alta**, que en este caso fue mayor que las funciones de captura media y baja.

### Estimación de la incertidumbre en el pronóstico de captura

De esta forma se toma como referencia el estimado del nivel de captura alta (Fig. 7a, 7b, 7c), para lo cual, se considera la frecuencia de participación de cada una de las variables modificadas que cambió o mantuvo el nivel del pronóstico de la captura, indicando así las frecuencias de captura alta un nivel de certidumbre, mientras que un nivel de captura media y baja son un indicador de la incertidumbre, lo que a su vez permitió ubicar la sensibilidad de las variables que provocan variación en el pronóstico. Dentro de los resultados del pronóstico de la sección anterior, se pudo observar que se presentó una alta variación en la estimación final de la posible captura. La comparación con la captura registrada para 1994 demostró que la captura fue alta con 34,000 t, por lo cual la estimación más adecuada fue proporcionada por la ventana ambiental que a su vez correspondió a las curvas de APV con  $M= 0.5$ ,  $F= 0.7$  y  $M= 0.6$ ,  $F= 0.3$ , ya que la curva con  $M= 0.8$  y  $F= 0.7$  presentó una variación extrema con respecto al valor pronosticado y observado, mientras que la ventana ambiental **correspondiente** a  $M= 0.9$  y  $F= 0.3$  de igual forma tuvo una subestimación de la captura. Por lo que los resultados de la incertidumbre a través del GVAT se encuentra dirigido principalmente a analizar la respuesta del nivel de captura en asociación con la

respuesta de las variables que conforman la ventana ambiental con la combinación APV de  $M=0.5$ ,  $F=0.7$  y de  $M=0.6$ ,  $F=0.3$ .

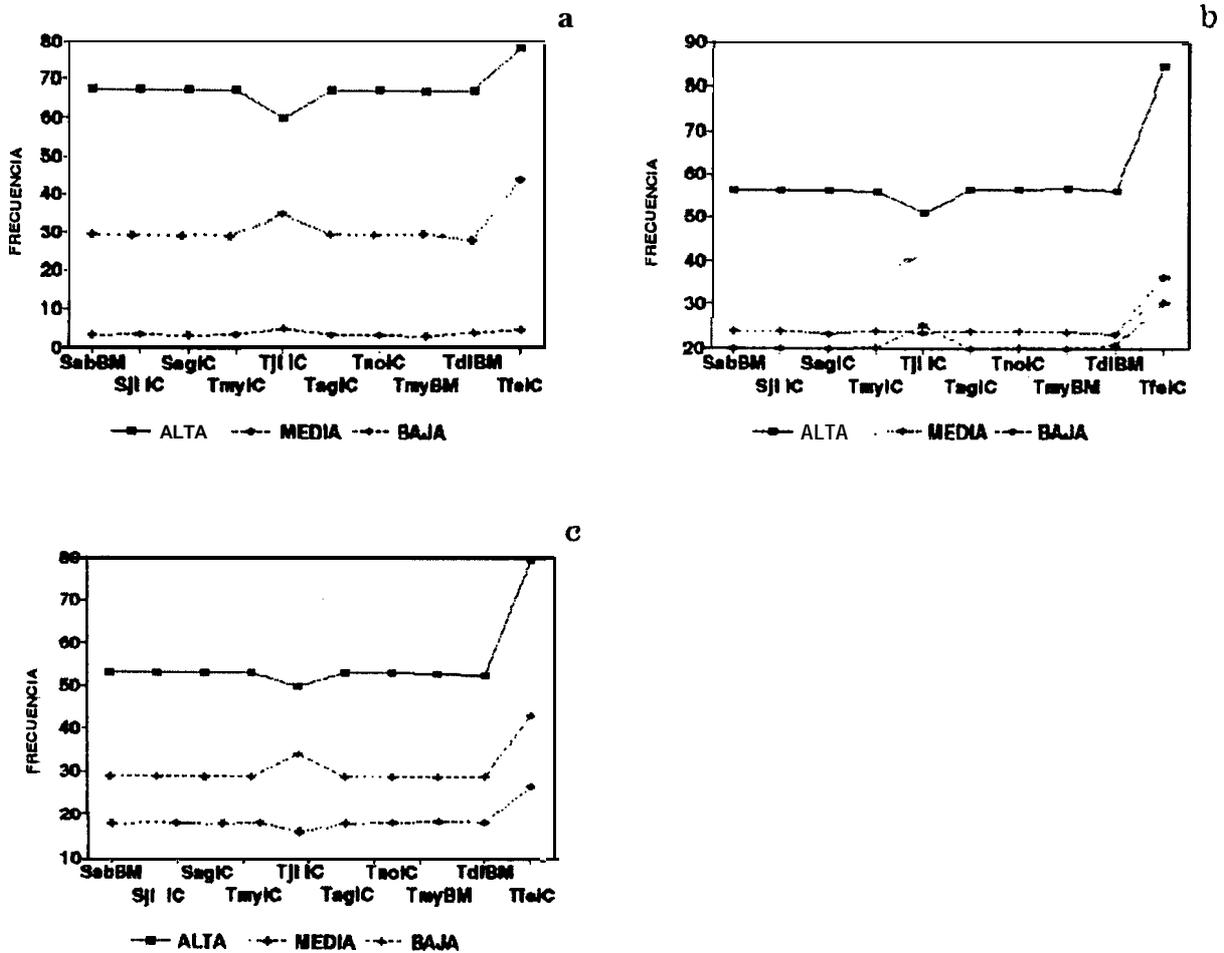


Figura 7.- Resultados de la incertidumbre estimada para las variables de las curvas  $M=0.5$ ,  $F=0.7$  y de  $M=0.6$ ,  $F=0.3$  a través del programa Gvat. a) Variación dentro del intervalo  $\pm 5\%$ , b) Variación dentro del intervalo  $\pm 10\%$ , c) Variación dentro del intervalo  $\pm 15\%$ .

Los resultados con la variación porcentual al  $\pm 5\%$  permitieron diferenciar con claridad que el 54.97% de las veces la captura fue alta, 38.76% media y 6.26% baja. La frecuencia de cambio de las variables de la ventana ambiental se presentó entre el 65% y el 68% a excepción de la Tjl IC y de la TfeIC, con cambios respectivos del 60% y del 68%. En lo que respecta a la estimación del nivel de captura media, se presentó una tendencia semejante a la anteriormente descrita, sólo que

las variables de la ventana ambiental cambiaron entre el 28% y el 30%, mientras que Tjl IC y TfeIC se modificaron entre el 34% y 44% respectivamente. Finalmente las ventanas ambientales que pronosticaron estimaciones de captura baja en términos generales no variaron por encima del 6% y las frecuencias de Tjl IC y de TfeIC no aparecen con la claridad que mostraron las curvas anteriores (Fig. 7a).

En lo que respecta a las variaciones del  $\pm 10\%$  se observaron las siguientes frecuencias porcentuales, para el pronóstico de captura alta 52.20%, media 24.35% y baja 23.43%, sólo que ahora las frecuencias de las variables de la ventana ambiental que **mantiene** el pronóstico de captura alta estuvo oscilando entre el 51% y **84%**, siendo nuevamente la excepción Tjl IC (51%) con el valor mínimo y TfeIC (84%) con la frecuencia máxima. Las variables de las ventanas ambientales que proporcionaron una estimación de captura media permanecieron entre el 23% y **36%**, solo la TfeIC presentó una modificación del 36%. En el caso de las variables que se modificaron y que a su vez pronosticaron captura baja se observó que tienen frecuencias semejantes a aquellas que estimaron captura media, con variaciones cercanas al **20%**, siendo de nuevo la excepción la TfeIC (30%) y la Tjl IC (**25%**), esta última variable presentó una sobreposición con la curva que estima captura media para la misma variable (Fig. 7b).

Para las variables que cambiaron dentro del intervalo porcentual del  $\pm 15\%$ , se presentó una tendencia a la estimación de capturas altas con un 50.75%, captura media con un 17.84% y captura baja con el 3.140%. En esta variación ( $\pm 15\%$ ) se observó que las variables que conformaron las ventanas ambientales que a su vez estimaron niveles de captura baja son superiores en un 10% a aquellas que pronosticaron nivel de captura media, de igual forma la Tjl IC (34%) y la TfeIC (43%) resultaron con frecuencias superiores en comparación al resto de las variables que permanecieron próximas al 30%. La frecuencia de las variables que estimaron captura media se encuentran entre el 20% y **26%**, solo la TfeIC presentó un 26%. Las variables que estiman captura alta permanecieron con un cambio próximo al **50%**, solo la TfeIC tuvo una frecuencia superior al

80% (Fig. 7c). De manera general se observó una consistencia en el valor de captura alta pronosticado, que en los tres distintos niveles de variación porcentual utilizados fueron superiores al 50%, el comportamiento que mostraron las curvas relativas a captura media y baja, presentaron un traslape en los cambios al  $\pm 10\%$  y un cambio de frecuencia en el pronóstico de  $\pm 15\%$ , lo cual indica que las modificaciones de la ventana ambiental al  $\pm 15\%$  favorecen las condiciones para el pronóstico de captura baja.

### **Análisis de Correlación Canónica**

El análisis de correlación canónica (ACC) aplicado a las fracciones poblacionales de stock y reclutamiento (con  $M= 0.5$ ,  $F= 0.7$ ) en relación a las variables ambientales, mostraron que la primera correlación canónica (CC) representó significativamente ( $R^2= 99.2$ ,  $p<0.05$ ) la variabilidad total de la información (98%). En la primer correlación el stock tuvo mayor participación que el reclutamiento, el cual dependió directamente de  $S_{jl}$  IC,  $T_{fe}$ IC y  $T_{jl}$  IC e inversamente de  $T_{ag}$ IC. Para la segunda CC, el reclutamiento fue la variable con mayor participación ( $R^2= 90.3$ ,  $p<0.40$ ) explicando un 81.7% de la información; en ésta se observó una relación directa del reclutamiento con  $T_{jl}$  IC e inversa con  $T_{my}$ BM,  $T_{di}$ BM,  $T_{fe}$ IC y  $T_{no}$ IC (Tabla 9).

Análogamente, el ACC con las fracciones poblacionales correspondientes a las curvas de APV  $M= 0.6$ ,  $F= 0.7$ , también demostró que en la primera CC el stock tuvo mayor participación ( $R^2= 99.0$ ,  $p<0.10$ ) con un 98.2 % de la variabilidad de la información, este se relacionó de forma directa con  $S_{jl}$  IC,  $S_{ag}$ IC y  $T_{jl}$  IC, mientras que de manera inversa participó  $T_{ag}$  IC. En la segunda CC, el reclutamiento correlacionó el 88.5 ( $p<0.30$ ) con un total de 78.3 % de la variabilidad de la

información, el reclutamiento mostró relación directa con SagIC y TmyIC e inversa con TdiBM, TfeIC y TnoIC (Tabla 9).

En lo que respecta a el ACC aplicados a las fracciones poblacionales de la curva de APV con M= 0.8, F= 0.7, se obtuvieron respectivamente dos CC, la primera con  $R^2= 99.4$  ( $p<0.05$ ) y un 98.9 de la variabilidad de la información, mientras que la segunda CC tuvo  $R^2= 88.5$  ( $p<0.30$ ) con un 78% de la variabilidad de la información. La primer CC asocia el stock directamente con SjlIC, SagIC y TjlIC e inversamente con TagIC. Mientras que el reclutamiento se relacionó de forma directa con SagIC e inversa con TdiBM, TfeIC y TnoIC (Tabla 9).

Finalmente, el stock estimado con M= 0.9, F= 0.3 mostró que tiene una relación directa con SjlIC y TjlIC e inversa con TdiBM y TfeIC, con una CC de  $R^2= 98.5$  ( $p<0.05$ ) explicando un 97% del total de la información, constituyéndose como la **fracción** poblacional de mayor participación en la primer CC. Para la segunda CC, el reclutamiento se asoció de forma directa con TagIC e inversa con **SabBM**, TdiBM y TfeIC, mostrando un  $R^2= 86.2$  ( $p<0.40$ ) explicando un 74.4% de la información total (Tabla 9).

Tabla 9.- Factores estimados para los análisis de correlación canónica realizados para cuatro diferentes niveles de M y F.

	Para M= 0.5, F= 0.7		Para M= 0.6, F= 0.3		Para M= 0.8, F= 0.7		Para M= 0.9, F= 0.3	
	FAC 1	FAC 2						
<b>REC</b>	-0.47	-0.88	<b>-0.41</b>	-0.90	-0.28	-0.95	-0.01	-0.99
STOCK	0.88	-0.46	0.98	-0.18	0.94	-0.33	-0.99	0.01
<b>SabBM</b>	0.13	-0.01	0.05	0.15	-----	-----	0.07	0.22
<b>Sjl IC</b>	0.22	-0.02	0.24	-0.15	0.23	-0.10	-0.31	-0.15
<b>SaglC</b>	0.13	-0.14	0.18	-0.27	0.14	-0.26		-----
<b>TmyBM</b>	0.10	0.23	-0.01	0.07	-0.01	0.12	0.07	-0.02
<b>TdiBM</b>	0.13	0.49	-0.10	0.57	0.02	0.56	0.32	0.45
<b>TfeIC</b>	0.36	0.52	0.06	0.52	0.11	0.44	0.21	0.29
<b>TmyIC</b>	0.10	-0.07	0.04	-0.26	0.07	-0.01	-0.05	-0.13
Tjl IC	0.24	-0.36	0.38	-0.16	0.34	-0.14	-0.36	0.19
<b>TagIC</b>	-0.23	0.05	-0.24	-0.09	-0.24	-0.12	0.14	-0.23
<b>Tnolc</b>	-0.03	0.38	-0.10	0.30	-0.06	0.32	0.13	0.14

**FAC 1 = Factores correspondientes a la primera correlación canónica. FAC 2 = Factores correspondientes a la segunda correlación canónica. REC = Reclutamiento.**

## DISCUSION

Durante el proceso de reconstrucción de la abundancia de *Sardinops caeruleus* a través del APV, se observaron dos **periodos** de decremento en la biomasa de la especie: 1982-1983 y 1987-1993; la tendencia que se presentó durante este tiempo, tiene una relación directa el calentamiento de la Corriente de California, debido a la influencia del evento de El Niño Oscilación del Sur. El efecto **ENSO** 1982-1983 se encuentra registrado como el de mayor intensidad (**Fiedler, 1984a, 1984b; Martínez, 1993**), y el **ENSO** 1991- 1992-1993 que también mostró tener efectos regionales sobre la Corriente de California (**Hayward, 1993; Hayward et al., 1994; Murphree y Reynolds, 1995; Lynn et al., 1995**) y sobre las comunidades de organismos marinos (**Hammann et al., 1995; Mullin, 1995**). Este tipo de condiciones influyen directamente en la distribución de *S. caeruleus*, ya que la especie se considera sensible a las variaciones ambientales, sobre todo en lo que se refiere a la TSPMM y al ISPM (**Lluch-Belda et al., 1992a**). Los cambios en temperatura y en la actividad de las surgencias influyen a su vez en el patrón reproductivo, por lo que las modificaciones en la disponibilidad y las áreas de reproducción de la especie son variables en espacio y tiempo (**Lluch-Belda et al., 1991; Hernández-Vázquez, 1994**).

Estos patrones de movimiento y comportamiento reproductivo en función de la TSPMM y del ISPM a través de la Corriente de California, han sugerido la posibilidad de la contracción o la expansión de la población de sardina al norte de los límites comprendidos entre Bahía Magdalena e Isla Cedros, esto hace posible que bajo condiciones favorables o adversas la mortalidad natural disminuya o se incremente, y que por consiguiente el tamaño de la población presente fluctuaciones en disponibilidad. Estos movimientos no representan un problema serio dentro de las reconstrucciones del APV, por que éste se relaciona directamente con el tamaño de la población y puede ser considerado como una forma de mortalidad natural; claro está que el movimiento de una porción de la población fuera del **área** de estudio, deberá ser proporcional a la densidad para que se considere dentro del APV como un efecto asociado con M (**Hilbor y Walters, 1992**).

Adicionalmente a  $M$  se le debe de considerar que es mayormente posible que presente cambios a través del tiempo, debido a modificaciones en la disponibilidad de alimento, la depredación y sobre todo por factores ambientales (**Lluch-Belda et al.**, 1992b y Hilborn y **Walters**, 1992), de tal forma que si el valor de  $M$  utilizado es grande entonces la estimación del **tamaño** de las cohortes será también grande, y si el valor de  $M$  es **pequeño** el estimado de las cohortes será también **pequeño**, efecto que se pudo observar en las reconstrucciones del APV. La evaluación del valor de  $M$  que se asocie con el **tamaño** de la población, es recomendable confrontarlo con los eventos ambientales que se relacionan directamente con la abundancia de la especie para un periodo de tiempo dado, a fin de obtener mayor información de lo que está sucediendo dentro **del** marco biológico de la especie que no fue detectado por el APV.

De igual forma, se deben considerar también los cambios en  $F$ , debido principalmente a los efectos que se presentan por los cambios en la capturabilidad; es un problema que se debe considerar dentro del estudio de los clupeidos, ya que la capturabilidad tiende a incrementarse rápidamente cuando el **tamaño** de la **fracción pescable** declina (Hilborn y **Walters**, 1992); esta situación se consideró de una manera general, ya que de acuerdo con la estimación para  $F_1$  y  $F_2$  del método de **Silliman** (Ricker, 1975), se realizó la estimación sobre dos **periodos** con diferencias notables en el esfuerzo aplicado; para este trabajo **se** consideraron los **periodos** de 1983-1984 y de 1990-1991, con proporciones de incremento de esfuerzo pesquero de 1:2.5 veces, y aunque en realidad no se tuvo una estimación precisa de la capturabilidad, si se cuenta con estimaciones de dos niveles de  $F$  distintos para dos **periodos** de pesca diferentes, asociando esto con la exploración que se presenta para los niveles de  $F$  y  $M$  dentro del análisis de población virtual.

La tendencia que ha presentado la población de *S. caeruleus* en la costa occidental de Baja California Sur, ha respondido de manera similar a otras poblaciones de clupeidos, de tal forma que se ha establecido una comparación con las fluctuaciones de pelágicos menores en otros sitios del Continente Americano, en los cuales se incluye Perú, California, Vancouver y el Golfo de Alaska.

En el caso de Perú y para *Sardinops sagax* presente en la Corriente de Humboldt, se ha presentado una constante disminución de la abundancia poblacional de esta especie, el decremento tuvo su inicio a partir de 1987, y hasta 1990 había cambiado de 202,000 t a 34,000 t. Hacia la parte norte del continente, en la zona de estudio del presente trabajo, durante 1987 se inició un rápido decremento de la abundancia poblacional de *Sardinops caeruleus* que se ha seguido registrando hasta 1993, y en California la **macarela** *Scomber japonicus* tuvo precisamente la misma tendencia durante el mismo periodo de tiempo (Patterson *et al.*, 1992; Jacobson *et al.*, 1994a), observándose también una disminución en la abundancia de *Engraulis mordax* (Jacobson *et al.*, 1994b). Una situación de este tipo pudo estar favorecida por la presencia del evento **ENSO** de 1991-92-93 (Hargreaves *et al.*, 1994 ; Bailey *et al.*, 1995), el cual también influyó en la presencia de *Sardinops sagax* en 1992 en la Columbia Británica, en zonas **aledañas** a la Isla de Vancouver (Hargreaves *et al.*, 1994), en donde los registros de la especie disminuyeron notablemente desde la mitad de la década de los cuarentas (Beverton, 1990).

Para el caso de este trabajo, el hallazgo de *S. sagax* no sugiere, en el contexto de esta discusión, que alguna **fracción** de la población haya tenido un desplazamiento hacia una posición muy **norteña** dentro del continente, sino que la intención es **señalar** la importancia del evento desde el enfoque de la posibilidad de un proceso de expansión hacia zonas alrededor del área de estudio, en donde el evento **ENSO** de 1991-92-93 haya favorecido el desplazamiento de los organismos hacia áreas norteñas (Hargreaves *et al.*, 1994), ya que incluso la intensidad de este último **ENSO** fue posible registrarlo dentro del Golfo de Alaska (Bailey *et al.*, 1995), por lo que una interpretación de este tipo podría dar una explicación sobre la disminución de la abundancia de *S. caeruleus*, de la costa Occidental de Baja California Sur estimada por el APV para los últimos años (1991-1993).

“

Adicionalmente, las tendencias que se han estado presentando en Sudamérica, México, California y Vancouver, dejan evidencia de fluctuaciones de pelágicos menores a gran escala que se presentan de manera simultánea a lo largo de todo el Continente Americano, lo que **Lluch-Belda et al.** (1989)

han denominado el problema del régimen. Las condiciones del régimen, han creado hipótesis acerca de las fluctuaciones a gran escala de *S. caeruleus*, y de su posible relación con factores como la temperatura y la intensidad de las **surgencias**, debido a que los impactos que se presentan a escala global, parece que responden de manera idéntica y simultánea en diferentes partes del Continente Americano, lo cual debe tener alguna relación directa con la dinámica poblacional de las poblaciones de cupleidos que habitan en las zonas de surgencia, de tal forma que se ha planteado para el caso de *S. caeruleus* un modelo conceptual sobre sus fluctuaciones dentro de la Corriente de California (**Lluch-Belda et al., 1991**), el cual explica que durante **periodos frios** la población se desplaza hacia el sur, lo que reduce su área de distribución y de **reproducción**; sin embargo durante **periodos** de calentamiento la sardina se distribuye hacia zonas **norteñas** aumentando con esto su **área de reproducción**. De esta manera pueden definirse cuatro regiones durante **periodos** demasiado **cálidos**: a) De Punta Eugenia a la parte Central de Baja California Norte, b) La región perteneciente a Punta Concepción, c) La zona que comprende de **Monterey** a San Francisco y d) Fracciones de población que pueden llegar hasta la Columbia Británica en Canadá.

Esta serie de cambios y de condiciones presentes en el medio oceanográfico, dan una explicación sobre la presencia de eventos a gran escala que influyen directamente sobre la abundancia de la población de *S. caeruleus*, en la cual los **periodos** de calentamiento crean una redistribución de la población hacia zonas **norteñas** de la corriente de California. Sin embargo, una fase de alta abundancia de este tipo, resulta tener un efecto negativo en las capturas de la zona comprendida entre Isla Cedros y **Bahía** Magdalena, debido al aparente desplazamiento de grandes fracciones de la población de acuerdo con un patrón térmico, para el que Alvarado-Castillo **et al.** (1994) han sugerido un modelo de distribución anual dentro de la zona de estudio, el cual indica que las altas temperaturas superficiales del mar favorecen los movimientos de la población hacia el norte de **Bahía** Magdalena durante el verano y el **otoño**, mientras que las disminuciones de temperatura en invierno y primavera provocan desplazamientos hacia el sur de Isla Cedros, por lo que es posible que este movimiento pueda aumentar su escala espacial y temporal en cuanto a la presencia de los

eventos **ENSO** se refiere. Por otra parte habría que considerar, que no sólo el proceso de desplazamiento de la población, explica los niveles de abundancia de *S. caeruleus*, sobre todo para aquellos **años** en los cuales el evento **ENSO** y las variaciones térmicas interanuales no sustentan evidencias sobre la posibilidad de movimientos a gran escala; entonces es posible que la relación que existe entre los cambios en la disponibilidad de *S. caeruleus* responda a efectos de variabilidad ambiental a escala local (Cohen et al., 1991) que produzcan modificaciones en el ambiente marino que se traduzcan directamente a las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas, en las cuales, cuando los niveles óptimos o tolerables de ciertos marcos ambientales son rebasados, se presentan serias desestabilizaciones que afectan principalmente a las comunidades de peces que se alimentan directamente del plancton y que dependen de él para su supervivencia (Kawasaki, 1983, 1992). Entre estas variables está el viento, por ser la que en el corto tiempo influye en las corrientes y surgencias, además tiene un papel importante en la estructura térmica de la columna de agua, afectando no sólo el evento reproductivo en los adultos, sino también la supervivencia larval de los primeros estadios (Anthony y Fogarty, 1985). Así mismo la temperatura del agua es potencialmente importante en la regulación del desarrollo y crecimiento larval, siendo al mismo tiempo un indicador de procesos importantes **tales** como la surgencia y la productividad (Torres-Villegas y Perezgómez, 1988; Ramírez-Sevilla et al., 1992; Bloomer et al., 1994), de tal manera que es posible identificar cinco variables que determinan de manera importante los niveles del reclutamiento en cuanto al éxito de la supervivencia se refiere, las cuales incluyen la temperatura, la turbulencia, el transporte, el alimento y la depredación (Anthony y Fogarty, 1985).

### **Relación stock-reclutamiento**

Dentro del análisis global de los diagramas de dispersión de la relación stock-reclutamiento, se pudo observar para todos los casos una agrupación de los años 1982, 1983, 1991, 1992 y 1993, hacia una zona donde se localizan bajos niveles de stock asociados a bajos niveles de reclutamiento,

es decir, que en términos generales los **tamaños** del stock se localizaron entre las 10,000 t y 30,000 t mientras que los reclutamientos se mantuvieron entre las 10,000 t y 50,000 t. Este agrupamiento coincide con los **años** en que se presentan eventos **ENSO** dentro de la corriente de California, que provocan modificaciones en la estructura de la población, y que posiblemente haya sido la causa de la repentina caída en la disponibilidad de la población durante los **años** 1981 y 1982, año en el cual el fenómeno **ENSO** inició su manifestación. A este respecto, Fiedler (1984a, 1984b) y Martínez (1993) describieron el **Niño** 1982-1983 pudiendo detectar los cambios interanuales en la temperatura superficial del mar, los cambios en la intensidad de las **surgencias** y en los patrones de circulación, al mismo tiempo señalaron los efectos biológicos, los cuales se manifestaron en cambios de la biomasa, estructura y productividad del fitoplancton.

En lo que respecta al impacto del **ENSO** 1991-92-93 se observó una vez más en la temperatura superficial del mar de Norte América. Los efectos regionales fuera de California incluyen cambios en el patrón atmosférico y de presión, además de una reducción en las surgencias. En general el **ENSO** de 1991-92-93 mostró un incremento en el nivel del mar, una gruesa capa de mezcla, nutriclina más profunda y valores relativamente bajos de clorofila, producción primaria y de macrozooplancton (Hayward, 1993; Hayward et al., 1994). Durante el proceso de reconstrucción de las cuatro relaciones stock-reclutamiento obtenidas de las curvas APV seleccionadas, se observó que el modelo lineal múltiple para cada caso, permitió de manera simultánea acumular una mayor cantidad de variancia explicada y mejorar a la vez el nivel de correlación. Para todos los casos fue posible extraer de los eigenvectores las variables más significativas sobre los componentes principales analizados, que participaron dentro de la reconstrucción del reclutamiento de acuerdo con el modelo lineal múltiple utilizado.

En este tipo de reconstrucción, lo que ocurre es que gran parte de variabilidad global expresada en las anomalías del reclutamiento son explicadas por la ventana ambiental, la cual es el efecto combinado de las variables ambientales que afectan el reclutamiento final. De esta forma el modelo teórico permitió obtener una ventana ambiental, a través de los eigenvectores, que explica la influencia de una determinada cantidad de variables sobre la variable independiente, que en este caso **fue** el reclutamiento; además se logra con esto una importante reducción de variables dentro del modelo final, ya que de un total de 49 variables que incluían el tamaño del stock, sólo se utilizaron 9 y 10 componentes principales en el ajuste de los modelos. **Sin** embargo, de los dos eventos **ENSO** registrados en el periodo de estudio, solamente se pudo describir un grupo correspondiente al de 1983, predominando la influencia de altas temperaturas durante la primavera y el verano en **Bahía** Magdalena, con surgencias débiles durante el verano en Isla Cedros y coincidiendo a su vez, con el menor nivel de reclutamiento observado.

En todos los casos no se encontró que el tamaño del stock influyera en los niveles del reclutamiento, seguramente por que la magnitud del reclutamiento depende del éxito de la reproducción a través de la supervivencia y crecimiento de larvas y juveniles, más que por la abundancia de los adultos. Por esto los **tamaños** del reclutamiento son más afectados por procesos densoindependientes que por un efecto densodependiente, situación que está enmarcada dentro de las ventanas ambientales conformadas únicamente por variables relativas a temperaturas e **índices** de surgencia, los cuales tuvieron valores altos en sus respectivas variables de acuerdo con los eigenvectores analizados. La estructura de la ventana ambiental se encuentra conformada por una combinación de variables (TSPMM o **ISPM**), en **función** de la región (Isla Cedros o **Bahía** Magdalena) y el tiempo (mes del **año**), lo que permitió identificar con precisión aquellas que mejor describieron las fluctuaciones en la abundancia de la población de *S. caeruleus*, tanto en la influencia que tuvieron los efectos **ENSO** como en la variabilidad ambiental interanual.

Esta reconstrucción, en la cual los patrones de distribución del reclutamiento observado tiene una mínima desviación con respecto al ajuste lineal múltiple de los componentes principales seleccionados, permitió conformar el modelo para cada combinación de M y F que se han elegido dentro de este trabajo; con este planteamiento y con base en el patrón anual de reclutamiento de *S. caeruleus* (Félix, 1986), se consideró que los patrones interanuales del reclutamiento explicados por las ventanas ambientales pueden a su vez explicar las fluctuaciones en las capturas. La eliminación del stock a través del método estadístico sugiere que el fenómeno es densoindependiente, al contrario de lo que sucede en el Golfo de California (Cisneros-Mata *et al.*, 1995).

Los cambios del reclutamiento que son descritos por causas densoindependientes, también indicaron las fluctuaciones de las capturas en años subsecuentes, por lo que el éxito de esos reclutamientos afectaron directamente la densidad de la población originando alteraciones en sus capturas. Por esto, la posible combinación de parámetros de M y F que representen la abundancia histórica de la población y las fluctuaciones de la pesquería de sardina se deben considerar con cuidado, ya que el pronóstico exitoso del nivel de captura observado se encuentra descrito en las reconstrucciones correspondientes a M= 0.5, F= 0.7 y M= 0.6, F= 0.3, considerando esta última como el máximo nivel de abundancia poblacional que ha podido alcanzar *S. caeruleus* dentro de la costa occidental de B. C. S. Las curvas con valores de M superiores a 0.6 podrían crear serias sobrestimaciones en la abundancia de la población con errores que podrían ser superiores al 100% para algunos años, y que a su vez modifiquen el estimado final del nivel de captura, como sucedió para las curvas APV de combinación M= 0.8, F=0.7 y M=0.9, F= 0.3.

Un criterio para establecer la posible abundancia de *S. caeruleus* a través del periodo de estudio, pueden ser los puntos de referencia biológica (PRB) (Sissenwine y Shepherd, 1987; Myers *et al.*, 1994) entre los cuales se encuentran: a)  $F_{max}$  como la tasa de mortalidad por pesca que maximiza el rendimiento por recluta, b)  $F_{msy}$  que significa la tasa de mortalidad por pesca en condición de equilibrio, c)  $F_{0.1}$  corresponde al punto en cual el rendimiento por recluta marginal con un

Esta reconstrucci6n, en la cual los patrones de distribuci6n del reclutamiento observado tiene una m6nima desviaci6n con respecto al ajuste lineal m6ltiple de los componentes principales seleccionados, permiti6 conformar el modelo para cada combinaci6n de M y F que se han elegido dentro de este trabajo; con este planteamiento y con base en el patr6n anual de reclutamiento de *S. caeruleus* (F6lix, 1986), se consider6 que los patrones interanuales del reclutamiento explicados por las ventanas ambientales pueden a su vez explicar las fluctuaciones en las capturas. La eliminaci6n del stock a trav6s del m6todo estad6stico sugiere que el fen6meno es densoindependiente, al contrario de lo que sucede en el Golfo de California (Cisneros-Mata et al., 1995).

Los cambios del reclutamiento que son descritos por causas densoindependientes, tambi6n indicaron las fluctuaciones de las capturas en a6os subsecuentes, por lo que el 6xito de esos reclutamientos afectaron directamente la densidad de la poblaci6n originando alteraciones en sus capturas. Por esto, la posible combinaci6n de par6metros de M y F que representen la abundancia hist6rica de la poblaci6n y las fluctuaciones de la pesquer6a de sardina se deben considerar con cuidado, ya que el pron6stico exitoso del nivel de captura observado se encuentra descrito en las reconstrucciones correspondientes a  $M=0.5, F=0.7$  y  $M=0.6, F=0.3$ , considerando esta 6ltima como el m6ximo nivel de abundancia poblacional que ha podido alcanzar *S. caeruleus* dentro de la costa occidental de B. C. S. Las curvas con valores de M superiores a 0.6 podr6an crear serias sobrestimaciones en la abundancia de la poblaci6n con errores que podr6an ser superiores al 100% para algunos a6os, y que a su vez modifiquen el estimado final del nivel de captura, como sucedi6 para las curvas APV de combinaci6n  $M=0.8, F=0.7$  y  $M=0.9, F=0.3$ .

Un criterio para establecer la posible abundancia de *S. caeruleus* a trav6s del periodo de estudio, pueden ser los puntos de referencia biol6gica (PRB) (Sissenwine y Shepherd, 1987; Myers et al., 1994) entre los cuales se encuentran: a)  $F_{max}$  como la tasa de mortalidad por pesca que maximiza el rendimiento por recluta, b)  $F_{msy}$  que significa la tasa de mortalidad por pesca en condici6n de equilibrio, c)  $F_{0.1}$  corresponde al punto en cual el rendimiento por recluta marginal con un

**incremento** del esfuerzo pesquero más allá de 0.1 no aumentará de manera importante el rendimiento derivado de la pesca (Gulland, 1983) y d)  $F_{rep}$  que es la tasa de mortalidad por pesca que corresponde al nivel de reemplazo promedio de la población. En principio un adecuado PRB debe considerar: a) aspectos biológicos intrínsecos a la población, b) la variabilidad causada por factores abióticos que oscurecen las relaciones **bióticas** y c) el error dentro de la estimación (Walters y Ludwig, 1981).

Para el caso de la población de sardina, una estimación de  $F_{rep}$  sería un punto adecuado para establecer un PRB, que a su vez sustentara la elección de una curva que **no** tuviera variaciones porcentuales demasiado amplias; aparentemente se sugiere que el valor  $F_{rep}$  no exceda el 0.5 (Sissenwine y Shepherd, 1987), ya que puede presentarse el caso de que  $F$ ,  $F_{max}$  y  $F_{may}$  alcancen valores cercanos y entonces se suceda el fenómeno de sobrepesca del reclutamiento, el cual se define como el nivel de presión de pesca que reduce el tiempo de vida de las clases anuales de la biomasa reproductora por debajo de su punto promedio, o bien, que el esfuerzo pesquero se intensifique a niveles que hagan insuficiente la respuesta compensatoria del stock para mantener un patrón normal de reclutamiento (Overholtz et al., 1986), lo cual crea inestabilidad dentro de la estructura de la población, hasta el punto del colapso pesquero.

Por lo que dentro de este marco y de acuerdo con los niveles de  $F$  manejados, la curva que representa la mejor aproximación de la reconstrucción de la población, es la correspondiente a  $M=0.6$  y  $F=0.3$  (Fig. 2f), esto no deja de lado la utilización de otras curvas, siempre y cuando se tenga presente la variación de error que se podría cometer con la finalidad de evitar conclusiones erróneas o parcialmente ciertas. Para efectos del desarrollo del presente trabajo se analizaron las 4 diferentes curvas (fig. 2f), estableciendo como un intervalo de la abundancia de *S. caeruleus* a las curvas de APV con  $M=0.6$ ,  $F=0.3$  y  $M=0.5$ ,  $F=0.7$ , de tal forma que a partir de éstas se intente ubicar un PRB para *S. caeruleus* con fundamento en el esfuerzo de pesca (Sissenwine y Shepherd, 1987) y por otro lado la influencia del ambiente (Lluch-Belda et al., 1989, 1991, 1992a, 1992b).

## Estimación de la captura y de **la incertidumbre**

Debido a la **alta variabilidad** que se presenta en las zonas de surgencia y al impacto de los eventos a escala global que ocurren dentro de la Corriente de California, la relación stock-reclutamiento, la abundancia de ***S. caeruleus*** y su disponibilidad en las capturas, hacen que esta pesquería tenga **periodos** de fluctuación (Baumgartner et **al.**, 1992; Lluch-Belda et **al.**, 1991), que incluso se podrían presentar a escala local (Cohen et **al.**, 1991); a este respecto, Armstrong y Shelton (1988) demostraron que en los modelos tradicionales de stock y reclutamiento (Ricker, 1975; Beverton y Holt, 1957) los errores obtenidos en los parámetros funcionales de S-R, resultan de un problema estadístico en el procedimiento de ajuste; sin embargo, consideraron otra forma de error que puede resultar cuando la influencia del ambiente sobre el reclutamiento tiene un componente no aleatorio en la forma de variaciones periódicas, y aunque la variabilidad aleatoria es algunas veces introducida dentro de los modelos poblacionales para incrementar su capacidad de ajuste, hay evidencias que indican que la variación ambiental interanual no es un efecto aleatorio.

Jacobson y MacCall(1995) analizaron el efecto de la temperatura superficial del mar en la magnitud del reclutamiento, encontrando que el efecto de la variabilidad ambiental influye mayormente sobre el patrón de distribución que sobre la supervivencia de los primeros estadios, es así como se debe de establecer una comparación, entre las disminuciones en la abundancia poblacional debido a causas de mortalidad natural o a efectos asociados a la distribución de ***S. caeruleus*** dentro de la Corriente de California.

Para los cuatro juegos de datos stock-reclutamiento considerados, se encontró que la fracción poblacional del stock era la de mayor importancia, seguida por el reclutamiento, esta situación sugiere que la capacidad de respuesta a la variabilidad ambiental de ambas fracciones poblacionales es diferente, y el hecho de que el stock sea la fracción de mayor importancia en este contexto, puede relacionarse con el patrón de distribución que presente ***S. caeruleus*** de acuerdo con las

condiciones presentes en cuanto al ISPM y la TSPMM (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1991, 1992a; Jacobson y MacCall, 1995), ya que precisamente hacia el periodo de ENSO de 1991-92-93 (Hayward, 1993; Hayward *et al.*, 1994) se inicia una recuperación de la abundancia de sardina monterrey dentro del área de California (Barnes *et al.*, 1992; Wolf, 1992) que coincide con las disminuciones estimadas por el APV en el presente estudio para la zona de Bahía Magdalena e Isla Cedros. Además, se observa un incremento en las zonas de reproducción con una dirección hacia el norte de la Corriente de California durante los periodos de calentamiento, ya que principalmente se han podido identificar dos zonas de reproducción para *S. caeruleus*, las cuales corresponden a la parte de Punta Eugenia y Bahía Magdalena en Baja California Sur (Ochoa-Báez *et al.*, 1993; Hernández-Vazquez, 1994; Torres-Villegas *et al.*, 1995). El conocimiento preciso de los mecanismos asociados a los efectos ambientales sobre la abundancia son todavía inciertos, pero este modelo desarrollado demuestra y cuantifica el efecto de la TSPMM y del ISPM sobre el reclutamiento, lo cual se traduce directamente al comportamiento y capacidad de reposición de la población y de sus posibles capturas.

En cuanto a la incertidumbre en el pronóstico de la captura de 1994, se observó una consistencia del pronóstico para los tres porcentajes teóricos de cambio propuestos en las variables de la ventana ambiental, es decir, el nivel de captura alta en todos los casos superó la frecuencia del 50%. Bajo estas circunstancias, las variables que conformaron la ventana ambiental resultaron ser resistentes dentro del ciclo de cambios porcentuales propuestos, a excepción de la temperatura superficial promedio del mar de julio en Isla Cedros (Tj1 IC) y la temperatura superficial promedio del mar de febrero en Isla Cedros (TfeIC).

La sensibilidad de estas variables se observó con mayor claridad en el efecto que mostraron sobre la curva que estimaba captura media y baja, en la cual, las variaciones del  $\pm 15\%$  provocan que las frecuencias de cambio de las variables Tj1 IC y TfeIC se traslapen. En este sentido, hay que considerar que a través de la serie de capturas analizada se han presentado cambios repentinos en el

nivel de captura, ejemplo de ello es el **año** 1991 con nivel de captura alta que cambió a nivel de captura baja para 1992, siendo que a la vez se encuentra localizado en un punto de umbral con el nivel de captura media (**Fig. 6a**); otro ejemplo también lo constituye el año de 1993 catalogado con nivel de captura media y que está demasiado próximo a un nivel de captura baja, lo cual hace suponer que la ventana ambiental que conforman estos **años** pueden tener una alta sensibilidad en algunas variables que podrían hacer cambiar drásticamente su nivel de captura. En este caso, para 1994 no se presentó así, de hecho se estimó un nivel de captura alta y los valores registrados a fin de 1994 en realidad correspondieron a 34,000 t, el cual rebasa a casi el **doble** lo que históricamente se había registrado en 22 años (**Fig. 6b**), lo que también explica la razón por la cual la estimación del nivel de captura alta es consistente durante el proceso de simulación.

Con el análisis planteado, fue posible determinar la influencia ambiental sobre el reclutamiento de *S. caerufeus*, identificando un patrón densoindependiente en la disponibilidad de la especie, la cual tiene, un efecto inmediato sobre las fluctuaciones en la captura. De esta manera, se han descrito las variables, la región y el tiempo en que este efecto densoindependiente provoca variaciones en el tamaño del reclutamiento.

## CONCLUSIONES

La población de sardina *S. caeruleus* de la zona de Isla Cedros y Bahía Magdalena en Baja California Sur, ha presentado su máximo pico de abundancia en 1987, seguido de un decremento constante que se ha prolongado hasta 1993, con variaciones en el reclutamiento entre 10,000 t y 50,000 t, mientras que el **tamaño** del stock varió entre 10,000 t y 30,000 t.

La influencia de la variabilidad ambiental a través de la temperatura **superficial** promedio del mar, y del **índice** de surgencia promedio mensual del mar, modifican el tamaño del reclutamiento y de **los** niveles de captura obtenida, por consiguiente las fluctuaciones de *S. caeruleus* están relacionadas con causas densoindependientes.

El efecto de las variables que conforman la ventana ambiental sobre ambas fracciones **poblacionales**, tiene una mayor relación con el stock que con el reclutamiento.

El pronóstico de la captura para 1994 fue de una biomasa superior a las 15,000 t, el modelo de simulación mostró que esta estimación es consistente dentro de los tres intervalos de cambio porcentual propuestos, por lo cual la incertidumbre en la estimación de la captura es mínima.

El modelo final representa una útil herramienta de pronóstico, ya que proporciona además de la estimación de la captura con un **año** de anticipación, todo un esquema de análisis de la incertidumbre, que sirve para validar la base del rendimiento anual de la **pesquería**.

## RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

**Se** reconoce la importancia de la variabilidad ambiental sobre la dinámica de la sardina monterrey *S. caeruleus*, ya que los cambios en las condiciones del medio marino, pueden favorecer en principio su desplazamiento dentro de la Corriente de California, ocasionando cambios en la disponibilidad del recurso. Sin embargo, el manejo de la pesquería, no se resuelve con el simple hecho de conocer el efecto de la ventana ambiental sobre el reclutamiento y la captura esperada, por lo que es deseable que se desarrolle un modelo que incluya además, la capturabilidad, **ya** que de esta forma se integrará un componente importante dentro de la pesquería, cuantificando simultáneamente la mortalidad densoindependiente y la mortalidad por pesca. También es posible determinar la influencia de la ventana ambiental sobre las diferentes edades que conforman a la población, para determinar las causas que definen la fuerza de la clase anual.

## LITERATURA CITADA

- AFIFI, A.A. and V. CLARK.** 1990. Computer-aided. Multivariate analysis. 2 ed. Van Nostrand Reinhold. New York, USA. 505 p.
- ALVARADO-CASTILLO, R.M., R. FELIX-URAGA y R. CARMONA. **1994.** Modelo de distribución anual de la subpoblación de *Sardinops caeruleus* en la costa oeste de la Península de Baja California. Mem. Annual Conference Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Lake Tahoe, California. 25-27 October. p. v-14.
- ANTHONY, V.C. **and** M.J. FOGARTY. 1985. Environmental effects on recruitment, growth and vulnerability of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) in the Gulf of Maine region. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **42**(Suppl.1):158-173.
- ARMSTRONG, M.J. **and** P.A. SHELTON. 1988. Bias in estimation of stock-recruitment function parameters caused by nonrandom environmental variability. Can. J. Aquat. Sci. **45**:554-557.
- ARREGUIN-SANCHEZ, F. **1994a.** Variabilidad en poblaciones explotadas. Análisis de pesquerías seleccionadas del Golfo de México, p. 75-86. In: A. Yañez-Arancibia (Ed). Recursos Faunísticos del Litoral de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX. Serie Científica 2, 136 p.
- ARREGUIN-SANCHEZ, F. **1994b.** Trends in monthly recruitment/spawning stock ratio (R/SSr): the brown shrimp *Penaeus aztecus* from the North west Gulf of México. Workshop on stock-recruitment relationships in Australian Crustacean Fisheries. Joodoburri Conference Centre, June 1-3, p 23-34.
- BAILEY, K.M., S. ALLEN, M. SHIMA, P.J. ANDERSON, R.D. BRODEUR, R.C. FRANCIS, A.B. HOLLOWED, W.J. INGRAHAM, J.F. PIATT, R.K. REED, T. ROYER, D. SOMERTON and W.S. WOOSTER.** 1995. ENSO event in the northern Gulf of Alaska and effects on selected marine fisheries Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. **36**:78-96.
- BAKUN, A.** 1975. Daily and weekly upwelling indices, west coast of North America, 1967-73. NOAA Technical Report. NMFS-SSRF-693, 114 p.
- BAKUN, A.** 1985. Comparative studies and the recruitment problem: searching for generalizations. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep. **26**:30-40.
- BARNES, J.T., L.D. JACOBSON, A.D. MacCALL and P. WOLF.** 1992. Recent population trends and abundance estimates for sardine (*Sardinops sagax*). . Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep. **33**:60-75.
- BAUMGARTNER, T., A. SOUTAR and V. FERREIRA-BARTRINA.** 1992. Reconstruction of the history of pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millenia from sediments of the Santa Barbara basin, California. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. **33**:24-40
- BEVERTON, R.J.H. and S.J. HOLT.** 1957. On the dynamics of exploited fish population. U.K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest. (ser 2), **19**:533 p.
- BEVERTON, R.J.H.** 1990. Small marine pelagic fish and the threat of fishing; are they endangered. J. Fish. Biol. (supplement A), 5-16.

- BLOOMER, S.F., K.L. COCHRANE and J.G. FIELD. 1994. Towards predicting recruitment succes of anchovy *Engraulis capensis* in the southern Benguela system using environmental variables: A rule-based model. S. Afr. J. mar. Sci. **14**:107-119.
- CHAPMAN, D.G. 1973. Spawner-recruit model and estimation of the level of maximum sustainable catch. Rapp. P.-v. Réun., Cons int. Explor. Mer **164**:325-332.
- CISNEROS-MATA, M.A., M.O. NEVAREZ-MARTINEZ and M. G. HAMMANN. 1996. The rise and fall of the pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, México. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep. **36**:136-143.
- CLARK, R.A. 1992. Influence of stream flows and stock size on recruitment of Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in the Chena river, Alaska. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49**:1027-1034.
- COHEN, E.B., D.G. MOUNTAIN and R. O'BOYLE. 1991. Local-scale versus large-scale factors affecting recruitment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **48**:1003-1006.
- CSIRKE, J. 1980. Recruitment in the peruvian anchovy and its dependence on the adult population. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. **177**:307-313.
- CURY, P. and C. ROY. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment succes in upwelling areas. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **46**:670-680.
- CUSHING, D.H. 1971. The dependence of recruitment on parent stock indifferent groups of fishes. J. Cons. Perm. int. Explor. Mer **33**:340-362.
- DERISO, R.B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **37**:268-282.
- DOI, T. 1973. A theoretical treatment of the reproductive relationship between recruitment and adult stock. Rapp. P.-v. Réun., Cons int. Explor. Mer **341**-349.
- FELIX, U. R. 1988. Edad, crecimiento y estructura poblacional de *Sardinops sagax* en Bahía Magdalena, durante 1981 a 1984. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, México, 103 p.
- FELIX, U. R. y E. M. RAMIREZ R. 1989. Verificación en las determinaciones de edad de *Sardinops sagax caerulea* basadas en la lectura de otolitos. Inv. Mar. CICIMAR **4**(1): 59-64.
- FELIX-URAGA R., R. M. ALVARADO-CASTILLO and R. CARMONA-PIÑA. 1998. The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. Calif. Coop. Fish. Inv. Rep. **37**:188-192.
- FIEDLER, P.C. 1984a. Satellite observations of the 1982-1983 El Niño along the U.S. Pacific coast. Science **224**: 1251-i 254.
- FIEDLER, P.C. 1984b. Some effects of the El Niño 1983 on the northern anchovy. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep. **25**:53-58.
- GARDINER, R. and T. SHACKLEY. 1991. Stock and recruitment and inversely density-dependent growth of salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream, J. Fish. Biol. **38**:691-696.
- GAYANILO, F.C., M. SORIANO and D. PAULY. 1989. A draft guide to the complete ELEFAN. ICLARM software **2**,70. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines. 70 p.

- GETZ, W.M. and G.L. SWARTZMAN. 1981.** A probability transition matrix model for yield estimation in fisheries with highly variable recruitment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **38:847-855.**
- GOMEZ-LARRAÑETA, M. 1988.** Relaciones entre los parámetros de las curvas de generaciones II. Modelo de Beverton y Holt. *Inv. Pesq.* **50(1):37-42.**
- GOMEZ-MUÑOZ, V.M. 1988.** A general model of stock and recruitment. *Inv. pesq.* **50(3):421-425.**
- GOMEZ-MUÑOZ, V.M. 1989.** Análisis de las relaciones entre la población parental y el reclutamiento. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, México, 118 p.
- GULLAND, A.J. 1983.** Fish stock assessment. A manual of basic methods. *FAO/Wiley series on food and agriculture*; v. 1. p 12-16.
- HAMMANN, M.G., J.S. PALLEIRO and O. SOSA N. 1995.** The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, México. *Calif. Coop. Fish. Inv. Rep.* **36:127-133.**
- HANNAH, R.W. 1993.** Influence of environmental variation and spawning stock levels on recruitment of ocean shrimp (*Pandalus jordani*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **50:612-622.**
- HARGREAVES, N.B., D.M. WARE and G.A. McFARLANE. 1994.** Return of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) to the British Columbia coast in 1992. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **51:460-463.**
- HARRIS, J. G.K. 1975.** The effect of density-dependent mortality on the shape of the stock and recruitment curve. *J. Cons. int. Explor. Mer* **36(2):144-149.**
- HAYWARD, T.L. 1993.** Preliminary observations of the 1991-1992 El Niño in the California Current. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.* **34:21-29.**
- HAYWARD, T.L., A.W. MANTYLA, R.J. LYNN, P.E. SMITH and T.K. CHERESKIN. 1994. The state of the California Current in 1993-1994. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.* **35:19-35.**
- HERNANDEZ-VAZQUEZ, S. 1983.** Análisis y normalización del esfuerzo pesquero de la flota sardinera de Bahía Magdalena B. C. Sur, México (1972-1981). Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, México, 142 p.
- HERNANDEZ-VAZQUEZ, S. 1994.** Distribution of eggs and larvae from sardine and anchovy off California and Baja California, 1951-1989. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.* **34:94-107.**
- HILBORN, R. and C.J. WALTERS. 1992.** Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall. New York. USA. 560 p.
- HJORT, J. 1914.** Fluctuations in the great fisheries of northern Europe. *Rapp. P.-v. Réun., Cons int. Explor. Mer* **20: 1-228.**
- JACOBSON, L.D., E.S. KONNO and J.P. PERTIERRA. 1994a.** Status of pacific mackerel and trends in biomass, 1978-1993. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.* **35:36-39.**
- JACOBSON, L.D., N.C.H. LO and J.T. BARNES. 1994b.** A biomass-based assessment model for northern anchovy, *Engraulismordax*. *Fis. Bull.* **92:711-724.**
- JACOBSON, L.D. and A.D. MacCALL. 1995.** Stock-recruitment models for Pacific sardine (*Sardinops sagax*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52:566-577.**

- KAWASAKI, T. 1983. Why do **some fishes have** wide fluctuations **in** their numbers? **-Biological basis** of fluctuation from the viewpoint of **evolutionary** ecology. In Proceedings of the Expert Consultation to Examine **Changes** In Abundance and **Species** Composition of Neritic Fish Resources, San Jose Costa Rica, April 1983. **Sharp, G.D.** and J. Csirke (Eds). FAO Fish. Rep. **291(3):1065-1080.**
- KAWASAKI, T. 1992. Mechanisms governing fluctuations **in pelagic fish** populations. S. Afr. J. mar. **Sci.** **12:873-879.**
- KOPE, G.R. and L.W. BOTSFORD. 1990. Determination of **factors** affecting recruitment of chinook **salmon *Oncorhynchus tshawytscha*** in central California. Fish. **Bull.** **88:257-269.**
- KOSLOW, J.A. 1992. Fecundity and the stock-recruitment relationship. Can. J. Fish. Aquat. **Sci.** 49:210-217.
- LLUCH-BELDA, D., R.J.M. CRAWFORD, T. KAWASAKI, A.D. **MacCALL**, R.H. PARRISH, R.A. SCHWARTZLOSE and P. E. SMITH. 1989. World-wide fluctuations of **sardine** and **anchovy** stocks: the **regime** problem. S. Afr. J. Mar. **Sci.** **8:195-205.**
- LLUCH-BELDA, D., D.B. LLUCH-COTA, S. HERNANDEZ-VAZQUEZ, C.A. SALINAS-ZAVALA and R.A. SCHWARTZLOSE. 1991. Sardine and **anchovy** spawning as related **to temperature** and upwelling in the **california** current system. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.** **32:105-111.**
- LLUCH-BELDA, D., D.B. LLUCH-COTA, S. HERNANDEZ-VAZQUEZ, C.A. SALINAS-ZAVALA and R.A. SCHWARTZLOSE. 1992a. The **recovery** of the **california** sardine as related to global **change**. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.** **33:50-59.**
- LLUCH-BELDA, D., D.B. LLUCH-COTA, S. HERNANDEZ-VAZQUEZ and C.A. SALINAS-ZAVALA. **1992b.** **Sardine** population expansion **in** eastern **boundary** systems of the pacific **ocean** as related to sea surface temperature. S. Afr. J. Mar. **Sci.** **12:147-155.**
- LYNN, R.J., F.B. SCHWING and T.L. HAYWARD. 1998. The effect of the 1991-1993 **ENSO** on the California Current System. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.** **36:57-71.**
- MARTINEZ, L. A. 1993. Efectos del evento "El Niño" 1982-83 en la estructura del fitoplancton en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría, Centro **Interdisciplinario** de Ciencias Marinas. IPN, **México**, 95 p.
- MULLIN, M.M. 1998. The California El **Niño** of 1992 and the **fall** of ***Calanus***. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.** **36:175-178.**
- MURPHREE, T. and C. REYNOLDS 1995. El **Niño** and La **Niña** effects **on** the northeast **pacific**: The 1991-1993 and 1988-1989 events. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.** **36:45-58.**
- MYERS, R.A., A.A. ROSENBERG, P.M. MACE, N. BARROWMAN and V.R. RESTREPO. 1994. In search of thresholds for recruitment overfishing. **ICES. J. mar. Sci.** **51:191-205.**
- NEGRETE, J. 1980. **Análisis** de sensibilidad en la **producción** biológica. Inst. de Inv. **Biomédicas**. UNAM, **México**. 77 p.
- OCHOA-BAEZ**, R.I., J.R. TORRES-VILLEGAS, L. PEREZ-GOMEZ y **G. GARCIA-MELGAR**. 1993. Fluctuaciones de la actividad reproductiva de la sardina monterrey (***Sardinops sagax***) durante diez **años**, en **Bahía** Magdalena, B.C.S., **México**. Resúmenes V Cong. Latinoamer. de **Cienc. del Mar**. UABCS. La Paz, B.C.S., **México**. 27 sept-1 Oct. p 22.

- OVERHOLTZ, W.J., M.P. SISSEWINE and S.H. CLARK. 1988. Recruitment variability and its Implication for managing and **rebuilding** the Georges Bank haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stock. Can. J. Fish. Aquat. **Sci.** **43:748-753**.
- PANAYOTOU, T. 1983. Conceptos de ordenación para las **pesquerías** en **pequeña** escala, aspectos económicos y sociales. FAO **Doc. Tec. Pesca (228):1-60**.
- PARRISH, R.H. and A.D. MacCALL. 1978. **Climatic** variation and exploitation in the **Pacific** mackerel fishery. Fish. **Bull.** **167:100** p.
- PATTERSON, K.R., J. ZUZUNAGA and G. CARDENAS. 1992. **Size** of the **south** American **sardine** (*Sardinops sagax*) population in the northern **part** of the Perú upwelling ecosystem after collapse of anchoveta (*Engraulis ringens*) stocks. Can. J. Aquat. **Sci.** **49:1762-1769**.
- PAULY, D. 1980. **On** the **interrelationships** between natural **mortality**, growth parameters and mean environmental temperature in **175** fish stocks. J. **Cons. Int. Explor. Mer** **39(2):175-192**.
- POPE, J.G. 1972. **An** investigation of the accuracy of virtual population analysis using **cohort** analysis. Int. **Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.** **(9):65-74**.
- RAMIREZSEVILLA, R., R. **MARTINEZ-PECERO**, E. MATUS-NIVON, J.L. ORTIZ-GALINDO y **M. CONTRERAS-OLGUIN**. 1992. Tasas de desarrollo de *Sardinops sagax caerulea*. Inv. Mar. CICIMAR. **7(2):123-125**.
- RICKER, W.E. 1976. Computation and interpretation of **biological** statistics of **fish** populations. **Bull.** Fish. Res. Board Can., **191:382** p.
- ROTSCHILD, B.J. and A.J. MULLEN. 1986. The **Information content** of stock and recruitment data and its non-parametric **classification**. J. **Cons. Int. Explor. Mer** **42:1** 16-124.
- ROY**, C., P. CURY and S. KIFANI. **1992**. **Pelagic fish** recruitment **success** and **reproductive** strategy in upwelling **areas**: environmental **compromises**. S. Afr. J. mar. **Sci.** 135-146.
- SCHNUTE, J. 1986. A general theory for analysis of **catch** and **effort** data. Can. J. **Fish. Aquat. Sci.** **42:414-429**.
- SHEPHERD, J.G. 1982. A **versatile** new stock-recruitment relationship for **fisheries**, and the construction of sustainable yield **curves**. J. **Cons. Int. Explor. Mer** **40(1):67-75**.
- SISSEWINE, M.P. and **J. G. SHEPHERD**. 1987. **An** alternative **perspective on** recruitment overfishing and biological **reference** points. Can. J. Fish. Aquat. **Sci.** **44:913-918**.
- SMITH, P.E., N. CHYAN-HUEI LO and J.L. BUTLER. 1992. **Life-stage** duration and **survival parameters** as related to **interdecadal** population variability in Pacific sardine. **Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep.** **33:41-49**.
- SOKAL**, R.R. and F. ROHLF. 1981. Biometry. 2nd Ed. Freeman and Company, San Francisco. 659 p.
- SOLANASANSORES, R., F. ARREGUINSANCHEZ, R. CASTRO-MELENDEZ y M. MEDELLIN. 1989. Exploración de **técnicas multivariadas** para su uso en el estudio de la **dinámica** poblacional de especies sujetas a explotación pesquera: el caso del **camarón café** (*Penaeus aztecus* L. 1691) del noroeste del Golfo de **México**. Bol. **Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente** **28(1 y 2):245-252**.
- STEPHENSON, R.L. and Y. KORNFIELD. 1990. Reappearance of spawning herring **on** Georges Bank: population resurgence not recolonisation. Can. J. **Fish. Aquat. Sci.** **47:1060-1068**.

- TABACHNICH, B.G. and L.S. FIDELL. 1989. **Using** multivariate statistics. 2 ed. Harper Collins. New York, 746 p.
- TANG, Q. 1985. Modification of the Ricker stock recruitment **model** to account for environmentally **induced** variation **in** recruitment with particular **reference** to the **blue crab fishery** In Chesapeake Bay. Fish. Res. **3:13-21**.
- TORRES-VILLEGAS, J.R. y L. PEREZGOMEZ. 1988. **Variación** en la fecundidad de **Opisthonema libertate** (Günter, 1868) (Pisces:Clupeidae) de 1983 a 1985 en **Bahía** Magdalena, Baja California Sur, **México**. Inv. Pesq. **52(2):193-206**.
- TORRES-VILLEGAS, J.R., R. I. OCHOA-BAEZ, L. PEREZGOMEZ and G. GARCIA-MELGAR. 1995. Comparison of seasonal variability in the reproduction of pacific **sardine** (**Sardinops sagax**) from Baja California Sur, **México**, in the years 1982-1992. **Sci. Mar.** **59(3-4):255-264**.
- WALTERS, C.J. and D. LUDWING.** 1981. Effects of measurement **errors on the** assessment of stock-recruitment relationships. Can. J. Fish. Aquat. **Sci.** **38:704-710**.
- WOLF, P. 1992. **Recovery** of the **pacific sardine** and the California sardine **fishery**. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv. Rep. **33:76-86**.

## ANEXO A1

	Cp1	Cp2	CP3	CP4	Cp5	Cp6	Cp7
stock	<b>0.0269</b>	0.0465	-0.0985	-0.2340	0.2469	-0.2281	-0.1698
<b>SdiIC</b>	0.0274	-0.2536	-0.0938	0.1487	-0.2847	-0.0807	0.0936
<b>SenIC</b>	-0.0107	-0.0946	0.0040	0.2285	0.1961	0.3101	0.0618
<b>SfeIC</b>	-0.1301	0.0468	0.1748	0.1379	0.2569	0.2234	0.0172
<b>SmaIC</b>	0.0251	<b>-0.0913</b>	-0.0170	0.1462	0.2367	0.1078	0.0381
<b>SabIC</b>	0.0294	-0.0826	0.0982	0.2136	0.1093	0.1415	-0.2582
<b>SmyIC</b>	-0.0844	0.1500	-0.1014	0.1166	0.2352	-0.0441	0.1235
<b>SjuIC</b>	0.1217	-0.0071	0.0904	0.3044	0.1498	-0.0989	0.0535
<b>SjlIC</b>	0.1951	-0.0693	-0.0981	0.0951	0.0798	-0.0917	-0.2770
<b>SagIC</b>	<u>0.2070</u>	-0.0399	-0.0356	0.1024	0.1691	-0.0404	-0.0726
<b>SeIC</b>	0.1395	-0.1828	-0.1912	0.0022	0.0090	0.1979	0.0429
<b>SoIC</b>	0.0746	-0.218.1	0.0963	0.0596	-0.0818	0.0877	-0.4131
<b>SnIC</b>	0.0564	-0.2457	-0.1766	0.1378	-0.0417	-0.1639	0.1264
<b>SdiBM</b>	0.0562	-0.2520	-0.1812	0.1208	-0.0459	-0.1621	0.1263
<b>SenBM</b>	0.0206	-0.1228	0.1893	0.1481	0.0212	0.3212	0.1342
<b>SfeBM</b>	-0.1076	-0.0599	0.2661	0.1469	<b>0.0172</b>	0.1545	0.0073
<b>SmaBM</b>	-0.0237	-0.1493	0.2404	0.0966	-0.0007	0.0177	0.2139
<b>SabBM</b>	-0.1875	-0.0619	-0.0275	-0.2685	-0.0137	0.0521	-0.0249
<b>SmyBM</b>	-0.1313	0.0272	-0.0561	0.2759	-0.2087	-0.1032	-0.0518
<b>SjuBM</b>	0.1063	-0.1234	0.1355	0.1816	0.1667	-0.1776	0.1166
<b>SjlBM</b>	0.1032	-0.0692	-0.0493	0.0995	0.2828	-0.1386	-0.2943
<b>SagBM</b>	0.1381	-0.0415	-0.0839	-0.0415	0.3470	-0.1980	0.0973
<b>SeBM</b>	0.0020	-0.1773	-0.2292	-0.0863	0.1274	-0.0834	0.2666
<b>SoBM</b>	-0.0080	-0.2425	0.1031	-0.0195	-0.0969	-0.0959	-0.3786
<b>SnBM</b>	0.0274	-0.2536	-0.0938	0.1487	-0.2847	-0.0807	0.0936
<b>TdiIC</b>	-0.1029	0.1190	-0.1792	0.2403	0.0983	-0.1268	-0.1393
<b>TenIC</b>	-0.1565	-0.1001	0.2053	0.1068	0.1127	-0.2173	-0.0888
<b>TfeIC</b>	-0.1466	-0.1373	0.2067	-0.0879	0.0469	-0.1920	-0.0369
<b>TmaIC</b>	-0.1170	-0.2866	-0.0268	-0.0574	0.1328	-0.0425	0.0184
<b>TabIC</b>	-0.1260	-0.1991	-0.2312	0.0489	0.0093	0.0985	-0.0845
<b>TmyIC</b>	-0.1656	-0.1436	-0.2228	-0.0354	0.0021	0.0460	0.0370
<b>TjuIC</b>	-0.1297	-0.1429	-0.1485	-0.0083	0.0292	0.1050	-0.1582
<b>TjlIC</b>	-0.1543	-0.0700	-0.1272	-0.2447	0.0237	0.1010	-0.1109
<b>TagIC</b>	-0.1850	-0.0384	-0.1276	0.0680	0.0890	0.0587	0.1699
<b>TsIC</b>	-0.2391	0.0412	0.0172	-0.0307	0.1206	-0.0282	-0.0120
<b>ToIC</b>	-0.2228	0.0837	0.0820	0.1400	-0.0177	0.0220	-0.0032
<b>TnIC</b>	-0.1705	0.0758	-0.1200	0.2509	0.0443	-0.0994	-0.0583
<b>TdiBM</b>	-0.1795	0.1200	-0.0409	0.1349	-0.0068	-0.2315	0.0702
<b>TenBM</b>	-0.0924	-0.1617	0.2385	-0.0955	0.0220	-0.2185	0.1410
<b>TfeBM</b>	-0.0284	-0.1253	0.3132	-0.0333	0.1070	-0.2179	0.0497
<b>TmaBM</b>	-0.1320	-0.1868	0.2247	-0.0400	-0.0641	-0.0590	0.0699
<b>TabBM</b>	-0.1848	-0.2163	-0.0435	-0.0489	0.1025	0.0410	-0.0145
<b>TmyBM</b>	-0.2273	-0.1619	-0.0527	-0.0400	0.0654	0.0193	-0.0411
<b>TjuBM</b>	-0.2495	-0.0635	0.0360	0.0232	-0.0356	0.0940	-0.1142
<b>TjlBM</b>	-0.2366	-0.0132	-0.0980	-0.0266	0.0541	0.0646	-0.0513
<b>TagBM</b>	-0.2380	0.0463	-0.0488	0.0246	0.0913	0.0541	0.0485
<b>TsBM</b>	-0.1971	0.1257	-0.0918	0.0980	0.0865	-0.0472	-0.0300
<b>ToBM</b>	-0.1345	0.1356	0.0485	0.2288	-0.2285	-0.1364	-0.1589
<b>TnBM</b>	-0.1952	0.1422	-0.0320	0.1288	-0.1070	-0.2191	0.0135

Eigenvectores estimados para el análisis de componentes principales, aplica a la fracción del stock correspondiente a  $M=0.5$  y  $F=0.7$ . S= ISPM, T= TSPMM, BM= Bahía Magdalena, IC= Isla Cedros. La letra 0 par intermedio de letras indican el mes (o= Octubre, my= mayo). Con la línea puntada se muestran las variables con alta influencia negativa y con la continua la alta influencia positiva.

ANEXO A2

	Cp1	Cp2	Cp3	Cp4	Cp5	Cp6	Cp7
stock	0.0450	-0.0028	-0.1299	-0.1911	0.2901	-0.1934	-0.2161
<b>SdiIC</b>	0.0271	-0.2514	-0.0804	0.1590	-0.2901	-0.0561	0.0724
<b>SenIC</b>	-0.0109	-0.0894	0.0067	0.2265	0.1969	0.3223	0.1242
<b>SfeIC</b>	-0.1304	0.0545	0.1689	0.1277	0.2700	0.2126	0.0410
<b>SmaIC</b>	0.0261	-0.0905	-0.0207	0.1390	0.2669	0.0841	-0.0706
<b>SabiC</b>	0.0293	-0.0758	0.0995	0.2134	0.1200	0.1564	-0.2272
<b>SmyIC</b>	-0.0844	0.1478	-0.1062	0.1187	0.2078	-0.0483	0.2123
<b>SjuIC</b>	0.1214	-0.0003	0.0903	0.3114	0.1446	-0.0897	0.0468
<b>SjlIC</b>	0.1953	-0.0716	-0.0941	0.1056	0.0635	-0.0773	-0.2288
<b>SagIC</b>	<u>0.2071</u>	-0.0402	-0.0332	0.1105	0.1506	-0.0335	-0.0142
<b>SsIC</b>	0.1399	-0.1865	-0.1835	0.0019	0.0067	0.1999	0.0701
<b>SoIC</b>	0.0744	-0.2135	0.1048	0.0659	-0.0757	0.1146	-0.3759
<b>SnIC</b>	0.0568	-0.2486	-0.1664	0.1508	-0.0555	-0.1574	0.0970
<b>SdiBM</b>	0.0567	-0.2553	-0.1708	0.1334	-0.0596	-0.1569	0.0968
<b>SenBM</b>	0.0197	-0.1115	0.1946	0.1432	0.0273	0.3353	0.1935
<b>SfeBM</b>	-0.1081	-0.0487	0.2654	0.1414	<b>0.0410</b>	0.1603	-0.0182
<b>SmaBM</b>	-0.0239	-0.1402	0.2427	0.0952	0.0189	0.0118	0.1384
<b>SabBM</b>	<u>-0.1871</u>	<b>-0.0676</b>	-0.0259	-0.2696	-0.0208	0.0433	0.0153
<b>SmyBM</b>	-0.1320	0.0321	-0.0528	0.2810	-0.2161	-0.0748	-0.0310
<b>SjuBM</b>	0.1063	-0.1179	0.1378	0.1899	0.1616	<b>-0.1844</b>	0.0786
<b>SjlBM</b>	0.1040	-0.0721	-0.0505	0.1067	0.2763	-0.1477	-0.2922
<b>SagBM</b>	0.1388	-0.0476	-0.0843	-0.0329	0.3156	-0.2232	0.1377
<b>SsBM</b>	0.0030	-0.1864	-0.2242	-0.0815	0.1112	-0.1074	0.2509
<b>SoBM</b>	-0.0081	-0.2400	0.1124	-0.0085	-0.1019	-0.0767	-0.3456
<b>SnBM</b>	0.0271	-0.2514	-0.0804	0.1590	-0.2901	-0.0561	0.0724
<b>TdiIC</b>	-0.1025	0.1165	-0.1836	0.2435	0.0903	-0.1208	-0.1276
<b>TenIC</b>	<u>-0.1563</u>	-0.0988	0.2056	-0.0991	0.1042	-0.2276	-0.0886
<b>TfeIC</b>	<u>-0.1468</u>	-0.1349	0.2102	-0.0772	0.0326	-0.1908	-0.0104
<b>TmaIC</b>	-0.1164	-0.2899	-0.0184	-0.0472	0.1167	-0.0461	0.0545
<b>TabIC</b>	-0.1252	-0.2054	-0.2248	0.0538	0.0092	0.1087	-0.0773
<b>TmyIC</b>	<u>-0.1648</u>	-0.1513	-0.2172	-0.0295	-0.0095	0.0527	0.0670
<b>TjuIC</b>	-0.1286	-0.1490	-0.1471	-0.0075	0.0483	0.1079	-0.2114
<b>TjlIC</b>	<u>-0.1532</u>	-0.0795	-0.1289	-0.2495	0.0411	0.0852	-0.1620
<b>TagIC</b>	<u>-0.1848</u>	-0.0400	-0.1260	0.0666	0.0751	0.0512	0.2145
<b>TsIC</b>	<u>-0.2387</u>	0.0394	0.0119	-0.0335	0.1266	-0.0423	-0.0400
<b>ToIC</b>	<u>-0.2229</u>	0.0884	0.0769	0.1347	0.0001	0.0238	-0.0502
<b>TnIC</b>	<u>-0.1703</u>	0.0759	-0.1230	0.2527	0.0418	-0.0937	-0.0668
<b>TdiBM</b>	<u>-0.1797</u>	0.1203	-0.0438	0.1394	-0.0242	-0.2296	0.0893
<b>TenBM</b>	-0.0927	-0.1577	0.2432	-0.0860	0.0079	-0.2256	0.1416
<b>TfeBM</b>	-0.0287	-0.1187	0.3152	-0.0250	0.0991	-0.2268	0.0404
<b>TmaBM</b>	-0.1325	-0.1804	0.2314	-0.0345	-0.0698	-0.0548	0.0870
<b>TabBM</b>	<u>-0.1843</u>	-0.2190	-0.0372	-0.0431	0.0902	0.0398	0.0314
<b>TmyBM</b>	<u>-0.2268</u>	-0.1652	-0.0485	-0.0349	0.0579	0.0207	-0.0120
<b>TjuBM</b>	<u>-0.2494</u>	-0.0620	0.0365	0.0210	-0.0234	0.1008	-0.1196
<b>TjlBM</b>	<u>-0.2359</u>	-0.0179	-0.1000	-0.0279	0.0601	0.0633	-0.0596
<b>TagBM</b>	<u>-0.2377</u>	0.0444	-0.0526	0.0214	0.0944	0.0485	0.0430
<b>TsBM</b>	<u>-0.1967</u>	0.1234	-0.0978	0.0961	0.0870	-0.0511	-0.0434
<b>ToBM</b>	-0.1352	0.1416	0.0465	0.2314	-0.2233	-0.1083	-0.1732
<b>TnBM</b>	<u>-0.1955</u>	0.1429	-0.0351	0.1328	-0.1169	-0.2092	0.0113

Eigenvectores estimadas para el análisis de componentes principales, aplicado a la fracción del stock correspondiente a  $M=0.6$  y  $F=0.3$ . S= ISPM, T= TSPMM, BM= Bahía Magdalena, IC= Isla Cedros. La letra 0 par intermedio de letras indican el mes (o= octubre, my= mayo). Con la línea puntada se muestran las variable4 con alta influencia negativa y con la continua la alta influencia positiva.

ANEXO A3

	Cp1	Cp2	CP3	CP4	CP5	Cp6	CP7
<b>stock</b>	0.0405	0.0516	-0.1258	-0.2054	0.2713	-0.1957	-0.1868
<b>SdiIC</b>	0.0268	-0.2530	-0.0926	0.1530	-0.2853	-0.0570	0.0827
<b>SenIC</b>	-0.0109	-0.0937	0.0026	0.2219	0.2119	0.3100	0.0955
<b>SfeIC</b>	-0.1303	0.0459	0.1729	0.1289	0.2714	0.2098	0.0343
<b>SmaIC</b>	0.0255	-0.0896	-0.0216	0.1401	0.2562	0.0911	-0.0013
<b>SabIC</b>	0.0292	-0.0829	0.0966	0.2095	0.1248	0.1503	-0.2449
<b>SmyIC</b>	-0.0841	0.1514	-0.0989	0.1207	0.2146	-0.0560	0.1637
<b>SjuIC</b>	0.1215	-0.0079	0.0913	0.3076	0.1473	-0.0959	0.0496
<b>SjlIC</b>	0.1952	-0.0684	-0.0978	0.1013	0.0698	-0.0846	-0.2635
<b>SagIC</b>	<u>0.2071</u>	-0.0396	-0.0354	0.1067	0.1585	-0.0422	-0.0499
<b>SsIC</b>	0.1395	-0.1806	-0.1921	0.0002	0.0131	0.1982	0.0614
<b>SoIC</b>	0.0742	-0.2194	0.0942	0.0589	-0.0697	0.1095	-0.4016
<b>SnIC</b>	0.0563	-0.2436	-0.1779	0.1438	-0.0504	-0.1610	0.1090
<b>SdiBM</b>	0.0562	-0.2498	-0.1826	0.1266	-0.0548	-0.1601	0.1089
<b>SenBM</b>	0.0197	-0.1248	0.1892	0.1399	0.0380	0.3287	0.1702
<b>SfeBM</b>	-0.1082	-0.0624	0.2643	0.1398	0.0384	0.1615	0.0031
<b>SmaBM</b>	-0.0242	-0.1517	0.2374	0.0918	0.0139	0.0155	0.1863
<b>SabBM</b>	<u>-0.1872</u>	-0.0616	-0.0305	-0.2709	-0.0163	0.0418	-0.0102
<b>SmyBM</b>	-0.1319	0.0274	-0.0503	0.2824	-0.2170	-0.0741	-0.0424
<b>SjuBM</b>	0.1061	-0.1248	0.1335	0.1846	0.1603	-0.1866	0.0981
<b>SjlBM</b>	0.1036	-0.0682	-0.0521	0.1041	0.2731	-0.1495	-0.2983
<b>SagBM</b>	0.1386	-0.0404	-0.0865	-0.0362	0.3209	-0.2304	0.1082
<b>SsBM</b>	0.0024	-0.1745	-0.2323	-0.0835	0.1123	-0.1066	0.2617
<b>SoBM</b>	-0.0084	-0.2442	0.1006	-0.0160	-0.0991	-0.0796	-0.3729
<b>SnBM</b>	0.0268	-0.2530	-0.0926	0.1530	-0.2854	-0.0570	0.0827
<b>TdiIC</b>	-0.1025	0.1216	-0.1763	0.2465	0.0873	-0.1216	-0.1361
<b>TenIC</b>	<u>-0.1566</u>	-0.1025	0.2009	-0.1043	0.1024	-0.2293	-0.0974
<b>TfeIC</b>	<u>-0.1469--</u>	-0.1399	0.2031	-0.0842	0.0356	-0.1955	-0.0326
<b>TmaIC</b>	-0.1170	-0.2860	-0.0322	-0.0556	0.1248	-0.0528	0.0319
<b>TabIC</b>	-0.1257	-0.1958	-0.2341	0.0496	0.0151	0.1051	-0.0796
<b>TmyIC</b>	<u>-0.1652</u>	-0.1408	-0.2247	-0.0330	-0.0017	0.0479	0.0510
<b>TjuIC</b>	<b>-0.1292</b>	-0.1404	-0.1525	-0.0085	0.0428	0.1122	-0.1748
<b>TjlIC</b>	<u>-0.1536</u>	-0.0679	-0.1322	-0.2482	0.0350	0.0915	-0.1309
<b>TagIC</b>	<u>-0.1849</u>	-0.0364	-0.1279	0.0659	0.0834	0.0460	0.1893
<b>TsIC</b>	<u>-0.2387</u>	0.0419	0.0144	-0.0330	0.1236	-0.0416	-0.0268
<b>ToIC</b>	<u>-0.2228</u>	0.0835	0.0824	0.1370	-0.0057	0.0271	-0.0219
<b>TnIC</b>	<u>-0.1703</u>	0.0777	-0.1175	0.2551	0.0380	<b>-0.0928</b>	-0.0620
<b>TdiBM</b>	<u>-0.1795</u>	0.1202	-0.0372	0.1422	-0.0277	-0.2287	0.0762
<b>TenBM</b>	-0.0928	-0.1648	0.2348	-0.0934	0.0108	-0.2292	0.1334
<b>TfeBM</b>	-0.0288	-0.1291	0.3096	-0.0314	0.0980	-0.2291	0.0393
<b>TmaBM</b>	-0.1327	-0.1898	0.2226	-0.0400	-0.0675	-0.0562	0.0763
<b>TabBM</b>	<u>-0.1847</u>	-0.2153	-0.0480	-0.0498	0.1001	0.0323	0.0024
<b>TmyBM</b>	<u>-0.2271</u>	-0.1608	-0.0565	<b>-0.0399</b>	0.0642	0.0157	-0.0305
<b>TjuBM</b>	<u>-0.2495</u>	-0.0634	0.0340	0.0199	-0.0236	0.1011	-0.1156
<b>TjlBM</b>	<u>-0.2360</u>	-0.0113	-0.1006	-0.0283	0.0610	0.0621	<b>-0.0548</b>
<b>TagBM</b>	<u>-0.2376</u>	0.0477	-0.0503	0.0218	0.0965	0.0460	0.0456
<b>TsBM</b>	<u>-0.1966</u>	0.1275	-0.0912	0.0985	0.0856	-0.0520	-0.0391
<b>ToBM</b>	-0.1349	0.1347	<b>0.0539</b>	0.2340	-0.2289	-0.1055	-0.1679
<b>TnBM</b>	<u>-0.1953</u>	0.1423	-0.0278	0.1359	-0.1216	-0.2070	0.0093

Eigenvectores estimados para el análisis de componentes principales, aplicado a la fracción del stock correspondiente a M= 0.8 y F= 0.7. S= ISPM, T= TSPMM, BM= Bahía Magdalena, IC= Isla Cedros. La letra o par intermedio de letras indican el mes (o= octubre, my= mayo). Con la línea puntada se muestran las variables con alta influencia negativa y con la continua la alta influencia positiva.

## ANEXO A4

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7
stock	0.0648	-0.0175	-0.1606	-0.1303	0.3234	-0.1225	0.2498
<b>SdiIC</b>	0.0268	-0.2512	-0.0718	0.1561	-0.2929	-0.0013	-0.0436
<b>SenIC</b>	-0.0102	-0.0892	0.0004	0.2190	0.2267	0.2911	-0.1980
<b>SfeIC</b>	-0.1300	0.0565	0.1581	0.1250	0.2968	0.1677	<b>-0.0788</b>
<b>SmaIC</b>	0.0276	-0.0918	-0.0287	0.1409	0.2879	0.0596	0.1439
<b>SabIC</b>	0.0296	-0.0742	0.0941	0.2134	0.1418	0.1658	0.1728
<b>SmyIC</b>	-0.0841	0.1461	-0.1099	0.1226	0.1702	-0.1000	-0.2796
<b>SjuIC</b>	0.1213	0.0015	0.0864	0.3214	0.1253	-0.0903	-0.0369
<b>Sjlic</b>	0.1955	-0.0727	-0.0912	0.1119	0.0374	-0.0698	0.1813
<b>SagIC</b>	<u>0.2071</u>	-0.0404	-0.0320	0.1167	0.1242	-0.0528	-0.0388
<b>SsIC</b>	<u>0.1406</u>	-0.1889	-0.1793	-0.0076	0.0196	0.1856	-0.1099
<b>SoIC</b>	0.0741	-0.2113	0.1081	0.0656	-0.0555	0.1586	0.3164
<b>SnIC</b>	0.0574	-0.2506	-0.1605	0.1543	-0.0817	-0.1465	-0.0510
<b>SdiBM</b>	0.0574	-0.2574	-0.1646	0.1365	-0.0855	-0.1474	-0.0504
<b>SenBM</b>	0.0190	-0.1076	0.1926	0.1335	0.0669	0.3243	-0.2648
<b>SfeBM</b>	-0.1085	-0.0446	0.2596	0.1406	<b>0.0774</b>	0.1741	0.0200
<b>SmaBM</b>	-0.0244	-0.1364	0.2410	0.0981	0.0374	0.0188	-0.0730
<b>SabBM</b>	<u>-0.1869</u>	-0.0687	-0.0230	-0.2745	-0.0150	0.0210	-0.0435
<b>SmyBM</b>	<u>-0.1327</u>	0.0327	-0.0504	0.2822	-0.2329	-0.0196	0.0100
<b>SjuBM</b>	0.1062	-0.1157	0.1367	0.2020	0.1352	-0.2002	-0.0290
<b>Sjlbm</b>	0.1049	-0.0736	-0.0527	0.1191	0.2438	-0.1709	0.2820
<b>SagBM</b>	0.1393	-0.0496	-0.0834	-0.0221	0.2595	-0.3005	-0.1437
<b>SsBM</b>	0.0041	-0.1903	-0.2196	-0.0810	0.0817	-0.1577	-0.2160
<b>SoBM</b>	-0.0087	-0.2379	0.1192	-0.0030	-0.1097	-0.0370	-0.3078
<b>SnBM</b>	0.0268	-0.2512	-0.0718	0.1561	-0.2929	-0.0013	-0.0436
<b>TdiIC</b>	-0.1018	0.1136	-0.1877	0.2499	0.0596	-0.1149	0.1122
<b>TenIC</b>	<u>-0.1568</u>	-0.0964	0.2069	-0.0859	0.0769	-0.2413	0.1051
<b>TfeIC</b>	<u>-0.1475</u>	-0.1320	0.2138	-0.0654	0.0064	-0.1937	0.0036
<b>TmaIC</b>	<u>-0.1159</u>	-0.2907	-0.0140	-0.0428	0.0981	-0.0750	-0.0790
<b>TabIC</b>	-0.1238	-0.2091	-0.2230	0.0501	0.0169	0.1168	0.0547
<b>TmyIC</b>	<u>-0.1639</u>	-0.1549	-0.2135	-0.0323	-0.0157	0.0476	-0.0961
<b>TjuIC</b>	-0.1273	-0.1522	-0.1472	-0.0067	0.0653	0.1291	0.2230
<b>Tjlic</b>	<u>-0.1520</u>	-0.0829	-0.1288	-0.2528	0.0623	0.0796	0.1887
<b>TagIC</b>	<u>-0.1840</u>	-0.0421	-0.1284	0.0597	0.0713	0.0089	-0.2355
<b>TsIC</b>	<u>-0.2379</u>	0.0384	0.0064	-0.0309	0.1281	-0.0629	0.0703
<b>ToIC</b>	<u>-0.2227</u>	0.0893	0.0701	0.1350	0.0179	0.0420	0.0852
<b>Tnic</b>	<u>-0.1697</u>	0.0741	-0.1273	0.2568	0.0224	-0.0830	0.0729
<b>TdiBM</b>	<u>-0.1800</u>	0.1199	-0.0441	0.1472	-0.0667	-0.2260	-0.0879
<b>TenBM</b>	-0.0936	-0.1541	0.2474	-0.0759	-0.0176	-0.2385	-0.1096
<b>TfeBM</b>	-0.0297	-0.1141	0.3168	-0.0108	0.0729	-0.2408	-0.0106
<b>TmaBM</b>	-0.1337	-0.1765	0.2362	-0.0308	-0.0747	-0.0487	-0.0924
<b>TabBM</b>	<u>-0.1837</u>	-0.2201	-0.0352	-0.0441	0.0864	0.0122	-0.0665
<b>TmyBM</b>	<u>-0.2261</u>	-0.1665	-0.0473	-0.0345	0.0548	0.0080	-0.0135
<b>Tjubm</b>	<u>-0.2490</u>	-0.0618	0.0340	0.0183	-0.0008	0.1173	0.1100
<b>Tjlbm</b>	<u>-0.2349</u>	-0.0203	-0.1031	-0.0292	0.0704	0.0594	0.0579
<b>TagBM</b>	<u>-0.2368</u>	0.0428	-0.0582	0.0195	0.1031	0.0296	-0.0349
<b>TsBM</b>	<u>-0.1959</u>	0.1213	-0.1039	0.0979	0.0803	-0.0593	0.0604
<b>ToBM</b>	-0.1360	0.1433	0.0455	0.2355	-0.2288	-0.0358	0.1803
<b>TnBM</b>	<u>-0.1960</u>	0.1428	-0.0353	0.1393	-0.1473	-0.1798	0.0046

Eigenvectores estimados para el análisis de componentes principales, aplicado a la fracción del stock correspondiente a  $M= 0.9$  y  $F= 0.3$ . **S= ISPM, T= TSPMM, BM= Bahía Magdalena, IC= Isla Cedros.** La letra 0 paf intermedio de letras indican el mes (o= octubre, my= mayo). Con la línea puntada se muestran las variables con alta influencia negativa y con la continua la alta influencia positiva.

ANEXOB

	Cp <sub>1</sub>	Cp <sub>2</sub>	Cp <sub>3</sub>	Cp <sub>4</sub>	Cp <sub>5</sub>	Cp <sub>6</sub>	Cp <sub>7</sub>
Cp <sub>1</sub>		44.33	42.62	<b>39.75</b>	36.05	35.56	33.8
Cp <sub>2</sub>			28.97	26.10	22.40	21.91	20.1
Cp <sub>3</sub>				<b>24.39</b>	20.69	20.20	18.4
Cp <sub>4</sub>					17.82	17.33	15.5
Cp <sub>5</sub>						13.63	11.8
Cp <sub>6</sub>							<b>11.3</b>

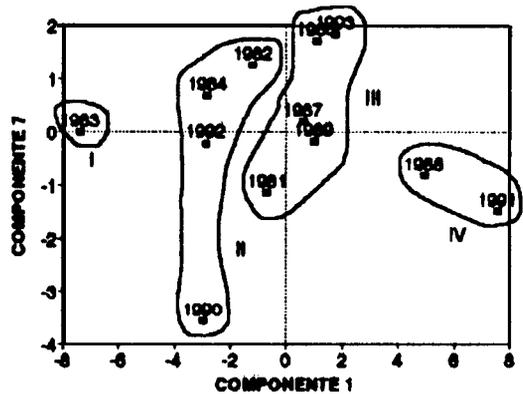
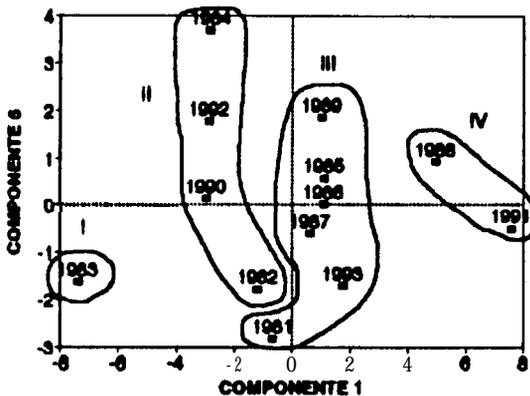
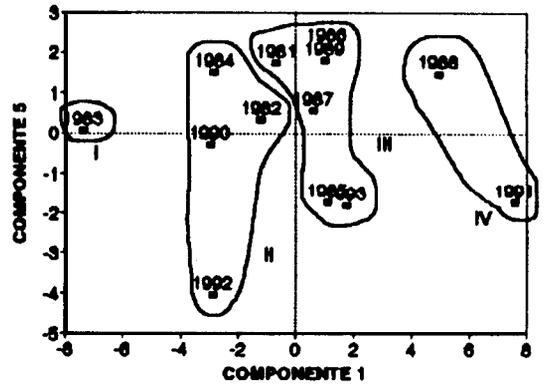
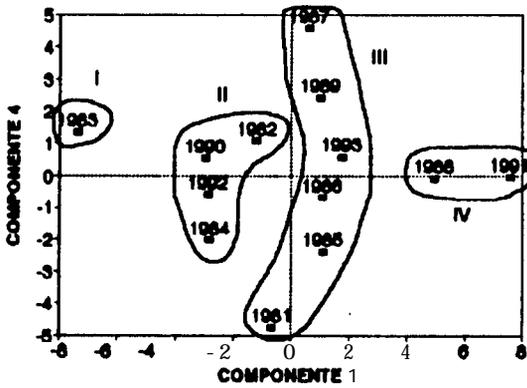
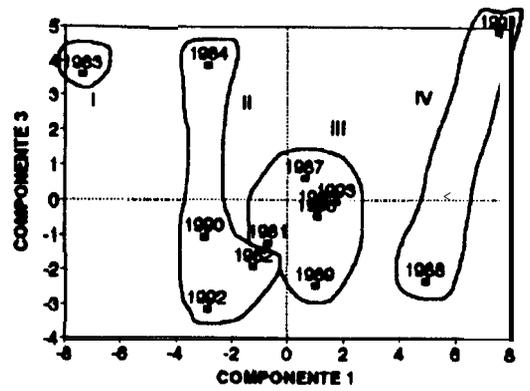
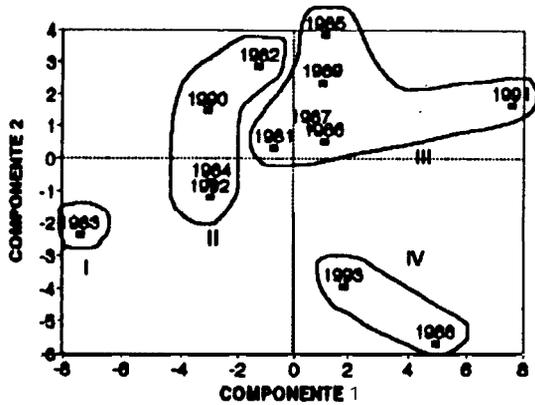
	Cp <sub>1</sub>	Cp <sub>2</sub>	Cp <sub>3</sub>	Cp <sub>4</sub>	Cp <sub>5</sub>	Cp <sub>6</sub>	Cp <sub>7</sub>
Cp <sub>1</sub>		44.30	42.70	39.59	36.23	35.40	-53.81
Cp <sub>2</sub>			29.05	25.94	22.58	21.75	20.16
Cp <sub>3</sub>				24.23	20.87	20.04	18.45
Cp <sub>4</sub>					18.00	17.17	15.58
Cp <sub>5</sub>						13.47	11.88
Cp <sub>6</sub>							<b>11.39</b>

	Cp <sub>1</sub>	Cp <sub>2</sub>	Cp <sub>3</sub>	Cp <sub>4</sub>	Cp <sub>5</sub>	Cp <sub>6</sub>	Cp <sub>7</sub>
Cp <sub>1</sub>		44.33	42.69	39.64	36.18	35.41	33.79
Cp <sub>2</sub>			29.04	25.99	22.53	21.76	20.14
Cp <sub>3</sub>				24.28	20.82	20.05	18.43
Cp <sub>4</sub>					17.95	17.18	15.56
Cp <sub>5</sub>						13.48	11.86
Cp <sub>6</sub>							<b>11.37</b>

	Cp <sub>1</sub>	Cp <sub>2</sub>	Cp <sub>3</sub>	Cp <sub>4</sub>	Cp <sub>5</sub>	Cp <sub>6</sub>	Cp <sub>7</sub>
Cp <sub>1</sub>		44.31	42.81	39.42	36.48	35.18	33.79
Cp <sub>2</sub>			29.16	25.77	22.83	21.53	20.14
Cp <sub>3</sub>				24.06	21.12	19.82	18.43
Cp <sub>4</sub>					18.25	16.95	15.56
Cp <sub>5</sub>						13.25	11.86
Cp <sub>6</sub>							<b>11.37</b>

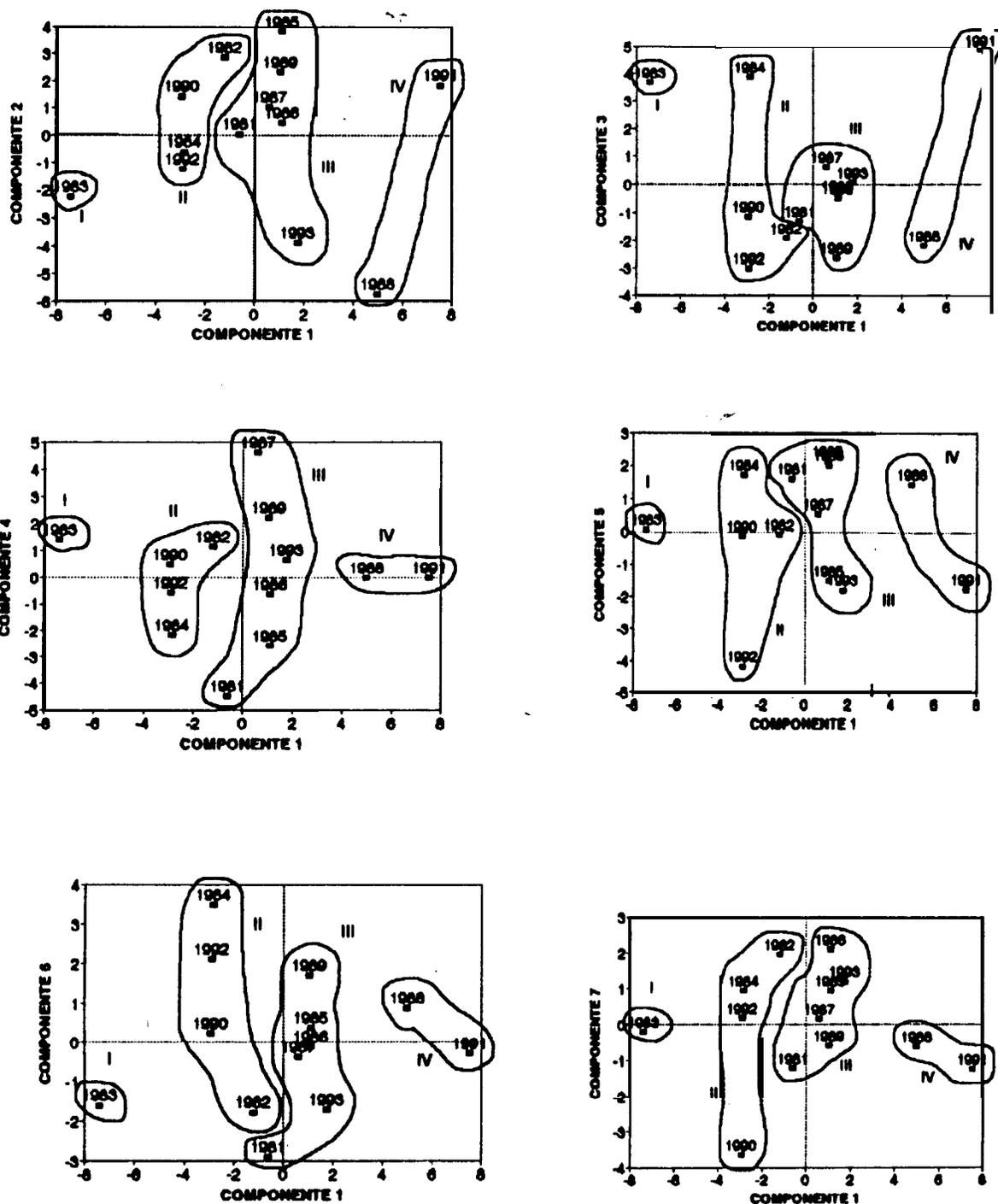
Porcentajes de varianza explicada por pares de componentes principales. De la parte superior a la inferior se muestran las combinaciones de  $M=0.5, F=0.7; M=0.6, F=0.3; M=0.8, F=0.7$  y  $M=0.9$  y  $F=0.3$ .

## ANEXO CI



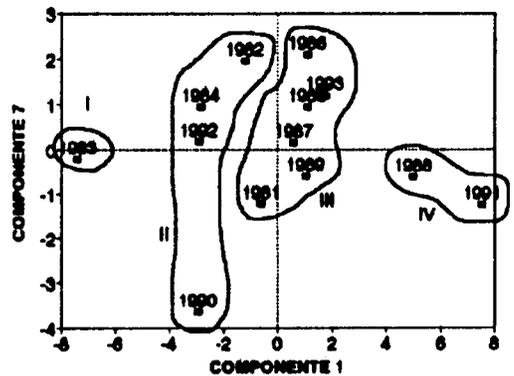
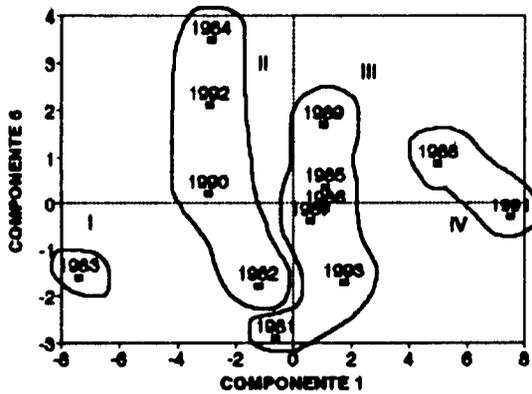
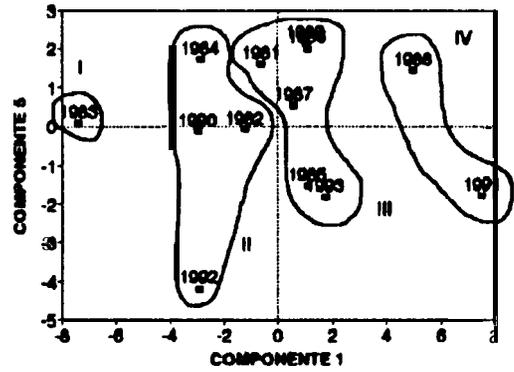
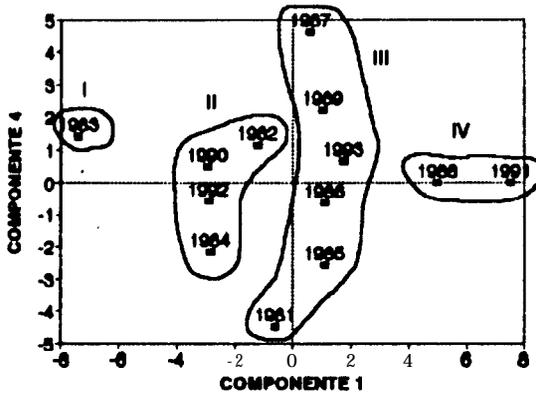
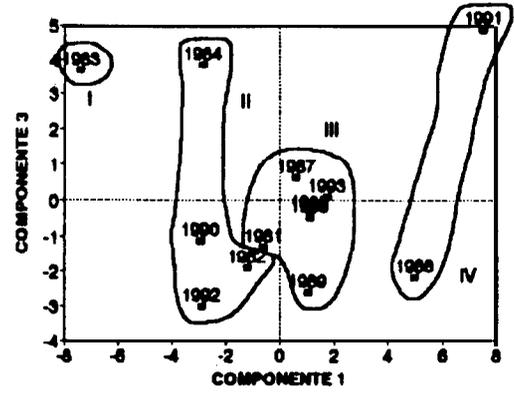
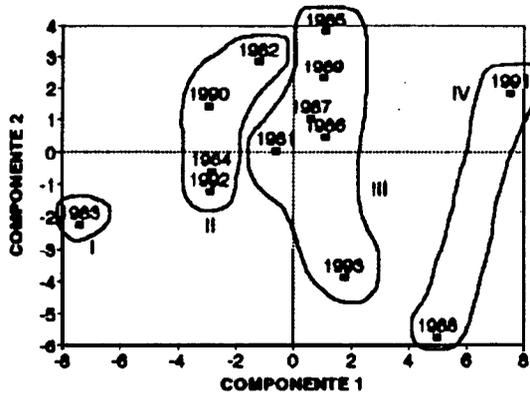
Representación de las combinaciones de los primeros siete componentes principales estimados, para los niveles de abundancia correspondientes a  $M=0.5$  y  $F=0.7$ , las proyecciones en todos, los casos no difieren de las agrupaciones originales, mostradas para el componente principal uno y dos.

## ANEXO C2



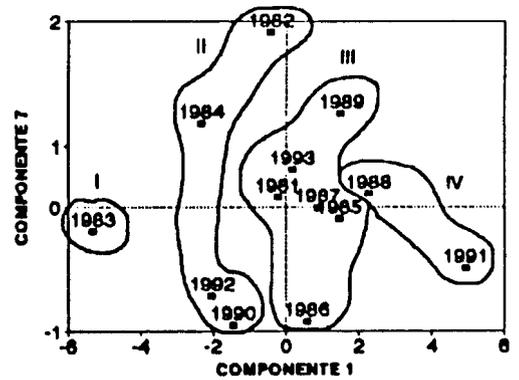
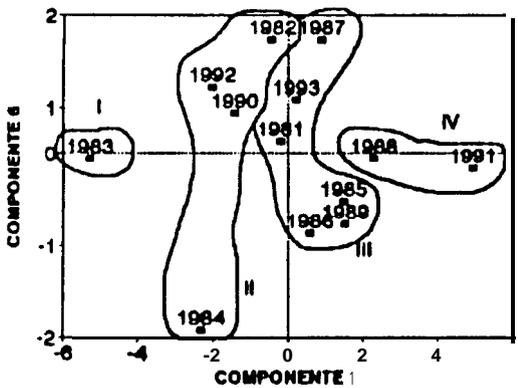
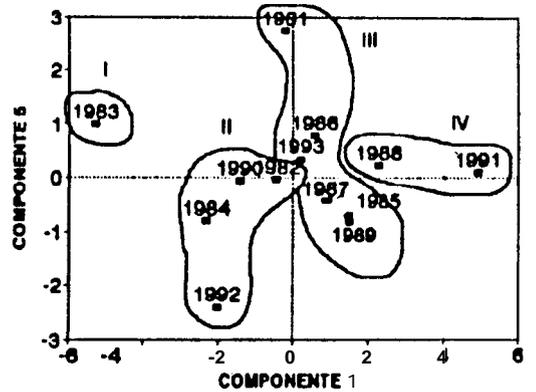
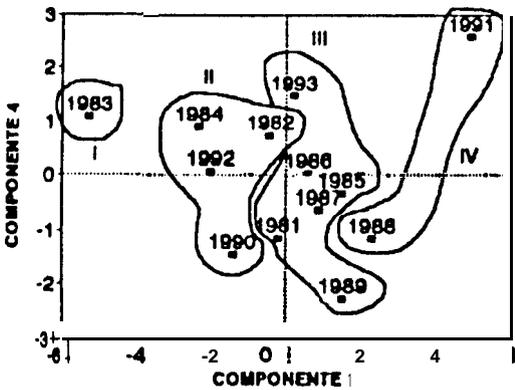
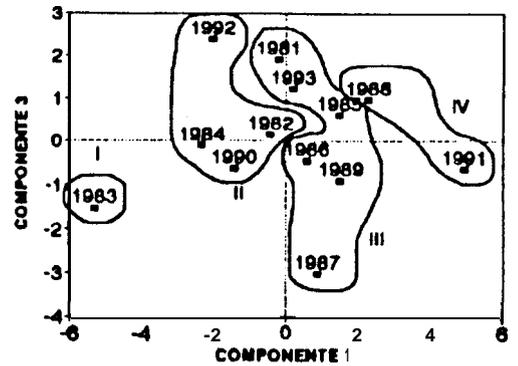
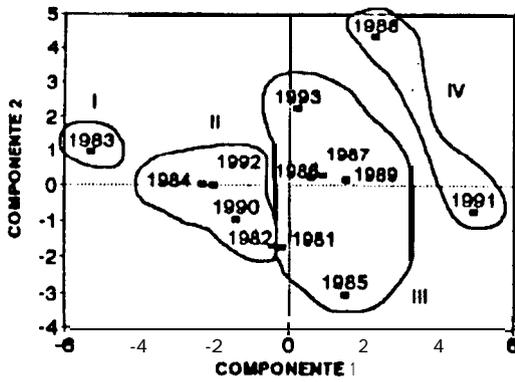
Representación de las combinaciones de los primeros siete componentes principales estimados, para los niveles de abundancia correspondientes a  $M= 0.6$  y  $F= 0.3$ , las proyecciones en todos los casos no difieren de las agrupaciones originales, mostradas para el componente principal uno y dos.

### ANEXO C3



Representación de las combinaciones de los primeros siete componentes principales estimados, para los niveles de abundancia correspondientes a  $M=0.8$  y  $F=0.7$ , las proyecciones en todos los casos no difieren de las agrupaciones originales, mostradas para el componente principal uno y dos.

ANEXO C4



Representación de las combinaciones de los primeros siete componentes principales estimados, para los niveles de abundancia correspondientes a  $M=0.9$  y  $F=0.3$ , las proyecciones en todos los casos no difieren de las agrupaciones originales, mostradas para el componente principal uno y dos.